

2025年 秋季年会

講演予稿集

電子版

於 海峡メッセ下関

2025 年 9 月 9 日（火）～ 9 月 11 日（木）

日 本 天 文 学 会

日本天文学会 2025年 秋季年会プログラム

期 日 2025年9月9日(火)～9月11日(木)
 場 所 海峡メッセ下関・下関市生涯学習プラザ／オンライン
 電 話 090-4387-6893(学会事務局) <使用期間 2025年9月8日(月)～9月11日(木)>
 E-Mail nenkai-committee@asj.or.jp(年会実行委員会)

月 日	会場	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
9月5日 (金)											理事会		
9月8日 (月)						記者会見							
9月9日 (火)	A	受 付		Z2. 広視野赤外	昼 休 み 12:40 - 14:00		Z2. 広視野赤外	ポスター 16:10 17:00	受賞 記念講演 17:00 18:00	天文教育 フォーラム 18:00 19:30			
	B			P3. 惑星系			P3.惑星系/Q.星間現象						
	C			P1. 星形成			P1. 星形成						
	D			V1. 観測機器 (電波)			V1. 観測機器 (電波)						
	E			N. 恒星・恒星進化			N. 恒星・恒星進化						
	F			Y. 教育・広報・他			Y. 教育・広報・他						
	G			T. 銀河団			U. 宇宙論						
	H			X. 銀河形成・進化			X. 銀河形成・進化						
	I			W. コンパクト天体			W. コンパクト天体						
	J			V3. 観測機器(X線・γ線)			V3. 観測機器(X線・γ線)						
	K			V2. 観測機器(光赤・重)			V2. 観測機器(光赤・重)						
9月10日 (水)	A	受 付	R. 銀河	昼 休 み 11:40 - 13:00 (代議員総会)		S. 活動銀河核	ポスター 15:10 16:10		会員 全体集会 16:30 17:30		懇親会 19:00 21:00		
	B		Q. 星間現象			Q. 星間現象							
	C		P1. 星形成			P1. 星形成							
	D		V1. 観測機器 (電波)			P2. 原始惑星系円盤							
	E		N. 恒星・恒星進化			N. 恒星・恒星進化							
	F		M. 太陽			M. 太陽							
	G		U. 宇宙論			U. 宇宙論							
	H		X. 銀河形成・進化			X. 銀河形成・進化							
	I		W. コンパクト天体			W. コンパクト天体							
	J		V3. 観測機器(X線・γ線)			V3. 観測機器(X線・γ線)							
	K		V2. 観測機器(光赤・重)			V2. 観測機器(光赤・重)							
9月11日 (木)	A	受 付	S. 活動銀河核	昼 休 み 11:40 - 13:00		S. 活動銀河核	特別 セッション 15:30 16:30						
	B		Q. 星間現象			Q. 星間現象							
	C		P1. 星形成										
	D		P2. 原始惑星系円盤			P2. 原始惑星系円盤							
	E		N. 恒星・恒星進化			N. 恒星・恒星進化							
	F		M. 太陽			M. 太陽							
	G		Z1. 微分可能天文学			Z1. 微分可能天文学							
	H		X. 銀河形成・進化			X. 銀河形成・進化							
	I		W. コンパクト天体			W. コンパクト天体							
	J		V3. 観測機器(X線・γ線)										
	K		V2. 観測機器(光赤・重)			V2. 観測機器(光赤・重)							
9月13日 (土)						公開講演会							
		9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	

・現地の受付とセッションの開催時間は下記の通りです。

1日目 【受付】09:30 開始 【セッション】午前の部 10:30～12:40 午後の部 14:00～16:10
 2～3日目 【受付】09:00 開始 【セッション】午前の部 09:30～11:40 午後の部 13:00～15:10

・定員が超過した場合はオンラインでご参加ください。

A 会場：1F - 展示見本市会場
 B 会場：1F - 展示見本市会場
 C 会場：1F - 展示見本市会場
 D 会場：1F - 展示見本市会場
 E 会場：8F - 大会議室 801
 F 会場：8F - 会議室 804
 G 会場：8F - 会議室 805
 H 会場：9F - 海峡ホール

I 会場：10F - 国際会議場
 J 会場：2F - 学習室 201&202 (生涯学習プラザ)
 K 会場：2F - 多目的ホール (生涯学習プラザ)
 受 付：1F - 展示見本市会場 エントランス
 展示コーナー：1F - 展示見本市会場
 ポスター：1F - 展示見本市会場 / オンライン公開

◎講演数

講演数：合計 760

(口頭講演 (a)：598、ポスター講演 (b)：133、ポスター講演 (c)：29)

◎参加申込について（参加希望者は、必ず事前に参加申込をしてください）

2016 年秋季年会より、通常セッションにおける講演は会員に限られています。

○参加費用

	会 員	非 会 員
参 加 費	正会員学生:2,000 円 (不課税) 正会員一般:5,000 円 (不課税) 準 会 員:5,000 円 (不課税)	5,000 円 (消費税込み)
講演登録費	2,000 円 (不課税) (1 講演につき) 但し事前支払がない場合、会員 3,000 円 / 非会員 6,000 円	5,000 円 (消費税込み・企画セッション)
年会予稿集	2,000 円 (消費税込み) ※購入希望者のみ	

○参加申込受付場所：学会ホームページ (<https://www.asj.or.jp/>)

○参加申込受付期間：2025 年 8 月 5 日(火)正午 ～ 9 月 11 日(木)正午

※講演者の方も講演登録費支払期間に参加申込・参加費支払が必要です

※原則として講演登録費・参加費の返金はいたしません

◎講演に関する注意

1. 口頭発表は現地 11 会場で並行して行います。口頭講演 (添字 a) は、口頭発表 9 分、質疑応答 3 分です。
ポスター講演 (添字 b) は、口頭発表 3 分、3 講演で 12 分を割り当て、座長の判断で質疑応答を行います。

※時間厳守：講演制限時間を超過した場合は、直ちに降壇していただきますので、
講演者の皆様は制限時間を厳守できるよう特に万全の準備をお願いします。

2. ポスター (添字 b、c) はオンライン上で公開します。ポスターは現地での掲示も行います。オンライン公開用にポスターファイルの提出をお願いいたします。提出の締切は 9 月 5 日 (金) 正午です。分野毎に Slack チャンネルをご用意しますので、質疑応答にご活用ください。
3. 口頭講演者 (添字 a、b) は原則として現地会場で発表していただきますが、講演登録費支払の際に申請のあった方々についてはオンラインで発表していただきます。
セッション 開始 5 分前から座長が講演方法の説明をいたします。講演者にご参加ください。
また、口頭講演は原則としてご自身の PC を用いて講演いただきます。万一のトラブルに備えて、PDF 形式の講演ファイルもご用意ください。講演方法に関する最新の情報は、ホームページで必ずご確認ください。
4. オンライン聴講者は、セッション開始時刻の 5 分前から Zoom にアクセスいただけます。
また入室の際には、下記の命名規則に従って「参加者名」を設定してください。

参加種別	「参加者名」の命名規則	例
視聴者	「氏名」 + 「(所属)」	天文花子 (天文大学)

5. 講演の実施方法の詳細は、学会ホームページに掲載いたします。事前に講演方法についてよく確認いただいた上で準備を進めていただくようお願いいたします。オンラインで参加される方は、Zoom の操作手順に関する理解を深めていただくようお願いいたします。
6. 受信画像や発表資料の保存 (キャプチャを含む)、録音や配布は固くお断りします。

◎会期中の行事

月 日	時 間	会 場	行 事 名
9月8日(月)	13:00 ～ 14:00	オンライン	記者会見
9月9日(火)	17:00 ～ 18:00	I 会場 / オンライン	受賞記念講演（欧文研究報告論文賞）
9月9日(火)	18:00 ～ 19:30	I 会場 / オンライン	天文教育フォーラム
9月10日(水)	16:30 ～ 17:30	I 会場 / オンライン	会員全体集会
9月10日(水)	19:00 ～ 21:00	下関グランドホテル	懇親会
9月11日(木)	15:30 ～ 16:30	I 会場 / オンライン	特別セッション みんなで天文学の未来を語ろう！（第3回）
9月13日(土)	13:30 ～ 16:00	下関市生涯学習プラザ	公開講演会

◎会合一覧表

月 日	時 間	会 場	会 合 名	参加可否※
9月5日(金)	17:00 ～ 19:00	オンライン	理事会	D
9月9日(火)	12:50 ～ 13:50	E 会場	女性天文研究者の会	A
9月9日(火)	12:50 ～ 13:50	F 会場	「天文学と社会」連絡会 報告会	A
9月9日(火)	12:50 ～ 13:50	H 会場	理論天文学宇宙物理学懇談会報告会	C
9月10日(水)	11:50 ～ 12:50	F 会場	太陽研究者連絡会報告会	B
9月10日(水)	11:50 ～ 12:50	現地：関係者に個別連絡 / オンライン	代議員総会	D
9月10日(水)	11:50 ～ 12:50	K 会場	光学赤外線天文連絡会 総会	B
9月11日(木)	11:50 ～ 12:50	K 会場	高宇連インフォーマルミーティング	C

※年会参加者の参加可否の説明（オープン化の程度）

- A: 年会参加者なら誰でも大歓迎で是非来てほしい
 B: 年会参加者で興味を持った人には広く門戸を開いている
 C: 関係グループ向けの会合だが年会参加者なら特に拒みはしない
 D: 関係者のみにクローズした会合で非公開である

◎天文教育フォーラム：「天文コミュニティは学習指導要領とどう向き合うか」

日 時：2025 年 9 月 9 日（火）18：00～19：30

場 所：I 会場 / オンライン（オンライン参加は学会 HP から事前申込が必要。天文教育フォーラムのみ参加の場合、参加費は無料）

概 要： 学習指導要領とは、学校教育法等に基づき、小中高校でのカリキュラムを編成する際の基準となっているものである。全国のどの地域で教育を受けても、一定の水準の教育を受けられるようにするため、小中高校それぞれに対し、教科等の目標や大まかな教育内容が定められている。当然のことながら、天文分野の学習内容についても規定されている。この学習指導要領の内容は、ほぼ 10 年毎に改訂されており、次の改訂に向けた検討と議論が進められている。小中高校での天文教育を考えると、何を重視し何を習得してもらうことが望ましいだろうか。学習指導要領の内容およびその根底にある教育観は、次世代の研究者育成の基盤となるとともに、広く天文コミュニティを支える社会の構成員を育成するという観点においても重要である。改訂の議論がなされている今の時期に、天文コミュニティにおいて情報を共有し、多角的な視点から議論することが重要ではないだろうか。本フォーラムでは、日本の教育の指針となっている学習指導要領の内容を俯瞰した上で、課題が何であるのかを議論し、これからの展望を共有したい。

話題提供：1. 現行の小中高校での天文分野の学習内容 伊藤信成（三重大学）
2. 学習指導要領について 後藤顕一（東洋大学）
3. 中学校教科書作成について 岡村定矩（東京大学）

パネルディスカッション：話題提供者に加え、大朝由美子（埼玉大学）らが登壇予定

世 話 人：伊藤信成、高梨直紘、高橋隼、玉澤春史、日下部展彦、大朝由美子

主 催：公益社団法人 日本天文学会 / 一般社団法人 日本天文教育普及研究会

◎特別セッション：「みんなで天文学の未来を語ろう！（第 3 回）」

日 時：2025 年 9 月 11 日（木）15：30～16：30

場 所：I 会場 / オンライン

概 要： 2024 年に設置された「日本天文学白書委員会」はコミュニティ全体で日本の天文学の将来や関連する事項（技術・教育・広報普及・歴史など）について語り合い、「日本天文学白書」としてまとめるとともにコミュニティの交流を促進するための委員会です。これまで年会において 2 回のイベントを行い、未来のサイエンスや天文学と社会とのつながりについて議論してきました。本年会では第 3 回のイベントを開催し、引き続き様々な分野・世代の方々に未来の展望や夢を語ってもらうとともに、パネルディスカッションで意見交換や交流を深めることを目指します。多くの方々のご参加をお待ちしています。

プログラム：1. 趣旨説明
2. 基調講演
3. パネルディスカッション

世 話 人：日本天文学白書委員会

◎日本天文学会公開講演会

日 時：2025 年 9 月 13 日（土）13：30～16：00（開場 13:00）

形 式：対 面

場 所：下関市生涯学習プラザ（大ホール）

住所：〒750-0016 下関市細江町 3-1-1

対 象：中学生以上・一般向け

テ ー マ：「未知の宇宙を探索する ～惑星探索とブラックホール～」

講師・タイトル：下記をご参照ください。

参 加 費：無料

定 員：800 名（申込不要）

<講演内容の紹介>

講演 1：「小惑星探査機「はやぶさ 2」が明かした太陽系の初期進化」

講師：杉田精司（東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻・教授）

「はやぶさ 2」は 2018 年 6 月に小惑星リュウグウに到着し、C 型小惑星の全球詳細観測、2 度のサンプル採取、人工天体衝突など数々の世界初の科学任務を終え、翌年 11 月に小惑星を離脱しました。2020 年 12 月には地球にサンプルカプセルの大気再突入に成功し、世界初の C 型小惑星の試料を人類に届けました。本講演では、「はやぶさ 2」の観測や試料分析が明らかにした太陽系の初期進化の最新成果を分かり易く解説するとともに、「はやぶさ 2」を追いかける米国の小惑星探査機 OSIRIS-REx との競争についてもご紹介します。

講演 2：「電波望遠鏡で見る 未知の天体ブラックホール」

講師：本間希樹（国立天文台水沢 VLBI 観測所・教授）

2019 年、国際プロジェクトのイベント・ホライズン・テレスコープは、楕円銀河 M87 の中心にあるブラックホールの写真を公開しました。写真にはドーナツのような構造が写っており、その中心に「ブラックホールの影」がとらえられていました。また 2022 年には、天の川銀河の中心にあるブラックホールの写真も公表され、M87 と同様の姿が写し出されました。本講演では、同プロジェクトのメンバーである講師が、電波望遠鏡によって得られたブラックホールの写真についてわかりやすく解説し、今後の展望についても紹介します。

主 催：公益社団法人 日本天文学会

後 援：山口大学・周南公立大学

※最新のプログラムにつきましては学会ホームページ (<https://www.asj.or.jp/>) をご覧ください。

交通のご案内

■ 主な交通手段と所要時間

年会会場（海峡メッセ下関、下関市生涯学習プラザ） までのアクセス

JR 下関駅より徒歩 約10分

【鉄道の場合】

JR 小倉駅・門司駅より下関駅まで鉄道利用で約15分（電車は1時間に2～4本程度運行）

JR 下関駅は、新幹線の停車駅（新下関駅）とは異なりますのでご注意ください

【飛行機の場合】

山口宇部空港より下関駅まで直通バスもしくは鉄道で約70～110分

（詳細は <https://www.yamaguchiube-airport.jp/mapaccess/> をご覧ください）

北九州空港より下関駅までバスもしくは鉄道で約45分

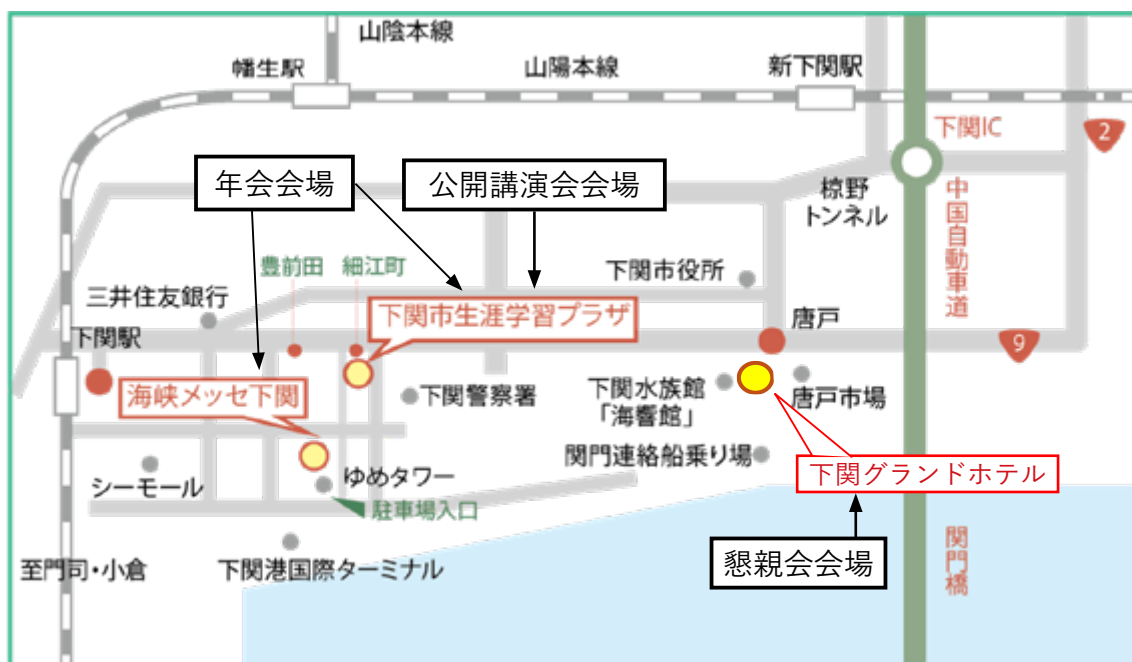
（詳細は <https://www.kitakyu-air.jp/rev-access/rev-around.php> をご覧ください）

福岡空港より下関駅まで鉄道（新幹線利用）で約1時間

（詳細は <https://www.fukuoka-airport.jp/access/> をご覧ください）

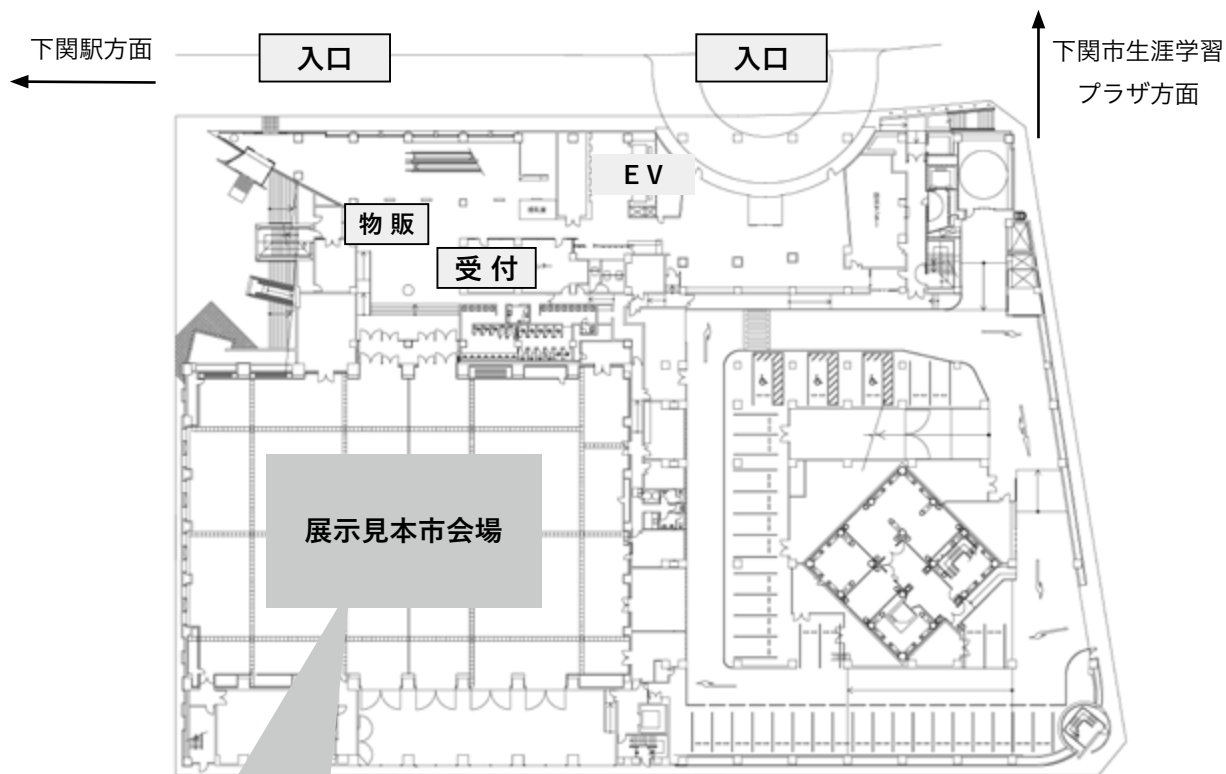
その他、交通情報、会場へのアクセス、宿泊、会場周辺に関する詳細は
秋季年会開催地ホームページ（<https://sites.google.com/view/nenkai2025kg>）をご覧ください。

■ 会場周辺地図

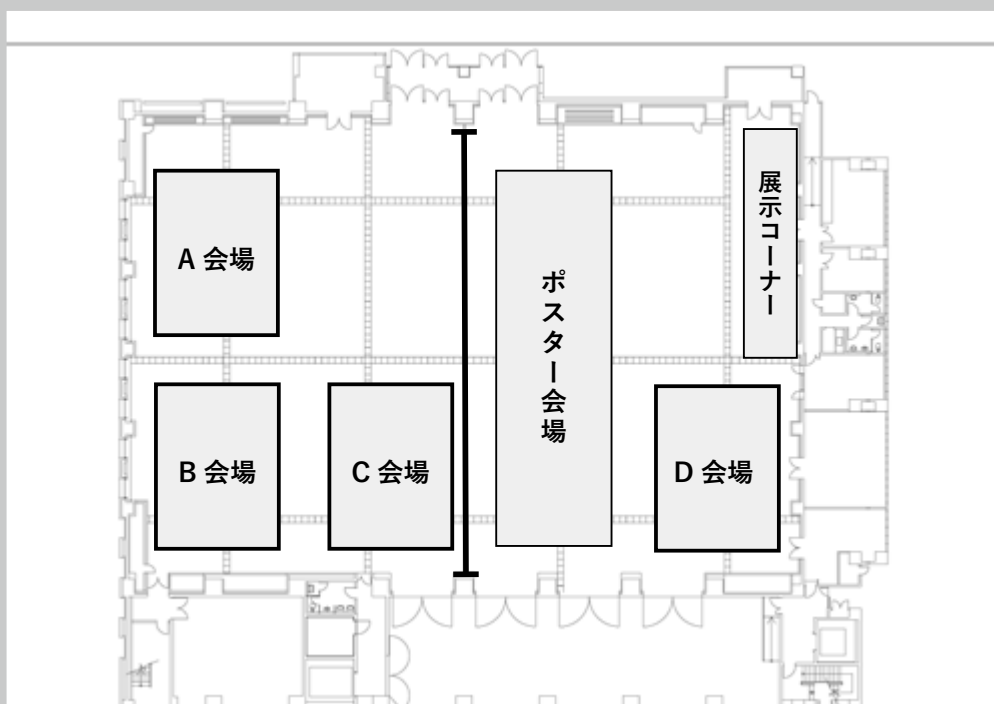


セッション会場のご案内 (海峡メッセ下関)

1 階

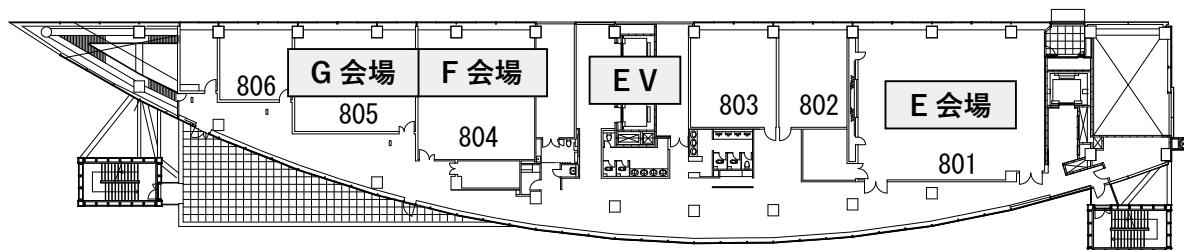


展示見本市会場

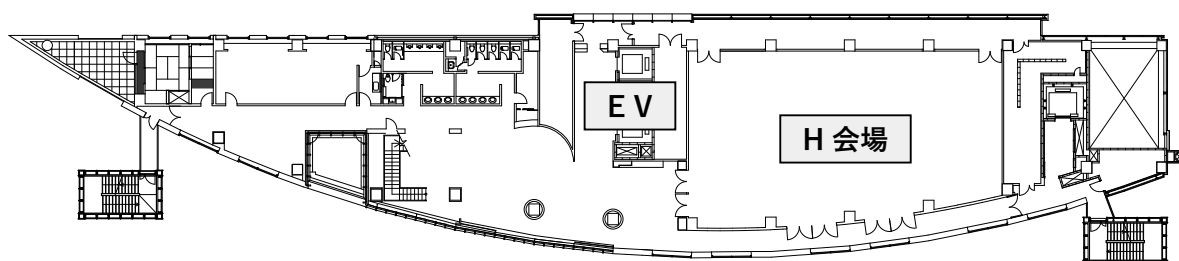


セッション会場のご案内（海峡メッセ下関）

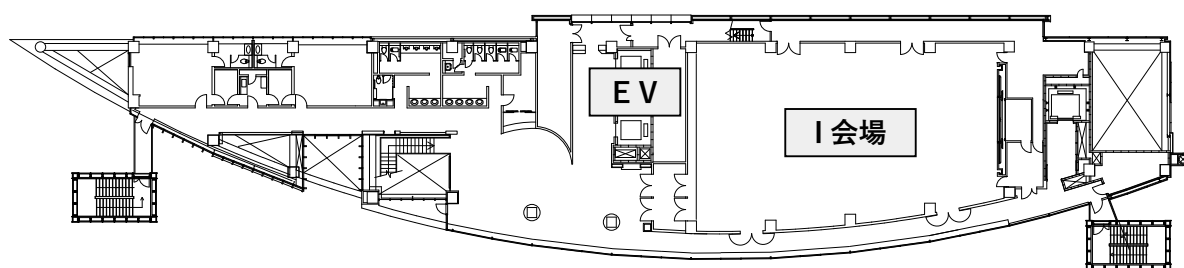
8 階



9 階



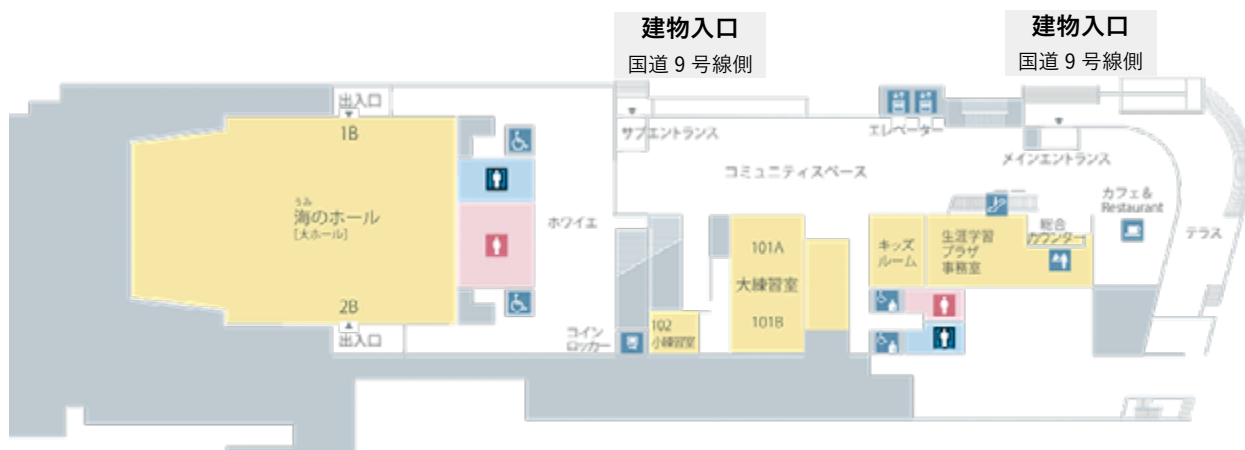
10 階



- ◎ 来場初日に海峡メッセ下関 1 階受付にて QR コード受付後、必ず参加証を受け取ってください。
- ◎ 海峡メッセ下関での講演会場は 1 階および 8 階から 10 階となっています。エレベーターの数が限られていますので、会場への移動の際は十分な時間的余裕を見て移動してください（9 階と 10 階の間は内階段で移動可能です）。
- ◎ ポスター会場は 1 階です。年会最終日 12 時 30 分まで掲示可能です。
- ◎ 海峡メッセ下関では 1 階ロビーを除いて会場内での飲食が可能です。

セッション会場のご案内（下関市生涯学習プラザ）

1 階



2 階



- ◎ 下関市生涯学習プラザは第2会場です。主会場の海峡メッセ下関から徒歩2～3分です。必ず主会場の受付で、参加証を受け取ってからご入場ください。
- ◎ 下関市生涯学習プラザ内ホールでは飲食禁止です。飲食可能エリアは、コミュニティスペース(1階)、シーデッキ(3階)です。
※ J会場内で昼食をとることは可能ですが、ゴミは必ずお持ち帰りください
- ◎ 主会場(海峡メッセ下関)内のエレベーターは台数が限られております。第2会場との移動の際は、時間に余裕をもってご移動くださいますようお願いいたします。

口頭セッション 9月9日(火)

	A 会場	B 会場	C 会場	D 会場	E 会場	F 会場	G 会場	H 会場	I 会場	J 会場	K 会場
開始時刻	広視野 赤外	惑星系	星形成	観測機器 (電波)	恒星進化	教育・他	銀河団	銀河形成	コンパクト 天体	観測機器 (X線・γ線)	観測機器 (光赤・重)
10:30	開催趣旨説明 Z201r	P301a	P101a	V101a	N01a	Y01a	T01a	X01a	W01a	V301a	V201a
10:42		P302a	P102a	V102a	N02a	Y02a	T02a	X02a	W02a	V302a	V202a
10:54	Z202a	P303a	P103a	V103a	N03a	Y03a	T03a	X03a	W03a	V303a	V203a
	Z203b Z204b										
11:06	Z205a	P304a	P104a	V104a	N04a	Y04a	T04a	X04a	W04a	V304a	V204a
11:18	Z206b Z207b Z208b	P305a	P105a	V105a	N05a	Y05a	T05a	X05a	W05a	V305a	V205a
11:30	Z209b Z210b Z211b	P306a	P106a	V106a	N06a	Y06a	T06a	X06a	W06a	V306a	V206a
11:42	Z212a	P307a	P107a	V107a	N07a	Y07a	T07a	X07a	W07a	V307a	V207a
	Z213a										
11:54	Z214a	P308a	P108a	V108a	N08a	Y08a	T08a	X08a	W08a	V308a	V208a
12:06	Z215b	P309a	P109b P110b P111b	V109a	N09a	Y09b Y10b Y11b	T09a	X09a	W09a	V309a	V209a
	Z216a										
12:18	Z217a	P310a	P112b P113b	V110b V111b V112b	N10a	-	T10a	X10b X11b X12b	-	V310b V311b V312b	V210a
12:30	-	P311a	-	V113b V114b V115b	-	-	T11a	-	-	V313b V314b	V211b V212b V213b
12:42	-	P312b	-	-	-	-	T12b	-	-	-	V214b V215b V216b
12:40	昼休み										
開始時刻	広視野 赤外	惑星系 / 星間現象	星形成	観測機器 (電波)	恒星進化	教育・他	宇宙論	銀河形成	コンパクト 天体	観測機器 (X線・γ線)	観測機器 (光赤・重)
14:00	Z218r	P314a	P114a	V116a	N11a	Y12a	U01a	X13a	W10a	V315a	V219a
14:12	Z219a	P315a	P115a	V117a	N12a	Y13a	U02a	X14a	W11a	V316a	V220a
14:24	Z220a	P316a	P116a	V118a	N13a	Y14a	U03a	X15a	W12a	V317a	V221a
14:36	Z221a	P317a	P117a	V119a	N14a	Y15a	U04a	X16a	W13a	V318a	V222a
14:48	Z222a	P318a	P118a	V120a	N15a	Y16a	U05a	X17a	W14a	V319a	V223a
	Z223a										
15:00	Z224b Z225a	P319a	P119a	V121a	N16a	Y17a	U06a	X18a	W15a	V320a	V224a
15:12	Z226b Z227b	P320b P321b P322b	P120a	V122a	N17a	Y18a	U07a	X19a	W16a	V321a	V225a
15:24	Z228a	Q01a	P121a	V123a	N18a	Y19a	U08a	X20a	W17b W18b W19b	V322a	V226a
15:36	Z229a	Q02a	P122b P123b P124b	V124a	N19a	Y20a	U09a	X21a	W20b	V323a	V227b V228b V229b
	Z230a										
15:48	Z231b Z232b	Q03a	P125b P126b P127b	V125a	-	Y21b Y22b	U10a	X22b X23b X24b	-	V324b V325b V326b	V230b V231b V232b
16:00	-	Q04b Q05b Q06b	-	V126b V127b V128b	-	-	U11b	-	-	V327b V328b	V233b V234b
16:12	-	Q07b	-	V129b	-	-	-	-	-	-	-
16:10	ポスター										
17:00	受賞記念講演										
18:00	天文教育フォーラム										

※各セッション(午前/午後)の最後に質疑応答(10分)があります

口頭セッション 9月10日(水)

	A会場	B会場	C会場	D会場	E会場	F会場	G会場	H会場	I会場	J会場	K会場
開始時刻	銀河	星間現象	星形成	観測機器 (電波)	恒星進化	太陽	宇宙論	銀河形成	コンパクト 天体	観測機器 (X線・γ線)	観測機器 (光赤・重)
9:30	R01a	Q11a	P128a	V133a	N21a	M01a	U14a	X25a	W22a	V329a	V236a
9:42	R02a	Q12a	P129a	V134a	N22a	M02a	U15a	X26a	W23a	V330a	V237a
9:54	R03a	Q13a	P130a	V135a	N23a	M03a	U16a	X27a	W24a	V331a	V238a
10:06	R04a	Q14a	P131a	V136a	N24a	M04a	U17a	X28a	W25a	V332a	V239a
10:18	R05a	Q15a	P132a	V137a	N25a	M05a	U18a	X29a	W26a	V333a	V240a
10:30	R06a	Q16a	P133a	V138a	N26a	M06a	U19a	X30a	W27a	V334a	V241a
10:42	R07a	Q17a	P134a	V139a	N27a	M07a	U20a	X31a	W28a	V335a	V242a
10:54	R08a	Q18a	P135a	V140a	N28b N29b N30b	M08a	U21a	X32a	W29a	V336a	V243a
11:06	R09a	Q19a	P136a	V141a	N31b N32b	M09a	U22a	X33a	W30a	V337a	V244a
11:18	R10b R11b R12b	Q20a	P137b P138b P139b	V142a	-	M10b M11b M12b	U23a	X34b X35b X36b	W31a	V338a	V245b V246b V247b
11:40	昼休み										
開始時刻	活動 銀河核	星間現象	星形成	原始惑星 系円盤	恒星進化	太陽	宇宙論	銀河形成	コンパクト 天体	観測機器 (X線・γ線)	観測機器 (光赤・重)
13:00	S01a	Q21a	P140a	P201a	N33a	M13a	U24a	X37a	W32a	V339a	V248a
13:12	S02a	Q22a	P141a	P202a	N34a	M14a	U25a	X38a	W33a	V340a	V249a
13:24	S03a	Q23a	P142a	P203a	N35a	M15a	U26a	X39a	W34a	V341a	V250a
13:36	S04a	Q24a	P143a	P204a	N36a	M16a	U27a	X40a	W35a	V342a	V251a
13:48	S05a	Q25a	P144a	P205a	N37a	M17a	U28a	X41a	W36a	V343a	V252a
14:00	S06a	Q26a	P145a	P206a	N38a	M18a	U29a	X42a	W37a	V344a	V253a
14:12	S07a	Q27a	P146a	P207b P208b P209b	N39a	M19a	U30a	X43a	W38a	V345a	V254a
14:24	S08a	Q28a	P147a	P210b P211b P212b	N40a	M20b M21b M22b	U31a	X44a	W39a	V346a	V255a
14:36	S09a	Q29a	P148a	P213b P214b P215b	N41a	M23b M24b M25b	U32a	X45a	W40a	V347a	V256b V257b V258b
14:48	S10b S11b	Q30a	P149a	-	N42a	-	U33a	X46b X47b X48b	W41a	V348a	V259b V260b V261b
15:00	-	-	-	-	-	-	U34a	-	W42b	V349a	V262b V263b
15:10	ポスター										
16:30	会員全体集会										
19:00	懇親会										

※各セッション(午前/午後)の最後に質疑応答(10分)があります

口頭セッション 9月11日(木)

	A会場	B会場	C会場	D会場	E会場	F会場	G会場	H会場	I会場	J会場	K会場
開始時刻	活動 銀河核	星間現象	星形成	原始惑星 系円盤	恒星進化	太 陽	微分可能 天文学	銀河形成	コンパクト 天体	観測機器 (X線・γ線)	観測機器 (光赤・重)
9:30	S13a	Q31a	P150a	P217a	N43a	M26a	Z101r	X49a	W43a	V350a	V266a
9:42	S14a	Q32a	P151a	P218a	N44a	M27a	Z102a	X50a	W44a	V351a	V267a
9:54	S15a	Q33a	P152a	P219a	N45a	M28a	Z103a	X51a	W45a	V352a	V268a
10:06	S16a	Q34a	P153a	P220a	N46a	M29a	Z104a	X52a	W46a	V353a	V269a
10:18	S17a	Q35a	P154a	P221a	N47a	M30a	Z105r	X53a	W47a	V354a	V270a
10:30	S18a	Q36a	-	P222a	N48a	M31a	Z106a	X54a	W48a	V355a	V271a
10:42	S19a	Q37a	-	P223a	N49a	M32a	Z107a	X55a	W49a	V356a	V272a
10:54	S20a	Q38a	-	P224a	N50a	M33a	Z108a	X56a	W50a	V357a	V273a
11:06	S21a	Q39a	-	P225a	N51a	M34a	Z109a	X57a	W51a	V358a	V274a
11:18	S22a	Q40a	-	-	N52a	M35a	Z110a	X58a	-	V359a	-
11:30	-	Q41a	-	-	-	-	-	-	-	V360a	-
11:42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	V361a	-
11:40	昼休み										
開始時刻	活動 銀河核	星間現象		原始惑星 系円盤	恒星進化	太 陽	微分可能 天文学	銀河形成	コンパクト 天体		観測機器 (光赤・重)
13:00	S23a	Q42a		P226a	N53a	M36a	Z112r	X63a	W52a		V275a
13:12	S24a	Q43a		P227a	N54a	M37a		X64a	W53a		V276a
13:24	S25a	Q44a		P228a	N55a	M38a	Z113a	X65a	W54a		V277a
13:36	S26a	Q45a		P229a	N56a	M39a	Z114a	X66a	W55a		V278a
13:48	S27a	Q46a		P230a	N57a	M40a	Z115r	X67a	W56a		V279a
14:00	S28a	Q47a		P231a	N58a	M41a	Z116a	X68a	W57a		V280a
14:12	S29a	Q48a		P232a	N59a	M42a	Z117a	X69a	W58a		V281a
14:24	S30a	Q49a		P233a	N60a	M43a	Z118a	X70a	W59a		V282a
14:36	S31a	Q50a		-	-	M44a	Z119a	X71a	W60a		V283a
14:48	S32a	Q51a		-	-	M45a	Z120a	X72a	W61a		-
15:00	S33a	Q52a		-	-	-	-	X73a	-		-
15:12	-	-		-	-	-	-	X74a	-		-
15:30	特別セッション										

※各セッション(午前/午後)の最後に質疑応答(10分)があります

ポスターセッション 9月9日(火) - 9月10日(水)

【Z1. 微分可能天文学】(1) Z122c 【Z2. 広視野赤外】(14) Z203b Z204b Z206b Z207b Z208b Z209b Z210b Z211b Z215b Z224b Z226b Z227b Z231b Z232b 【M. 太陽】(9) M10b M11b M12b M20b M21b M22b M23b M24b M25b 【N. 恒星・恒星進化】(6) N20c N28b N29b N30b N31b N32b 【P1. 星・惑星形成(星形成)】(14) P109b P110b P111b P112b P113b P122b P123b P124b P125b P126b P127b P137b P138b P139b 【P2. 星・惑星形成(原始惑星系円盤)】(10) P207b P208b P209b P210b P211b P212b P213b P214b P215b P216c 【P3. 星・惑星形成(惑星系)】(5) P312b P313c P320b P321b P322b 【Q. 星間現象】(7) Q04b Q05b Q06b Q07b Q08c Q09c Q10c	【R. 銀河】(8) R10b R11b R12b R13c R14c R15c R16c R17c 【S. 活動銀河核】(3) S10b S11b S12c 【T. 銀河団】(1) T12b 【U. 宇宙論】(3) U11b U12c U13c 【V1. 観測機器(電波)】(13) V110b V111b V112b V113b V114b V115b V126b V127b V128b V129b V130c V131c V132c 【V2. 観測機器(光赤外・重力波・その他)】(30) V211b V212b V213b V214b V215b V216b V217c V218c V227b V228b V229b V230b V231b V232b V233b V234b V235c V245b V246b V247b V256b V257b V258b V259b V260b V261b V262b V263b V264c V265c 【V3. 観測機器(X線・γ線)】(10) V310b V311b V312b V313b V314b V324b V325b V326b V327b V328b

ポスターセッション 9月9日(火) - 9月10日(水)

【W. コンパクト天体】(6)

W17b W18b W19b W20b W21c
W42b

【X. 銀河形成・進化】(16)

X10b X11b X12b X22b X23b
X24b X34b X35b X36b X46b
X47b X48b X59c X60c X61c
X62c

【Y. 天文教育・広報普及・その他】(6)

Y09b Y10b Y11b Y21b Y22b
Y23c

Z1. 微分可能プログラミングで楽しむ天文学研究

9 月 11 日 (木) 午前・G 会場		11:21	Z111a JFlow: Model-Independent Spherical Jeans Analysis using Equivariant Continuous Normalizing Flows Lim, Sung Hak (CTPU-PTC, IBS)
09:30	Z101r Astronomical Applications of Differentiable Programming 河原創 (宇宙航空研究開発機構)	11:30	質疑応答 (10 分)
09:49	Z102a A differentiable N-body code for dynamical modeling of multi-planet systems 増田賢人 (大阪大学)	9 月 11 日 (木) 午後・G 会場	
09:58	Z103a microjax: A GPU-Accelerated, Auto-Differentiable Framework for Microlensing Modeling in the Roman Era Miyazaki, Shota (ISAS/JAXA)	13:00	Z112r Differentiable Physical Models for Astronomy Pope, Benjamin (Macquarie University)
10:07	Z104a Probing Two-dimensional Asymmetries of an Exoplanet Atmosphere from Chromatic Transit Variation Tada, Shotaro (ISAS/JAXA)	13:24	Z113a Exploration of Feasible Optical Designs and Sensitivity Analysis Using Differentiable Programming 柴井すばる (東京大学)
10:16	Z105r Applications of Differential Programming in Observational Astronomy 大澤亮 (国立天文台)	13:33	Z114a Experimental Determination of CH ₄ Pressure-Broadening in Hot H ₂ /He Atmosphere Using Bayesian Inference Hosokawa, Ko (NAOJ)
10:36	Z106a The JASMINE iterative solver: using JAX to achieve a fast yet flexible framework for astrometric missions RAMOS, Pau (NAOJ)	13:42	Z115r Differentiable modeling of the Universe in the age of machine learning Li, Yin (Peng Cheng Laboratory)
10:45	Z107a Differentiable cosmological parameter estimation in the era of Stage-IV cosmological surveys 大里健 (千葉大学)	14:06	Z116a Field Level Inference in Hydrodynamical Simulations with JAX Horowitz, Benjamin (Kavli IPMU)
10:54	Z108a Fast differentiable code of one-loop power spectrum of large-scale structure Kobayashi, Yosuke (Kyoto Sangyo University)	14:15	Z117a Forward Modeling and Cosmological Inference of Galaxy Clustering the Field Level Nguyen, Nhat-Minh (Kavli IPMU)
11:03	Z109a A Differentiable Cosmological Emulator for Halo Assembly Bias Studies Ishikawa, Keitaro (Nagoya University)	14:24	Z118a Reconstructing the Primordial Density Field with Differentiable N-body Simulations Saranakomkoop, Sirawich (Nagoya University)
11:12	Z110a Interpretable deep neural networks reveal environmental influences on galaxy properties 内田舜也 (名古屋大学)	14:33	Z119a Differentiable mapping of stellar surface for solar-type stars 幾田佳 (一橋大学)

Z2. 地上・宇宙望遠鏡の連携による近赤外線広視野
深宇宙探査時代における我が国の戦略

14:42	Z120a Bayesian inference for the inclination of stars, brown dwarfs, and exoplanets using time-series spectroscopy 嬉野大和 (宇宙航空研究開発機構)	9月9日(火) 午前・A会場	
		10:30	開催趣旨説明 小山佑世 (国立天文台)
14:51	Z121a High-resolution spectral analysis of Luhman 16AB with Gaussian Process T-P profile and auto-differentiable spectrum model ExoJAX Yama, Hibiki (The University of Osaka)	10:33	Z201r 地上からの次世代広視野近赤外探査が描き出す新しい銀河宇宙像 児玉忠恭 (東北大学)
	Z122c Parameter Estimation for SEP Event Modeling: A Bayesian Approach Using Multi-Spacecraft Observations of the October 2021 Event 加藤裕太(富士通株式会社/名古屋大学)	10:51	Z202a TAO 6.5m 望遠鏡搭載近赤外線広視野多天体分光カメラ SWIMS 本原顕太郎 (東京大学)
15:00	質疑応答 (10分)	11:00	Z203b Ruby-Rush: 地上広視野中間帯域撮像で解明する初期宇宙の銀河加速成長 高橋宏典 (東北大学)
		11:04	Z204b HIMMEL: すばるとTAOの広視野観測で探る銀河団への冷たいガス降着 船木美空 (東北大学)
		11:08	Z205a ULTIMATE-SUBARU: プロジェクトの概要と進捗状況 美濃和陽典 (国立天文台)
		11:17	Z206b ULTIMATE-Subaru: 可変副鏡の製作状況 大屋真 (国立天文台)
		11:21	Z207b ULTIMATE-Subaru: 広視野近赤外線撮像装置 Wide Field Imager (WFI) 櫛引洸佑 (国立天文台)
		11:25	Z208b ULTIMATE-Subaru: 近赤外線広視野狭帯域フィルター探査で探る宇宙再電離 柏野大地 (国立天文台)
		11:29	Z209b ULTIMATE-Subaru による時間軸天文学 守屋堯 (国立天文台)
		11:33	Z210b ULTIMATE-Subaru による銀河面サーベイ観測計画 森鼻久美子 (国立天文台)
		11:37	Z211b 近赤外線の中・狭帯域フィルターを用いた銀河面の星種族と円盤構造の探査 小野里宏樹 (国立天文台)
		11:41	Z212a すばる HSC Ly α 深狭帯域撮像観測による $z \sim 3$ 大規模構造中性水素ガス探査との近赤外線広視野協調観測 久保真理子 (関西学院大学)

11:50	Z213a すばると宇宙望遠鏡の連携による銀河考古学 岡本桜子（国立天文台）	15:03	Z224b 広視野サーベイ観測 WISHES・WISHES+ HSC-z データ解析 古澤順子（国立天文台）
11:59	Z214a 広視野近赤外観測 Ultimate で探る低質量星・超低質量天体の形成と多様性 大朝由美子（埼玉大学）	15:07	Z225a Roman 宇宙望遠鏡コアコミュニティサーベイ観測計画 住貴宏（大阪大学）
12:08	Z215b 広視野近赤外線観測で探る R CrA 領域における超低質量天体形成 金井昂大（埼玉大学）	15:16	Z226b 次世代可視光近赤外線広視野望遠鏡による観測的宇宙論の展望 宮武広直（名古屋大学）
12:12	Z216a 次世代銀河系中心探索に向けた PRIME 望遠鏡による事前観測 鈴木大介（大阪大学）	15:20	Z227b Euclid, Roman, GREX-PLUS による広視野赤外線観測で探る遠方銀河形成 播金優一（東京大学）
12:21	Z217a 新世代赤外線広視野探索によって期待される銀河系中心領域の変光星研究 松永典之（東京大学）	15:24	Z228a Nancy Grace Roman 宇宙望遠鏡と近赤外広視野観測で切り拓く原始銀河団研究 大工原一貴（宇宙航空研究開発機構）
12:30	質疑応答（10 分）	15:33	Z229a JASMINE、ULTIMATE、PFS による銀河系中心の広視野赤外線観測とサイエンス 西山正吾（宮城教育大学）
9 月 9 日（火）午後・A 会場		15:42	Z230a Beyond the optical: Tracing supermassive black hole growth across cosmic time Ichikawa, Kohei (Waseda University)
14:00	Z218r スペースからの次世代広視野近赤外探索と多波長連携が描き出す新しい宇宙像 山田亨（宇宙航空研究開発機構）	15:51	Z231b Dust-obscured Galaxies with Broken Power-law Spectral Energy Distributions Discovered by UNIONS 吉田猛人（愛媛大学）
14:18	Z219a JASMINE が拓く近赤外線広視野観測、および計画の進捗状況 鹿野良平（国立天文台）	15:55	Z232b 赤外域サーベイ宇宙望遠鏡による高赤方偏移 MBH- M* 関係探索 田中匠（東京大学/Kavli IPMU）
14:27	Z220a GREX-PLUS 超広視野赤外線撮像サーベイによる銀河形成進化研究の展望 井上昭雄（早稲田大学）	15:59	質疑応答（10 分）
14:36	Z221a 遠赤外線ミッション PRIMA と近・中間赤外線広視野観測の連携可能性 稲見華恵（広島大学）		
14:45	Z222a 赤外線広視野観測と連携した大型サブミリ波望遠鏡 LST/AtLAST による広域分光撮像探索 河野孝太郎（東京大学）		
14:54	Z223a 国産天体観測用赤外線イメージセンサの開発状況と今後の見通し 永山貴宏（鹿児島大学）		

M. 太陽

9 月 10 日（水）午前・F 会場			9 月 10 日（水）午後・F 会場		
09:30	M01a	SOLAR-C 衛星：科学運用・データ処理・地上系システムの開発状況 鳥海森（宇宙航空研究開発機構）	13:00	M13a	X線天文衛星 XRISM が捉えた 2024/10/10 の磁気嵐に伴う下部熱圏の密度変動 勝田哲（埼玉大学）
09:42	M02a	太陽活動領域で観測される小規模コロナ増光の温度分布変動による分類 近藤勇仁（東京大学）	13:12	M14a	人工衛星の軌道変動から探る大規模宇宙天気現象が超高層大気に与える影響 田中颯（東京科学大学/宇宙航空研究開発機構）
09:54	M03a	SUNRISE-III/SCIP が捉えたスピキュールの空間磁場構造 内藤由浩（総合研究大学院大学/国立天文台）	13:24	M15a	AI 回帰モデルを用いた太陽高エネルギー粒子事象のプロファイル予測 加藤裕太（富士通株式会社/名古屋大学）
10:06	M04a	Sunrise 3/SCIP による Ca II IR line を用いた太陽フィラメントの磁場解析 松本琢磨（名古屋大学）	13:36	M16a	横須賀太陽電波強度偏波計の較正と太陽マイクロ波スペクトルの観測 渡邊恭子（防衛大学校）
10:18	M05a	SUNRISE-3/SCIP による静穏領域の極端な非対称 Stokes V プロファイルの解析 蔡淑琄（東京大学）	13:48	M17a	減光領域でのプラズマ流によるコロナ質量放出への質量寄与 平岡勇人（東京大学）
10:30	M06a	ねじれアルフベニック波観測による太陽コロナ加熱機構への示唆 国吉秀鷹（Northumbria 大学）	14:00	M18a	南極ドームふじアイスコア中の硝酸イオン濃度に埋もれた太陽 11 年、22 年、約 90 年活動周期の発見 望月優子（理化学研究所）
10:42	M07a	磁束-輝線乗乗則を用いたコロナ加熱モデルの検証 坂本文平（東京大学）	14:12	M19a	太陽-地球系におけるピンクノイズの伝搬機構：ドームふじ氷床コア中の硝酸イオン濃度の過去の太陽活動指標性の考察 森川雅博（お茶の水女子大学/理化学研究所）
10:54	M08a	連結階層シミュレーションによる磁気リコネクションの衝撃波構造の解析 芥川慧大（東京大学）	14:24	M20b	南極ドームふじアイスコアからさぐる気温変動と太陽活動との相関 望月優子（理化学研究所）
11:06	M09a	黒点の面積・複雑性と活動領域彩層ラインの Sun-as-a-star 研究 夏目純也（京都大学）	14:24	M21b	2024 年 5 月および 10 月の X クラスフレアに伴った EUV 放射による地磁気変動 大窪遼介（防衛大学校）
11:18	M10b	太陽全面における波の振動と磁場構造の関係 白戸春日（京都大学）	14:24	M22b	IRIS 衛星で検出された高エネルギー粒子の短期的・長期的な振舞い 蘭尚道（茨城大学）
11:18	M11b	太陽プロミネンス噴出の速度場解析：空間分解・空間積分データの比較 大津天斗（京都大学）	14:36	M23b	CME 衝撃波に対する太陽の大域的磁場の影響 鈴木亮（東京大学）
11:30		質疑応答（10 分）			

14:36	M24b	SUSANOO-CME を用いたリアルタイム 太陽嵐到来予測システムの改良 塩田大幸（情報通信研究機構）	11:18	M35a	XRISM による Fe XIX-XXVI K 殻輝線を用いた恒星フレアプラズマ診断 栗原明稀（東京大学/宇宙航空研究開発機構）
14:36	M25b	国立天文台赤外線偏光観測磁場データを用いたシノプティックマップ作成 大辻賢一（情報通信研究機構）	11:30		質疑応答（10 分）
14:48		質疑応答（10 分）	9 月 11 日（木）午後・F 会場		
9 月 11 日（木）午前・F 会場			13:00	M36a	原始太陽系円盤からの降着と乱流混合を考慮した太陽モデルの構築 國友正信（久留米大学）
09:30	M26a	磁束管を通した光球面下と上層大気との結合 柴崎清登（太陽物理学研究所）	13:12	M37a	ベイズ推定を用いた太陽活動周期に関する特徴量抽出 松本仁（福岡大学）
09:42	M27a	Fe FIP Effect in Solar Flares Observed with <i>Hinotori</i> /SOX 渡邊鉄哉（国立天文台）	13:24	M38a	低質量星のネットワーク磁場についての輻射磁気流体シミュレーション 堀田英之（名古屋大学）
09:54	M28a	Solo/STIX と ASO-S/HXI で観測された高高度コロナ中の太陽フレア硬 X 線源 増田智（名古屋大学）	13:36	M39a	遺伝的アルゴリズムによる平均場ダイナモパラメタの推定手法開発 清水悠矢（名古屋大学）
10:06	M29a	XRISM による太陽フレアの地球大気反射 X 線の観測 II 倉嶋順（宮崎大学）	13:48	M40a	太陽表面輻射冷却の機械学習を用いた計算効率化について 清水咲来（名古屋大学）
10:18	M30a	恒星のフレア中の測光分光観測によるポストフレアループ検出の試み 梅澤和真（京都大学）	14:00	M41a	Radiative MHD simulations for starspots in low-mass stars: Inward penumbral flows Park, Sangjin (Nagoya university)
10:30	M31a	MAXI-NICER 連携で観測されたアルゴルの食を含む恒星フレア 中山和哉（京都大学）	14:12	M42a	対流層全球計算内の大規模磁場強度飽和をもたらす物理 鳶田遼太（京都大学）
10:42	M32a	X 線・紫外線同時観測による恒星フレアでの Fe K α 輝線の放射機構の特定 井上峻（京都大学）	14:24	M43a	wave-driven モデルによる新たな太陽風速度特徴量の可能性 戸頃響吾（東京大学）
10:54	M33a	EQ Peg におけるスーパーフレアのピーク期間中に検出された電波スパイクバースト 趙展浩（南京大学 / 京都大学）	14:36	M44a	Ulysses 衛星を用いた太陽風フラックスの太陽面依存性の評価 藤原晨司（東京大学）
11:06	M34a	測光分光観測で迫るポストフレアループを伴う M 型星白色光フレアの時間発展 市原晋之介（京都大学）	14:48	M45a	アルペーン波モデルにおける彩層乱流と太陽風質量流束の関係 庄田宗人（東京大学）
			15:00		質疑応答（10 分）

N. 恒星・恒星進化

9 月 9 日（火）午前・E 会場			9 月 9 日（火）午後・E 会場		
10:30	N01a	おひつじ座 UX 星で起こった巨大フレアのせいめい及び MAXI による同時観測 (2) 坪井陽子（中央大学）	14:00	N11a	フィールドの実視連星系を用いた gyrochronology の検証 長野冬瑚（大阪大学）
10:42	N02a	Multi-Temperature Mass Ejections from Stellar Flares on a Young Solar Analogue 行方宏介 (NASA/ 京都大学)	14:12	N12a	双子連星を用いた太陽型星の年齢と自転の関係の検証 小川涼（大阪大学）
10:54	N03a	高い磁気活動性をもつ HD 251108 の測光分光観測と黒点マッピング 仲宗根宏心（京都大学）	14:24	N13a	光度曲線の数値微分を利用した接触食連星の質量比の推定（II）：大きな食分をもつ系 高妻真次郎（中京大学）
11:06	N04a	PW Andromedae の黒点分布：Doppler Imaging と光度曲線の同時解析 李尚姫（京都大学）	14:36	N14a	活動的アルゴル系及び候補系の TESS 光度曲線にみられる変動 鳴沢真也（兵庫県立大学）
11:18	N05a	太陽質量程度の前主系列星における大気加熱スケーリング則の調査 II 山下真依（島根大学）	14:48	N15a	Single Be star の可視分光モニター観測 石田光宏（横浜市立戸塚高等学校）
11:30	N06a	磁気活動性の高い K 型星 PW And の H α 線と近赤外 CaII 輝線での分光観測 (2) 永田晴飛（兵庫県立大学）	15:00	N16a	円盤を伴う原始星の粘性進化 高橋亘（国立天文台）
11:42	N07a	階層ベイズモデルによる恒星活動－ロスビー数関係の統計的解析 森山拓磨（福岡大学）	15:12	N17a	Tomo-e Gozen 狭帯域測光探査で発見された金属欠乏星の詳細組成解析 I 岡田寛子（兵庫県立大学）
11:54	N08a	TriCCS 分光モードを用いた恒星フレアの高速分光観測 III 前原裕之（国立天文台）	15:24	N18a	すばる望遠鏡 HDS 高分散分光による超金属欠乏星のカリウム組成分布 石垣美歩（国立天文台）
12:06	N09a	XMM-Newton を用いた Young Stellar Objects の系統的 X 線分光解析 作田皓基（名古屋大学）	15:36	N19a	金属欠乏星における s-過程の観測データによる検証 須田拓馬（東京工科大学）
12:18	N10a	東京大学木曾シュミット望遠鏡 Tomo-e Gozen による前主系列星フレア探査 (3) X 線・可視光頻度分布の比較 根津正大（東京大学）		N20c	TMMT Northern Galactic Plane Variable Star Survey 板由房（東北大学）
12:30		質疑応答（10 分）	15:48		質疑応答（10 分）

9 月 10 日 (水) 午前・E 会場			11:06	N32b	欧州 VLBI ネットワーク EVN による長周期 OH/IR 星 NSV17351 の OH メーザー検出と質量放出過程の長期的不安定性の示唆 中川亜紀治 (鹿児島大学)
09:30	N21a	超新星爆発を用いたアクシオン様粒子の制限に対する親星モデルと回転モデルの影響 高田剣 (福岡大学)	11:18		質疑応答 (10 分)
09:42	N22a	ニュートリノ集団振動の影響を考慮したボルツマン輻射流体計算による超新星シミュレーション 赤穂龍一郎 (早稲田大学)			
			9 月 10 日 (水) 午後・E 会場		
09:54	N23a	軽いステライル・ニュートリノの出現による超新星爆発の失敗 森寛治 (国立天文台)	13:00	N33a	原始中性子星内部の大局的循環流が誘起する低周波重力波 政田洋平 (福岡大学)
10:06	N24a	機械学習を用いたニュートリノ光度と超新星内部構造の相互予測モデルの構築 高橋正大 (東京大学)	13:12	N34a	Convection driven internal gravity wave transport in a 3D core-collapse progenitor MCNEILL, LUCY OLIVIA (Kyoto University)
10:18	N25a	核子の反跳を含むニュートリノ核子散乱が超新星爆発メカニズムに与える影響 伊藤侃 (早稲田大学)	13:24	N35a	カシオペア座 A 超新星の爆発直前の不均一な恒星内物質混合 佐藤寿紀 (明治大学)
10:30	N26a	大質量星における前兆ニュートリノ及び超新星ニュートリノ観測を用いた恒星進化及び爆発メカニズムへの制限可能性 加藤ちなみ (東京大学)	13:36	N36a	Mg-rich 超新星残骸 J0550-6823 と大マゼラン星雲における Shell merger への示唆 久保池結 (明治大学)
10:42	N27a	回転する巨大・超大質量星の重力崩壊に伴う爆発現象 藤林翔 (東北大学)	13:48	N37a	酸素-ネオン白色矮星への炭素降着計算と SN 1181 残骸への応用 黄天鋭 (東京大学)
10:54	N28b	種族合成計算を用いた超新星背景ニュートリノのスペクトルの予測 杉浦蒼 (東京理科大学)	14:00	N38a	低金属星の組成から探る最も軽い重力崩壊型超新星の性質 梅田秀之 (東京大学)
10:54	N29b	Modeling angular momentum transport in 3D MHD simulation of core-collapse progenitor 鳶田遼太 (京都大学)	14:12	N39a	Refining Parameters and Assessing Predictive Capability in Müller's Model WU, Yuxin (The University of Tokyo)
10:54	N30b	Ia 型超新星におけるデフラグレーション-デトネーション遷移に地上化学燃焼実験から迫る 岩田和也 (京都大学)	14:24	N40a	Ibc 型超新星の星周物質と連星相互作用 千葉遼太郎 (国立天文台/総合研究大学院大学)
11:06	N31b	暗い Ic 型超新星 SN2023cpt の可視近赤外観測 熊野朱里 (広島大学)	14:36	N41a	二重白色矮星連星合体直前に形成される星周物質と Ia 型超新星の初期放射の起源 井上裕介 (京都大学)

14:48	N42a	連星由来の超高輝度突発天体 津名大地（カリフォルニア工科大学）	9月11日（木）午後・E会場	
15:00		質疑応答（10分）	13:00	N53a
9月11日（木）午前・E会場			Mira型変光星からの低質量放出率かつ 低速度の星風 保田悠紀（北海道大学）	
09:30	N43a	相対論的衝撃波面形状の時間変化を Thin-Shell 近似で追う 茂山俊和（東京大学）	13:12	N54a
09:42	N44a	超高速3次元流体計算を用いたIa型 超新星残骸の多様性の起源調査 藤丸祐生（京都大学）	AGBの恒星進化の最終形態について の新たな提案 浦郷陸（アストロバイオロジーセンター）	
09:54	N45a	日本VLBI観測網によるIIb型超新星 SN 2024iss の電波フォローアップ観測 岩田悠平（国立天文台）	13:24	N55a
10:06	N46a	XRISM と Swift による SN 2024iss の初 期 X 線放射の観測 内田裕之（京都大学）	ニュートリノで読み解くブラックホール形成 諏訪雄大（東京大学）	
10:18	N47a	大きな赤化を受けたIb/Ic型超新星 SN 2023dbc の光学・近赤外線観測 山中雅之（鹿児島大学）	13:36	N56a
10:30	N48a	近傍で発生した中間光度のIax型超新 星 SN 2025qe の早期観測 笹岡大雅（東京大学）	星団における連星ブラックホールを持つ 階層3体系の形成とその発見戦略 谷川衝（福井県立大学）	
10:42	N49a	IIIn型超新星の光度曲線サンプル解析 平松大地（University of Florida/ Center for Astrophysics Harvard & Smithsonian）	13:48	N57a
10:54	N50a	可視近赤外線観測によるluminous red nova AT 2023uhx の進化と物理量推定 堀切月葉（鹿児島大学）	ブラックホール形成超新星となり得る大 質量星の進化と放射性同位体 ^{26}Al の 合成 鈴木昭宏（東京大学）	
11:06	N51a	Long-lived IIIn型超新星 SN 2024dy に 付随するダスト放射の性質 後藤颯太（鹿児島大学）	14:00	N58a
11:18	N52a	「宇宙の噴水」W 43A のジェット根本に 見られる一酸化珪素レーザー源 今井裕（鹿児島大学）	超新星フォールバックにおける親星水 素外層効果の統一的描像に向けて 篠田兼伍（東京大学）	
11:30		質疑応答（10分）	14:12	N59a
			周連星系円盤の連星軌道進化への影 響の普遍性 鷹野重之（九州産業大学）	
			14:24	N60a
			WZ Sge 型矮新星 GOTO065054.49+593624.51 の進化経 路に関する観測的研究 保家大将（京都大学）	
			14:36	
			質疑応答（10分）	

P1. 星・惑星形成(星形成)

9月9日(火) 午前・C会場		12:18	P113b かなた望遠鏡可視偏光サーベイ： Sagittarius 渦状腕内の3次元磁場構造(IV) 城壮一郎(東京大学)
10:30	P101a 大マゼラン雲 N159 の大質量分子雲コア を持つミニチュア・ヘッドテイル雲 徳田一起(香川大学)	12:30	質疑応答(10分)
10:42	P102a ALMA 望遠鏡を用いた大マゼラン雲にお ける大質量星原始星に付随する分子ガ ス・電離ガスの観測的研究(2) 安達大揮(大阪公立大学)	9月9日(火) 午後・C会場	
10:54	P103a Deciphering the Origin of Dense Cores in Molecular Clouds 中村文隆(国立天文台)	14:00	P114a メタノールメーザーと水メーザーで探る大 質量原始星 G59.783+0.065 周囲のダイ ナミクス 中村桃太郎(大島商船高等専門学校)
11:06	P104a Magnetic Field Dragging in the Filamentary High-mass Star-forming Region G35.20-0.74N due to Gravity Hwang, Jihye (Kyushu University)	14:12	P115a Collisional excitation of H ₂ CO deuterated isotopologues by molecular hydrogen Pirlot Jankowiak, Paul (RIKEN)
11:18	P105a フィラメント・フィラメント衝突とハブの形 成 II. 衝突断面積 富阪幸治(国立天文台)	14:24	P116a ALMA Band 7 周波数領域での 13CH ₂ DOH の実験室ミリ波分光 小山貴裕(理化学研究所)
11:30	P106a IC 348 における分子雲衝突に誘発され たフィラメント形成 伊藤拓冬(名古屋大学)	14:36	P117a 水素分子オルソパラ比の時間進化の簡 易モデル構築 小道雄斗(東京大学)
11:42	P107a 磁化した乱流フィラメントにおける両極性 拡散の効果とイオン-中性粒子ドリフト の観測可能性の検証 三杉佳明(国立天文台)	14:48	P118a Heiles Cloud 2 の炭素鎖分子観測:TMC- 1FN の化学進化 大村充輝(九州大学)
11:54	P108a NH ₃ 輝線から導出した温度分布から探 る天の川銀河における分子雲進化過程 柴田洋佑(鹿児島大学)	15:00	P119a 銀河系外縁部における分子雲の性質 泉奈都子(国立天文台)
12:06	P109b 日立 32-m 電波望遠鏡を用いた 6.7 GHz class II メタノールメーザーの高頻度モニ ター観測による Zeeman 分裂の検出 森泉怜(茨城大学)	15:12	P120a ALMA 望遠鏡による天の川銀河外縁部 のホットコア検出と化学組成の解明 池田達紀(新潟大学)
12:06	P110b 銀河潮汐力による散開星団の崩壊 伊藤洋一(兵庫県立大学)	15:24	P121a Rotation and infall in high-mass hot cores Olguin Choupay, Fernando Andres (Kyoto University)
12:06	P111b 分光観測による散開星団に属するポスト Tタウリ型星の探査 水本拓走(兵庫県立大学)	15:36	P122b TMC-1 分子雲におけるコアの力学状態 と星形成率の評価 奈良崎裕汰(東京大学)
12:18	P112b かなた望遠鏡可視偏光サーベイ: MBM 37 の星無しコア周縁部の磁場構造(II) 堀友哉(広島大学)	15:36	P123b ALMA 望遠鏡による大マゼラン雲ホット コアの 5000au 分解能観測 田村玲子(新潟大学)
		15:36	P124b 大小マゼラン雲原始星の分子輝線解析 による化学的多様性の探究 小嶋一生(東京科学大学)

15:48	P125b 強磁場をもつ分子雲におけるフィラメント状分子雲の形成と分裂 工藤哲洋 (長崎大学)	11:06	P136a Probing the ion-neutral drift velocity towards the L1544 prestellar core Arzoumanian, Doris (Kyushu University)
15:48	P126b 3D Hydrodynamic Simulations of Core Formation in Turbulent Molecular Clouds Liu, Meizhi (The University of Tokyo)	11:18	P137b 超新星爆発等からの固体微粒子拡散と太陽系内の同位体比不均質の起源 中本泰史 (東京科学大学)
15:48	P127b 分子雲コアを初期条件とした3次元流体計算による Fission 仮説の検証 坂本怜央 (九州大学)	11:18	P138b 乱流分子雲における拡散係数の導出 山田祥悟 (東京科学大学)
16:00	質疑応答 (10 分)	11:18	P139b 強磁場低金属量環境下における星形成 村社伊樹 (九州大学)
9 月 10 日 (水) 午前・C 会場		11:30	質疑応答 (10 分)
9 月 10 日 (水) 午前・C 会場		9 月 10 日 (水) 午後・C 会場	
09:30	P128a 分子雲の磁気拡散におけるダスト成長の影響 吹原瑠 (鹿児島大学)	13:00	P140a 銀河面 CO 広域観測データを用いた Spitzer Bubble の統計的解析 (I): 共通の特徴を探る個別解析 西本晋平 (大阪公立大学)
09:42	P129a 分子雲コア外部の密度環境が原始星成長に与える影響: 原始星への質量降着率と星周円盤質量、アウトフロー駆動の時間発展 野崎信吾 (九州大学)	13:12	P141a 銀河面 CO 広域観測データを用いた Spitzer Bubble の統計的解析 (II): 深層学習を用いた包括的解析 藤本湧大 (大阪公立大学)
09:54	P130a Class 0 原始星 B1-c における円盤・エンベロープの逆回転 篠崎愛翔 (鹿児島大学)	13:24	P142a 大マゼラン雲における大質量星と原子、分子ガスの運動学的研究 星満 (名古屋大学)
10:06	P131a ALMA Multi-Band 観測データを用いた原始星円盤の鉛直温度構造の解明 西合一矢 (国立天文台/鹿児島大学)	13:36	P143a 機械学習を用いた初代星形成過程における化学進化のエミュレーション 小野壮洵 (京都大学)
10:18	P132a ALMA 望遠鏡を用いた class 0 原始星 OMC-3 MMS5 における回転する円盤及びエンベロープの観測 中村優梨佳 (九州大学)	13:48	P144a 宇宙初期のガス衝突による大質量星団形成における紫外線強度の影響 前田龍之介 (東北大学)
10:30	P133a Oph-A 領域の褐色矮星・惑星質量天体の形成現場 川邊良平 (国立天文台)	14:00	P145a N 体 /SPH シミュレーションによる原始連星を考慮した星団形成過程の調査 原田直人 (東京大学)
10:42	P134a VLA による Class 0 原始星 IRAS 16293-2422 における NH_3 輝線の高分解能観測 大和義英 (理化学研究所)	14:12	P146a 電離領域の伝搬が駆動する分子雲破壊と星形成効率 小林康大 (名古屋大学)
10:54	P135a 低質量原始星天体 B335 における硫黄関連分子の組成と分布 大屋瑤子 (京都大学)	14:24	P147a 連星形成期における連星軌道の進化: 磁場によって双子星は近づくか? 松本倫明 (法政大学)

P2. 星・惑星形成(原始惑星系円盤)

14:36	P148a 褐色矮星連星の形成シナリオについて 内海秀介(名古屋大学)	9月10日(水) 午後・D会場	
14:48	P149a すばる望遠鏡広域観測で見つかった褐色矮星のタイプ分類 水本琴美(愛媛大学)	13:00	P201a 原始惑星系円盤における酸素同位体組成の時空間進化 荒川創太(海洋研究開発機構)
15:00	質疑応答(10分)	13:12	P202a 原始惑星系円盤内側領域のダスト・温度共進化が導く微惑星形成 加藤遼(東京科学大学)
9月11日(木) 午前・C会場		13:24	P203a 高ダスト-ガス比環境でも使えるダスト拡散モデルの開発: 惑星ギャップ近傍におけるダスト密度分布進化 瀧哲朗(東京大学)
09:30	P150a かなた望遠鏡可視偏光サーベイ: 若い星団 NGC 6910 内の磁場構造とダストサイズ(2) 丸田哲温(広島大学)	13:36	P204a 巨大惑星の引き起こす衝撃波加熱が原始惑星系円盤のスノーラインに与える影響 清水静(東京科学大学)
09:42	P151a かなた望遠鏡可視偏光サーベイ: 大質量星形成領域 W33 方向の星間雲分布と磁場構造 土井靖生(東京大学)	13:48	P205a 表層降着円盤におけるダスト昇華による円盤ガスの重元素濃縮 池田義隆(東京科学大学)
09:54	P152a かなた望遠鏡可視偏光サーベイ: Nova V4444 Sgr 方向の星間磁場構造と星間ダスト 川端弘治(広島大学)	14:00	P206a PDS70c の周惑星円盤からのミリ波連続波多波長観測の解釈 芝池諭人(鹿児島大学)
10:06	P153a 大質量星形成領域 NGC 6334 における星間磁場と遠赤外線 [CII] 放射の関係 楠根貴成(名古屋大学)	14:12	P207b 原始惑星系円盤内での低質量ガス惑星の軌道長半径と離心率進化 田中佑希(福島工業高等専門学校)
10:18	P154a X線分光撮像衛星 XRISMを用いたX線反射星雲 Sgr B2 内の点源の観測 山本晴香(奈良女子大学)	14:12	P208b 近・中間赤外線散乱光スペクトル観測による原始惑星系円盤の揮発性氷分布の決定可能性 中澤風音(東京大学)
10:30	質疑応答(10分)	14:12	P209b 前主系列星における非周期的減光現象の追観測: 分光・多波長測光から探る連星 dipper の性質 笠木結(宇宙航空研究開発機構)
		14:24	P210b ツリー法を応用した多成分ダストの合体成長計算アルゴリズム 渡邊太一(総合研究大学院大学/国立天文台)
		14:24	P211b 圧縮ダストアグリゲイトの衝突シミュレーション II: 斜め衝突における付着・跳ね返り条件 大城榛音(東京科学大学)

14:24	P212b 低付着力氷の集積を考慮した原始地球の水量進化：磁気降着円盤での検討 近藤克（東京科学大学）	10:42	P223a 巨大原始惑星系円盤 V1094 Sco で発見された複数のリング・ギャップ構造 山口正行（九州大学/国立天文台）
14:36	P213b 円柱シアリング箱による降着円盤の磁気流体数値実験：円盤風駆動 鈴木建（東京大学）	10:54	P224a 3D orbital characterization and disk properties in Class II binary XZ Tau Kido, Miyu (ASIAA/Kagoshima university)
14:36	P214b The Combined Influence of Turbulence and Disk Winds on Dust Distribution in Protoplanetary Disks 盛宇凡（東京大学）	11:06	P225a ジェット・バブル-円盤相互作用の発見：WSB 52におけるジェットによる膨張バブルを介した原始惑星系円盤へのフィードバック 逢澤正嵩（茨城大学）
14:36	P215b 1次元非理想 MHD シミュレーションで探る原始惑星系円盤の長期進化 II 小林雄大（鹿児島大学）	11:18	質疑応答（10 分）
	P216c アウトフローによって巻き上げられるダスト最大サイズに関する解析的研究 内村迅渡（鹿児島大学）	9 月 11 日（木）午後・D 会場	
14:48	質疑応答（10 分）	13:00	P226a ホール効果を含んだ磁気流体力学の数値解法に関する比較研究 岩崎一成（国立天文台）
9 月 11 日（木）午前・D 会場		13:12	P227a 原始惑星系円盤の大局的輻射非理想磁気流体力学シミュレーション：間欠的な表層降着 森昇志（清華大学/東北大学）
09:30	P217a ALMA を用いた HL Tau 周囲の原始星円盤における乱流強度の直接測定 崔仁士（鹿児島大学）	13:24	P228a 円盤の大局的磁場構造と整合する局所非理想 MHD 計算手法の開発 榎本晴日（東京科学大学）
09:42	P218a ALMA を用いたマルチエポック観測による重力不安定円盤における渦状腕の巻きつき運動の検出 吉田有宏（国立天文台/総合研究大学院大学）	13:36	P229a 後期降着した星間ガスは中心星に届くか？：円盤内の角運動量輸送 VS 質量損失 大山航（京都大学）
09:54	P219a 原始惑星系円盤の影を利用した幾何構造推定と散乱位相関数の空間的解析 折原龍太（東京大学）	13:48	P230a 星形成初期段階のダスト成長と運動の 3次元解析 早川喬（九州大学）
10:06	P220a HD 143006におけるディスク構造の違いとダスト成長：ALMA 多波長観測による解析 楊毅（アストロバイオロジーセンター）	14:00	P231a ダスト成長による大質量原始星円盤の時間進化と分裂への影響 山室良太（東京科学大学）
10:18	P221a 原始惑星系円盤 CQ Tau における渦状腕と高離心率キャビティの検出 石橋志悠（鹿児島大学）	14:12	P232a 原始惑星系円盤におけるミリ波散乱偏光を想定した平行平板の輻射輸送数値解 北出直也（総合研究大学院大学/国立天文台）
10:30	P222a 最も若い系外惑星を持つ IRAS 04125+2902 における内側円盤の検出と多重不整列構造の解明 所司歩夢（九州大学）	14:24	P233a 星フレアからの X 線に対する円盤の化学的応答 鷲ノ上遥香（理化学研究所）
		14:36	質疑応答（10 分）

P3. 星・惑星形成(惑星系)

9 月 9 日 (火) 午前・B 会場			P313c 高空隙率ダストにかかるガス抵抗の性質 森川翼(鹿児島大学)
10:30	P301a Subaru/VAMPIRES による原始惑星 AB Aur b の H α フォローアップ観測 鵜山太智(California State Univeristy Northridge)	12:54	質疑応答(10 分)
10:42	P302a 光度曲線と高空間分解画像の同時解析 を用いた重力マイクロレンズ惑星イベ ント MOA-2011-BLG-322 の質量距離推定 玉置拓土(大阪大学)	9 月 9 日 (火) 午後・B 会場	
10:54	P303a 重力マイクロレンズ惑星イベントの物理 パラメータ推定に向けたベイズ解析の再 構築: OB171630 および KB230598 への 適用 布田寛介(大阪大学)	14:00	P314a 超低周波(VLF)帯における流星電波 放射の方探観測 小林美樹(日本流星研究会)
11:06	P304a 系外惑星を持つ赤色巨星 Kepler-56 が 示す特異な自転構造の形成プロセス 徳野鷹人(東京大学)	14:12	P315a 彗星の過去を探るツールとしての流星群 渡部潤一(国立天文台)
11:18	P305a 半揮発性塩の熱解離ガスの降着を起源 とする巨大ガス惑星の硫黄濃縮 中澤風音(東京大学)	14:24	P316a 隕石の惑星大気進入による気流・熱状 態への影響のモデリング 御子裕治(名古屋大学)
11:30	P306a 惑星半径谷の近くに位置する若いラン ジット惑星 TOI-5169b の発見確認観測 水木敏幸(ABC/NAOJ)	14:36	P317a ライトカーブ位相差を利用した微小小惑 星の熱慣性の推定 和田空大(東京大学)
11:42	P307a デブリ円盤におけるシリケートフィーチャー 小林浩(名古屋大学)	14:48	P318a Attention 機構を導入した CNN による多 重画像からの移動天体検出 洪川雅人(総合研究大学院大学)
11:54	P308a 系外惑星の重力によるデブリ円盤の非 対称空間分布 清水颯人(名古屋大学)	15:00	P319a A Search for Planet Nine with IRAS and AKARI Data Goto, Tomotsugu(National Tsing Hua University)
12:06	P309a ダスト集合体状態方程式を用いた始原 的微惑星衝突の SPH シミュレーション 山田理央奈(名古屋大学)	15:12	P320b セドナ型新天体「Ammonite」の発見と 軌道ダイナミクス: 太陽系外縁部への 力学的窓 Sofia Lykawka, Patryk(近畿大学)
12:18	P310a 巨大衝突過程を予測する機械学習モデ ルの構築 石田侑一郎(東京大学)	15:12	P321b ALMA 観測のための小惑星フラックス密 度シミュレータの開発 高橋茂(東京大学)
12:30	P311a 複数木星型惑星系の成長と軌道進化 長沢真樹子(久留米大学)	15:12	P322b 野辺山 45m 望遠鏡による月面偏波観測 岩崎未玖(情報通信研究機構/東京学 芸大学)
12:42	P312b 恒星の磁気制動を考慮した惑星系での 潮汐 Q 値の推定 稲井雅之(東京大学)	16:24	質疑応答(10 分) ※ Q07b の講演後

Q. 星間現象

9 月 9 日 (火) 午後・B 会場		9 月 10 日 (水) 午前・B 会場	
15:24	Q01a はやぶさ2搭載光学航法望遠カメラONC-Tで探る銀河中心方向の銀河拡散光 黒崎香名(九州工業大学)	09:30	Q11a ALMA ACA によるガンマ線超新星残骸 W28 の観測 (1) 佐野栄俊(岐阜大学)
15:36	Q02a JWST 及び電波望遠鏡を用いた Wolf-Rayet 型星 WR 140 における炭素化学の研究 谷口琴美(国立天文台)	09:42	Q12a Sub-PeV ガンマ線超新星残骸 W51C に付随する星間陽子 後藤優祈(岐阜大学)
15:48	Q03a JWST/MIRI LRS による WR140 ダストシェルの分光観測 妹尾梨子(東京大学)	09:54	Q13a 大マゼラン雲の SNR N49 に付随したガスの ALMA による [C I] 観測 山田麟(国立天文台/岐阜大学)
16:00	Q04b XRISM による Sgr A East の放射性再結合連続成分の検出と元素組成比の測定 内山秀樹(静岡大学)	10:06	Q14a SNR RCW 103 に付随する分子雲における CI/CO 比 井上陽登(岐阜大学)
16:00	Q05b 野辺山 45 m 鏡を用いた銀河面第一象限外縁部における分子雲探査 (2) 角越仰(大阪公立大学)	10:18	Q15a LMC SNR N63A に付随する分子雲の高角度分解能 CO 多輝線解析 浅野裕也(岐阜大学)
16:00	Q06b 非相対論的衝撃波における微視的不安定性の競合過程 横山将汰(千葉大学)	10:30	Q16a A New Radio Continuum Study of the Large Magellanic Cloud Supernova Remnant MC SNR J0519-6902 Alsaberi, Rami Z. E. (Gifu University)
16:12	Q07b 新・星間有機物塵合成実験装置の製作 左近樹(東京大学)	10:42	Q17a ガンマ線天体 HESS J1023-575 に付随する分子雲ジェット 柘植紀節(岐阜大学)
	Q08c VERA アーカイブデータを用いた Sgr B2(M)(N) 領域水メーザー長期観測 酒井大裕(東京エレクトロン テクノロジーソリューションズ株式会社)	10:54	Q18a Investigating Jet-ISM Interaction Signatures Around the Gamma-Ray Binary LMC P3 Gadikere Rajendra, Bhuvana (Gifu University)
	Q09c XRISM Xtend を用いた SS433 近傍の非熱的 X 線放射の研究 鈴木寛大(宮崎大学)	11:06	Q19a ALMA による銀河系中心 Circumnuclear Disk 内外の低密度分子ガス降着の観測 田中邦彦(慶應義塾大学)
	Q10c ALMA キャリブレーションを用いた希薄な天の川銀河内星間分子雲の分子吸収線探査 恩田詩緒梨(上越教育大学)	11:18	Q20a ALMA による超新星残骸 W44 超高速成分 Bullet の観測的研究 (II) 蒔田桃子(慶應義塾大学)
16:24	質疑応答 (10 分)	11:30	質疑応答 (10 分)

9 月 10 日（水）午後・B 会場			9 月 11 日（木）午前・B 会場		
13:00	Q21a	A Chemical Peculiar Component around the Circumnuclear Disk Tsuboi, Masato (Meisei University)	09:30	Q31a	軟X線偏光撮像観測衛星 IXPE の観測データ及びシミュレーションを用いた「かに星雲・パルサー」の West Bay の磁場評価 呉屋和保（広島大学）
13:12	Q22a	落下する分子雲 [Kohno Clouds] 周囲の分子雲分布と巨大分子雲形成の可能性 福井康雄（名古屋大学）	09:42	Q32a	X線分光撮像衛星 XRISM 搭載軟X線分光装置 Resolve によるケプラー超新星残骸の親星調査 金丸善朗（宇宙航空研究開発機構）
13:24	Q23a	落下分子雲の広域探査：HI ガスからのCO 雲形成と衝撃波加熱を追跡する 出町史夏（名古屋大学）	09:54	Q33a	XRISM/Resolve を用いた Kepler's SNR の膨張構造測定 市堰いろは（東京大学）
13:36	Q24a	NRO レガシープロジェクト FUGIN 再解析 -I: ビーム間強度較正の影響 村瀬建（岐阜大学）	10:06	Q34a	XRISM 衛星を用いた Kepler's SNR の膨張速度の測定とそれに基づく距離推定 秋田桜佑（埼玉大学）
13:48	Q25a	NRO レガシープロジェクト FUGIN 再解析 -II: スケーリングファクターの変動 石倉文裕（岐阜大学）	10:18	Q35a	XRISM 衛星による超新星残骸 N49 のプラズマ診断 天野雄輝（宇宙航空研究開発機構）
14:00	Q26a	Physical properties of peculiar velocity structures in Aquila Rift identified using the Filfinder algorithm 李欣儒（東京大学）	10:30	Q36a	XRISM 衛星を用いた超新星残骸 RCW86 における電子加熱効率の調査 岡田佳純（青山学院大学/宇宙航空研究開発機構）
14:12	Q27a	HI 輝線データの相分離から探る CNM の乱流構造 松月大和（名古屋大学）	10:42	Q37a	X 線分光撮像衛星 XRISM 搭載 Xtend を用いた 2024 年 8 月磁気嵐時における太陽風電荷交換 X 線イベントの解析 管野大二郎（東京都立大学）
14:24	Q28a	Mopra 南天銀河面 CO サーベイデータを使用した銀河系円盤部における広速度幅分子ガス成分の探査 前田龍也（慶應義塾大学）	10:54	Q38a	XRISM を用いた Tycho の超新星残骸北西部におけるイオン温度分布解析 市橋正裕（東京大学）
14:36	Q29a	GeV ガンマ線・21cm 輝線・ダスト放射による近傍分子雲領域の宇宙線・星間ガスの研究（2） 水野恒史（広島大学）	11:06	Q39a	XRISM 衛星の詳細分光観測による銀河系中心拡散 X 線の起源の調査 吉本愛使（奈良女子大学）
14:48	Q30a	超新星残骸 G1.9+0.3 における乱流磁場と分子雲相互作用 田尾萌梨（早稲田大学）	11:18	Q40a	XRISM 衛星による天の川銀河中心領域の中性鉄輝線に付随する Compton shoulder の探査 岡田健太郎（近畿大学）
15:00		質疑応答（10 分）	11:30	Q41a	XRISM 精密X線分光をもちいた超新星残骸 W49B における超熱的電子の探査 澤田真理（立教大学）
			11:42		質疑応答（10 分）

R. 銀河

9 月 11 日 (木) 午後・B 会場		9 月 10 日 (水) 午前・A 会場	
13:00	Q42a マイクロエーサー SS 433/W50 における X 線ノットの固有運動測定 辻直美 (東京大学)	09:30	R01a 高速電波バースト母銀河における分子ガスの性質 廿日出文洋 (国立天文台)
13:12	Q43a PeVatron 候補天体 SS 433 Lepto-Hadronic 放射モデルの構築 藤原立貴 (大阪大学)	09:42	R02a GeV ガンマ線を用いた近傍の星形成銀河の宇宙線の研究 越智日向子 (広島大学)
13:24	Q44a 銀河系中心部の分子ループ 2 の S, T 領域の速度場解析 榎谷玲依 (国立天文台)	09:54	R03a ALMA ACA による棒渦巻銀河 M83 の [CII](1-0) マッピング 前田郁弥 (大阪電気通信大学)
13:36	Q45a Cosmic Ray Hydrodynamics による宇宙線伝播の理論研究 霜田治朗 (宇宙線研究所)	10:06	R04a 棒渦巻銀河 M83 における ALMA 観測 : 高密度ガストレーサー N_2H^+ の検証 原田ななせ (国立天文台)
13:48	Q46a エネルギー損失の効果を考慮した因果律を保つ高エネルギー宇宙線の伝搬の定式化とその応用 川中宣太 (東京都立大学)	10:18	R05a ALMA ACA による Stephan's Quintet 全面 CO(1-0) マッピング 山本美咲 (大阪公立大学)
14:00	Q47a 温度分布に基づく分子雲への星形成フィードバックの影響 笠井梨名 (鹿児島大学)	10:30	R06a XMM-Newton CCD, RGS で探る M31 中心の重元素組成比 渡邊晶 (東京理科大学)
14:12	Q48a 銀河系星形成史の鍵となる重力成層を為す高温ハローガスの熱不安定性 瀬野泉美 (名古屋大学)	10:42	R07a 野辺山 45m 望遠鏡によるエッジオン銀河 NGC4565 の銀河面外分子ガス観測 2: 2024/2025 年シーズンに実施した広域・高感度 CO マッピングの結果 松坂怜 (東京大学)
14:24	Q49a 銀河ハローの多相乱流構造における宇宙線加速 稲元燎平 (東京大学)	10:54	R08a 速度場の解析に基づく棒状渦巻銀河 NGC 253 の力学的パラメータの決定 平山慶 (慶應義塾大学)
14:36	Q50a パルサー星雲の乱流加速モデル: 若いパルサー星雲への適用 田中周太 (青山学院大学)	11:06	R09a 羊毛状渦巻銀河 M33 の渦状腕周辺におけるダイナミクスと分子雲進化 (2) 小西亜侑 (大阪公立大学)
14:48	Q51a JWST で系外銀河に観測された円盤渦状腕バブル構造の理論モデル 小野川絢心 (名古屋大学)	11:18	R10b The diffuse extragalactic gamma-ray background radiation: star-forming galaxies are not the dominant component Chen, Junling (The University of Tokyo)
15:00	Q52a 銀河系中心領域の3次元磁場構造の特徴と星間ガス分布との相関 柿内健佑 (九州産業大学)	11:18	R11b M83 棒状構造の高密度分子ガスにおける星形成効率抑制: 雲衝突による力学擾乱の証拠 GU, TIANYI (芝浦工業大学)
15:12	質疑応答 (10 分)		

S. 活動銀河核

11:18	R12b 低金属矮小不規則銀河 NGC6822 における ALMA ACA を用いた CO(1-0) 広域観測および ASTE/CAT8W を用いた [C I] (1-0)・CO(4-3) 同時観測 藤田真司 (統計数理研究所)	9 月 10 日 (水) 午後・A 会場	
	R13c 近傍銀河 NGC 7679 における広がった [C I] 放射の検出: ACA モザイク観測の重要性 道山知成 (周南公立大学)	13:00	S01a IXPE 衛星とかなた望遠鏡を用いたレーザーの多波長同時偏光観測 梶原淑慧 (広島大学)
	R14c 棒渦巻銀河におけるバーのパターン速度の測定 LIANG, shaohua (筑波大学)	13:12	S02a 大口径望遠鏡初号機 LST-1 による活動銀河核の観測: 遠方 FSRQ OP313 の VHE ガンマ線放射の発見 (2) Baxter, Joshua Ryo (東京大学)
	R15c 近傍通常渦状銀河における $^{12}\text{CO}(J=1-0)/^{13}\text{CO}(J=1-0)$ 輝線比と形態の相関に関する統計的解析 岩木鴻太 (筑波大学)	13:24	S03a The central structure of Cen A (NGC 5128) from EHT2017 data 三好真 (国立天文台)
	R16c 希少な CO 同位体を用いた近傍銀河 M51 の解析 菊田諒 (筑波大学)	13:36	S04a X 線と赤外線強度相関を使う新手法で解き明かす AGN トーラス構造 坂本雄哉 (東北大学)
	R17c Auriga シミュレーションを用いた模擬電波観測による銀河磁場探索 大前陸人 (名古屋大学)	13:48	S05a 電波銀河 NGC1052 の SO 吸収線で調べるジェットとトーラスの衝突現場 澤田 - 佐藤 聡子 (大阪公立大学)
11:30	質疑応答 (10 分)	14:00	S06a NGC 1275 中心 10 pc スケールでの分子ガス検出 小島諒也 (東京大学)
		14:12	S07a Resolving the parsec-scale radio structure and kinematics of NGC 1068 with EVN-MERLIN and ALMA 萩原喜昭 (東洋大学)
		14:24	S08a 超高光度赤外線銀河 (ULIRGs) の近赤外線放射時間変動の系統的探索 波多野駿 (総合研究大学院大学)
		14:36	S09a アンテナ銀河におけるミリ波連続波の時間変動探索 小麥真也 (工学院大学)
		14:48	S10b 自己相似磁気リコネクション・モデルの相対論化に向けて: 状態方程式の影響 新田伸也 (筑波技術大学)
		14:48	S11b 磁気流体乱流のシミュレーションに基づいた宇宙線伝播計算 (2) 石崎渉 (東北大学)
			S12c 高光度赤外線銀河 Zw049.057 が示す近赤外線放射時間変動の兆候 波多野駿 (総合研究大学院大学)
		15:00	質疑応答 (10 分)

9 月 11 日 (木) 午前・A 会場			9 月 11 日 (木) 午後・A 会場		
09:30	S13a	近傍セイファート銀河におけるガンマ線放射への活動銀河核円盤風の寄与 坂井延行 (大阪大学)	13:00	S23a	コクーン力学から探る 3C 84 ミニジェット のプラズマ組成とその起源 川勝望 (呉工業高等専門学校)
09:42	S14a	活動銀河核観測に基づく超巨大ブラックホール連星系の重力波検出予測 草壁克典 (大阪大学)	13:12	S24a	NANOGrav データに基づく M87 の仮想的第 2 ブラックホールの質量制限 紀基樹 (工学院大学/国立天文台)
09:54	S15a	多波長モニターおよびスペクトル解析によるブレーザー TON599 の変動メカニズム推定 赤井嵩宙 (広島大学)	13:24	S25a	固有運動で頻発するクエーサーマイクロレンズ現象 米原厚憲 (京都産業大学)
10:06	S16a	アルフベン超放射による Blandford-Znajek エネルギーフラックスへの補正 野田宗佑 (都城工業高等専門学校)	13:36	S26a	単純アルベン波非線形効果によるプラズマ加熱における相対論的效果 小出眞路 (熊本大学)
10:18	S17a	磁場・電子密度の動径依存性を考慮した AGN コロナミリ波放射モデルの構築 浜本百夏 (大阪大学)	13:48	S27a	UNIONS Optical Identifications for VLASS Radio Sources in the Euclid Sky (UNVEIL) I. A Catalog of $\sim 146,000$ Radio Galaxies up to $z \sim 5$ Zhong, Yuxing (Waseda University)
10:30	S18a	非等方な非熱電子モデルがもたらす Limb-brightening (縁部増光) ジェット 恒任優 (ハーバード大学)	14:00	S28a	Constraints on VHE gamma-ray emission of Flat Spectrum Radio Quasars with the MAGIC telescopes Mondal, Habib Ahammad (The University of Tokyo)
10:42	S19a	3 次元放射輸送計算による clumpy な超高速アウトフローのスペクトルモデルの構築 藤川一樹 (東京大学)	14:12	S29a	Study of Active Galactic Nuclei using Water Vapor Masers Deepshikha (Kwansei Gakuin University)
10:54	S20a	ドップラー効果を考慮した活動銀河核の X 線反射スペクトルモデルの開発 胡田蓮 (広島大学)	14:24	S30a	中心性極端 2 重星型超巨大ブラックホールの Jet 形成機構—M87 銀河の場合 大家寛 (東北大学)
11:06	S21a	Sgr A* ミリ波帯周期的光度変動の強重力場輻射輸送モデルによる解釈 柳澤一輝 (慶應義塾大学)	14:36	S31a	AGN ポーラードストからの反射 X 線スペクトルモデルの作成、および NGC 4388 への適用 藤原寛太 (京都大学)
11:18	S22a	輻射圧優勢円盤の不安定性はコロナにより抑制されるか? 古野雅之 (京都大学)	14:48	S32a	XRISM 衛星観測による Centaurus A の電離風解析 榎木大修 (広島大学)
11:30		質疑応答 (10 分)	15:00	S33a	Resolving the Multiple Component Outflow in PG 1211+143 by XRISM 水本岬希 (福岡教育大学)
			15:12		質疑応答 (10 分)

T. 銀河団

9月9日(火) 午前・G会場		12:42	T12b 銀河団中の AGN ジェットと銀河団磁場の相互作用の解明に向けた熱伝導入り電磁流体計算 松野なな(総合研究大学院大学/国立天文台)
10:30	T01a X線天文衛星「すざく」のデータを用いた Abell 399/401 銀河団間のフィラメント構造の解明 尾崎朝世(奈良女子大学)	12:54	質疑応答(10分)
10:42	T02a 近傍銀河団を用いた Resolve と Xtend のレスポンスの軌道上較正 Nie, Runqi(東京理科大学)		
10:54	T03a XRISM 衛星による Abell 754 銀河団の観測成果 大宮悠希(名古屋大学)		
11:06	T04a XRISM で探る Ophiuchus 銀河団中心部の速度構造 藤田裕(東京都立大学)		
11:18	T05a XRISM 衛星による Abell 3571 銀河団中心部の速度構造 相原樹(東京理科大学)		
11:30	T06a XRISM/Resolve による M87 の ICM 温度、速度構造の精密分光観測 伊藤大将(名古屋大学)		
11:42	T07a XRISM 衛星による衝突銀河団 Abell 2319 中のガスの運動について 内田悠介(東京理科大学)		
11:54	T08a XRISM 衛星による静穏な銀河団 Abell2029 の速度観測 斉藤結菜(東京理科大学)		
12:06	T09a X線天文衛星 XRISM の精密分光による銀河団ガスの Ni 組成比測定 福島光太郎(宇宙航空研究開発機構)		
12:18	T10a XRISM/Resolve による銀河団ガスの精密X線分光観測で明らかになった鉄K殻輝線の強度比異常の解明に向けたプラズマ診断 平田玲央(東京大学/宇宙航空研究開発機構)		
12:30	T11a 活動銀河核ジェットのシミュレーションと XRISM 模擬観測 白鳥希拓(東京都立大学)		

U. 宇宙論

9 月 9 日 (火) 午後・G 会場			
14:00	U01a 再イオン化時代の 21cm 線で探る対消滅ダークマターモデルへの制限 西澤淳(岐阜聖徳学園大学/名古屋大学)	16:12	U13c 泡宇宙創生シナリオにおけるビッグバン元素合成 上田和茂(徳山工業高等専門学校)
14:12	U02a 銀河系矮小楕円体銀河を用いた Self-interacting Dark Matter 理論への制限 林航平(仙台高等専門学校)		質疑応答(10 分)
14:24	U03a 統計的非等方性のある宇宙における大質量ハローの形状と配向 水口由莉乃(名古屋大学)	9 月 10 日 (水) 午前・G 会場	
14:36	U04a 暗黒エネルギー異方性を探るための観測の理論予言 南岳(徳山工業高等専門学校)	09:30	U14a 現象論的な重力理論検証に向けた COCOA パイプラインの開発 谷田幸貴(名古屋大学)
14:48	U05a Lyth Bound and Swampland Distance Conjecture constrain on Inflation model 古田悠真(総合研究大学院大学)	09:42	U15a 重力赤方偏移の検出に向けた N 体シミュレーション解析: 銀河二点相関関数の奇数次モーメントの測定と系統効果 井上拓也(京都大学)
15:00	U06a Extracting parity-violating gravitational waves from projected tidal force tensor 奥村哲平(ASIAA)	09:54	U16a コスミックシアと銀河クラスタリングのパワースペクトルによる宇宙論解析 浜名崇(国立天文台)
15:12	U07a Optimal delensing method for improving constraints on primordial gravitational waves for LiteBIRD Jiang, Hanchun (The University of Tokyo)	10:06	U17a 観測領域の形状に左右されないコズミックシア・パワースペクトルの推定法 手良脇大誠(東京大学/Kavli IPMU)
15:24	U08a ヘリカル原始磁場によるパリティ対称性を破るトリスペクトルの解析 由良海翔(名古屋大学)	10:18	U18a 電波銀河の形状を用いた弱重力レンズ効果の測定について 新居舜(名古屋大学)
15:36	U09a クエーサー吸収線を使用した $z=0.89$ における宇宙マイクロ波背景放射温度の計測 (IV) 小谷竜也(慶應義塾大学)	10:30	U19a 拡散モデルを用いた重力レンズ収束場マップのノイズ除去 青山翔平(千葉大学)
15:48	U10a 角度方向の系統誤差の影響を抑えた BOSS DR12 の銀河パワースペクトルの解析 中野新太郎(東京大学/Kavli IPMU)	10:42	U20a 連星ブラックホール合体の空間分布の角度相関関数を用いたレンズ収束場の分散の制限 中馬史博(千葉大学)
16:00	U11b Ia 型超新星に対する前景銀河による赤化の検出の試み 松本佳祐(早稲田大学)	10:54	U21a すばる HSC データを用いた弱重力レンズ効果による近傍銀河団の質量推定 田中英由子(名古屋大学)
	U12c 宇宙のダークマターはキャッチ不能 犬山文孝(元 九州電力)	11:06	U22a JWST 観測による銀河団 Abell 370 の重力レンズ質量モデル 西田峻(千葉大学)

11:18	U23a	Understanding the star formation rate-weighted galaxy power spectrum: halo exclusion, scale-dependent shot noise, and secondary bias Jun, Rui Lan (The University of Tokyo)	14:48	U33a	すばる HSC-SSP による $z \sim 4$ の LBG と ACT による CMB lensing マップを用いたフーリエ空間でのパワースペクトル解析と σ_8 への制限 佐々木大地 (東京大学)
11:30		質疑応答 (10 分)	15:00	U34a	すばる HSC-SSP データを用いた $z \sim 4$ の LBG の自己相関関数と CMB レンズシグナルとの相互相関関数による σ_8 への制限 松本明訓 (東京大学)
9 月 10 日 (水) 午後・G 会場					
13:00	U24a	Mucho-Uchuu simulations: 大規模宇宙論的シミュレーション群によるハロー質量関数の精密測定 石山智明 (千葉大学)	15:12		質疑応答 (10 分)
13:12	U25a	Dark Quest: 全天光円錐出力シミュレーションコードの概要 田中賢 (一橋大学)			
13:24	U26a	大質量ハロー周辺領域のマスクによる弱重力レンズ観測におけるバリオン効果の抑制 寺澤凌 (東京大学 / Kavli IPMU)			
13:36	U27a	21cm の森推定の精密化と輻射による影響 成瀬元希 (名古屋大学)			
13:48	U28a	中性水素 21cm 線グローバルシグナル観測による初代星性質の制限可能性 鵜飼祥 (名古屋大学)			
14:00	U29a	ゲインスムージングによる 21cm 線検出に向けたキャリブレーション誤差の緩和とスカイモデルの精度要件 伊東拓実 (熊本大学)			
14:12	U30a	Measuring an angular cross-correlation between the cosmological dispersion measure and the thermal Sunyaev-Zeldovich effect 高橋龍一 (弘前大学)			
14:24	U31a	紫外感受性を低減した宇宙の大規模構造の摂動論的格子計算手法 樽家篤史 (京都大学)			
14:36	U32a	ニューラルネットワークを用いたすばる超広視野分光観測におけるイメージング系統誤差の補正 山田祐佳 (東京大学)			

V1. 観測機器 (電波)

9 月 9 日 (火) 午前・D 会場		12:30	V113b 1.85 m 電波望遠鏡 3 帯域同時観測に向けた受信システムの開発進捗 山下晃矢 (大阪公立大学)
10:30	V101a The Next Generation Very Large Array – Autumn 2025 泉拓磨 (国立天文台)	12:30	V114b 高萩・日立 32 m 電波望遠鏡の整備・運用状況 2025B 米倉覚則 (茨城大学)
10:42	V102a Geometrical algorithm to flag outlier pointing data in ALMA Total Power observation 中里剛 (国立天文台)	12:30	V115b オンチップフィルターと結合した 150 GHz 帯 MKID の光学応答 宇野慎介 (理化学研究所)
10:54	V103a スパースモデリングを用いた ALMA3 次元画像再構成ツールの開発 塚越崇 (足利大学)	12:42	質疑応答 (10 分)
11:06	V104a アルマバンド 8v2 受信機プロジェクトにおける光学系試作品の評価 坂井了 (国立天文台)	9 月 9 日 (火) 午後・D 会場	
11:18	V105a ALMA Band 2 受信機光学系評価のためのビーム測定系の系統誤差評価 永井誠 (国立天文台)	14:00	V116a 100 GHz 帯導波管型周波数可変フィルターによる局部発振器雑音低減効果の検証 中島拓 (公立諏訪東京理科大学)
11:30	V106a ASTE 望遠鏡の運用 (8) 阪本成一 (国立天文台)	14:12	V117a 1.85m 電波望遠鏡による多周波同時観測用 準光学周波数フィルターの開発 河本琉風 (大阪公立大学)
11:42	V107a ビーム伝送系内における電波望遠鏡・主鏡鏡面誤差の補正: 鏡面調査 杉本正宏 (国立天文台)	14:24	V118a 新制御システム NECST v4 を搭載した 1.85m 電波望遠鏡の性能評価 岡本結人 (大阪公立大学)
11:54	V108a 南極 30cm サブミリ波望遠鏡 - ドームふじ観測拠点 II でのサイト立ち上げと国内望遠鏡開発の現状 本多俊介 (筑波大学)	14:36	V119a DESHIMA 2.0 を用いたアウトオブフォーカスホログラフィーによる ASTE 望遠鏡の鏡面誤差測定 榊原大貴 (名古屋大学)
12:06	V109a 強度干渉計を用いた画像合成に向けた光学試験 小関知宏 (筑波大学)	14:48	V120a The Most Sensitive Millimeter and Submillimeter Heterodyne Receiver System in the Northern Hemisphere LMT-FINER IX: Development Status of FINER Band 6+7 Receiver Kang, Haoran (NAOJ)
12:18	V110b Update on ALMA Operations and Development Program – Fall 2025 深川美里 (国立天文台)	15:00	V121a 北半球最高感度ミリ波サブミリ波ヘテロダイン受信システム LMT-FINER X. FINER Band 6+7 受信機での広帯域にわたるデジタルサイドバンド分離の実証 加藤大翔 (名古屋大学)
12:18	V111b P バンド VLBI 観測における東北大学の研究・開発状況 土屋史紀 (東北大学)		
12:18	V112b 飯館惑星電波望遠鏡 IPRT の広帯域系開発・更新状況 三澤浩昭 (東北大学)		

15:12	V122a Comparison of LO Distribution Schemes for Multi-Beam Heterodyne Receivers Using Y-Junction, Branch-Line Coupler, and Magic-T Shan, Wenlei(NAOJ)	9月10日(水) 午前・D会場	
		09:30	V133a 月面天文台 TSUKUYOMI の実現に向けた概念設計検討 7 井口聖(国立天文台)
15:24	V123a 機械学習を用いた次世代太陽風観測装置用アナログ系の異常検知システムの開発 竹原大智(名古屋大学)	09:42	V134a 宇宙暗黒時代からの中性水素 21cm 線グローバルシグナル検出を目指した前景放射モデルの開発 1 羽田弘臣(総合研究大学院大学)
15:36	V124a 次世代太陽風観測装置の開発状況: 327MHz 帯域フェーズドアレイアンテナ 岩井一正(名古屋大学)	09:54	V135a 月面天文台 TSUKUYOMI におけるアンテナ設置に伴う周波数特性への影響 松本健(大阪公立大学)
15:48	V125a 臼田 64m と美笹 54m をもちいた電波ホログラフィ測定について 岳藤一宏(宇宙航空研究開発機構)	10:06	V136a 月面天文台 TSUKUYOMI に向けた Polyphase Filter Bank の設計 山崎康正(国立天文台)
16:00	V126b 臼田宇宙空間観測所将来計画: 6-12 GHz 帯広帯域受信機の開発 岡田望(宇宙航空研究開発機構)	10:18	V137a SKA1 サブプロジェクト報告 2025 秋 赤堀卓也(国立天文台)
16:00	V127b 野辺山 45m 鏡の運用状況: 2025 年秋 西村淳(国立天文台)	10:30	V138a 次世代マイクロ波放射計兼広帯域 VLBI 受信システムの開発 (VIII) 氏原秀樹(立命館大学)
16:00	V128b 行列分解による野辺山 45m 望遠鏡ポジションスイッチ観測の高感度化 谷口暁星(北見工業大学)	10:42	V139a Optical system design for the 22, 43 and 86 GHz simultaneous observations on the Tianma 65 m radio telescope 角越仰(大阪公立大学)
16:12	V129b SKA-Mid Band 6 に向けた 15-29 GHz 観測用フィードホーンの開発 宮崎正成(大阪公立大学)	10:54	V140a VERA 86GHz スターリング冷却低雑音受信機の開発 向井一真(大阪公立大学)
	V130c 岐阜大学 11-m 電波望遠鏡の運用状況 - V 村瀬建(岐阜大学)	11:06	V141a 宇宙マイクロ波背景放射の精密偏光観測に向けた crossed-Dragone 光学系の 6 K 環境下での位相復元近傍界アンテナパターン測定 高倉隼人(宇宙航空研究開発機構)
	V131c 山口-茨城 大学干渉計アップグレード計画の検討 元木業人(山口大学)		
	V132c 次世代 VLBI 用超高速 >200 Gbps レコーダーの開発 I 小山友明(国立天文台)	11:18	V142a 広視野ミリ波望遠鏡光学特性測定におけるホログラフィ電場復元法の精度評価 高橋理音(東京大学/宇宙航空研究開発機構)
16:24	質疑応答(10分)	11:30	質疑応答(10分)

V2. 観測機器(光赤外・重力波・その他)

9月9日（火）午前・K会場		12:30	V211b 超低面輝度の可視光天体の探査による新たな高エネルギー天文学の開拓へむけて(3) 森田愛子（青山学院大学）
10:30	V201a ULTIMATE-START:トモグラフィー波面測定系の較正 秋山正幸（東北大学）	12:30	V212b TMT 第一期観測装置 IRIS の開発（熱構造光学解析） 清水莉沙（国立天文台）
10:42	V202a ULTIMATE-START：すばる望遠鏡レーザートモグラフィー補償光学のトモグラフィー波面推定の性能評価 田邊ひより（東北大学）	12:30	V213b 広帯域にわたる高コントラスト観測を目指した波面制御技術 PCM の開発 佐藤駿也（北海道大学）
10:54	V203a 波面揺らぎの移動を利用した LGS uplink jitter の変化の推定 米田隼（東京大学）	12:42	V214b 6次24分割位相マスクコロナグラフの超広帯域化 西川淳（国立天文台）
11:06	V204a FPGAを用いた高速かつ多入出力な補償光学システムの開発 入部正継（大阪電気通信大学）	12:42	V215b 惑星モニター観測用多層共役補償光学系における補間による反応行列の評価 野田緋奈子（岡山理科大学）
11:18	V205a 衛星-地上間光通信のための NICT での補償光学実験-BHEXを見据えて- 中村健太（東京大学）	12:42	V216b 太陽 Shack-Hartmann センサへの CNN の導入の検討 照山玄太（北見工業大学）
11:30	V206a 1次元回折限界コロナグラフとファイバーリングの組み合わせ：恒星光低減装置の直列接続の実験 伊藤哲司（名古屋大学）	V217c 太陽ナイフエッジ法による大気ゆらぎとAO効果の連関性解析 黒住健吾（北見工業大学）	
11:42	V207a 将来スペースコロナグラフ観測を目指した分割位相マスクの開発状況 村上尚史（アストロバイオロジーセンター/国立天文台/総合研究大学院大学/北海道大学）	V218c 線形位相因子を含むウィーナーフィルタ処理による天体スペckル像再生 桑村進（北見工業大学）	
11:54	V208a 岡山188cm反射望遠鏡のファイバーフィード型高分散エシェル分光器 HIDES-Fにおける超高波長分解能(R=3×10 ⁵)分光機能の実装 泉浦秀行（国立天文台）	12:54	質疑応答(10分)
12:06	V209a ニュージーランド61cm望遠鏡における紫外線・可視光・近赤外線同時撮像装置 ATEA の開発2 奥本祐生（大阪大学）	9月9日（火）午後・K会場	
12:18	V210a 超低面輝度の可視光天体の探査による新たな高エネルギー天文学の開拓へむけて(2) 山崎了（青山学院大学）	14:00	V219a 超精密フォーメーションフライト実証機 SILVIA の計画現状 和泉究（宇宙航空研究開発機構）
		14:12	V220a 超精密編隊飛行実証機 SILVIA: レーザー干渉計の概念設計 阿久津智忠（国立天文台）
		14:24	V221a SOLAR-C 観測装置 EUVST の設計・開発状況（2025年秋） 原弘久（国立天文台）

14:36	V222a SOLAR-C 高分解能達成のための光線微小角変位測定系の開発 吉田南（東京大学）	16:00	V234b NASA 遠赤外線 Probe ミッション PRIMA の近況報告 稲見華恵（広島大学）
14:48	V223a 紫外線宇宙望遠鏡 LOPYUTA 計画の検討状況 VII 土屋史紀（東北大学）	V235c 紫外宇宙望遠鏡 LOPYUTA の姿勢擾乱補正機能の検討 鍵谷将人（東北大学）	
15:00	V224a LOPYUTA 搭載用紫外線高反射ミラーの開発 榎木谷海（宇宙航空研究開発機構）	16:12	質疑応答（10 分）
15:12	V225a 微細加工による紫外線望遠鏡分光器用のスリット開発 古賀亮一（名古屋市立大学）	9 月 10 日（水）午前・K 会場	
15:24	V226a CIB 観測ロケット実験 CIBER-2：黄道光、銀河拡散光の評価 伊藤希美（関西学院大学）	09:30	V236a 赤外線位置天文観測衛星 JASMINE の望遠鏡の熱構造成立性検討 磯部直樹（宇宙航空研究開発機構）
15:36	V227b CIB 観測ロケット実験 CIBER-2：検出器感度の非線形性評価 笹山涼（関西学院大学）	09:42	V237a 赤外線位置天文観測衛星 JASMINE における STOP 解析 高橋葵（宇宙航空研究開発機構）
15:36	V228b CIB 観測ロケット実験 CIBER-2：銀河系内恒星積算光の除去精度の評価 坂内峻真（関西学院大学）	09:54	V238a 系外惑星観測期間における JASMINE の望遠鏡の熱成立性の検討 近藤依央菜（宇宙航空研究開発機構）
15:36	V229b CIB 観測ロケット実験 CIBER-2：可視光域における黄道光の分光観測 玉井桃子（関西学院大学）	10:06	V239a JASMINE 搭載検出器の開発状況：2Kx2K 画素素子の開発 和田武彦（国立天文台）
15:48	V230b SOLAR-C 搭載超高精度太陽センサ UFSS のための測定系環境構築 近藤勇仁（東京大学）	10:18	V240a 自由曲面を用いた広視野望遠鏡の開発 橋ヶ谷武志（京都大学）
15:48	V231b 高精度紫外線宇宙望遠鏡計画 LOPYUTA のミッション機器検討及びキー技術開発状況 村上豪（宇宙航空研究開発機構）	10:30	V241a 天文観測衛星「うみつばめ」搭載紫外線望遠鏡のフライト品性能評価 萩尾陽菜（東京科学大学）
15:48	V232b 紫外線宇宙望遠鏡 LOPYUTA 計画に向けた高速データ処理手法の開発 清水里香（総合研究大学院大学）	10:42	V242a 紫外線宇宙望遠鏡うみつばめの画像解析パイプライン開発 久保元由樹（東京科学大学）
16:00	V233b 気球を用いたガンマ線バースト光学閃光観測計画 KaGErOFU に向けたプロトタイプシステム開発と地上撮像試験報告 宗像勇輔（金沢大学）	10:54	V243a ガンマ線バーストを用いた初期宇宙・極限時空探索計画 HiZ-GUNDAM の進捗（2025b） 米徳大輔（金沢大学）
		11:06	V244a HiZ-GUNDAM/MONSTER 用ケスターブリズムの評価とホルダー製作 堀友哉（広島大学）

11:18	V245b HiZ-GUNDAM 衛星搭載の可視光・近赤外線望遠鏡の熱解析 影山璃音（東京都市大学）	14:24	V255a Tomo-e Gozen データプラットフォームの開発 2 瀧田 怜（東京大学）
11:18	V246b HiZ-GUNDAM 衛星における GRB 選定手法の開発 新沼 遥明（山形大学）	14:36	V256b GREX-PLUS/HRS: CdZnTe の屈折率の波長・温度依存性 榎木谷海（宇宙航空研究開発機構）
11:18	V247b 多数回撮像データを用いた星像の高精度位置測定の実証実験 矢野 太平（国立天文台）	14:36	V257b モノリシック中間赤外線画像センサ「IR-SOIPiX」の原理実証 和田 武彦（国立天文台）
11:30	質疑応答（10 分）	14:36	V258b 可視光高速測光装置 IMONY の温度補償システムの開発 前城 美羽（山形大学）
9 月 10 日（水）午後・K 会場		14:48	V259b 岡山理科大学熱赤外線カメラ ONIcam の読み出し制御システムの開発 大島 修（岡山理科大学）
13:00	V248a ひまわり 10 号搭載の静止軌道陽子線計測装置の開発 大辻 賢一（情報通信研究機構）	14:48	V260b Daniel K. Inouye Solar Telescope (DKIST) 搭載用近赤外 Near Infrared Tunable Filter(NIRTF) の光学設計 永田 伸一（京都大学）
13:12	V249a Si/Ge ヘテロ構造の二次元平面展開 BIB 型 Ge 検出器の光応答性能の評価 高間 大輝（総合研究大学院大学/宇宙航空研究開発機構）	14:48	V261b 3 次元面分光観測のための近赤外線波長走査型ファブリ・ペロー分光器の開発 II 高橋 英則（東京大学）
13:24	V250a NINJA 赤外線検出器サイエンスグレード H2RG 読み出し最適化結果 田中 健翔（東京大学）	15:00	V262b ダイクロイックミラーを用いた複眼望遠鏡の開発 石原 稜也（兵庫県立大学）
13:36	V251a GREX-PLUS/HRS: 分散素子の実証に向けた地上観測用分光装置の開発状況 馬場 俊介（宇宙航空研究開発機構）	15:00	V263b すばる望遠鏡 IRD, REACH 観測データの 1 次処理パイプライン PyIRD: 褐色矮星観測データへの応用 笠木 結（宇宙航空研究開発機構）
13:48	V252a GREX-PLUS 高分散分光器: イメージョン・グレーティング材料候補: 高抵抗 CdZnTe の極低温での精密な吸収係数の導出 李 源（名古屋大学）		V264c Comprehensive Transient Flare Detection on Light Curves with a Lightweight Model 有馬 宣明（日本大学）
14:00	V253a GREX-PLUS/HRS: CdZnTe の屈折率精密測定用 2D FT-IR 分光器の開発 趙 彪（名古屋大学）		V265c JVO 開発状況: VO クローラデータベースの拡張 白崎 裕治（国立天文台）
14:12	V254a GREX-PLUS/HRS: CdZnTe 表面反射防止コーティングの低温環境下における赤外線透過率評価 趙宸 湊 (Nagoya University)	15:12	質疑応答（10 分）

9 月 11 日（木）午前・K 会場		9 月 11 日（木）午後・K 会場	
09:30	V266a 宇宙可視光背景放射観測 6U 衛星 VERTECS : 全体進捗状況 佐野圭（九州工業大学）	13:00	V275a 東京大学アタカマ天文台 TAO 計画 進捗報告 2025 秋 宮田隆志（東京大学）
09:42	V267a 超小型衛星 VERTECS に搭載する可視光望遠鏡の最終性能実証 廣瀬優樹（関西学院大学）	13:12	V276a TAO 山頂情報システムの開発 : 気象状況の把握に向けて 山岸光義（東京大学）
09:54	V268a 超小型衛星 VERTECS : 衛星システムの開発・評価状況の報告 橋本遼（関西学院大学）	13:24	V277a TAO 6.5 m 望遠鏡用可視光装置コンプレックス Laguna の開発 酒向重行（東京大学）
10:06	V269a 宇宙可視光背景放射観測 6U 衛星 VERTECS : 姿勢制御系開発状況 中川貴雄（東京都市大学/宇宙航空研究開発機構）	13:36	V278a Laguna-CAM 搭載 CMOS カメラモジュールの性能評価 兒玉工門（東京大学）
10:18	V270a Habitable Worlds Observatory (HWO) : 全体および日本の参画の計画概要 塩谷圭吾（宇宙航空研究開発機構）	13:48	V279a 木曽 30cm 望遠鏡による SPAD イメージセンサの性能評価 倉島啓斗（東京大学）
10:30	V271a TMT 計画 - 進捗報告 臼田知史（国立天文台）	14:00	V280a TAO/SWIMS の分光用スリットマスク交換機構のアップグレード 藤井扇里（東京大学）
10:42	V272a SuMIRe-PFS[43]: PFS 装置現状と共同利用観測開始 越田進太郎（国立天文台）	14:12	V281a 精密偏光撮像装置 POPO の開発 高橋隼（兵庫県立大学）
10:54	V273a 遠赤外線テラヘルツ干渉計による天体の形成と進化の解明 松尾宏（国立天文台）	14:24	V282a せいめい望遠鏡 KOOLS-IFU マイクロレンズアレイ付きファイバー型面分光ユニット開発 松林和也（東京大学）
11:06	V274a 中央大学分光用望遠鏡 SCAT (Spectroscopic Chuo-university Astronomical Telescope) の完全自動化へ向けた開発 (1) 長島汀（中央大学）	14:36	V283a 光ファイバー交換機の開発 小谷隆行(アストロバイオロジーセンター)
11:18	質疑応答 (10 分)	14:48	質疑応答 (10 分)

V3. 観測機器 (X線・ γ 線)

9月9日(火) 午前・J会場		12:18	V311b Si 高温塑性変形技術を用いた薄板型 X 線光学系のための光線追跡シミュレータの開発と Jaccard 係数による評価 世良直也(東京都立大学)
10:30	V301a X 線分光撮像衛星 XRISM 搭載 Resolve の現状 山田真也(立教大学)	12:18	V312b 次期 MeV ガンマ線衛星計画 AMEGO-X 検証実験に向けた背景放射線シミュレーション 竹岡大輝(広島大学)
10:42	V302a X 線分光撮像衛星 (XRISM) 搭載軟 X 線撮像装置 (Xtend) の軌道上運用 (4) 中嶋大(関東学院大学)	12:30	V313b チェレンコフ光を利用した 10MeV ガンマ線の指向性観測と雷ガンマ線への適用 馬場萌花(名古屋大学)
10:54	V303a X線分光撮像衛星 XRISM に搭載された軟X線撮像検出器 SXI の軌道上エネルギー較正 II : 打ち上げ 1 年 8 ヶ月経過時点での経年変化と分光性能 岳本廉央(宮崎大学)	12:30	V314b X 線高速撮像分光に向けた CCD-CMOS ハイブリッドセンサの開発 (3) 楠田匠平(関東学院大学)
11:06	V304a X 線分光撮像衛星 XRISM 搭載 X 線撮像装置 Xtend の2つの観測モードにおける軌道上評価 高山昂大(近畿大学)	12:42	質疑応答 (10 分)
11:18	V305a X 線天文衛星 XRISM 搭載 CCD 検出器における Goffset の軌道上較正 青木悠馬(近畿大学)	9月9日(火) 午後・J会場	
11:30	V306a X 線分光撮像衛星 XRISM 搭載 軟 X 線撮像装置 Xtend による Abell 2029 の観測データを用いた検出器位置依存の有効面積の評価 中武隼汰(東京理科大学)	14:00	V315a X 線偏光観測衛星 IXPE の現状 (6) 玉川徹(理化学研究所)
11:42	V307a X線分光撮像衛星 XRISM 搭載 軟 X 線撮像検出器(SXI) の軌道上における CCD 素子へのコンタミ物質の付着の評価 II 樋口茉由(東京理科大学)	14:12	V316a 超小型衛星 NinjaSat の現状 : 高度低下に伴う終期運用に向けて 岩切渉(千葉大学)
11:54	V308a X 線分光撮像衛星 XRISM の科学運用の現状 (4) 小川翔司(宇宙航空研究開発機構)	14:24	V317a 超小型 X 線衛星 NinjaSat 搭載ガス検出器 GMC の応答関数の構築 武田朋志(広島大学)
12:06	V309a X 線分光撮像衛星 XRISM 搭載軟 X 線撮像装置 Xtend による突発天体探査 (5) 石原維子(中央大学)	14:36	V318a 日米共同・太陽フレア X 線集光撮像分光観測ロケット実験 FOXSI-4 用軟 X 線カメラシステムの構築 清水里香(総合研究大学院大学)
12:18	V310b Si 高温塑性変形技術を用いた薄板型 X 線光学系における反射鏡基板の“多重一括”変形の試作 沼澤正樹(東京都立大学)	14:48	V319a 日米共同・太陽フレア X 線集光撮像分光観測ロケット実験 FOXSI 搭載の CMOS 検出器の評価 廣瀬維士(総合研究大学院大学)
		15:00	V320a 日米共同・太陽フレア X 線集光撮像分光観測ロケット実験 FOXSI-5 搭載電鍍 X 線望遠鏡の開発 安福千貴(名古屋大学)
		15:12	V321a 微細ピクセル CMOS センサを用いた太陽フレア X 線偏光計の開発 萩野浩一(東京大学)

15:24	V322a 地球磁気圏 X 線撮像衛星 GEO-X の現状 IX 江副祐一郎 (東京都立大学)	10:18	V333a MeV ガンマ線衛星 AMEGO-X に向けた 新型ピクセルセンサ AstroPix3 のサブピ クセル応答の評価 仲野悟帆 (広島大学)
15:36	V323a 地球磁気圏 X 線撮像衛星 GEO-X 搭載 望遠鏡の熱サイクル耐性評価 森本大輝 (東京都立大学)	10:30	V334a SMILE-3 気球実験に向けた電子飛跡追 跡型コンプトンカメラの開発 中森健之 (山形大学)
15:48	V324b 地球磁気圏 X 線撮像衛星 GEO-X 搭載 望遠鏡の高温塑性変形プロセスの改善 小笠原勇翔 (東京都立大学)	10:42	V335a SuperHERO 大気球実験に向けた冗長 かつ拡張可能なモジュール型データ読 み出しシステムの開発 藤本源 (東京大学)
15:48	V325b 地球磁気圏 X 線撮像計画 GEO-X 搭載 CMOS カメラのベントパイプ遮光試験 清水太翔 (関東学院大学)	10:54	V336a Cherenkov Telescope Array Observatory (CTAO) 計画: 全体報告 (28) 齋藤隆之 (東京大学)
15:48	V326b マイクロマシン技術を用いた Schmidt 配 置 Lobster eye 光学系の X 線性能評価 福島優 (東京都立大学)	11:06	V337a CTAO 大口径望遠鏡による宇宙線観測 に向けた解析手法の検討: サチュレー ションした PMT 光電子数の補正 橋爪大樹 (広島大学)
16:00	V327b 皮膜に網をかぶせたスーパープレッ シャー気球開発の現状と今後の計画 斎藤芳隆 (宇宙航空研究開発機構)	11:18	V338a ALPACA 実験 11: ALPAQUITA 現状報告 2025 秋 大西宗博 (東京大学)
16:00	V328b MAXI の重力波対応天体探査システムに おける光度曲線表示機能の追加 高木一樹 (日本大学)	11:30	質疑応答 (10 分)
16:12	質疑応答 (10 分)		
9 月 10 日 (水) 午前・J 会場		9 月 10 日 (水) 午後・J 会場	
09:30	V329a GRAMS 計画 16: 全体報告 小高裕和 (大阪大学)	13:00	V339a HiZ-GUNDAM に向けた pnCCD 駆動シ ステムによる X 線検出実証試験 今度隆二 (金沢大学)
09:42	V330a MeV ガンマ線観測衛星 COSI と全天画 像再構成フレームワークの開発 米田浩基 (京都大学)	13:12	V340a 地球磁気圏の宇宙線観測を目指す超小 型 Diamond 衛星 上田周太郎 (金沢大学)
09:54	V331a MeV ガンマ線観測衛星 COSI 搭載 BTO 検出器の信号処理システムの開発 II 長澤俊作 (SSL/UC Berkeley)	13:24	V341a ダイヤモンド半導体を用いた放射線検出 器の性能評価と放射線耐性 安藤慶之 (金沢大学)
10:06	V332a 全天 MeV ガンマ観測衛星計画 AMEGO-X の現状 深沢泰司 (広島大学)	13:36	V342a 超高層大気を観測する ISS 曝露部搭載 X 線カメラ SUIM の開発状況 (3) 信川久実子 (近畿大学)

13:48	V343a SOI 技術を用いた新型X線撮像分光器の開発 67: 新型大面積X線 SOI 検出器における分光性能の位置依存性の原因調査 犬童真衣人（宮崎大学）	09:54	V352a XL-Calibur 気球実験搭載硬 X 線望遠鏡の 2024 年フライト後の性能調査 (2) 倉本春希（大阪大学）
14:00	V344a SOI 技術を用いた新型 X 線撮像分光器の開発 68:X 線天文用 SOI ピクセル検出器のセンサー内における信号電荷損失の原因調査 志賀文哉（東京理科大学）	10:06	V353a 気球搭載ペイロードの高度な姿勢制御に関する研究 栗木久光（愛媛大学）
14:12	V345a SOI 技術を用いた新型 X 線撮像分光器の開発 69:X 線天文衛星搭載用 SOI ピクセル検出器に対する放射線耐性の評価 藤田紗弓（東京理科大学）	10:18	V354a 世界最高感度小型 X 線撮像分光観測装置の検討・開発の現状と今後の展望 三石郁之（名古屋大学）
14:24	V346a SOI 技術を用いた新型X線撮像分光器の開発 70: 放射線耐性向上を目指した新構造の SPP 構造を導入したX線 SOI-CMOS 検出器 XRPIX の性能評価 吉田大雅（宮崎大学）	10:30	V355a 光線追跡シミュレータを用いた小型飛翔体搭載用高性能 X 線望遠鏡の検討 吉田有佑（名古屋大学）
14:36	V347a SOI 技術を用いた新型 X 線撮像分光器の開発 71:XRPIX の入出力信号をデジタル化した新型 XRPIX12の開発と性能評価 松橋裕洋（東京大学）	10:42	V356a 高感度小型X線撮像分光観測装置の開発 吉原諒（名古屋大学）
14:48	V348a SOI 技術を用いた新型 X 線撮像分光器の開発 72: 内蔵パターン発生部の開発 鶴剛（京都大学）	10:54	V357a グラフェン / グラファイトを用いた高機能汎用型光学素子の開発 中川雄登（名古屋大学）
15:00	V349a 狭視野 Si/CdTe 半導体コンプトン望遠鏡の気球実験機 miniSGD の電子飛跡を用いたコンプトン再構成の改善 大熊佳吾（名古屋大学）	11:06	V358a 炭素繊維強化プラスチック (CFRP) を用いた 1 周 X 線反射鏡の開発 谷口あゆみ（愛媛大学）
15:12	質疑応答 (10 分)	11:18	V359a 炭素繊維強化プラスチックと超精密加工技術を用いた X 線反射鏡の開発 松本浩典（大阪大学）
9 月 11 日（木）午前・J 会場		11:30	V360a 高角度分解能 X 線望遠鏡開発に向けた精密アライメントシステムの構築 梅木匠斗（明治大学）
09:30	V350a X 線 TES カロリメータのマイクロ波多画素読み出し方式の技術成熟化に向けた基礎開発と応用実験 金子真太郎（立教大学）	11:42	V361a JAXA 宇宙科学研究所 30 m X 線ビームラインにおける大口径拡散ビーム照射システムの構築 伊師大貴（宇宙航空研究開発機構）
09:42	V351a 地球外物質分析のための計数率増大に向けた 224 素子 TES 型 X 線マイクロカロリメータアレイの設計と開発 林佑（立教大学）	11:54	質疑応答 (10 分)

W. コンパクト天体

9 月 9 日 (火) 午前・I 会場			9 月 9 日 (火) 午後・I 会場		
10:30	W01a	マグネターのバースト活動の素過程からの検証 山崎陸太郎 (早稲田大学)	14:00	W10a	一般相対論的数値流体計算による大質量星と中性子星の共通外層進化の解明 櫻井大夕 (早稲田大学)
10:42	W02a	超新星残骸 RCW 103 の中心天体からの 1.01 秒パルス (2) 牧島一夫 (東京大学)	14:12	W11a	大質量連星系の共通外層期に対する 3 次元磁気流体計算 水谷耕介 (大阪大学)
10:54	W03a	モック X 線データ解析に基づくマグネター長周期変調の有意度評価 屈楚舒 (東京大学)	14:24	W12a	連星中性子星合体のスペクトル解析による重元素生成量の制限 松林優太 (東北大学)
11:06	W04a	Swift-XRT を用いた Fast Radio Burst の X 線対応天体探査 盛顯捷 (理化学研究所)	14:36	W13a	MAXI/GSC が検出した 2025 年度前半の突発現象 三原建弘 (理化学研究所)
11:18	W05a	現実的な中性子星構造を用いた混合磁場の安定条件 城壮一郎 (東京大学)	14:48	W14a	MAXI, RXTE, Swift による Be/X 線連星のノーマルアウトバーストの観測 中島基樹 (日本大学)
11:30	W06a	マグネター磁気圏における高速電波バースト誘導散乱の統一的理論 西浦怜 (京都大学)	15:00	W15a	XRISM と NuSTAR による SS Cyg の広域 X 線スペクトル解析 市川太一 (埼玉大学)
11:42	W07a	NS1987A の直接観測の可能性: 速い冷却の影響 泉啓太 (神戸大学)	15:12	W16a	Investigating Spiral Structures in Accretion Disks of the Novalike Variable, UU Aqr, through Multicolor Eclipse Observations GU, YUCHENG (Hiroshima University)
11:54	W08a	中性子星のクラストにおける弾性山の最大値と連続重力波 藤澤幸太郎 (東京工科大学)	15:24	W17b	「すざく」 XIS を用いた激変星 IGR J14536-5522 の測光・分光解析 新井怜児 (静岡大学)
12:06	W09a	Detection of the Geminga pulsar at energies down to 20 GeV with CTAO LST-1 Yeung, Paul K. H. (The University of Tokyo)	15:24	W18b	成層した Shearing box における降着円盤中のイオン-電子への乱流エネルギー分配比の算出 檜崎太希 (東北大学)
12:18		質疑応答 (10 分)	15:24	W19b	全天 X 線監視装置 MAXI の観測データの再解析 西尾颯斗 (日本大学)
			15:36	W20b	共鳴・同期から探る中性子星の長周期ゆらぎ 中道晶香 (京都産業大学)
				W21c	中性子星のスピンのキック同軸性について 中村航 (福岡大学)
			15:48		質疑応答 (10 分)

9 月 10 日（水）午前・I 会場		9 月 10 日（水）午後・I 会場	
09:30	W22a 超高光度 X 線パルサー SMC X-3 におけるパルスに伴うスペクトル変動 小川 洸（東京理科大学）	13:00	W32a 相対論的 SPH 法を用いた高温ガス噴出による加速過程の解析：真空中における三次元相対論的噴出流のモデル化 北島 欽大（名古屋大学）
09:42	W23a 降着型パルサーの Fe と Ni の $K\alpha$ 輝線の系統的な解析 加藤 寛之（京都大学）	13:12	W33a 偏光輸送計算で迫るガンマ線バーストの放射メカニズム 米永 直生（東北大学）
09:54	W24a Her X-1 の XRISM 観測から明らかにする鉄輝線の放射起源 成田 拓仁（京都大学）	13:24	W34a 非一様磁場におけるガンマ線バーストのシンクロトロン放射 岡山 璃紗（埼玉大学）
10:06	W25a ヘラクレス座 X-1 の食やディップ時の輝線と吸収線の XRISM 観測 坂本 洸（京都大学）	13:36	W35a 電子陽子重元素プラズマ中を伝播する相対論的衝撃波の長期発展 富田 沙羅（千葉大学）
10:18	W26a 超小型 X 線衛星 NinjaSat によるさそり座 X-1 の長期観測 高橋 拓也（理化学研究所/東京理科大学）	13:48	W36a New GeV Constraints on GRB 221009A 松井 理輝（東北大学）
10:30	W27a X 線スペクトルの高エネルギー分解能時間変動解析によって解明される Cir X-1 の星周環境 厚地 凧（東京大学）	14:00	W37a GRB 残光放射解析ツールの開発と成果 – Open Source Julia Package “Magglow” 草深 陽（宇宙線研究所）
10:42	W28a XRISM 衛星による低質量 X 線連星 GX 340+0 の鉄輝線構造の検出 前川 正貴（広島大学）	14:12	W38a ジェットの厚みを考慮した、遅く無彩色なピークを示す GRB 残光の理論的解釈 大林 花織（青山学院大学）
10:54	W29a XRISM で探る低質量 X 線連星 XB1916-053 の光電離プラズマ（その2） 堂谷 忠靖（宇宙航空研究開発機構）	14:24	W39a 超臨界降着流ジェットの内部構造・伝搬機構解明に向けた大領域放射磁気流体シミュレーション 五十嵐 太一（国立天文台/立教大学）
11:06	W30a XRISM 衛星による高精度 X 線分光観測を用いた 4U 1700-37 の輝線解析 伊藤 世織（東京理科大学）	14:36	W40a XRISM と Tomo-e Gozen による SS 433 の X 線・可視光同時観測：歳差ジェットと可視光フレアの物理機構の探求 酒井 優輔（立教大学）
11:18	W31a Modeling Circumstellar Disk Emission near Periastron in the Be/Gamma-Ray Binary PSR B1259-63/LS 2883 岡崎 敦男（北海学園大学）	14:48	W41a SS433/W50 におけるジェットと周辺物質との相互作用 井上 一（宇宙航空研究開発機構）
11:30	質疑応答（10 分）	15:00	W42b GPU 対応一般相対論的放射磁気流体コード UWABAMI の開発と性能評価 高橋 博之（駒澤大学）
		15:12	質疑応答（10 分）

9 月 11 日 (木) 午前・I 会場		9 月 11 日 (木) 午後・I 会場	
09:30	W43a 超新星フォールバック降着流による原始中性子星磁場の埋没のための必要条件 井上壮大 (東京大学)	13:00	W52a X 線天文衛星すざくを用いたマイクロク エーサー V4641 Sgr のスペクトル解析 野中志織 (奈良女子大学)
09:42	W44a ブラックホールを形成する場合の超新星 爆発の計算 森正光 (沼津工業高等専門学校)	13:12	W53a マイクロクエーサー V4641Sgr の 25 年 間の X 線長期モニタ観測 (II) 山岡和貴 (名古屋大学)
09:54	W45a ^{56}Ni の核崩壊 MeV ガンマ線を通じて見 る対消滅不安定型超新星爆発 澤田涼 (東京大学)	13:24	W54a ブラックホール近傍への低角運動量ガス の超臨界流入による超エディントン放射 中尾颯吾 (筑波大学)
10:06	W46a 間欠的 X 線連星ジェットとジェット自身が 生成する乱流場との相互作用の 2 次元 数値計算 丹海歩 (総合研究大学院大学/国立天文台)	13:36	W55a Making the invisible visible: Magnetic Fields in Accretion Flows Revealed by X-Ray Polarization Barnier, Samuel Hans (Chiba University/ International Center for Hadron Astrophysics)
10:18	W47a 天体プラズマ汎用的 Particle-in-Cell シ ミュレーションコード 松本洋介 (千葉大学)	13:48	W56a Quasi-Periodic Eruption のマルチメッセ ンジャー観測可能性 鈴口智也 (京都大学)
10:30	W48a 潮汐破壊現象の電波フレアとイメージ 松本達矢 (東京大学)	14:00	W57a 歳差運動する超臨界降着円盤シミュ レーション: トーラスサイズ依存性 朝比奈雄太 (駒澤大学 / 筑波大学)
10:42	W49a Lense-Thirring 歳差運動を伴う降着流と ジェットの多波長光度曲線 川島朋尚 (一関工業高等専門学校)	14:12	W58a XRISM Resolve による大質量星の星風 衝突衝撃波の輝線放射領域の特定 宮本明日香 (東京都立大学)
10:54	W50a 機械学習を用いたブラックホールの質量 降着率と磁束の推定 松藤勇希 (筑波大学)	14:24	W59a 大質量 X 線連星 Cygnus X-3 の XRISM スペクトル中に見られる鉄 $K\beta$ 吸収線: 起源となる原子過程の理解と星風構造 解明への応用 三浦大貴 (東京大学/宇宙航空研究開発 機構)
11:06	W51a 一般相対論的効果を考慮したブラック ホールジェットへのプラズマ供給 及川凜 (東北大学)	14:36	W60a 白鳥座 X-3 における X 線放射プラズマ の電離状態の研究 II 福一誠 (立教大学)
11:18	質疑応答 (10 分)	14:48	W61a XRISM 衛星の観測で得られた大質量 X 線連星 Cyg X-3 の星風構造 (3) 袴田知宏 (大阪大学)
		15:00	質疑応答 (10 分)

X. 銀河形成・進化

9 月 9 日（火）午前・H 会場			9 月 9 日（火）午後・H 会場		
10:30	X01a	MaNGA で探る早期型星形成銀河の内部星形成分布とその環境依存性 小山舜平（国立天文台）	14:00	X13a	銀河衝突シミュレーションで探るアンドロメダ銀河ハローのサブ構造の形成史 山口未沙（筑波大学）
10:42	X02a	JWST-ALMA 時代における遠方スターバースト銀河の分類方法 山本卓（早稲田大学）	14:12	X14a	Origin of the two-armed vertical phase-spiral in the inner Galactic disk 千葉凜平（東京大学）
10:54	X03a	JWST Insights into Galactic Thin and Thick Disc Formation 津久井崇史（東北大学）	14:24	X15a	Exploring the origin of the mysterious stellar stream “Leiptr” with Galactic Archaeology:III 松井瀬奈（名古屋大学）
11:06	X04a	ガスクランプ依存型の新しい星形成モデルを用いた銀河シミュレーション 堀江秀（筑波大学）	14:36	X16a	Self-Interacting Dark Matter モデルと矮小銀河の潮汐進化 木原健司（大阪大学）
11:18	X05a	最新観測に基づく遠方銀河形成モデルと高星形成効率の理論的解釈 豊内大輔（大阪大学）	14:48	X17a	孤立矮小銀河におけるガスと恒星の運動学とその進化 戸丸一樹（大阪大学）
11:30	X06a	Accelerated Inference of Empirical Galaxy-Halo Connection Models Cooray, Suchetha (KIPAC, Stanford University)	15:00	X18a	Wide and Deep Mapping of NGC 5466 with Subaru/HSC and NB395 小上樹（国立天文台/統計数理研究所）
11:42	X07a	低金属量星団の合体により形成された初代銀河の形態学的特徴 石田怜士（筑波大学）	15:12	X19a	A Pristine View of Extended Globular Cluster Structures Kuzma, Pete (NAOJ)
11:54	X08a	すばる極金属欠乏銀河観測による原始 He 存在比の測定と宇宙論への示唆 柳澤広登（東京大学）	15:24	X20a	Dual Directional Expansion of Classical Cepheids in the Small Magellanic Cloud 中野覚矢（名古屋大学）
12:06	X09a	A kpc-scale ionized structure around an extremely metal-poor galaxy 日下部晴香（東京大学）	15:36	X21a	個々の大質量星を分解した銀河形成シミュレーションによる 1 回の超新星爆発のみから汚染を受けた星の同定 平居悠（東北公益文科大学）
12:18	X10b	赤方偏移 $2 < z < 3$ における大質量銀河の年齢と形態の関係について 水野旭（愛媛大学）	15:48	X22b	銀河系ハローの非一様構造を考慮した矮小銀河検出手法の確立とその応用 鈴木善久（東北大学）
12:18	X11b	すばる望遠鏡 HSC データで解き明かす銀河衝突の痕跡と銀河成長への寄与 道下野々夏（愛媛大学）	15:48	X23b	りゅう座矮小楕円体銀河における Double Blue Straggler Sequence の可能性 2 鈴木陸斗（法政大学）
12:18	X12b	可視光と遠赤外の輝線を組み合わせた近傍銀河の星間物質 高岸優希（筑波大学）	15:48	X24b	棒渦巻銀河 M83 における大局的速度場から逸脱した高速度分子雲の発見 2 長田真季（東京大学）
12:30		質疑応答（10 分）	16:00		質疑応答（10 分）

9月10日（水）午前・H会場			9月10日（水）午後・H会場		
09:30	X25a	すばる望遠鏡 HSC 狭帯域撮像データを用いたクエーサー周辺環境調査 柴田航平（愛媛大学）	13:00	X37a	平均スペクトルと直接温度法による $z=3-10$ 銀河の化学的性質の進化 西垣萌香（総合研究大学院大学）
09:42	X26a	宇宙論的流体シミュレーションから探る $z\sim 2$ におけるクエーサー高密度領域 桑山裕斗（大阪大学）	13:12	X38a	Morphological Demographics of Galaxies at $z\sim 10-16$: Log-Normal Size Distribution and Exponential Profiles Consistent with the Disk Formation Scenario 小野宜昭（東京大学）
09:54	X27a	JWST 面分光観測データで探る超巨大ブラックホールの形成 武田唯（総合研究大学院大学/国立天文台）	13:24	X39a	JWST & ALMA Joint Analysis to Understand the ISM Properties of Early Galaxies 播金優一（東京大学）
10:06	X28a	SMBH 形成問題における軽い種 BH 急成長シナリオの実現性 喜友名正樹（東北大学）	13:36	X40a	紫外・可視・遠赤外輝線観測を包括的に説明する多相電離領域モデル 菅原悠馬（早稲田大学）
10:18	X29a	すばる x JWST : 宇宙再電離期の高光度銀河に潜むクエーサーの発見 松岡良樹（愛媛大学）	13:48	X41a	高い窒素酸素比を持つ高赤方偏移銀河の元素の起源 渡辺くりあ（総合研究大学院大学/国立天文台）
10:30	X30a	ALMA による低光度クエーサー ($z\geq 6$) に対する [CII] 輝線の観測的研究 澤村真星（東京大学）	14:00	X42a	0.1 pc 解像度の宇宙論的輻射流体シミュレーションで探る高赤方偏移銀河の [OIII]/[CII] 輝線比の起源 仲里佑利奈（東京大学）
10:42	X31a	高赤方偏移における強 X 線環境下での重たい種ブラックホール形成 木村和貴（東北大学）	14:12	X43a	RIOJA. Young Starburst and Ionized Gas Outflows in a $z = 7.212$ Galaxy Uncovered by JWST NIRCam and NIRSpect Observations Ren, Yi (Waseda University)
10:54	X32a	ALMA で見る重力レンズクエーサー MG J0414+0534 の CO(3-2) ガス構造 藏原昂平（名古屋大学）	14:24	X44a	The First NIRCam-MIRI Joint Color Selection for $z\sim 10$ Little Red Dots 田中匠（東京大学 / Kavli IPMU）
11:06	X33a	輝線強度マッピングにおける活動銀河核の寄与 : IllustrisTNG を用いた H α 輝線の解析 尾形絵梨花（東京大学）	14:36	X45a	$z\sim 10$ 候補天体から探る Lyman break color を用いた遠方銀河選択基準の検討 新井涼夏（早稲田大学）
11:18	X34b	すばる望遠鏡 HSC サーベイデータを用いた 2 型クエーサーの周辺銀河環境の調査 鈴木悠太（愛媛大学）	14:48	X46b	JWST と ALMA で探る、高赤方偏移銀河 MACS1149-JD1 の星間媒質 照井禪（筑波大学）
11:18	X35b	eROSITA Detected Super-Eddington Radio Quasar With A Soft X-ray Excess 小淵紗希子（早稲田大学）	14:48	X47b	RIOJA. 面分光データで探る $z\sim 6$ 銀河 RXC J2248-ID3 の星間媒質の性質 濱田朝晃（筑波大学）
11:18	X36b	eROSITA X 線とすばる HSC SSP 可視光サーベイから選出された $z>4$ クエーサーおよび候補天体の性質 石川裕太（早稲田大学）			
11:30		質疑応答（10 分）			

14:48	X48b	MIRACLES I. Cosmic Web 直接検出に向けたすばる HSC 超深撮像データ 馬渡健 (早稲田大学)		X59c	A matrix decomposition approach for separating emission lines, continuum, and noise in the ALMA extragalactic line survey ALCHEMI 新井怜児 (静岡大学)
15:00		質疑応答 (10 分)			
9 月 11 日 (木) 午前・H 会場					
09:30	X49a	Science with PFS Observatory Filler 田中賢幸 (国立天文台)		X60c	VERTECS による EBL 前景放射の差し引き精度: 黄道光 西岡政寛 (総合研究大学院大学 / 宇宙航空研究開発機構)
09:42	X50a	DeepDive: Jekyll & Hyde 周辺に存在する静かな銀河の原始銀河団領域 柿元拓実 (総合研究大学院大学)		X61c	VERTECS:EBL 前景放射における銀河系ダストのモデリング 田中颯 (東京科学大学 / 宇宙航空研究開発機構)
09:54	X51a	15 バンド測光データに対する次元削減による 3 次元銀河多様体の発見 山形大青 (名古屋大学)		X62c	VERTECS による銀河系外背景光の観測精度見積もり: 暗黒星雲法 大原有稀 (関西学院大学)
10:06	X52a	SED フィッティングを用いた銀河物理量推定における HSC 中間帯域フィルターの有効性 曹愛奈 (名古屋大学)	11:30		質疑応答 (10 分)
9 月 11 日 (木) 午後・H 会場					
10:18	X53a	NIR spectroscopic study of low-mass HAEs at $z \sim 2$ in ZFOURGE-COSMOS field Yun, Jeung (The University of Tokyo)	13:00	X63a	OCEAN: 衝突銀河の星形成活動と分子ガス量の統計的調査 安藤誠 (国立天文台)
10:30	X54a	サブミリ波と近赤外線分光観測で探る赤方偏移 $z=8.312$ に位置する星形成銀河の多相星間物質の性質 萩本将都 (名古屋大学)	13:12	X64a	Diversity in Molecular Gas Distribution: ALMA CO(2-1) observations of five ULIRGs at $0.1 < z < 0.5$ Lee, Kianhong (Nagoya University)
10:42	X55a	宇宙再電離期の低金属量銀河に対する水分子の観測可能性について 田村陽一 (名古屋大学)	13:24	X65a	弱い重力レンズ効果を用いた銀河中心部のダークマター密度分布解析 藤川百花 (千葉大学)
10:54	X56a	すばる望遠鏡 HSC による銀河団中のマージャーフラクションの調査 柳川晏里 (奈良女子大学)	13:36	X66a	EIGER: Tracing the evolution of the connection between galaxies and the IGM during the final stages of reionization 柏野大地 (国立天文台)
11:06	X57a	赤方偏移 3 における原始銀河団の多様性 利川潤 (兵庫県立大学)	13:48	X67a	$\text{Ly}\alpha$ 輝線銀河の $\text{Ly}\alpha$ 輝線表面輝度プロファイルから探る宇宙再電離シナリオ 菊田智史 (東京大学)
11:18	X58a	全天の 4 割に及ぶ VERTECS 宇宙可視光背景放射観測シミュレーション 小鹿哲雅 (関西学院大学)			

Y. 天文教育・広報普及・その他

14:00	X68a	A Wide and Deep Exploration of Radio Galaxies with Subaru HSC (WERGS): Extended Catalog for LBG Selection Kong, Youwen (The University of Tokyo)	9 月 9 日 (火) 午前・F 会場	
14:12	X69a	重力波予測のための初代星まわりのダークマター密度プロファイル 平野信吾 (神奈川大学)	10:30	Y01a 物理に苦手意識を持つ女子学生に対する天文学教育の可能性 下井倉ともみ (大妻女子大学)
14:24	X70a	Effective Dust Yields from Supernovae and Implications for Extinction Properties 大滝恒輝 (Sapienza University of Rome/INAF/INFN)	10:42	Y02a 天文・宇宙に関するリベラルアーツ科目の改善と、その科学リテラシー習熟度への影響 山崎大 (茨城大学)
14:36	X71a	$z \lesssim 1.5$ における輝線強度マッピング観測による $\text{Pa}\alpha$ 線パワースペクトル 川東凜子 (東京大学)	10:54	Y03a 地域公開天文台と連携して行う理工系学生を対象とした天体観測実習の報告 – 愛媛大学宇宙進化研究センターと久万高原天体観測館の取り組み – 鈴木悠太 (愛媛大学)
14:48	X72a	Utilizing a Dust and Chemical Evolution Model with MCMC to Derive the Physical Conditions of Dust Clumps in High- z Galaxies 加納龍生 (名古屋大学)	11:06	Y04a 東京学芸大学における中性水素原子 21cm 線望遠鏡の制作・観測実習 土橋一仁 (東京学芸大学)
15:00	X73a	JWST 近赤外線分光観測で探る宇宙最初期のダスト放射の起源 武知可夏 (東京大学)	11:18	Y05a 東京学芸大学 40cm 望遠鏡の開発・整備状況と研究活動 松尾英里子 (東京学芸大学)
15:12	X74a	準解析的モデル “ $\gamma^2\text{GC}$ ” への 2 サイズ近似ダスト形成・進化モデルの組み込み 五十嵐諒 (新潟大学)	11:30	Y06a Teaching of Astronomy in Asian-Pacific Region: 最初期の天文教育国際誌 富田晃彦 (和歌山大学)
15:24		質疑応答 (10 分)	11:42	Y07a モンゴルにおける天文教育・普及の実践 – 「君もガリレオ！」プロジェクトの一例として – 縣秀彦 (国立天文台)
			11:54	Y08a 三年目となる宇宙天気インテグリティ育成カリキュラム開発の状況 野澤恵 (茨城大学)
			12:06	Y09b 宇宙天気予報業務 久保勇樹 (情報通信研究機構)
			12:06	Y10b オンデマンド授業を用いた市民天文学 : GALAXY CRUISE 銀河分類への貢献 新居舜 (名古屋大学)
			12:06	Y11b 学生団体 AstroKIT (Kyushu Institute of Technology) による天文学教育の実践 當銘優斗 (九州工業大学)
			12:18	質疑応答 (10 分)

9 月 9 日（火）午後・F 会場	
14:00	Y12a 木曾観測所 50 周年を機に実施した地域連携事業 衣笠健三（東京大学）
14:12	Y13a VR × プラネタリウムドームによる科学コミュニケーション活動の評価 平松正顕（国立天文台）
14:24	Y14a 星空視聴による癒し効果の予備的検討：プラネタリウムを用いた生理・心理指標の変化 田中幹人（法政大学）
14:36	Y15a Wikipedia 日本語版星座記事の抜本的改稿による天文文化の普及（II） 小林道生
14:48	Y16a 天文学研究に対する寄附意識とその背景要因の分析 生田ちさと（宇宙航空研究開発機構）
15:00	Y17a プラネタリーディフェンス会議の成果と課題 熊谷謙一（東京国際大学/日本スペースガード協会）
15:12	Y18a 掩蔽観測の最近の状況 野田寛大（国立天文台）
15:24	Y19a 星空定点観測による地球の公転速度測定 幅良統（愛知教育大学）
15:36	Y20a 光害についての判断とその判断基準についてのオンラインアンケート：倫理的判断 玉澤春史（東京大学）
15:48	Y21b 終戦直前のアマチュア天文家による太陽黒点観測報告 玉澤春史（東京大学）
15:48	Y22b 国立天文台野辺山での地域連携事業－観光資源としての観測所－ 衣笠健三（東京大学）
	Y23c 臼田 64 m アンテナを用いた Call to the Cosmos '83（アルタイル・メッセージ）50 周年記念 SETI 観測 鳴沢真也（兵庫県立大学）
16:00	質疑応答（10 分）

予稿ページ

Z101r Astronomical Applications of Differentiable Programming

Hajime Kawahara (JAXA/ISAS)

The rapid progress of machine-learning techniques is ushering in a new programming paradigm: differentiable programming (DP) based on automatic differentiation. While astronomy has long exploited derivative information – through numerical and symbolic differentiation – for data analysis and simulation, DP now lets us embed derivatives in code far more flexibly, efficiently, and accurately.

By formulating models of astrophysical phenomena and cosmology within a DP framework, we can not only perform gradient-based optimization but also carry out robust Bayesian inference with large parameter spaces via gradient-based samplers such as HMC-NUTS, langevin monte carlo, variational inference. At the simulation level, DP even allows simulators to be wired directly into inference pipelines. Inverse problems benefit as well: gradient-based sampling makes the inference of highly non-linear parameters much easier. Instrument design can likewise leverage DP to achieve more sophisticated optimization.

This “differentiable astronomy” session marks the first occasion (in Japan) on which these diverse applications of differentiable programming in astronomy are brought together. In my talk, I will outline the fundamentals of DP, using our exoplanet atmospheric retrieval code ExoJAX as a principal example.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z102a A differentiable N-body code for dynamical modeling of multi-planet systems

Kento Masuda (Osaka University)

In multi-planet systems, mutual gravitational interactions between planets cause their orbits to deviate from strictly Keplerian motion. These dynamical perturbations encode valuable information about planetary masses—a fundamental yet often difficult-to-measure property. In many transiting exoplanetary systems, such interactions manifest as variations in the timing between successive transits, known as Transit Timing Variations (TTVs). By modeling these variations with N-body simulations, it is often possible to infer planetary masses that are otherwise difficult to determine using other techniques. However, these models typically involve dozens of parameters with strong degeneracies, making posterior sampling computationally challenging. Commonly used methods in the field, such as random-walk Markov Chain Monte Carlo (MCMC) and nested sampling, often struggle to efficiently explore such high-dimensional, curved parameter spaces.

To address these challenges, we have developed `jnkepler`, an open-source, automatically differentiable N-body code implemented in JAX. The code can compute transit times as well as other observables relevant to exoplanetary systems, along with their gradients with respect to planetary masses and initial orbital elements. This feature enables the use of gradient-based inference methods such as Hamiltonian Monte Carlo and the No-U-Turn Sampler to efficiently explore the posterior distribution. In this presentation, I will introduce the code, demonstrate its application to real TTV data, and discuss how its performance compares to other sampling methods such as random-walk MCMC and nested sampling.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)Z103a `microjax`: A GPU-Accelerated, Auto-Differentiable Framework for Microlensing Modeling in the Roman Era

Shota Miyazaki, Hajime Kawahara (ISAS/JAXA)

The Nancy Grace Roman Space Telescope, scheduled for launch by NASA in 2026–2027, will conduct a wide-field near-infrared microlensing survey of the Galactic bulge, monitoring hundreds of millions of stars at 12-minute cadence. This survey will produce an unprecedented dataset expected to reveal $\sim 10^3$ cold exoplanets via gravitational microlensing, providing key constraints on the demographics of planetary systems beyond the snow line. To fully leverage Roman’s high-cadence, high-precision, and large-volume dataset, forward models must incorporate subtle higher-order microlensing effects and flexible noise treatments while maintaining exceptional computational efficiency.

To meet these demands, we are developing `microjax`, a Python framework based on JAX, which combines GPU-accelerated inverse ray-shooting with automatic differentiation. This enables both fast forward modeling and scalable parameter inference, suitable for analyzing complex microlensing events. We present the current development status and demonstrate that `microjax` enables efficient, scalable, and differentiable modeling of complex microlensing events, laying the foundation for statistical analyses of Roman and future large-scale surveys.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z104a Probing Two-dimensional Asymmetries of an Exoplanet Atmosphere from Chromatic Transit Variation

Shotaro Tada, Hajime Kawahara (ISAS/JAXA), Yui Kawashima (Kyoto University), Takayuki Kotani (ABC/NAOJ/SOKENDAI), Kento Masuda (The University of Osaka)

Recent advances in observational instruments have greatly accelerated the study of exoplanetary atmospheres. Because their extended atmospheres yield large transmission signals, hot giant planets have become prime targets for detailed atmospheric characterization, including the detection of inhomogeneities. Fully exploiting the precision of facilities like the James Webb Space Telescope (JWST), however, still requires further methodological developments.

We introduce a new method for investigating atmospheric inhomogeneities in exoplanets using transmission spectroscopy. This approach relates chromatic variations in the conventional transit parameters—mid-transit time, total and full transit durations, and transit depth—to atmospheric asymmetries. In this way, we can probe differences between planetary limbs slightly offset from the terminator on the dayside and the nightside. We apply this technique, in combination with the JAX-based atmospheric spectral model ExoJAX, to JWST/NIRSpec-G395H observations of the hot Saturn exoplanet WASP-39 b, demonstrating its ability to reveal limb-to-limb contrasts in chemical composition. We also discuss our use of automatic differentiation to examine the degeneracy between atmospheric signals and orbital parameters.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z105r Applications of Differential Programming in Observational Astronomy

Ryou Ohsawa (National Astronomical Observatory of Japan)

Advances in observational instruments have ushered astronomy into an era of extremely precise measurements. Interpreting such data requires detailed models that directly connect physical parameters to observables, driving remarkable demand for sophisticated data analysis. Differentiable programming — constructing programs using a framework of automatic differentiation — has drawn substantial interest since it enables efficient optimization and inference even with highly complicated models.

Thanks to frameworks like autodiff, JAX, and Enzyme, many astronomy applications now make the best use of differentiable programming. General data-analysis applications include, for example, generative astronomical image modeling (Celeste), optics modeling (∂ Lux), point-spread-function modeling (ShOpt), and X-ray spectral analysis (jaxspec). Science-driven applications span high-dispersion spectrum modeling of planetary and stellar atmospheres (exojax), gravitational lens modeling (JAXtronomy, Gravity), stellar population synthesis (DSPS), binary and exoplanet orbit estimation (Octofitter), microlensing studies (microlux, microjax), astrometric analysis (warfield), and precision supernova light-curve modeling (JAX-bandflux).

Differentiable programming has contributed substantially to attempts that directly associate underlying physics and observations. This talk will introduce how differentiable programming works with actual applications, while focusing on use cases in my research field, image analysis and astrometry. We also discuss possible benefits of introducing differentiable programming into the data analysis of observational astronomy.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z106a The JASMINE iterative solver: using JAX to achieve a fast yet flexible framework for astrometric missions

Ramos, P. (NAOJ); Ohsawa, R. (NAOJ); Ryabinin, K. (Astronomisches Rechen-Institut); Sarra, G. (Astronomisches Rechen-Institut); Erokhina, O. (Astronomisches Rechen-Institut); Löffler, W. (Astronomisches Rechen-Institut); Yamada, Y. (Kyoto University)

The JASMINE satellite will be observing the stars in the innermost parts of the Milky Way thousands of times during its three years of nominal mission. In order to convert the individual locations of the stars in the detector into positions, proper motions and parallaxes, we need to simultaneously solve for the attitude and calibration of the instrument, as well as for the astrometric parameters. Taking inspiration in the Gaia mission, we overcome this problem with a self-calibrating block iterative approach, which requires setting up and solving tens of millions of Least-Square problems, each one requiring the calculation of a Jacobian matrix. Instead of painstakingly re-deriving all the analytical derivatives every time we update any aspect of our model, which will inevitably evolve throughout the mission as our understanding of the instrument improves, we use JAX to build a flexible framework that allows us to quickly explore different models while remaining computationally performant. In this presentation, we will describe in detail the JASMINE solver, how we introduced JAX, the main hurdles that we had to overcome, and the benefits that it brought us. In summary, we present here a robust, fast and easy-to-adapt software that future astrometric point-and-stare missions could readily adopt, thus allowing their teams to focus on what truly matters: the accurate modelling of their instrument.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z107a Differentiable cosmological parameter estimation in the era of Stage-IV cosmological surveys

Ken Osato (Chiba University)

Modern cosmology is entering a new stage as data-driven science. Since a plethora of data is produced by Stage-IV cosmological surveys, the data analysis to process the raw data into statistics and extract physical information from them becomes more challenging. Therefore, computational efficiency while keeping high accuracy is crucial for analysing deep and wide observational data. Moreover, in Markov chain Monte-Carlo (MCMC) analysis for cosmological parameter estimation, a wide variety of theoretical templates are adopted to estimate possible systematic effects due to the model selection. As a result, MCMC analysis must be iterated with tens of models.

In light of this situation, differentiable programming emerges as a powerful tool to accelerate the entire data analysis pipeline. In this talk, I will provide an overview of the differentiable approach used in cosmological parameter estimation analysis with large-scale structure measurements, e.g., weak lensing. To illustrate the power of a differentiable pipeline, I focus on the differentiable analysis for the joint analysis of weak lensing and cosmic microwave background. The pipeline benefits from `jax` library with automatic differentiation and just-in-time compilation to make use of Hamiltonian Monte-Carlo sampling, which explores the parameter space more efficiently with the help of gradient information. In addition, the emulator approach with automatic differentiation is also utilised to interpolate cosmological statistics from precomputed data accurately.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z108a Fast differentiable code of one-loop power spectrum of large-scale structure

Yosuke Kobayashi (Kyoto Sangyo University), Kazuyuki Akitsu (KEK)

Ongoing and upcoming large-scale structure surveys aim to extract cosmological information across a wide range of redshifts and multiple tracer species. This requires the development of efficient analysis tools to explore high-dimensional parameter spaces. We are developing a JAX implementation of the one-loop galaxy power spectrum based on the effective field theory (EFT) of large-scale structure. Our implementation includes all the necessary model components for real data analysis, such as galaxy bias up to third order, redshift-space distortions, UV counterterms, IR resummation, and the Alcock – Paczynski effect. Thanks to auto-differentiability and JIT compilation provided by JAX, our code enables efficient parameter sampling using Hamiltonian Monte Carlo methods. We will describe the details of the implementation and demonstrate its performance in parameter inference.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z109a A Differentiable Cosmological Emulator for Halo Assembly Bias Studies

Keitaro Ishikawa (Nagoya U.), Takahiro Nishimichi (Kyoto Sangyo U.), Hironao Miyatake (Nagoya U.), Satoshi Tanaka (Hitotsubashi U.), Tomomi Sunayama (ASIAA)

Galaxies form in dark matter haloes. The spatial distribution of dark matter haloes, and the distribution and the number of galaxies within a dark matter halo, depend primarily on the halo mass. However, they are also known to depend on halo properties other than mass, such as halo formation history (Wechsler et al. 2006). This secondary dependence is called assembly bias. In this work, to construct a halo statistics emulator that also predicts the assembly bias, we focused on the concentration of haloes as a representative secondary parameter, and measured the cross-correlation function of various halo samples selected according to the mass and concentration using Dark Quest II simulation data. We then constructed an accurate power spectrum emulator for these statistics as inputs of halo mass and concentration using a feed-forward neural network. By taking partial derivatives of the emulator output with respect to halo mass, we demonstrate that the network successfully captures how variations in concentration modulate the power amplitude. In this talk, we will discuss the implementation of automatic differentiation (AD) for both emulator-based gradient evaluations and point-estimation workflows, highlighting the accuracy advantages of AD over simple finite-difference approximations when compared to simulated galaxy power spectra. Finally, we will outline prospects for integrating automatic-differentiation-compatible Hamiltonian Monte Carlo (HMC) methods into cosmological inference pipelines, exploiting the synergistic strengths of AD and HMC for efficient, high-dimensional parameter exploration.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z110a Interpretable deep neural networks reveal environmental influences on galaxy properties

内田舜也¹, Suchetha Cooray², 西澤淳^{3,1}, 竹内努^{1,4}, Peter Behroozi⁵ (1: 名古屋大学, 2: Stanford University, 3: 岐阜聖徳学園大学, 4: 統計数理研究所, 5: University of Arizona)

Galaxies are not isolated objects but reside within dark matter halos. Their properties are influenced not only by their host halos but also by the surrounding environment. Understanding these environmental effects is crucial for studying galaxy evolution. In this study, we leverage automatic differentiation techniques to construct an interpretable deep neural network (MLP) framework that characterizes environmental effects on galaxies and investigates how neighboring galaxies affect their properties in cosmological hydrodynamical simulations. Our models predict galaxy properties (stellar mass and star formation rate) given dark matter subhalo properties of both the host subhalo and of surrounding galaxies, which serve as an explainable, flexible galaxy-halo connection model. To quantitatively assess environmental influences and analyze correlations between environment and galaxy properties, we apply SHapley Additive exPlanations (SHAP). This interpretable machine learning approach enables us to understand the underlying physical mechanisms driving these relationships.

In this presentation, we will address the following questions: “How does the environmental influence on galaxy properties vary across different galaxy populations?” and “Which environmental parameters most strongly affect each galaxy population?” We will also particularly focus on AGN feedback and discuss its role in shaping the environmental dependence of galaxy properties.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z111a JFlow: Model-Independent Spherical Jeans Analysis using Equivariant Continuous Normalizing Flows

Sung Hak Lim (CTPU-PTC, Institute for Basic Science),
Kohei Hayashi (National Institute of Technology, Sendai College),
Shun'ichi Horigome (Astronomical Institute, Tohoku University),
Shigeki Matsumoto (Kavli IPMU),
Mihoko M. Nojiri (Theory Center, IPNS, KEK)

The kinematics of stars in dwarf spheroidal galaxies have been studied to understand the structure of dark matter halos. However, the kinematic information of these stars is often limited to celestial positions and line-of-sight velocities, making full phase space analysis challenging. Conventional methods rely on projected analytic phase space density models with several parameters and infer dark matter halo structures by solving the spherical Jeans equation. In this paper, we introduce an unsupervised machine learning method for solving the spherical Jeans equation in a model-independent way as a first step toward model-independent analysis of dwarf spheroidal galaxies. Using equivariant continuous normalizing flows, we demonstrate that spherically symmetric stellar phase space densities and velocity dispersions can be estimated without model assumptions. As a proof of concept, we apply our method to Gaia challenge datasets for spherical models and measure dark matter mass densities given velocity anisotropy profiles. Our method can identify halo structures accurately, even with a small number of tracer stars.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z112r Differentiable Physical Models for Astronomy

Benjamin Pope (Macquarie University)

Abstract: The technology that underpins machine learning – differentiable programming – is poised to revolutionise astronomy and astrophysics, making it possible for the first time to fit very high dimensional models: hierarchical models describing every star in a survey; the sensitivity of millions of pixels in a detector; models of images or spectra with very many free parameters; or neural networks that represent physics we cannot easily solve in closed form.

It also enables fundamental information-theoretic quantities like the Fisher information to be calculated, allowing for determination and optimization of the information content of an experiment.

I will give an overview of recent work applying this to astronomy and in particular exoplanet science, giving examples from imaging and time series data.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z113a Exploration of Feasible Optical Designs and Sensitivity Analysis Using Differentiable Programming

Subaru Shibai(The university of Tokyo), Kiwamu Izumi(JAXA)

In the development of observational instruments, system design and sensitivity analysis are crucial. Specifically, minimizing the deviation of objective parameters from target values and estimating allowable manufacturing tolerances both require access to the derivatives of system functions. Recent rapid advancements in differentiable programming have led to high-speed, high-accuracy automatic differentiation, which is attracting significant attention for design optimization applications.

In this study, we propose a method that uses JAX to efficiently explore the feasible design space of realizable optical systems while simultaneously performing sensitivity analysis for each design parameter. This approach aims to identify solutions that are robust to manufacturing errors, even in scenarios where no analytical solution exists.

As a test case, we focus on the Range Simulator (RS)—an apparatus under development for ground testing of an inter-satellite interferometer. The RS simulates long-distance light propagation on an optical bench, and no experimental realizations have been reported to date. By applying our method, we explored novel feasible designs for the RS and evaluated the sensitivity of its parameters.

Our results revealed a viable three-lens configuration and, through sensitivity analysis, demonstrated a trade-off relationship between the overall scale of the apparatus and its manufacturing tolerances.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z114a Experimental Determination of CH₄ Pressure-Broadening in Hot H₂/He Atmosphere Using Bayesian Inference

Ko Hosokawa (NAOJ), Takayuki Kotani (ABC/NAOJ/SOKENDAI), Hajime Kawahara (ISAS/JAXA/UTokyo), Yui Kawashima (Kyoto Univ.), Kento Masuda (Osaka Univ.), Aoi Takahashi (ISAS/JAXA), and Kazuo Yoshioka (UTokyo)

Accurate knowledge of molecular line broadening in H₂&He-dominated atmospheres is crucial for interpreting high-resolution spectra of substellar objects (brown dwarfs and exoplanets). We present experimental measurements of CH₄ pressure-broadening in H₂&He atmospheres at temperatures up to 1000 K in the 1.60–1.63 μm wavelength range, where its strong absorption is observed in the spectrum. A full Bayesian inference approach was employed to simultaneously model the absorption lines measured under eight experimental conditions, varying in temperature and methane concentration for 22 selected lines. Using the auto-differentiable spectral model ExoJAX and the Hamiltonian Monte Carlo No-U-Turn Sampler (HMC-NUTS) via NumPyro, we obtained robust joint posterior distributions for more than 50 parameters simultaneously, including pressure-broadening parameters and their temperature dependencies. This method allowed us to disentangle the contributions from adjacent lines with quantified uncertainties. Our results reveal systematically narrower broadening parameters compared to those in the existing molecular database (ExoMol), especially at lower temperatures, and milder temperature dependence. This study underscores the necessity of experimentally derived broadening data and demonstrates the capability of differentiable spectral modeling in the analysis of experimental data.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z115r Differentiable modeling of the Universe in the age of machine learning

Yin Li (Peng Cheng Laboratory)

Rapid advances in machine learning have brought not only myriad powerful neural network models, but also breakthroughs that can potentially benefit established scientific research. For optimal inference of physical information from cosmological surveys, we need fast and differentiable forward model of the Universe. Using the adjoint method, we've developed a memory and computation efficient differentiable simulation framework on GPUs, upon which we are adding various cosmological probes. One most important probe is gravitational lensing, for which we have developed a novel Hamiltonian, post-Born, three-dimensional, on-the-fly ray tracing algorithm. The end goal is a field-level forward model of all probes of the whole observable Universe, with which we can jointly infer physics of interest and/or the initial conditions of the Universe, while marginalizing over others.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z116a Field Level Inference in Hydrodynamical Simulations with JAX

Benjamin Horowitz (Kavli IPMU)

Hydrodynamical simulations are a powerful tool for modeling structure formation in the universe, capturing the complex interplay between baryons and dark matter across cosmic time. However, the high computational cost of these simulations presents challenges for efficiently exploring the associated high-dimensional parameter spaces.

In this talk, I will introduce a fully differentiable framework for cosmological hydrodynamical simulations, along with a proof-of-concept implementation, `diffhydro`. This facilitates scalable field-level inference and parameter estimation through gradient-based optimization. Built in JAX, the implementation supports rapid prototyping and GPU acceleration, opening the door to flexible and efficient cosmological and astrophysical analysis using modern automatic differentiation techniques.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z117a Forward Modeling and Cosmological Inference of Galaxy Clustering the Field Level

Nhat-Minh Nguyen (Kavli IPMU)

Discovering new physics from large galaxy surveys remains challenging due to limitations in current modeling and inference methods. Examples include our inability to simulate realistic galaxies and model the galaxy power spectrum at small scales, hampered by uncertainties in galaxy formation. To robustly marginalize over astrophysical complexities while maximally extracting cosmological information, I will present a new program for cosmological analyses of galaxy surveys: field-level inference of large-scale structure grounded in effective field theory, `LEFTfield`. `LEFTfield` leverages forward-modeling and differentiable-programming techniques to extract not only cosmological information, but also the entire underlying, unobserved dark-matter field. In the case of galaxy clustering, `LEFTfield` delivers up to $\times 5$ improvement in constraining power—a leap between two survey generations when translated to survey volume. The byproduct dark-matter field enables constrained simulations of our local Universe, opening new windows to study astrophysical processes, including galaxy formation, in our cosmic neighborhood.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z118a Reconstructing the Primordial Density Field with Differentiable N-body Simulations

Sirawich Saranakonkoop¹, Koichiro Nakashima¹, Kiyotomo Ichiki^{1,2}, Atsushi J. Nishizawa^{3,2}, Yin Li⁴ ¹Department of Physics, Nagoya University, ²Kobayashi Maskawa Institute, Nagoya University, ³DX Center, Gifu Shotoku Gakuen University, ⁴Peng Cheng Laboratory

Machine learning progresses in scientific discovery by providing new approaches to fundamental challenges in cosmology. In this study, we address the problem of reconstructing the initial density field of the universe by applying differentiable simulation techniques. More precisely, we implement `pmwd` (Particle-Mesh with Derivatives), an adjoint-based differentiable N-body framework, to recover the primordial density field from evolved large-scale structures at redshift $z = 0$ obtained from the Indra simulation. Our reconstructions show excellent agreement with target fields derived from the WMAP7 cosmological model. Moreover, through reverse time integration, we recover the density field at higher redshifts ($z = 10$, $z = 80$), revealing meaningful similarities to the expected initial conditions. With iterative refinement of initial conditions, we improve the accuracy of the forward simulations, which leads to a closer alignment with the observed density field. These results demonstrate the capability of differentiable programming in cosmological analysis and the viability of using machine learning and gradient-based optimization to extract precise initial conditions from large-scale structure data, illustrating the revolutionary role that differentiable techniques can play in advancing differentiable astronomy field.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z119a Differentiable mapping of stellar surface for solar-type stars

Kai Ikuta (Hitotsubashi University)

Starspot is an apparent indicator of stellar magnetic activity on the stellar surface and ubiquitously observed on young and cool stars (G-, K-, and M-dwarfs). It is essential to explore starspots and magnetic fields on both stellar and exoplanetary aspects: (i) stellar internal dynamo, (ii) origin of stellar flares and plasma eruptions, (iii) heating stellar atmosphere and XUV radiations, and (iv) contamination in the radial velocity and transmission of planetary atmosphere. Starspots have been investigated from the photometric brightness modulation and distortion of absorption lines in high-dispersion spectroscopy along with the stellar rotation.

In this study, for the purpose of delving into the relation between starspots and stellar flares, we have been developing codes with a (sub-)differentiable probabilistic programming to decipher the stellar surface as inversion problems (GitHub: Kailkuta/StarspotMapping and /jaxsmap). First, we deduce spot properties, such as locations and temporal size variations, from quasi-periodic brightness modulation of monochromatic photometry by the Kepler space telescope and Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) with the sampling-based Bayesian inference (Ikuta et al. 2020, 2023, & submitted). Second, we map the stellar surface jointly from multichromatic photometry and high-dispersion spectroscopy (Doppler imaging), mainly by the space and ground-based telescopes such as the 3.8m Seimei telescope, with gradient-based continuous optimizations. We present a series of the studies for the stellar activity and techniques inherent in the inversion problems and propose future prospects to implement physics-informed inferences in the differentiable astronomy.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z120a Bayesian inference for the inclination of stars, brown dwarfs, and exoplanets using time-series spectroscopy

Yamato Ureshino, Hajime Kawahara (JAXA/ISAS)

When a rotating star's surface hosts inhomogeneous features, its spectral line profiles become distorted. As the star rotates, the line-of-sight velocities of these features change, and the resulting Doppler effect causes the distortions to migrate across the line profile. Analyzing these variations to map the surface brightness distribution is known as Doppler Imaging. Because this problem is linear — time-series observations d can be expressed as a linear operator $W(v, i)$ acting on the surface map vector a — we can analytically marginalize over the map and efficiently obtain posterior distributions for the nonlinear parameters, namely the rotation velocity v and the inclination angle i .

In this study, we construct the design matrix W for Doppler Imaging in JAX to verify its linearity, and then establish a novel method that uses NumPyro's NUTS sampler to perform a joint Bayesian inference of the stellar rotation velocity v and inclination i . This new approach allows us to estimate the inclination without relying on external information such as the star's rotation period or radius, and it also provides quantitative uncertainty estimates. Furthermore, the framework can be extended to simultaneously infer the surface map and the intrinsic line profile. In this presentation, we will describe the underlying principles of the method and discuss its applicability to real observational data.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z121a High-resolution spectral analysis of Luhman 16AB with Gaussian Process T-P profile and auto-differentiable spectrum model ExoJAX

Hibiki Yama (The University of Osaka), Kento Masuda (The University of Osaka), Hajime Kawahara (ISAS), Yui Kawashima (Kyoto University)

High-resolution spectroscopy is a powerful tool for probing the atmospheres of brown dwarfs. It enables the precise detection of both the continuum and individual molecular absorption lines, allowing accurate estimation of molecular abundances, temperature-pressure (T-P) profiles, and surface gravity.

However, results from high-resolution spectral analysis can be strongly biased by prior assumptions, such as the choice of T-P profile models. For example, Picos et al. (2025) showed that using different prior-constrained T-P profiles led to significant variation in the estimated surface gravity.

In this study, we developed a Gaussian Process (GP) T-P profile model without assuming any parametric form, treating each pressure layer's temperature as a free parameter. Using a GP prior incorporates the physical correlation that nearby layers tend to have similar temperatures, ensuring a smooth profile without strong shape constraints. Because estimating so many correlated temperatures results in a complex parameter space, efficient sampling using Hamiltonian Monte Carlo (HMC) is required. Since HMC needs model differentiability, we implemented the spectra model, including the GP T-P profile, using the auto-differentiable spectrum model ExoJAX. We applied this method to high-resolution spectra of the brown dwarf binary Luhman 16AB and validated its effectiveness in estimating atmospheric parameters.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z122c Parameter Estimation for SEP Event Modeling: A Bayesian Approach Using Multi-Spacecraft Observations of the October 2021 Event

*Yuta Kato (Fujitsu Limited, Nagoya University), Saya Okubo (Fujitsu Limited), Miki Kurihara (Fujitsu Limited, The University of Tokyo), Kanya Kusano (Nagoya University), Takashi Minoshima (JAMSTEC), Daikou Shiota (Nagoya University, NICT), Kazumasa Iwai (Nagoya University), Chihiro Mitsuda (Fujitsu Limited, Nagoya University)

Space environment safety is crucial for ambitious human activities like Artemis. Solar energetic particle (SEP) events, triggered by solar flares (SFs) and coronal mass ejections (CMEs), pose risks to human health and space systems. Since February 2023, Fujitsu and ISEE, Nagoya University, have collaborated to predict SEP profiles for lunar, Mars, and deep space exploration. We compare numerical modeling and multi-spacecraft observations of the October 2021 SEP event, using data from PSP, Solo, BepiColombo, SOHO, and STEREO-A. CME propagation is reconstructed using the SUSANOO model (Shiota et al. 2014, 2016) by comparing it with interplanetary scintillation data (Iwai et al. 2019) to derive CME shock parameters. These parameters drive a focused transport model to determine the SEP energy spectrum, dependent on the mean free path, acceleration rate, and injection efficiency. To improve prediction, we aim to identify optimal parameter aligning with multi-spacecraft data and simulations, using Bayesian and multi-objective optimization. This presentation will discuss our progress in predicting optimal parameter for enhanced SEP profile forecasting.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z201r 地上からの次世代広視野近赤外探査が描き出す新しい銀河宇宙像

児玉忠恭 (東北大学) ほか, 主に SWIMS-18 チーム, ULTIMATE-Subaru チーム

我々はこれまで、すばる望遠鏡の独創的な可視光広視野カメラにより、稀な明るい遠方天体や突発天体、巨大な銀河団・大規模構造の研究において世界をリードしてきた。今後この広視野という最大の特長をさらに継続し、発展させていくためには、近赤外の波長域で広視野観測装置が必須である。そこで鍵となる地上の観測装置が、チリの TAO 望遠鏡の SWIMS (口径 6.5m, FoV=8.6'×8.6', 2027-) とハワイのすばる望遠鏡の ULTIMATE-WFI (GLAO, FWHM=0.2", FoV=14'×14'=JWST の 20 倍の視野, 2029-) である。Euclid や Roman などの広視野宇宙望遠鏡にはない、多様でユニークな狭・中間帯域フィルター群を多数搭載するところが特長である。我々はこれまですばる望遠鏡で狭・中間帯域フィルターを用いた独創的な研究を進めてきており、初期の宇宙から現在の宇宙まで、大規模構造に沿った広視野観測によって、銀河の形成と進化の描像を明らかにしてきた。今後は SWIMS と ULTIMATE を用いて、宇宙望遠鏡と相補的な、近赤外広域多色撮像サーベイを圧倒的な質と量で実行し、銀河宇宙大規模構造の時間発展とそれに連動した銀河の形成・進化史を系統的に解明することが目標である。例えば狭帯域フィルターを用いて宇宙再電離期 ($z \sim 8$) の電離バブルをマッピングし再電離の歴史を明らかにし、中間帯域フィルターを用いて 10 億年以内の初期宇宙 ($z > 5$) に稀な重い銀河を発見し、銀河形成論に強い制限を与える。また空間分解した狭帯域フィルター輝線マッピングにより、個々の銀河内で星形成が時間と共にどのように伝搬するかも明らかにする。本講演では、これまで我々が既存の装置を用いて展開してきた研究のハイライトを紹介し、それを踏まえて今後次世代の地上装置でどのように研究を発展させていくのか、また同時代の宇宙望遠鏡によって進む大規模宇宙探査とどう連携し、相補的な研究を進めていくのかについて考察する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z202a TAO 6.5m 望遠鏡搭載近赤外線広視野多天体分光カメラ SWIMS

本原顕太郎 (東京大学、国立天文台), 小西真広, 高橋英則, 加藤夏子, 安田彩乃, 幸野友哉, Yun Jeung, 藤井扇里, 田中健翔, 菊地泰輝 (東京大学), 櫛引洸佑, 小山舜平, 土居守 (国立天文台), 陳諾 (東北大学), 吉井譲 (東京大学, アリゾナ大学), 河野孝太郎, 宮田隆志, 峰崎岳夫, 酒向重行, 江草実, 左近樹, 上塚貴史, 松林和也, 鮫島寛明, 諸隈佳菜, 山岸光義, 今井正亮, 堀内貴史, 平尾優樹 (東京大学)

SWIMS (Simultaneous-color Wide-field Infrared Multi-object Spectrograph) は東京大学がチリ・アタカマのチャナントール山 (標高 5640m) 山頂に建設中の東京大学アタカマ天文台 (TAO) 6.5m 望遠鏡の第 1 期観測装置の一つである。視野 9.6° にわたる広視野の近赤外線二色同時撮像観測と、多天体スリットマスクによる最大 20 天体の 0.9–2.5 μm 全域の同時分光及び 17" × 14" 視野の面分光観測を行うことができる。二色同時撮像では 4 枚の標準広帯域フィルタ (Y, J, H, Ks) に加えて 8 枚の中間帯域フィルタ (J1, J2, H1, H2, H3, K1, K2, K3) と 10 枚以上の狭帯域フィルタを装備し、二色同時撮像を行うことで効率的な多色広視野撮像が可能である。TAO 望遠鏡完成後はさまざまな近赤外線サーベイ観測を行うことが期待されている。

SWIMS は TAO 6.5m 望遠鏡の完成に先立って 2018 年から 2022 年にかけてすばる望遠鏡に PI 観測装置として持ち込まれ、オンスカイの性能評価と初期科学観測を行った。この過程でさまざまな問題点などが洗い出され、現在三鷹の東京大学天文学教育研究センターでメンテナンスとアップグレードの作業が行われている。本講演では SWIMS の装置概要とともに、今後の TAO 6.5m 望遠鏡での運用に向けたスケジュールとその後の運用計画を紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z203b Ruby-Rush: 地上広視野中間帯域撮像で解明する初期宇宙の銀河加速成長

高橋宏典, 児玉忠恭 (東北大学), 但木謙一 (北海学園大学), 小山佑世 (国立天文台), 利川潤 (兵庫県立大学), 久保真理子 (関西学院大学), 本原健太郎 (国立天文台), 大工原一貴 (JAXA/ISAS), 他, Ruby-Rush チーム, SWIMS-18 チーム

銀河が「いつ」「どのように」「どのような環境で」成長したのかを明らかにすることは、初期宇宙における銀河進化の理解に極めて重要である。中でも、宇宙年齢約 10 億年に相当する、赤方偏移 $z \sim 5$ に存在する大質量 Quiescent Galaxy (星質量 $> 10^{11} M_{\odot}$ 、主要な星形成活動を終えて約 1 億年以上経過した銀河、以下、大質量 QG) は極めて稀な存在であり、その数密度や周辺環境との関係 (環境依存性) を解明することは、現代の標準的な銀河形成モデルに対する強い制約となる。我々は、このような初期宇宙における銀河の成長過程とその環境依存性を探るため、Ruby-Rush プログラム (Red Ultra-massive Billion-Year-Old Universe SHiners) を推進している。

ターゲットとなる大質量 QG には、年齢約 1 億年以上の星が持つ特徴的なスペクトルの段差、バルマーブレーク (静止系 $\sim 3600 \text{ \AA}$) が顕著にみられる。精度良くこの段差を捉えるために、東京大学アタカマ天文台 (TAO) の近赤外撮像装置 SWIMS および、すばる望遠鏡に搭載予定の ULTIMATE-Subaru により、K バンドの隣接した中間帯域フィルタ ($K_1 \sim K_4$, $\Delta\lambda \sim 0.1 \mu\text{m}$) を用いた広視野撮像観測を行う。この手法により、これまでの広帯域撮像では困難であった、ダストによる単調な赤化を示すスペクトルとの区別が可能となり、純度と完全性の高い大質量 QG 候補のサンプル構築が実現する。本講演では、Ruby-Rush の概要とこれまでのパイロット観測の成果を紹介し、TAO/SWIMS および ULTIMATE-Subaru を用いた今後の研究計画について述べる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z204b HIMMEL: すばると TAO の広視野観測で探る銀河団への冷たいガス降着

船木美空, 児玉忠恭 (東北大学), 久保真理子 (関西学院大学)

銀河形成には、冷たいガスの降着が重要な役割を果たしている。特に、 $z \sim 2$ は銀河や銀河団へのガス降着が効率的に行われ、銀河形成が最盛期を迎えた時代である。銀河団質量の成長に伴って、銀河団コアは衝撃波加熱により高温になり、いずれ銀河団ガスは完全に電離する。そのため、冷たいガスの降着は、銀河形成や宇宙の電離史を解明する上で重要な鍵となる。しかし、冷たい中性水素 (H I) ガスの直接観測は難しく、ガス降着の詳細と銀河形成との関連は未だ不明瞭である。

HIMMEL プロジェクト (H I Mapping with Multiple Emission Lines) では、 $\text{Ly}\alpha$ と $\text{H}\alpha$ の狭帯域撮像観測を行い、それらの共鳴散乱効果の違いを利用することで、 H I ガスのマッピングを試みている。本研究では、 $z = 2.23$ の原始銀河団およびその周辺の大規模構造に対し、Subaru/HSC による $\text{Ly}\alpha$ と UKIRT/WFCAM による既存の $\text{H}\alpha$ の広視野撮像データを組み合わせ、1 度角超の大規模構造にわたる H I ガス分布の環境依存性を発見した。加えて、 $\text{Ly}\alpha$ に対応する隣接したもう 1 つの狭帯域フィルターを用いて、両フィルターでの輝線強度の違いから、 $\text{Ly}\alpha$ 発光天体の赤方偏移の測定を試みた。

2027 年に科学運用が開始する TAO 望遠鏡の近赤外広視野観測装置 SWIMS にも、 $z \sim 2$ の $\text{H}\alpha$ に対応する 4 つの狭帯域フィルターが搭載される。これらは、HSC に搭載された 4 つの $\text{Ly}\alpha$ 用狭帯域フィルターと対を成しており、さらにフィルター同士が隣接し一部が重なり合っている。これらのフィルターを活用し、同手法を適用することにより、将来的に銀河形成最盛期の 3 次元大規模構造を網羅的にサンプリングし、ガス分布やその降着史を議論できる。本講演では、このパイロット研究として $z = 2.23$ での結果を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z205a ULTIMATE-SUBARU: プロジェクトの概要と進捗状況

美濃和陽典、小山佑世、大野良人、大屋真、櫛引洸佑、吉田道利 (国立天文台)、秋山正幸、児玉忠恭 (東北大)、本原顕太郎 (東京大)、ほか ULTIMATE-Subaru 開発チーム

ULTIMATE-Subaru は、すばる望遠鏡の広視野サーベイ能力を近赤外域にまで拡張する次世代基幹観測装置計画である。ULTIMATE-Subaru は、地表付近のみの大気揺らぎを補正する事で、広視野に渡ってすばる望遠鏡の解像度を向上させる地上補償光学装置 (GLAO) と、広視野をカバーする近赤外線観測装置により構成される。GLAO を用いる事で、すばる望遠鏡のカセグレン焦点において、直径 20 分角の視野に渡り、K バンド (波長 $2.2 \mu\text{m}$) で約 0.2 秒角に達する高解像度の観測データを提供することを目指す。広視野近赤外線観測装置としては、波長 $0.9\text{--}2.5 \mu\text{m}$ で 14×14 平方角の視野をカバーする広視野撮像装置 (WFI) の開発が進んでいる。GLAO と WFI は現在ともに最終設計段階にあり、最終設計レビューを通過したのち、2026 年度から本格的に製作を開始する予定である。本講演では、ULTIMATE の装置計画の概要、現在の最終設計の状況、ULTIMATE のファーストライトに向けた今後の展望について、GLAO を中心に紹介する。GLAO については、現在波面センサー、レーザーガイド星生成システム、リアルタイム制御系といった主要サブシステムで用いる技術の実証のためのプロトタイプ開発を行っている。また、すばる望遠鏡の副鏡部に用いる可変形副鏡については、先行して製作を開始している。本講演では、これらのプロトタイプ開発、先行製作の状況についても報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z206b ULTIMATE-Subaru: 可変副鏡の製作状況

大屋 真、美濃和陽典、沖田博文、大野良人

ULTIMATE-Subaru はすばる望遠鏡で進められている地表層補償光学を用いた次世代広視野赤外線観測のためのプロジェクトであり、可変副鏡はその観測システムの主要コンポーネントの一つである。

地上望遠鏡で天体を観測すると地球大気の影響により天体からの光波面が乱れて像が劣化するが、補償光学装置を用いて補正することで空間分解能を向上させることができる。地表層補償光学は大気揺らぎの高度分布において支配的成分である地表付近の大気揺らぎ (地表層) を選択的に補正する方式である。地表層は望遠鏡の開口面付近にあるため、これを補正することで広い視野方向で補正の効果が得られる。ただし補正されずに残る高層の大気揺らぎ成分のため、補正性能は回折限界には届かずシーイングの改善程度になる。すばる望遠鏡があるマウナケア山は特に大気揺らぎが地表層に集中していることで知られており地表層補償光学を用いるのに適したサイトであることから、次世代広視野赤外線観測装置に採用されおり製作が進んでいる。

本講演ではすばる望遠鏡の地表層補償光学システムの主要構成要素である可変副鏡の概要と製作状況について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z207b ULTIMATE-Subaru: 広視野近赤外線撮像装置 Wide Field Imager (WFI)

櫛引洸佑 (国立天文台), 本原顕太郎 (東京大学, 国立天文台), 兒玉忠恭, 秋山正幸 (東北大学), 小山佑世, 田中壱, 美濃和陽典, 森鼻久美子 (国立天文台)

すばる望遠鏡の次世代補償光学システム ULTIMATE-Subaru は、地表層補償光学 (GLAO) により視野直径 $\phi 20'$ にわたって、 $0.2''$ (K_S -band) の高空間分解能を実現する。Wide Field Imager (WFI) はこの広視野かつ高解像度の天体像を $0.9\text{--}2.5\mu\text{m}$ にわたって観測する近赤外線広視野撮像装置である。

直径 $\phi 20'$ の視野は望遠鏡焦点面において直径 60mm になり、一つの光学系でカバーするのは困難であるため、WFI では視野を 4 分割し、4 つの独立した光学系によって合計 $14' \times 14'$ (対角 $\sim 20'$) の視野を観測する。各光学系の焦点面には HAWAII-4RG-15 検出器が一つずつ設置され、天体像を $0.1''/\text{pixel}$ でサンプリングする。また、それぞれの光学系には 4 層のフィルタホイールが設置され、広帯域、中帯域、狭帯域の多彩なフィルタを同時に合計 20 枚ほど搭載できる。特に狭帯域フィルタ用のフィルタホイールについては、WFI の観測がない期間にフィルタ交換ができるよう設計されており、観測ランに応じて搭載するフィルタセットを交換することで、様々な観測を実施できるようになっている。

WFI の開発においては、2024 年度より大型科研費 (特別推進研究) が採択され、2024 年度に最終設計を実施し、現在は最終設計レビューと調達に向けた準備を進めている。本講演では WFI の概要と現在の開発状況、今後の開発計画を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z208b ULTIMATE-Subaru: 近赤外線広視野狭帯域フィルター探査で探る宇宙再電離

柏野大地 (国立天文台), 井上昭雄 (早稲田大学), 菊田智史 (東京大学), 日下部晴香 (東京大学), 中島王彦 (金沢大学)

宇宙再電離の進行過程とその空間構造 (トポロジー) は、現在の観測的宇宙論における重要な未解決問題の一つである。本研究では、次世代の近赤外補償光学装置 ULTIMATE-Subaru と、その広視野撮像装置 ULTIMATE-WFI に搭載される狭帯域 (NB) フィルター群を用いたサーベイ計画を紹介し、 $\text{Ly}\alpha$ 輝線銀河 (LAE) をトレーサーとすることで再電離の時空間的な進行を解明する可能性について検討する。

本プロジェクトでは、NB1063 および NB1185 フィルターを用いた $z = 7.7$ および $z = 8.8$ の LAE 探査を行う。それぞれ約 4 平方度の探査領域を 25.5 ABmag (5σ) まで深く観測する予定である。これにより、 $z = 7.7$ では 10~100 個、 $z = 8.8$ では数個程度の LAE が検出されると予測されており、その空間分布から中性水素の分布や電離バブルの構造を統計的に導出することが可能となる。さらに、Roman 衛星による広域な LBG 探査と組み合わせることで、LAE と LBG の数密度比に基づく中性水素分布のマッピングが実現できると期待される。また、本探査で発見される LAE は、すばる望遠鏡 PFS や JWST などを用いた分光観測に理想的なターゲットとなり、 $\text{Ly}\alpha$ 輝線プロファイルの詳細な解析を通じて、局所的な中性水素密度やバブル構造の理解をさらに深めることができる。

本発表では、こうした ULTIMATE による NB 観測の科学的意義と観測戦略を概説するとともに、Roman および構想中の GREX-PLUS ミッションとの相補性についても議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z209b ULTIMATE-Subaru による時間軸天文学

守屋亮 (国立天文台)

高感度の広視野近赤外線望遠鏡は時間軸天文学にも大きなインパクトを与える。これまで時間軸天文学のフロンティアは主に可視光広視野望遠鏡によって切り拓かれてきた。しかし、可視光でのサーベイでは発見できないような近赤外線で見える突発天体、高赤方偏移突発天体や減光を強く受けた突発天体も存在する。本講演では次世代広視野近赤外線望遠鏡時代に ULTIMATE-Subaru が時間軸天文学においてどのような強みがあるのかを議論する。特に ULTIMATE-Subaru は宇宙望遠鏡とは異なり機動性が高い。このため中性子星合体の電磁波対応天体といった短時間で変動する近赤外線で見える突発天体の即時観測に大きな力を発揮することが期待される。また、K バンドでは Roman に遜色のない感度を持つため、高赤方偏移突発天体の探査にも宇宙望遠鏡と協力して力を発揮することが可能である。ULTIMATE-Subaru の中間帯域フィルターも高赤方偏移突発天体候補の同定に有用である。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z210b ULTIMATE-Subaru による銀河面サーベイ観測計画

森鼻久美子 (国立天文台)、上塚貴史 (東京大学)、小野里宏樹 (国立天文台)、國生拓摩 (名古屋大学)

天の川銀河やそこに存在する天体の進化を理解するには、様々なタイプの星の様々な進化段階にある現象の理解と分布を明らかにすることが重要である。しかし、天体密度が大きく、星間ダストの影響が大きい銀河面では、塵に埋もれてまだ検出されていない天体、天体現象が数多く存在する。そこで、地表付近のみの大気揺らぎを補正する事で広視野に渡ってすばる望遠鏡の解像度を向上させ、 K_S バンドで約 0.2 秒角という高解像度を実現可能な地上補償光学装置 (GLAO) と、広視野をカバーする近赤外線観測装置 (Wide-Field Imager: WFI) からなる ULTIMATE-Subaru を用いて、銀河面 (銀経 20 – 50 度、銀緯 $|b| < 1$ 度) の約 60 平方度にわたる広域観測を行うことを計画している。様々な種類の狭帯域 ([PII], [FeII], Br γ -on,-off)、中帯域 (CN/H $_2$ O, H $_2$ O, CO)、広帯域フィルターを使用し、塵に隠された天体を探索する。この観測により、AGB 星からポスト AGB 星への進化、OH/IR 星、銀河面拡散 X 線放射の成分とされる暗い白色矮星連星系、生命に必要な元素であるリンを持つ超新星残骸の探索などの研究が可能になる。本発表では、この銀河面サーベイの詳細計画を紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z211b 近赤外線の中・狭帯域フィルターを用いた銀河面の星種族と円盤構造の探索

小野里宏樹 (国立天文台)、上塚貴史 (東京大学)、森鼻久美子 (国立天文台)、國生拓摩 (名古屋大学)

天の川銀河は個々の星の観測により詳細に研究することが可能な唯一の銀河である。天の川銀河の構造や形成・進化史を調べるためには、様々な種類の構成を適切に分類することが必要である。例えば、早期型星は最近の星形成活動や渦状腕の構造を反映する一方、レッドクランプ星は中間年齢の骨組構造の指標となる。分光観測は恒星を分類するうえで最も有効な手段であるが、一度に観測できる天体の個数が限られ、長時間の露光が必要となるなど観測のコストが高い。原子や分子の吸収を捉えることが可能な中帯域フィルターや狭帯域フィルターは、分光観測よりも効率的に恒星の分類が可能な強力なツールである。様々な吸収を捉えるフィルターを作成することで恒星の分類が可能となる。例えば、一酸化炭素や水の吸収帯を捉えることで矮星と巨星の分離や酸素過多と炭素過多の漸近巨星分枝星の分離ができたり、水素の吸収線を捉えることで早期型星の同定が可能になったりする。

銀河面という星間減光が強く星が混んでいる領域を広範囲にわたって観測するためには、減光の影響が小さい近赤外線で広視野にわたって補償光学により良好な星像が得る必要がある。すばる望遠鏡に搭載が予定されている ULTIMATE-Subaru はこの条件を満たす最適な装置である。本公演では、種々の中帯域・狭帯域フィルターにより様々な構成種族が分離可能であることをシミュレーションした結果を報告する。その結果に基づき、ULTIMATE-Subaru を用いた天の川銀河の構造や星形成史の探索を提案する。また、将来の ULTIMATE-Subaru への搭載を目指しフィルターの製作と早期型星の分類可能性の検討を進めている水素のブラケット系列を捉える楕円透過フィルターについても報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z212a すばる HSC Ly α 深狭帯域撮像観測による $z \sim 3$ 大規模構造中性水素ガス探索との近赤外線広視野協調観測

久保真理子 (関西学院大学)、松田有一 (国立天文台)、馬渡健 (早稲田大学)、梅畑豪記 (名古屋大学)、菊田智史 (東京大学)、山中郷史 (鳥羽高専)、MIRACLES team

銀河進化最盛期の銀河や銀河団の祖先=原始銀河団には、大規模なフィラメント構造 (宇宙網) に沿って中性水素ガスが流入し、活発に銀河を形成してきたとされる。原始銀河団では $z = 2 - 4$ の間に顕著に大質量早期型銀河による red sequence が現れ、また合体の形跡が明瞭でないが非常に活発な星形成を行う遠方のダスティな円盤銀河も発見されており、銀河進化最盛期における宇宙網に沿ったガスの流入過程の理解は、大質量銀河の形成進化過程解明の重要な鍵となっている。近年の VLT/MUSE や Keck/KCWI による可視光面分光観測では、数 100kpc から 1Mpc に伸びる Ly α 輝線フィラメントが発見されてきた。これらはまさに宇宙網に沿った中性水素ガス分布を Ly α 輝線に基づいて明らかにしたと考えられている。我々は更に、 $z = 3.09$ 大規模構造として知られる SSA22 原始銀河団について、すばる望遠鏡 Hyper Suprime-Cam による Ly α 輝線深狭帯域撮像探索 (Mapping of Ionizing RAdiation on the Cosmic web with Ly α Emission and Shadow: MIRACLES, PI: Matsuda) を行い、数 10 Mpc に渡る Ly α フィラメントの分布を解明した。すばる望遠鏡やジェームズウェッブ宇宙望遠鏡による近赤外線探索、アルマ望遠鏡によるミリ波探索により、SSA22 原始銀河団の中心部では Ly α フィラメントに沿って爆発的星形成銀河、活動銀河核、大質量早期型銀河が発見され、豊富な中性水素ガスネットワークに沿って銀河進化が劇的に進む様子が捉えられている。本講演では ULTIMATE、Roman による高分解能近赤外線広視野深観測による銀河分布の徹底解明に基づく、大局的な中性水素ガス分布と銀河形成の関連の解明への展望を述べる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z213a すばると宇宙望遠鏡の連携による銀河考古学

岡本桜子 (国立天文台), 林航平 (仙台高専), 鈴木善久 (東北大学), 松野允郁 (ハイデルベルグ大学), 千葉柊司 (東北大学), 小上樹 (国立天文台), 佐藤恭輔 (総研大)

銀河系や近傍銀河に含まれる一つひとつの星の年齢や化学成分、運動情報に基づいて銀河全体の形成進化史を紐解く「銀河考古学」や「近傍宇宙論」は、可視光の広視野探索によって近年急速に発展してきた。現在的大型銀河は、周辺の矮小銀河が重力相互作用で合体と集積を繰り返すことで、階層的に大きく成長してきたと考えられており、古い恒星系成分にはその成長過程の情報が残されている。実際に、銀河系や近傍銀河の周辺には、複雑な恒星ハロー構造や多くの暗い衛星銀河、過去の矮小銀河降着の痕跡などが相次いで発見されており、その階層的構造形成史が明らかになりつつある。

本講演では、すばる望遠鏡の次世代広視野補償光学システム ULTIMATE と宇宙望遠鏡ミッションの「赤外線での広視野観測」で実現する銀河考古学研究について述べる。特に、近赤外の高解像度と広視野を活かすことで初めて可能になる、近傍銀河のインナーハローと円盤外縁部の恒星分離に基づく恒星種族研究について紹介する。また ULTIMATE-WFI の中間帯域フィルターを用いた金属欠乏星探索や、近赤外の高解像度撮像による銀河系矮小銀河の星の固有運動測定、銀河系バルジ方向の星団・恒星ストリーム探索など、現在、銀河考古学分野で検討の進む研究についても紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z214a 広視野近赤外観測 Ultimate で探る低質量星・超低質量天体の形成と多様性

大朝由美子, 金井昂大 (埼玉大学), 高木悠平 (国立天文台ハワイ観測所)

近年の近赤外観測から、惑星質量を持つ天体には連星型 (惑星) だけでなく、恒星の周囲を周回しない単独惑星質量天体、及び、褐色矮星等の超低質量天体が星形成領域や太陽近傍領域で多数存在することがわかってきた。しかし超低質量天体は、観測の困難さから低質量星と比べて依然として未解明な点が多い。例えば、超低質量天体を含めた星の初期質量関数 (IMF) について、場所によらず一様に増加するか、折れ曲がりがあるか等明らかでない。非常に暗い超低質量天体も、恒星同様に誕生時に明るく輝くこと、低温で分子雲に埋もれていることから、近赤外波長域での観測は非常に有効な手法となる。そこで我々は、太陽近傍 ($\leq 1\text{kpc}$) の多様な環境を持つ多数の星形成領域において、超低質量天体の普遍性や IMF、環境による形成の差異等を探るべく、若い超低質量天体が十分検出可能な近赤外測光/分光探索観測プロジェクトを進めてきた。結果、超低質量天体は、領域によらず普遍的に形成されているが、その IMF や分子雲のガス・ダスト分布による存在頻度等には違いが見られており、超低質量天体の形成が環境に依存する可能性が示唆されている (e.g. Oasa et al. 2023, Kanai & Oasa 2025)。

一方、惑星の形成過程の普遍性と多様性を探るべく、様々な環境下にある T タウリ型星の近赤外分光観測から、その年齢と周囲に付随する原始惑星系円盤の散逸度合いの関係を詳細に調べてきた。結果、大質量星の有無等環境の違いによって原始惑星系円盤の進化過程が異なる可能性が提唱されている (e.g. Takagi et al. 2015)。

超低質量天体の環境による形成・進化の相違や、IMF の普遍性と多様性についてすばる望遠鏡の次世代広視野高解像赤外線観測装置 (ULTIMATE) が解明の糸口を与えてくれるだろう。本講演では、上述の研究成果と共に、今後の、多様な環境における星惑星形成の普遍性と多様性の研究の展望について紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z215b 広視野近赤外線観測で探る R CrA 領域における超低質量天体形成

金井昂大, 大朝由美子 (埼玉大学)

超低質量天体は光度が小さいため観測例が少なく、その形成の普遍性や環境依存性の有無について未解明な点が多い。低温の超低質量天体は近赤外線に輻射のピークを持ち、形成初期段階で比較的明るく輝くため、広視野近赤外探索観測が適している。我々はこれまでに、多様な環境をもつ近傍の星形成領域 ($< 1\text{kpc}$) において超低質量天体の近赤外測光/分光探索観測を行ってきた。例えば、中質量星形成領域の NGC1333 では初期質量関数とコア質量関数が一致しており、褐色矮星の高い数密度からそれらの集団的な形成が示唆された (Oasa et al., 2008)。

本研究では近傍の中質量星形成領域である R CrA 領域 ($\sim 150\text{pc}$) に着目した。UKIRT/WFCAM を用いた深い近赤外測光観測 (計 ~ 760 平方分; $J_{\text{lim}} \sim 21$ 等) を行ない、JHK 2 色図から赤外超過を示す YSO 候補天体を選別した。それらの年齢を 1Myr と仮定し、光度と進化モデルから超低質量候補を約 200 天体同定した。その結果、同定した YSO の空間分布と分子雲のダスト柱密度に依存性があることが示唆された (Kanai & Oasa 2025)。

一方で、測光観測のみでは年齢の仮定と背景天体の混入という不定性がある。そこで、同定した候補天体に対してすばる望遠鏡/MOIRCS による広視野多天体同時分光観測 (計 ~ 100 平方分; 370 天体) を実施した。得られたスペクトルから YSO を同定し、H バンドの水の吸収帯の深さから有効温度を導出し、光度と組み合わせることで HR 図から年齢の仮定によらない質量を導出した。その結果、R CrA 領域ではこれまでに約 10 天体の超低質量天体が同定され、褐色矮星は分子雲表面付近に多く分布しており、同じ中質量星形成領域である NGC1333 (Oasa et al., 2008) とは異なる褐色矮星形成が起こっている可能性が示唆された。今後、さらに広視野で深い近赤外多天体分光観測を進め、環境による超低質量天体形成の普遍性や多様性を探る。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z216a 次世代銀河系中心探査に向けた PRIME 望遠鏡による事前観測

鈴木大介 (大阪大学), PRIME コラボレーション, UTLIMATE-Subaru 銀河系中心グループ

ダスト減光が非常に強い銀河系中心領域方向の突発天体および変光天体の探査には近赤外線と広視野は必須である。我々は、ULTIMATE-Subaru の K-band+GLAO による近赤外線広視野高空間分解能を用いて、銀河系中心領域の数平方度に対してマイクロレンズブラックホール探査を検討している。Roman 宇宙望遠鏡や JASMINE でも銀河系中心領域が観測される予定であり、この領域の観測が今後ますます重要になる。しかし、銀河系中心を含む銀河面はこれまでの可視光によるマイクロレンズ探査では観測されていない領域であるため、どの程度マイクロレンズイベントが発生するのか観測的によくわかっていない。そのような状況で、PRIME 望遠鏡が 2024 年から本格的に稼働し、銀河系中心方向の近赤外線マイクロレンズ探査を開始した (2024 年秋季年会 V235a, 2025 年春季年会 P321a)。PRIME のデータから銀河系中心領域のマイクロレンズイベントレートを初めて測定できるので、次世代の銀河系中心探査計画をより最適にするための重要な事前観測となる。本講演では、ULTIMATE-Subaru の銀河系中心探査の検討状況を紹介し、PRIME の初期データ解析から得られた銀河系中心方向のマイクロレンズイベントレートの結果を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z217a 新世代赤外線広視野探査によって期待される銀河系中心領域の変光星研究

松永典之 (東京大学), PRIME コラボレーション

ミラやセファイドなどの脈動変光星は、距離や年齢などについて通常の静的な星とは異なる情報を与えるため、さまざまな恒星種族を調べるトレーサとして利用できる。中でもミラは約 8 太陽質量の星が進化して現れる天体で、数百 Myr から 10 Gyr の幅広い年齢の恒星種族についての情報を与えてくれる。100 日以上周期をもつため比較的長い期間の観測が必要であるが、変光振幅が大きく、光度も高いため、本来は発見しやすい変光星である。しかし、強い星間減光を受ける銀河系中心領域に対しては、赤外線での観測が必要であり、これまでの探査は不完全であった。可視での探査 (たとえば OGLE や Gaia) では銀緯 ± 1 度以内のミラが検出できなかった一方、K バンド (2 μm 帯) での VVV 探査 (口径 4m VISTA 望遠鏡) では銀河系中心付近 (約 8 kpc) にある多くのミラが飽和してしまっていた。2022 年秋季年会 (Z205a 講演) で報告したように、南アフリカに建設された PRIME 望遠鏡 (口径 1.8m) による近赤外線複数波長での探査では、これまでの探査で見落とししていたほとんどの変光星を発見できると考えられる。その新たなサンプルによって、銀河系中心までの距離やそこにある恒星種族についてのこれまでの研究を検証、あるいは完成できると期待される一方、将来の分光観測や位置天文観測の重要なターゲットになると考えられる。Subaru/PFS の分光観測による視線速度の測定と、JASMINE および Roman 宇宙望遠鏡による固有運動の測定により個々のミラの三次元速度が得られれば、周期 (年齢と金属量に依存) の異なるミラがどのような運動を持つ集団であるかを明らかにし、銀河系中心における恒星種族群の進化に赤色巨星とは独立な制限を与えることができる。本講演では、2024 年シーズンの PRIME バルジ観測データを用いた変光星の解析についての初期成果を報告し、将来の赤外線広視野探査によってどのような研究が期待できるか議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z218r スペースからの次世代広視野近赤外探査と多波長連携が描き出す新しい宇宙像

山田亨 (JAXA 宇宙科学研究所)

スペースからの近赤外線波長帯における広視野深宇宙探査はまさに新時代を迎えようとしている。2023 年 7 月に打ち上げられた Euclid 宇宙望遠鏡による 15000 平方度におよぶ広域近赤外測光および分光観測が進行中であり、2025 年 3 月には全天での広域低分散分光サーベイ観測を行う SPHEREx 衛星の打ち上げが成功した。そして近い将来では、Hubble 宇宙望遠鏡とほぼ等しい口径 2.4m 主鏡でその 200 倍の視野を持つ Nancy Grace Roman (以下 Roman) 宇宙望遠鏡の打ち上げが、早ければ 2026 年内に迫っている。これらの国際計画には、様々な形で、多くの日本の研究者が参加・協力している。そして、日本リードの計画としては、JAXA 次期戦略的中型の候補として 2-10 μm 波長帯での広視野深宇宙観測などをめざす GREX-PLUS 計画が検討・推進されている。これらのスペース広視野観測装置は、それぞれが観測装置視野・感度・観測波長・空間分解能・波長分解能などに相補的な特徴を持ち、ユニークなサーベイ領域や手法による広域観測を行うこととなる。これらの計画で得られつつある、あるいは得られるであろう膨大なデータは、各計画の主たる科学目的だけでなく様々な分野の研究に活用され、とくに地上・スペースを問わず、様々な波長での広視野観測・時間変動観測や大型望遠鏡での詳細観測との組み合わせにより、さらに広範な科学成果を生み出すだろう。本講演では、私自身が従事している Roman 計画への期待を中心に、銀河の形成と進化、宇宙論、太陽系外惑星などの観点から、今後スペース近赤外広視野深宇宙観測でどのように研究を発展させていくのか、また同時代のユニークな地上望遠鏡群によって進む大規模探査研究や詳細研究とどのように連携し、相補的な研究を進めていくのかについて考察する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z219a JASMINE が拓く近赤外線広視野観測、および計画の進捗状況

鹿野良平, 郷田直輝, 和田武彦, 大澤亮 (国立天文台), 片坐宏一, 河原創, 磯部直樹, 高橋葵, 白井文彦, 近藤依央菜 (宇宙研/JAXA), 山田良透 (京都大), ほか JASMINE チーム

JASMINE は JAXA 宇宙科学研究所の公募型小型 3 号機であり、近赤外線領域 ($0.9 - 1.6 \mu\text{m}$; “H_w バンド”)での撮像・測光観測を行う宇宙望遠鏡の衛星計画である。2024 年 7 月にミッション定義審査を完了し、2032 年春の打ち上げを目指して開発検討が進められている。

JASMINE は口径 36cm の望遠鏡を搭載し、空間分解能約 1 秒角で広視野 ($0.5^\circ \times 0.5^\circ$) を撮像する。そして、この広視野にて銀河系中心方向の周辺領域 ($l = -1.4^\circ \sim +0.7^\circ$, $b = -0.6^\circ \sim +0.6^\circ$) を高頻度観測し、この領域に存在する 14.5 等級 (H_w バンド) より明るい星に対して高精度位置天文観測を実施する。得られた銀河系中心近傍の星の位置天文情報により、さまざまな地上・宇宙望遠鏡とも連携することで、銀河系形成の鍵を握る銀河系中心核構造を探究する。また、銀河系中心方向が観測できない夏季・冬季には、高頻度の観測機能を活かして中期 M 型星を対象としたトランジット観測を実施し、生命探査に資する地球型系外惑星の検出を目指す。

これらの科学探求に向け JASMINE では、(1)Korsch 光学系の採用による視野全体での一様な光学性能の確保、(2) 低熱膨張素材で構築する望遠鏡の一定温度環境下での運用による光学性能の安定化、(3) ラジエータとペルチェ素子での検出器冷却による機械的擾乱の回避、(4) 多数の観測画像を用いた多変量データ解析による位置天文精度の向上を図る。

本講演では、JASMINE 計画の科学目標・観測装置・観測運用計画・データ解析手法などについて概説し、それぞれの技術的検討状況と現状について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z220a GREX-PLUS 超広視野赤外線撮像サーベイによる銀河形成進化研究の展望

井上昭雄 (早稲田大学), 他 GREX-PLUS WG

GREX-PLUS (Galaxy Reionization EXplorer and PLANetary Universe Spectrometer) は、JAXA 宇宙科学研究所が戦略的に進める中型計画の 2030 年代のミッション候補である。「初代銀河」と「スノーライン」をキーワードに、銀河形成進化から惑星系形成まで、幅広いサイエンステーマで革新的な研究成果を創出することを目指している。そのために、口径 1.0m、温度 50K 以下の冷却宇宙望遠鏡に、近赤外線波長 $2-8 \mu\text{m}$ を 5 バンドに分割した合計視野 0.5 平方度を擁する広視野カメラを搭載する。オプション装置として、中間赤外線波長 $10-18 \mu\text{m}$ を波長分解能約 30,000 で観測する高分散分光器も検討している。

本講演では、GREX-PLUS 広視野カメラによる超広視野撮像サーベイによる銀河形成進化研究について紹介する。JWST によって、赤方偏移 $z > 10$ の時代の銀河が事前の予想に比べて桁違いに多く見つかった状況のもと、GREX-PLUS による明るい ($M_{\text{UV}} < -21$) 「初代銀河」探査の予想を示す。また、バルマーブレイク銀河やダスティ銀河の探査、超遠方超新星爆発探査などの予想、さらには、銀河系中心の位置天文学や太陽系内の氷小天体の探査など、GREX-PLUS による超広視野撮像データを活用した多様なサイエンスにも簡単に触れる。最後に、Subaru/ULTIMATE などの地上からのサーベイ、Euclid や Roman、そして、JASMINE による宇宙からのサーベイとの連携についても議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z221a 遠赤外線ミッション PRIMA と近・中間赤外線広視野観測の連携可能性

稲見華恵 (広島大学), 長尾透 (愛媛大学), PRIMA-Japan チーム

2030 年代は、赤外線天文学における広視野観測の革新が地上・宇宙の双方で加速する時代となる。地上および宇宙からの近・中間赤外線の広視野観測を可能にする新しい望遠鏡や観測装置が実現されるだけでなく、NASA が検討を進めている遠赤外線 Probe クラスミッション PRIMA (the Probe far-Infrared Mission for Astrophysics) も、2025 年現在フェーズ A にあり、最終選抜を経て 2031 年の打ち上げが想定されている。日本からの参加も現在検討されている。PRIMA は 1.8m 口径の冷却望遠鏡と最先端の高感度検出器を備え、 $24 - 261 \mu\text{m}$ の波長域において広視野のマッピング観測を実現する。この波長帯は JWST と ALMA の観測波長のギャップを埋めるものであり、銀河形成の最盛期 ($z \sim 2 - 3$) におけるダスト放射や多様な原子・分子からの輝線の統計的探査を可能とする。また、直前の遠赤外線ミッションである Herschel よりも、10-100 倍の感度があり、マッピング速度も約 5 桁向上し、大きな飛躍が見込まれる。一例として、PRIMA の PI プログラムでは、1 平方度および 10 平方度の深宇宙サーベイが計画されており、赤方偏移 8 程度までの銀河を数万天体規模で検出できると期待されている。

これらの観測を、近赤外線観測を担う ULTIMATE-Subaru や、他の地上・宇宙観測装置と組み合わせることで、銀河進化やダスト物理に関する多波長かつ統合的な理解に大きく貢献する。また、PRIMA の全観測時間の 75 % は GO プログラムに割り当てられており、PRIMA を用いたフォローアップ観測を通じて国際協力や戦略的連携の観点からも重要な役割を果たすと考えられる。本講演では、PRIMA ミッションの概要と最新の状況を紹介するとともに、ULTIMATE-Subaru をはじめとする広視野近・中間赤外線観測との科学的補完関係や将来的な連携の可能性について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z222a 赤外線広視野観測と連携した大型サブミリ波望遠鏡 LST/AtLAST による広域分光撮像探査

河野孝太郎 (東大), 田村陽一, 萩本将都 (名古屋大), 竹腰達哉, 谷口暁星 (北見工業大), 古屋玲 (徳島大), 中島拓 (公立諏訪東京理科大), 大島泰, 石井峻, 阪本成一 (国立天文台)

大型サブミリ波望遠鏡 LST は、ミリ波サブミリ波帯で広視野・広波長域を一挙に観測可能な大口径 (50m) 単一鏡を南米チリに建設し、アルマや ngVLA、SKA などと相補的に新しいディスカバリー・スペースを開拓する計画である。アルマの素子アンテナとして組み込み、アルマの集光力向上に貢献する可能性も検討している。欧州が主導する AtLAST 計画と統合を進めることで合意し、EU Horizon 2025 の枠組みで採択された design study “AtLAST2” (2025-2028) を協力して進めている。2030 年代半ばでの建設開始を目指している。

LST/AtLAST によるサブミリ波帯広視野探査は、すばる望遠鏡・TAO・Euclid・Roman 望遠鏡、そして将来的には GREX-PLUS や PRIMA などと連携した掃天域を設定して多色撮像および分光撮像観測を行うことで、大きな相乗効果が期待される。ダストに隠された天体を無バイアスに調査し、大質量銀河の形成過程を明らかにできる。個別には検出が難しい低質量銀河は、可視光・近赤外線検出された銀河サンプルに基づく大規模なスタッキング解析のほか、[C II] 158 μm や [O III] 88 μm などに着目した輝線強度マッピングにより、低質量銀河からの信号の重ね合わせの揺らぎ (パワースペクトル) を測定し、宇宙再電離期に至る銀河の情報に加え、大規模構造や宇宙論に関する新たな情報を引き出すことができると期待されている。このほか、宇宙再電離期まで遡った銀河団形成現場の全貌の理解など、赤外線広視野連携により進展が期待されるテーマを議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z223a 国産天体観測用赤外線イメージセンサの開発状況と今後の見通し

永山貴宏 (鹿児島大学), 中屋秀彦 (国立天文台), 川端弘治 (広島大学)

赤外線イメージセンサは、赤外線天体観測において必要不可欠なデバイスであるが、天体からの微弱な赤外線を検出可能なイメージセンサは、常に米国企業の独占状態であった。そして、近年、円安や米国のインフレによる価格上昇、あるいは、輸出管理の厳格化により、米国製赤外線イメージセンサの入手は非常に難しくなっている。

このような状況のなかで、私たちは浜松ホトニクス社において、国産の InGaAs イメージセンサの開発を行ってきた。この開発は大きく分けて、民生用途で広く使われている波長 1.7 μm まではか感度がない InGaAs を用いたタイプ (以下通常タイプ) と、感度が 2.2 μm 、あるいは、2.6 μm まである長波長タイプに分かれる。通常タイプにおいては画素サイズ 15 μm で 1280 $\times$ 1280 画素のイメージセンサを実際に望遠鏡に搭載し実用している。さらに、画素サイズ 10 μm で 1950 $\times$ 1950 画素のイメージセンサも開発しており、米国製と遜色ないレベルに性能や画素数が向上してきている。

一方で長波長タイプにおいては、2.2 μm 、2.6 μm 共に、画素サイズ 20 μm で 320 $\times$ 256 画素のイメージセンサを製作し、鹿児島大学の JHKs バンド同時撮像カメラ kSIRIUS に搭載して、実際の天体観測で使用している。さらに、現在は科研費、および、国立天文台共同開発研究を財源として、20 μm 画素で 640 $\times$ 512 画素のイメージセンサの開発を行っている。これらのイメージセンサは 2025 年度中に完成予定であり、2026 年度に実験室での評価と kSIRIUS への搭載、実際の望遠鏡での観測が行われる予定である。

さらにその後は、より大きな研究費を獲得し、1k $\times$ 1k 程度のイメージセンサを開発することを目指す。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z224b 広視野サーベイ観測 WISHES・WISHES+ HSC-z データ解析

古澤 順子, 古澤 久徳, 小池 美知太郎, 峯尾 聡吾, 庭野 聖史, Zhang Tianfang, 大倉 悠貴, 冨永 望 (国立天文台), 内山 和久 (法政大学), 大栗 真宗, 大里 健 (千葉大学)

UNIONS サーベイは、赤緯 $\text{DEC} > 30$ 度、銀緯 $|\text{b}| > 25$ 度、黄緯 $|\text{b}| > 15$ 度で囲まれた約 5000 平方度の広域を複数の地上望遠鏡により ugriz の 5 バンドで撮像する観測計画である。日本コミュニティはこのデータ提供により Euclid 計画への参画権を得る。このうち、我々は WISHES 計画 (z バンド、23.4 等 10 σ) の実施とそのデータ解析を担当している。WISHES 計画は、WHIGS 計画 (g バンド) とともに、すばる望遠鏡 HSC の優れた広視野撮像性能を活かしたサーベイ観測であり、Pan-STARRS による i・z バンド、The Canada France Imaging Survey (CFIS) の u・r バンド観測と併せて、Euclid 科学計画を推進するために必要な可視情報の一翼を担っている。この均質な深さ・品質を持つ連続広域の多波長データは、弱レンズ効果の測定による宇宙の暗黒物質のトモグラフィ等、Euclid 計画の主要科学目標の達成のために必須のデータとして用いられる。同時に UNIONS が創出するデータは、系外銀河や AGN の研究をはじめ、北天における多様なサイエンスに有用な広域多波長データとして、コミュニティにとって重要な科学基盤をなすことが期待される。また、南天～赤道帯の天域に対しては Rubin LSST による多波長サーベイの準備が進んでいるが、我々はそれと相補的なデータセットを構築することで、レガシーデータの構築を進めていく予定である。本講演では、今年発表された UNIONS DR1 に含まれる WISHES z バンドの 2023 年 9 月までの観測データ解析や導出した天体カタログについて紹介する。また、WISHES に加えて、 $\text{DEC} = 15 - 30$ 度の拡張観測である WISHES+ の観測も鋭意進んでおり、これら更新データに対する解析作業、高速・分散処理のための環境整備、データ利用のためのシステム構築の状況についても報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z225a Roman 宇宙望遠鏡コアコミュニティサーベイ観測計画

住 貴宏 (大阪大学), Roman-J team

Nancy Grace Roman 宇宙望遠鏡は、ダークエネルギー・ダークマターの解明や系外惑星の統計、広範な天体物理学研究を目的とした次世代広視野近赤外線宇宙望遠鏡である。Roman Observations Time Allocation Committee (ROTAC) は、国際コミュニティ主導で3つのコアコミュニティサーベイ (CCS) の計画案を策定した。(1) 高銀緯広域サーベイ (HLWAS: 520 日) は、約 5000 平方度での広域・深度近赤外撮像・分光により、宇宙論や銀河進化の研究を推進する。(2) 高銀緯時間領域サーベイ (HLTDS: 180 日) は、2 年間の多バンド時間領域観測で超新星などの変動天体を発見・追跡し、宇宙膨張史やダークエネルギーの精密測定を行う。(3) 銀河系バルジ時間領域サーベイ (GBTDS: 438 日) は、6 シーズンにわたる高頻度観測で系外惑星やブラックホール等の多様な変動現象の統計を取得する。さらに一般天体物理サーベイ (GAS) 枠 389 日を確保し、コミュニティ提案型観測も促進する。全データは即時公開され、広く共同利用が可能である。本講演では、CCS の概要を紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z226b 次世代可視光近赤外線広視野望遠鏡による観測的宇宙論の展望

宮武広直 (名古屋大学)

1990 年代後半における Ia 型超新星の観測及び 2000 年代における宇宙マイクロ波背景放射 (cosmic microwave background; CMB) における温度揺らぎの観測により Λ CDM 標準宇宙模型が確立された。2010 年代後半以降、すばる望遠鏡 Hyper Suprime-Cam (HSC) などによる撮像銀河サーベイが測定した宇宙の大規模構造から導かれた宇宙論パラメータ S_8 (宇宙構造の凸凹度合いを表す) が *Planck* 衛星による CMB の観測から導かれた S_8 よりも小さい可能性が示唆された。また、Dark Energy Spectroscopic Instrument (DESI) による分光銀河サーベイデータを用いたバリオン音響振動の測定によって、ダークエネルギーの状態方程式のパラメータ w が時間進化する可能性があることが示唆された。このように、近年の可視光サーベイによって、 Λ CDM 標準宇宙模型の破れの兆候が見つかっており、更なる観測的検証が必要である。2020 年代には、Euclid 宇宙望遠鏡と Nancy Grace Roman 宇宙望遠鏡による可視光近赤外撮像・分光サーベイ、Vera C. Rubin 天文台 Legacy Survey of Space and Time (LSST) による可視光撮像サーベイ、すばる望遠鏡 Prime Focus Spectrograph (PFS) による可視光近赤外分光サーベイが行われる予定である。これらのサーベイは 2010 年代に行われたサーベイよりも統計量が 1 桁程度多く、また近赤外領域まで観測することで、より遠方の宇宙を観測し、 Λ CDM 標準宇宙模型をより高精度かつより広い赤方偏移空間で徹底検証することを目的としている。本講演では、これら次世代可視光近赤外広視野望遠鏡によって可能になる観測的宇宙論の展望について議論する。加えて、HSC 新しく搭載される予定の中間帯域フィルターによって可能となる宇宙論についても議論する予定である。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z227b Euclid, Roman, GREX-PLUS による広視野赤外線観測で探る遠方銀河形成

播金優一 (東京大学)

銀河の形成・進化を明らかにすることは天文学の最重要課題の一つである。2022 年夏に本格的な観測を開始した JWST は、 $z > 10$ を超える銀河を多数みつけ、さらに $z > 4$ の宇宙に大量の AGN 候補を発見するなど、遠方銀河研究に革新的な成果をもたらし続けている。一方で JWST の視野は狭いため、数密度の小さい明るい銀河を多数見つけるのは得意ではなく、実際に $z > 10$ で $M_{UV} = -21$ mag より明るい銀河はハッブル宇宙望遠鏡が見つけた GN-z11 以外には分光同定されていない。稼働中の Euclid や、現在準備中の Nancy Grace Roman Space Telescope, GREX-PLUS は、赤外線の波長範囲において JWST とは相補的な広視野カメラを持っており、これにより、JWST による探査では見つからなかったような明るい銀河を多数見つけることができると予想している。本講演では Euclid, Roman, GREX-PLUS の観測による明るい遠方銀河探査の展開や、すばるや JWST, ALMA による追分光観測で得られると予想される成果について、これまでの JWST による遠方銀河研究の結果等を紹介しながら議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z228a Nancy Grace Roman 宇宙望遠鏡と近赤外広視野観測で切り拓く原始銀河団研究

大工原 一貴 (JAXA 宇宙科学研究所), 山田 亨 (JAXA 宇宙科学研究所), 兒玉 忠恭 (東北大学)

原始銀河団は、現在の銀河団の祖先にあたり、宇宙の大規模構造が形成される過程を探る上で格好の観測対象である。これまでの研究では、観測感度や視野の制約により、主に明るい大質量銀河や銀河団中心部に観測対象が偏っていた。このため、原始銀河団における小質量銀河の性質や進化については、依然として大きな未解明の領域が残されている。この課題に対処するため、我々はすばる望遠鏡や JWST を用いて、赤方偏移 $z \sim 2$ の複数の原始銀河団およびフィールド領域に対して深い狭帯域撮像観測を実施し、よりバイアスの少ない輝線銀河サンプルの構築を試みてきた。これらの研究は、現在開発が進められている次世代広視野補償光学システム ULTIMATE や、TAO 望遠鏡の近赤外線装置 SWIMS による広視野観測のパイロットスタディとしての意義も持つ。加えて、我々は複数の狭帯域フィルターを用いた観測も進めており、本講演では、まず初めに 3 種類の狭帯域フィルターを用いた原始銀河団 HS1700+64 に関する最新の研究成果について紹介する。

さらに、2026 年には Nancy Grace Roman 宇宙望遠鏡 (Roman) の打ち上げが予定されている。Roman は、広視野・高感度・高空間分解能を兼ね備えており、大規模構造の無バイアスな探査や、 $z > 2$ における小質量銀河の環境依存性の理解を飛躍的に進展させると期待される。また、空間分解された銀河構造の観測を通じて、銀河形成・進化における環境の役割をより詳細に捉えることが可能となる。本講演では、Roman による原始銀河団研究の展望を紹介するとともに、ULTIMATE や SWIMS との連携観測によって得られる新たな知見が、今後の銀河形成・進化研究にどのように貢献しうるかについて議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z229a JASMINE、ULTIMATE、PFS による銀河系中心の広視野赤外観測とサイエンス

西山正吾 (宮城教育大), JASMINE アストロメトリサイエンスコアチーム、ULTIMATE-Subaru 銀河中心グループ

本講演では、近赤外線広視野観測が可能な日本の 3 つのプロジェクト、JASMINE、ULTIMATE-Subaru、Subaru/PFS による銀河系中心領域観測の連携について紹介する。赤外線位置天文観測衛星 JASMINE は、「銀河系中心核領域にある星の高精度アストロメトリによる銀河系の形成と進化の理解」を科学目標のひとつに掲げている。そして PFS は、JASMINE のターゲットのうち大部分の星の近赤外線スペクトルを、短期間で取得できるだけの視野とファイバー数をもつ。JASMINE と PFS との連携により、アストロメトリで得られる固有運動だけでなく、分光観測による視線速度も加えた、速度の 3 次元情報を得られる。さらにスペクトルを用いて、星の有効温度や金属量なども提供できる。また ULTIMATE の銀河系中心観測では、アストロメトリによるサイエンスも検討している。精度は劣るものの、JASMINE で観測できない暗い天体のアストロメトリ情報を得ることができる。一方、JASMINE で得られた星の位置や固有運動をリファレンスにすることで、ULTIMATE のアストロメトリ精度を向上させられる。これらのシナジーに加えて、検討されているサイエンス、特にアストロメトリを用いた研究について紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z230a Beyond the optical: Tracing supermassive black hole growth across cosmic time

Kohei Ichikawa, Yuxing Zhong, Masafusa Onoue, Xiaoyang Chen (Waseda U), Yoshiki Matsuoka, Tohru Nagao, Taketo Yoshida (Ehime), Yoshiki Toba (Ritsumei), Takumi Tanaka (U. Tokyo), Masatoshi Imanishi, Takuma Izumi (NAOJ)

Wide-area and high sensitivity surveys, unique features of optical-band observations as of now, are undergoing a transformative phase from the 2020s to the 2030s, expanding their wavelength range to include radio (VLASS+ngVLA) and infrared (Euclid+Roman). We summarize the upcoming wide-field multi-wavelength surveys, which will open new avenues for observing supermassive black holes (SMBHs). We emphasize the essential role of optical and infrared observations in revealing the physical properties of SMBHs. Specifically, we introduce the AGN surveys that expand our domain reaching to $z \leq 10$, enabling exploration of early black hole formation beyond cosmic reionization. By combining multi-wavelength observations, we aim to uncover dust and gas obscured SMBHs in the distant universe. Through the combination of UNIONS, Rubin, PFS, Euclid, and Roman, and other multiwavelength datasets, we will constrain key physical parameters of SMBHs such as redshift, BH mass, and gas accretion rate, and will enable us to elucidate the birth and growth history of SMBHs across the universe up to $z \sim 10$.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z231b Dust-obscured Galaxies with Broken Power-law Spectral Energy Distributions Discovered by UNIONS

吉田猛人 (愛媛大学), 鳥羽儀樹 (立命館大学), 登口暁 (信州大学), 市川幸平 (早稲田大学), Hendrik Hildebrandt (Ruhr University Bochum), 油谷直道 (神戸大学), Kenneth C. Chambers (University of Hawaii), 岩本凌, 小林星羅 (愛媛大学), 大栗真宗, 大里健 (千葉大学), 柴田航平 (愛媛大学), 仲宇星 (早稲田大学)

銀河中心に存在する超巨大ブラックホールとその母銀河は互いに影響を及ぼし合いながら共進化してきたと考えられている。この共進化過程の全貌解明に向け、我々は最も活発な共進化段階にあると思われる“ダストに覆われた銀河 (DOGs)”に注目した。DOGsはダストの減光により可視光・近赤外線 (NIR) 波長帯で暗く、数密度も小さいため、大規模サンプルの構築には、高感度かつ広域の観測データが必要となる。そこで我々は、UNIONS と Euclid を組み合わせた、可視光から NIR までの高感度広域観測データを用いた DOGs 研究を着想した。

本研究では、まだデータの少ない Euclid の代替として UKIDSS を用いることで、Euclid データを用いた際の予備研究を行った (Yoshida et al. 2025)。まず、376 天体の DOGs に対し、多波長スペクトルエネルギー分布 (SED) を調査した結果、従来の研究では見落とされていた、折れ曲がった冪乗則に従う SED を持つ DOGs を 120 天体発見した。解析の結果、これらの天体は、DOGs の中でも特に激しく減光された活動銀河核を持ち、共進化過程における興味深い段階にあると考えられる。次に、今回のデータから、Euclid を用いた際に期待される DOGs の数密度を算出し、1 平方度に約 20 天体という結果を得た。今回の発表では、DOGs の SED 解析結果を報告するとともに、UNIONS と Euclid を組み合わせた今後の研究展望についても議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Z232b 赤外域サーベイ宇宙望遠鏡による高赤方偏移 $M_{\text{BH}}-M_*$ 関係探査

田中 匠 (東京大学/Kavli IPMU), Silverman John (Kavli IPMU), Jahnke Knud (MPIA)

現在の宇宙において、超大質量ブラックホール (SMBH) と銀河の間には、 $M_{\text{BH}}-M_*$ 関係のような強い相関関係が存在することが知られている。これらの SMBH-銀河間の関係の成因は、銀河天文学における重大未解決問題の一つである。高赤方偏移における $M_{\text{BH}}-M_*$ 関係の探査を行うことで、SMBH と銀河の関係がどのように進化してきたのかを直接検証し、両者の進化モデルに重要な示唆を与えることが可能である。近年、JWST により高赤方偏移 ($z \gtrsim 5$) の活動銀河核 (AGN) について様々な観測結果が得られているものの、観測領域が狭いために JWST を用いた統計的探査 (サンプル数 $\gtrsim 10^4$) は現実的ではない。そこで本講演では、赤外線域での広視野宇宙望遠鏡である Euclid と Roman のデータを用いた高赤方偏移 $M_{\text{BH}}-M_*$ 関係探査の研究事例・計画を紹介し、今後の研究戦略を議論する。一点目に Euclid の初期画像データと UNIONS 内の HSC データを用いて、画像ベースで AGN と母銀河成分とを分離することで M_* を求め、 $M_{\text{BH}}-M_*$ 関係を探査した研究を紹介する。二点目に Roman の疑似データを用いた画像ベースでの母銀河抽出解析の結果を紹介し、Roman を用いた高赤方偏移 $M_{\text{BH}}-M_*$ 関係探査の研究戦略を議論する。これらの個別研究事例・計画を通じて、高赤方偏移 $M_{\text{BH}}-M_*$ 関係探査の観点より、データの質・量が大きく拡張される激動の深宇宙探査時代における観測・科学戦略への展望を議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M01a SOLAR-C 衛星：科学運用・データ処理・地上系システムの開発状況

鳥海森, 西山万里, 松崎恵一, 清水敏文, 加藤秀樹, 松本純, 内山瑞穂, 備後博生, 三好航太, 山崎大輝 (ISAS/JAXA), 原弘久, 勝川行雄, 久保雅仁, 石川遼子, 岡本文典 (国立天文台), 今田晋亮 (東京大学), 増田智 (名古屋大学), 渡邊恭子 (防衛大学校), 飯田佑輔 (新潟大学), 浅井歩 (京都大学)

高感度太陽紫外線分光観測衛星 SOLAR-C は、搭載望遠鏡 EUVST により 10^4 K から 10^7 K にわたる広い温度範囲の太陽大気を、温度の隙間なく、高い時間空間分解能で分光観測することで、(I) 大気加熱・太陽風加速機構、(II) 太陽フレアのエネルギー蓄積解放過程の解明を目指す。同時に、太陽放射照度計 SoSpIM が太陽全面からの紫外線をモニタし、EUVST の校正とともに地球大気組成への影響に関する宇宙天気研究を行う。これらの科学観測を着実に実行し成果創出の最大化を図るため、既存衛星の資産活用および自動化・省力化を前提に、科学運用・地上系の開発が進められている。SOLAR-C では「ひので」と比べて観測装置が減ることから、主任観測者 (CO) は 1 回あたり 1 名とし、CO が自身の判断でポインティングや衛星ロール角変更を含む観測プランを作成する。定常運用中は 1 日プランを毎日作成することで太陽活動の急変に対する即応性を向上させるとともに、クラウドベースの観測タイムライン作成ツールを導入することでリモート運用を実現し、CO の負担低減を目指す。フレア発生の瞬間の高速多波長観測データを取得するため、大容量データレコーダ・リングバッファ機能・高速データ伝送技術を組み合わせた新方式を検討中である。データは世界中の地上局でダウンリンクされ、相模原の宇宙研に集約されたのち、名大 SOLAR-C サイエンスセンターでの校正を経て即座に公開される予定である。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M02a 太陽活動領域で観測される小規模コロナ増光の温度分布変動による分類

近藤勇仁 (東京大学, ISAS/JAXA), 清水敏文 (ISAS/JAXA, 東京大学), 今田晋亮 (東京大学)

太陽大気では磁場の相互作用による微細エネルギー解放が頻繁に生じており、中でも太陽外層であるコロナで生じる小規模増光は 100 万 K のコロナを加熱するメカニズムの理解のために重要な情報を持つ。しかし、加熱機構の系統的研究では、コロナの加熱は単一構成ではなく、複数の物理メカニズムが複合的に関与している可能性が指摘されている (例: De Moortel & Browning 2015)。加熱機構が複合的である時、解放エネルギーが小さくなるほどそれらは重ね合わさり観測されるため、物理的性質を判別することが難しい。そこで本研究は、まずマイクロフレア程度のエネルギーを持つ比較的小規模増光イベントを対象にエネルギー解放の時間的・温度的進化に基づいて統計的な分類を行い、それぞれに特徴的な物理メカニズムを観測的に特定することを試みる。こうした分類と理解は、より微細なイベントに対して加熱過程を推定する手がかりとなる可能性がある。

SDO/AIA は温度感度が異なる 6 種の EUV フィルタで小規模増光を観測しているが、それらのフィルタで観測された小規模増光の光度変化プロファイルの形状やその類似性・相違性を統計的に調べた。この解析によって、小規模増光におけるプラズマ温度の時間的な振る舞いを捉え、そこから加熱の仕組みに迫る目論見である。解析の結果、小規模増光には、以下の 2 種類のタイプが占めていることを見出した。一つは通常のフレアと類似した二相構造 (インパルス相とグラジュアル相) を示し、94 Å のような高温帯ではインパルス相、171 Å のような低温帯ではグラジュアル相が顕著に現れる傾向があることがわかった。もう一つは 100 万 K から 1000 万 K までの温度帯の強度変化がほぼ同時に発生するタイプであり、急峻で一般的なエネルギー解放が示唆される。本研究では小規模増光の分類を実施するにあたり、検出手法とその定量的な分類手法について考察する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M03a SUNRISE-III/SCIP が捉えたスピキュールの空間磁場構造

内藤由浩 (総研大/国立天文台), 勝川行雄, 久保雅仁, 川畑佑典 (国立天文台), 大場崇義 (MPS), 松本琢磨 (名大), 石川遼太郎 (核融合研), 清水敏文 (ISAS/JAXA), 原弘久, 浦口史寛, 都築俊宏, 篠田一也, 田村友範, 末松芳法 (国立天文台), J. C. del Toro Iniesta, D. Orozco Suárez, M. Balaguer Jimenez (IAA), C. Quintero Noda (IAC), S. K. Solanki, A. Korpi-Lagg, A. Gandorfer, A. Feller, T. L. Riethmüller, S. Narayanamurthy, F. A. Iglesias (MPS), T. Berkefeld (KIS), P. Bernasconi (APL), A. Alvarez (INTA), V. Martinez Pillet (IAC), and SUNRISE-3 team

スピキュールは太陽大気中の磁力線に沿って伸びる彩層プラズマジェットで、これを伝播する MHD 波によるエネルギー輸送やジェットによる質量輸送を通じ、コロナ加熱や太陽風加速に重要な役割を持つとされている。スピキュールの背の高さにはその磁場強度が依存することが示唆されており (e.g., Kesri+ 2024)、その空間変動を明らかにすることが必要である。だが、地上観測では地球大気による影響で高い空間分解能と高い偏光精度を両立した太陽リムの偏光観測が困難で、30 ~ 80 G 程度を示す研究 (Orozco Suárez+ 2015) もあれば、視線方向磁場のみで数 100 G を示す研究 (Kriginsky+ 2020) もあり、観測結果に相違が見られ議論が続いている。

本研究では、国際大気球実験 SUNRISE-3 搭載の SCIP のシーイングの影響を受けない太陽リムの安定したスキャン観測に着目し、スピキュール中の視線方向磁場由来と思われる Ca II 線の円偏光シグナルを取得した。これに弱磁場近似を適用することでスピキュールの視線方向磁場強度の空間マップを得ることに成功し、10 ~ 20 G 程度の磁場強度がスピキュールの筋構造に沿って存在することを確認した。本発表では、SCIP の太陽リム観測の偏光校正、また得られた磁場マップの解釈とともに、示唆されるスピキュール磁場構造を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M04a Sunrise 3/SCIP による Ca II IR line を用いた太陽フィラメントの磁場解析

松本琢磨 (名大), 勝川行雄, 久保雅仁, 川畑佑典 (国立天文台), 大場崇義 (MPS), 石川遼太郎 (核融合研), 内藤由浩 (総研大), 清水敏文 (ISAS/JAXA), 原弘久, 浦口史寛, 都築俊宏, 篠田一也, 田村友範 (国立天文台), J.C.del Toro Iniesta, D.Orozco Suárez, M.Balaguer Jimenez (IAA), C.Quintero Noda (IAC), S.K.Solanki, A.Korpi-Lagg, A.Gandorfer, A.Feller, T.L.Riethmüller, S.Narayanamurthy, F.A.Iglesias (MPS), T.Berkefeld (KIS), P.Bernasconi (APL), A.Alvarez (INTA), V.Martinez Pillet (IAC), and SUNRISE-3 team

大気球太陽望遠鏡 SUNRISE-3 に搭載された赤外線偏光分光装置 SCIP を用いて実施された太陽フィラメントの高解像度観測について報告する。太陽フィラメントは噴出によってコロナ質量放出を引き起こす可能性があるため、その磁場構造を理解することは宇宙天気予報の観点からも極めて重要である。

観測されたフィラメントは太陽面中央付近の活動領域に隣接した、比較的単純な双極子磁場中の磁気中性線上に位置していた。SCIP の持つ高い偏光感度により、これまで観測困難であった Ca II 8542 Å 線における直線偏光シグナルを、太陽フィラメント上空で明瞭に捉えることができた。フィラメント上空で捉えられた直線偏光シグナルは、横 Zeeman 効果において典型的なダブルローブを持つプロファイルを持っていた。弱磁場近似を用いた解析によると、フィラメント磁場はおよそ 300-500G 程度の強度を持ち、その方向はフィラメント軸とほぼ平行に揃っていた。我々の知る限り、太陽フィラメントにおいて Ca II 8542 Å line で横ゼーマン効果が明確に検出されたのはこれが初めてである。これにより、従来 He I 10830 Å などで観測されてきた彩層上部の磁場構造に加えて、Ca II 8542 Å の形成高度である彩層下部の磁場構造へのアプローチが可能になった。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M05a SUNRISE-3/SCIP による静穏領域の極端な非対称 Stokes V プロファイルの解析

蔡淑珺 (東京大学), 勝川行雄, 久保雅仁, 川畑佑典 (国立天文台), C. Quintero Noda (IAC), 石川遼太郎 (核融合科学研究所), 松本琢磨 (名古屋大学), 内藤由浩 (総研大), S.K. Solanki, A. Korpi-Lagg, 大場崇義, A. Gandorfer, A. Feller, T. L. Riethmüller, S. Narayanamurthy (MPS), J. C. del Toro Iniesta, D. Orozco Suarez (IAA-CSIC), P. Bernasconi (APL), T. Berkefeld (KIS), SUNRISE-3 team

太陽光球の静穏領域には小スケールの動的磁場構造があり、エネルギー輸送や加熱に関与していると考えられている。静穏領域の磁場構造は Stokes V プロファイルで調べられるが、速度や磁場に視線方向の勾配が存在する場合、Stokes V は非対称となり、ときに単一ローブのプロファイルとして現れる。Quintero Noda et al. (2014) では、「ひので」偏光分光装置によって静穏領域で取得された Fe I 630 nm 吸収線を解析し、強い青方偏移あるいは赤方偏移を伴う単一ローブの Stokes V プロファイルを多数検出した。これらの多くは対になって出現し、反対極性の間が直線偏光の信号で結ばれていた。本研究では、気球望遠鏡 SUNRISE-3 偏光分光装置 (SCIP) を用いて、Fe I、K I、Ca II など光球から彩層をカバーする複数の吸収線で解析を行った。Fe I 線で顕著な非対称プロファイルを抽出したところ、「ひので」による先行研究と同様に、強い青方偏移と赤方偏移を伴う反対極性の非対称プロファイルの間に直線偏光の信号が観測された。「ひので」では観測できない K I 線でも Fe I と同様な Stokes V と直線偏光が検出され、光球における磁気ループ構造の存在が示された。しかし、彩層で形成される Ca II 吸収線では、同様の構造は明瞭には確認されなかった。この結果は、粒状斑スケールの磁気浮上では、磁場が光球上部で膨張して彩層では磁場が弱くなっている可能性を示唆している。これらの磁気構造は粒状斑の縁や間隙に分布する傾向があり、出現しやすい場所の特徴が明らかになった。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M06a ねじれアルフベニック波観測による太陽コロナ加熱機構への示唆

国吉秀鷹, Richard Morton (Northumbria 大学)

太陽上層大気 (コロナ) は表面 (光球) よりも数百倍高温で、100 万度以上にも達する。この「なぜコロナは光球より遥かに高温なのか？」という問いはコロナ加熱問題と呼ばれ、宇宙物理学の最重要課題の一つである。アルフベニック波は、コロナ加熱に必要な磁気エネルギーの供給源として有力視されている。磁力線に垂直な方向に密度の不均一性が存在するコロナ内では、アルフベニック波は磁束管に対して非軸対称なキンクモードと軸対称なねじれモードに分類される。キンクモードはコロナ中に広く存在することが多数の観測から確認されているが、コロナからの放射・熱伝導によるエネルギー損失を補えるほどの磁気エネルギー供給が可能であるかは不確かである。一方でねじれモードの観測例は装置の空間分解能の制約によりごく限られており、コロナ加熱への寄与について観測からの示唆は乏しかった。この状況を大きく変える可能性があるのが、DKIST 太陽望遠鏡に搭載されたコロナグラフ装置 Cryo-NIRSP である。この装置は従来の約 9 倍の解像度を有し、コロナ中のドップラーシフトを高精度に観測することが可能である。その性能により、ねじれモードの観測は今後数年で飛躍的に進展すると期待される。アルフベニック波のコロナ加熱における役割を定量的に理解するためには、ねじれモードとキンクモードの生成からコロナへの伝播に至るまでを自己整合的に取り扱う「現実的シミュレーション」との比較が不可欠である。そこで本研究では、現実的シミュレーションに基づく仮想観測を通じて、ねじれモードによるコロナ加熱が観測的にどのように捉えられ得るかを調査した。その結果、ねじれモードが誘起する加熱イベントは、コロナ輝線の強度増加や輝線幅の非熱的拡大として観測されることが明らかとなった。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M07a 磁束-輝線冪乗則を用いたコロナ加熱モデルの検証

坂本 文平, 庄田 宗人, 今田 晋亮 (東京大学)

恒星コロナは恒星 XUV 放射 (X 線および極端紫外線放射) の主要な源であり、惑星大気進化に大きな影響を与える。太陽コロナの歴史、特に若い太陽のコロナ放射を理解することは、太陽系の歴史を理解する上で不可欠である。若い太陽を考える上で若い太陽と似たような G、K、M 型矮星からの XUV 放射観測データを用いる。これらの恒星の XUV 放射を推定する際の主要な課題は、XUV 放射を直接観測することの困難さである。このため、XUV 放射量を決定するには数値モデリングが必要不可欠である。本研究では現在の太陽のコロナ加熱メカニズムを説明することのできるモデルを用い、モデルの妥当性を検証する。一般に太陽型星は年齢とともに磁束量が単調に減少する傾向にあり、従って磁束量を年齢の指標として用いることができる。放射による輝線フラックスと磁束量の関係は磁束量によらず同一の冪乗則にのることが観測 (Toriumi & Airapetian 2022) により示されており、この観測結果を用いてモデルの検証を行なった。具体的には表面磁束量 (コロナ磁場強度)、ループ長の二つのパラメータを変更しモデル計算を実行し、磁束-輝線冪乗則の有無及びそのループ長依存性を調査した。その結果、輝線フラックスと表面磁束は冪乗則の関係に従い、形成温度の高い輝線ほどより大きな磁束依存性 (冪指数) を持つという観測結果 (Toriumi et al. 2022) と整合的な結果を得た。しかし、冪指数の値は設定するループ長への依存性が見られた。この結果から、今回採用したコロナ加熱モデル (対流駆動乱流加熱モデル) はコロナの典型的なループ長が星ごとにどう変化するかに敏感であることを示唆し、少なくとも限られたパラメータ範囲では観測と整合的な振る舞いを見せることが明らかになった。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

M08a 連結階層シミュレーションによる磁気リコネクションの衝撃波構造の解析

芥川慧大, 今田晋亮, 庄田宗人 (東京大学)

磁気リコネクションとは、磁力線の繋ぎ変わりによって磁気エネルギーをプラズマのエネルギーに変換する現象であり、太陽フレアを駆動する物理過程だと考えられている。磁気リコネクションに伴いカレントシートが薄くなるとプラズマ運動論が重要になるが、太陽フレアのような大きなスケールの磁気リコネクションを理解するには、MHD シミュレーションを用いる研究が主流である。磁気リコネクションの MHD モデルとして、局所抵抗による Petschek モデルと一様抵抗によるプラズモイド不安定型モデルが代表的であるものの、抵抗を自己無撞着に扱った場合にこれらのモデルが現れるかは明らかになっていない。本研究では、無衝突系における上記モデルの理解を進めるため、運動論効果を取り入れた連結階層シミュレーションを用いる (T. Sugiyama & K. Kusano 2007, S. Usami et al. 2013)。使用するコードは一から開発しており、現段階でマルチ GPU 並列化を施したものが公開されている。

本講演では、 $\mathcal{O}(10^3)$ イオン慣性長程度の長さのシミュレーションボックスを用いて、磁気リコネクションの長時間発展 ($t \sim 10^3 \Omega_{ci}^{-1}$ 程度) を追いかけた。特に磁気リコネクションに伴う衝撃波に注目し、その構造の解析を行った。リコネクションレートは 0.05 程度であり、またアウトフロー領域に slow shock が形成されていることが確認された。これは Petschek モデルと整合的な特徴である。一方で、Petschek モデルと異なり、アウトフロー領域に横に伸びた電流シートが形成されることが確認された。これは運動論リコネクションと整合的な特徴である。以上の結果は、PIC シミュレーションを用いて局所抵抗を物理的に扱った場合に、地球磁気圏程度の大きさの系 ($\mathcal{O}(10^3)$ イオン慣性長) では、slow shock の存在が Petschek モデルを必ずしも支持しないことを示唆する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

M09a 黒点の面積・複雑性と活動領域彩層ラインの Sun-as-a-star 研究

夏目純也, 浅井歩, 上野悟, 大津天斗 (京都大学), 幾田佳 (一橋大学), 石井貴子, 李尚姫 (京都大学), 柴田一成 (同志社大学, 京都大学)

黒点は、太陽表面に現れた磁束管の断面であり、太陽フレアのエネルギー源である。特に黒点面積と黒点の構造の複雑性は大規模フレアの発生頻度と相関を持つことがわかっている。恒星においては、太陽の最大級フレアの 10 倍以上の規模を持つスーパーフレアが観測されており、巨大な黒点を伴うことが多い。太陽フレア同様に恒星フレアでも黒点の複雑性が発生頻度と関係すると考えられているが、黒点の複雑性は恒星ではよくわかっておらず、太陽のような活動性の評価を行うのが難しい。そこで本研究では、太陽のデータを空間積分し恒星観測データを模す「Sun-as-a-star」解析に基づき、黒点の複雑性が彩層ラインでどのような挙動を示すか、その特徴を調べた。これまでに、太陽の磁束と太陽スペクトル線などの強度の比較については調べられているが、黒点の複雑性に着目した研究はほとんどない。我々は、京都大学飛騨天文台ドームレス太陽望遠鏡を用いて H α 線と Ca II K 線で様々な複雑性を持つ (α 、 β 、 γ 、 δ 型の) 活動領域を撮像分光観測した。これらの活動領域に対し、黒点面積と、2 つの彩層ラインのデータを Sun-as-a-star 解析することにより、静穏領域に対する明るさの差分を示す等価幅を求めた。H α 線については、比較的単純な磁場構造を持つ α 型や β 型の黒点群の活動領域で、等価幅が負になり、比較的複雑な磁場構造を持つ γ 型や δ 型の黒点群の活動領域で等価幅が正になる傾向があることが分かった。一方 Ca II K 線では単純で小さい黒点の活動領域を含め等価幅が正になるが、 γ 型や δ 型のほうが等価幅が大きくなることが分かった。本講演では、この結果の詳細と等価幅の大小を左右する太陽彩層での構造、恒星黒点への示唆について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

M10b 太陽全面における波の振動と磁場構造の関係

白戸春日 (京都大学)、一本潔 (立命館大学)、上野悟 (京都大学)

彩層やコロナへのエネルギー輸送メカニズムを波動の観点から明らかにするためには、大気中の波の伝播特性と磁場構造の関係を明らかにする必要がある。これまで多くの先行観測研究では、インターネットワーク領域では約 3 分周期の振動が、磁気要素や彩層ネットワークではそれよりも長周期の振動が報告されている (Jess et al. 2023)。しかしそれらのほとんどでは観測領域が disk center 付近に限られ、観測時間も長くて 2-3 時間であり、実際に磁場構造との関係を調べたものは少なく、十分とはいえない。

そこで本研究では、京都大学飛騨天文台 SMART/SDDI で得られた H α 線による彩層速度場と、SDO/HMI によって得られた光球速度場について、12 時間以上に渡る時系列データを解析し、それぞれの振動パワーおよび位相差の太陽全面での空間分布を調べた。さらに静穏領域に限定し、パワーおよび位相差の center-to-limb variation も調べた。その結果、まずは彩層でしばしば観測される 3 分振動や 5 分振動に加え、20 分という長周期の振動が全面にわたって存在することが明らかになった。この長周期振動は、静穏領域における彩層ネットワークを含む強磁場領域と著しい空間的相関を示しただけでなく、リムに近い領域ほどパワーが大きいという特徴も見られた。このような長周期振動は、これまでの先行研究では観測時間の短さゆえにほとんど報告事例がない。一方、3 分振動および 5 分振動はリムに近づくほどパワーが小さく、radial な振動であることを示した。また、どちらの振動も、ネットワークでは視線方向が垂直から 50 度程度傾いているところでよく伝搬していることもわかった。

本講演ではこれらの結果の紹介とともに、パワー及び位相差と磁場構造との関係に焦点を当てて議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M11b 太陽プロミネンス噴出の速度場解析：空間分解・空間積分データの比較

大津天斗, 浅井歩 (京都大学)

恒星フレアは恒星で発生する突発的な増光現象として知られる。近年、恒星フレアに伴う H α 線のドップラー偏移成分が多数報告されており、それらはしばしばプロミネンス (フィラメント) 噴出の兆候として解釈される (Notsu+ 2024 他)。こうした恒星プロミネンス噴出が実際に惑星間空間に到達し、コロナ質量放出 (CME) へと発展したかどうかを明らかにすることは、恒星活動が系外惑星環境に与える影響を評価するうえで重要である。恒星観測においては、プロミネンス噴出の速度が H α 線スペクトルのガウス関数フィッティングから得られる中心速度として推定されることが多い。プロミネンス噴出と CME との関連を明らかにするには、このような中心速度が何を意味するのか正確に理解する必要がある。

本研究では、空間積分データ中に見られるドップラー偏移成分の物理的意味を明確化することを目的として、京都大学飛騨天文台 SMART/SDDI で観測された太陽プロミネンス噴出の H α 線スペクトルデータを用い、空間分解データと空間積分データの比較を行った。空間分解データにはクラウドモデルを適用して速度場分布を導出し、空間積分データにはガウス関数フィッティングを施して中心速度および速度幅を求めた。これらの比較の結果、空間積分データにおける中心速度は空間分解データの速度分布の平均と概ね一致することが明らかとなった。一方で、空間分解データで導出した最大速度を空間積分データから評価するためには、ガウス関数の中心速度に加えて速度幅を考慮する必要があることが示された。これらの結果は、恒星観測でガウス関数の中心速度として得られる値は、プロミネンスの平均的な速度を反映している一方で、実際にはより高速の速度成分が存在していることを示唆する。本講演では、空間積分データから得た速度と CME の関係についても言及する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M12b 太陽フレア中の電流シートにおける低温プラズマの観測的証拠

吉久健朗, 大津天斗, 横山央明 (京都大学)

磁気リコネクションで形成されるプラズモイドは、Sweet-Parker モデルで予想される低いリコネクション率を大きく上回る高速リコネクションを実現する要因として、理論的・数値的研究から重要性が指摘されてきた。太陽観測衛星 SDO/AIA による高空間分解能観測では、電流シートに沿って移動するプラズモイドの存在が確認されており、そのダイナミクスや形態の詳細な解析が行われている。近年は、放射冷却を考慮したリコネクションの解析的研究が進み、冷却によって高密度・低温かつ薄い電流シートが形成され、これが高速リコネクションを引き起こす可能性が示唆されている。また、数値シミュレーションでは、熱的不安定による放射冷却がプラズモイドの発生を強化するプロセスが報告されている。しかし、実際の宇宙プラズマ環境下でこのような電流シート内の冷たいプラズマの存在を裏付ける直接的観測証拠は、いまだ乏しいのが現状である。本研究では、Takasao et al. (2012) により報告された 2010 年 8 月 18 日のフレアイベントを対象に、京都大学飛騨天文台 SMART 望遠鏡および花山天文台ザートリウス望遠鏡による H α 線の観測データに加え、SDO/AIA の 1600 および 1700 Å チャンネルのデータを用いて、電流シート内部に存在する可能性のある低温プラズマの検出を試みた。その結果、先行研究で報告されたプラズモイドと時間・空間的におよそ同期した下降する低温プラズマが確認された。また、プラズモイドの高温成分 (193 Å) と低温成分 (H α) の出現の時間差が SDO/AIA の時間分解能 (12 秒) 程度であり、これはコロナから彩層温度までの冷却タイムスケールを大きく下回る。観測画像から、遷移層温度と考えられるプラズマが電流シートが想定される領域に流入している様子が見られ、このことが冷却タイムスケールを短くする要因の一つと推測される。本講演では、これらの観測結果の詳細と理論的研究との関連性を議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M13a X線天文衛星 XRISM が捉えた 2024/10/10 の磁気嵐に伴う下部熱圏の密度変動

勝田 哲 (埼玉大), 品川裕之 (NICT), 金丸善朗 (JAXA), 森 浩二, 鈴木寛大 (宮崎大), 田代 信 (埼玉大), 望月優子 (理研/埼玉大), 大城勇憲 (理研), 信川久実子 (近畿大), 中澤知洋, 三好由純 (名古屋大), Eric D. Miller (MIT), 峠 千尋, 陣 英克 (NICT), 三好勉信 (九州大), 藤原 均 (成蹊大), Robert Petre (NASA), Ehud Behar (Technion)

地球低軌道を周回する人工衛星の数が爆発的に増加する近年、その安全な打ち上げと飛行には、宇宙天気の詳細な理解がますます重要になってきている。特に、極端な磁気嵐は熱圏の密度擾乱を引き起こし、衛星軌道を大きく変化させる。このため、磁気嵐に伴う大気密度の変動を正確に把握することは人工衛星の軌道予測、ひいては安全な飛行に不可欠である。しかし、大規模な磁気嵐は稀であるため、大気密度の応答が測定された例は少ない。2024 年 10 月 10 日に発生した磁気嵐 ($Dst \sim -333$ nT) は、2000 年以降に発生した磁気嵐としては 7 番目に大きく、大規模磁気嵐に対する大気密度の応答を調べる貴重な機会を提供した。

X 線天文衛星 XRISM は、この磁気嵐が発生した際、観測機器の較正目的で Cygnus Loop (観測日: 2024 年 10 月 10 日) と E0102 (観測日: 2024 年 10 月 10-12 日) を観測していた。我々は、これらの天体が地没する直前直後の大気掩蔽データを解析することで、高度 120-250 km の大気密度の計測に成功した。結果として、1) 磁気嵐が比較的弱い Cygnus Loop の観測中には、大気密度は NRLMSIS モデルの予想値と一致し、2) 10 日 21 時に E0102 の観測に切り替わった後から 11 日 16 時頃までの磁気嵐の特に激しい時間帯 ($Dst \lesssim -150$ nT) では、大気密度が 20-100% モデル予想より上昇し、3) 翌 12 日にはモデル予想と一致するまで低下したことが判明した。本講演では、他の観測結果との比較も交え、磁気嵐に対する大気応答の詳細を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M14a 人工衛星の軌道変動から探る大規模宇宙天気現象が超高層大気に与える影響

田中颯 (東京科学大学・ISAS/JAXA), 中川貴雄 (東京都市大学・ISAS/JAXA), 野澤恵 (茨城大学), 大田尚享, 青山有未来, 岩田智子, 高橋拓也, 山崎楓, 土屋草馬, 中野遙介 (理研/理科大), 武田朋志 (広島大), 玉川徹, 北口貴雄, 三原建弘 (理研), 榎戸輝揚 (京大/理研), 岩切渉, 喜多豊行 (千葉大), 一番ヶ瀬麻由 (立教大)

太陽フレアやコロナ質量放出 (CME) による紫外線増加や極域電磁擾乱によるジュール加熱が、地球超高層大気を加熱・膨張させ、大気密度が上昇し人工衛星の軌道変動を引き起こす。従来、こうした大気密度変動の解析には、1 日 2 回程度の更新の二行軌道要素 (TLE) が用いられており時間分解能が不十分であったため、宇宙天気現象が地球超高層大気に与える影響を短時間スケールで定量的に評価することは困難であった。本研究では、極域電磁擾乱と大気加熱・膨張との関係を調べるために 2023 年に打ち上げられ現在も運用中の超小型衛星 NinjaSat と X 線天文衛星 XRISM が提供する分単位 (1 分) の GPS データを用い、時間分解能を向上させた。対象としたのは 2024 年 5 月と 10 月に発生した大規模宇宙天気現象であり、極域電磁擾乱指数 (Polar Cap 指数) と衛星の軌道高度変動との相関を時間遅延を考慮して解析を行った。両月とも高い相関を示し (相関係数は 0.8 超)、遅延は約 3 時間であった。また、NinjaSat の GPS が示す軌道高度変動から推定した大気密度変動は、従来の伝搬軌道推定に基づく密度変動に比べ、5 月では約 5 倍、10 月では約 2.6 倍大きかった。さらに、NinjaSat と XRISM の比較により、5 月には両衛星で密度変動が観測されたが、10 月には緯度の高い NinjaSat のみで変動が顕在化し、XRISM ではほとんど確認されなかった。この結果は 5 月のイベントは全球的に大気を加熱・膨張させたのに対し、10 月のイベントは極域でのみ大気を加熱・膨張させたことを示唆している。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M15a AI 回帰モデルを用いた太陽高エネルギー粒子事象のプロファイル予測

加藤裕太 (富士通株式会社, 名古屋大学), 岩川明則 (富士通株式会社), 土井健太郎, 津田明, 川崎裕之 (富士通 Japan 株式会社), 久保友樹 (富士通株式会社, 新潟大学), 草野完也 (名古屋大学), 光田千紘 (富士通株式会社, 名古屋大学)

富士通と名古屋大学宇宙地球環境研究所は、将来の月・火星・深宇宙探査に向けた安全確保のための宇宙天気現象の予測に取り組むため、2023 年 9 月より共同研究を開始している。我々はこれまでに、太陽フレアやコロナ質量放出に伴う太陽高エネルギー粒子 (SEP) 事象の発生予測に、独自の説明可能 AI を適用する取り組みなどを始めてきている (2025 年春季年会, M19a 加藤ほか)。本発表では、更なる予測技術の獲得に向けて、SEP 事象のプロファイル (最大値、積分値、スペクトル、時系列推移) を予測する AI 回帰モデルの構築について報告する。

対象とする SEP 事象は GSEP (Geostationary SEP) 公開カタログを用いた (Rotti et al. 2022)。 ≥ 10 MeV において ≥ 0.5 pfu (Particle Flux Unit (Particles/ (cm² s sr))) の第 22-24 太陽周期の SEP 事象がリストされており、SEP 事象の開始約 12 時間前から、SEP 事象の終了までの陽子線の時系列データが取得できる。AI 回帰モデルには、Fujitsu Kozuchi AutoML (<https://automl.jp.fujitsu.com/ja/>) を含み、複数の深層学習の手法も試行した。学習時には、GOES 衛星における X 線データも利用し、全体の 80% を学習データ、20% をテストデータとした。結果として、 ≥ 10 MeV における SEP 事象の最大値・積分値の予測について、どのモデルも高い精度を示すことを確認し、Rotti et al. (2024) で確認された NOAA S1 スケールの分類問題と捉えても同精度であることを確認した。本講演ではさらに、各陽子線観測チャンネル毎の回帰モデルの作成・推定により導出した陽子線エネルギースペクトルや、陽子線量の任意時間先までの時系列の推移の予測モデル構築についても発表する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M16a 横須賀太陽電波強度偏波計の較正と太陽マイクロ波スペクトルの観測

渡邊恭子, 城河内涼佳, 安居賢生, 野原岳志, 辻将仁, 北島慎之典, 大窪遼介, 北山攻学 (防衛大), 下条圭美 (国立天文台), 岩井一正, 増田智 (名古屋大学)

太陽からのマイクロ波放射は、宇宙天気状況に大きな影響を与える太陽からの極紫外線放射と相関が良いことが知られている。特に F10.7 (波長 10.7 cm のマイクロ波放射) は、極紫外線の衛星観測データが存在する現在でも主要な太陽活動の指標として宇宙天気状況の予測モデル等に用いられている。そのため太陽マイクロ波放射のデータは、宇宙天気状況把握において必要不可欠なデータとなっている。

この太陽からのマイクロ波放射の観測は、日本においては 1950 年代に豊川で始められ、1990 年代に野辺山へ移り、現在でも野辺山太陽電波強度偏波計 (Nobeyama Radio Polarimeters; NoRP) として 70 年以上にわたって観測を続けている。しかし、NoRP の観測は 2027 年度末に終了を予定している。この太陽マイクロ波放射の継続的な観測データを提供するだけでなく、NoRP では限られた周波数しか観測できていなかった太陽マイクロ波電波放射のダイナミックスペクトルを取得・提供するための観測装置を、2024 年 3 月に防衛大学校内に設置した (横須賀太陽電波強度偏波計、Yokosuka Radio Polarimeter; YoRP)。YoRP は 2024 年 10 月に太陽自動追尾が可能となり、現在は日本の正午ごろに 1 日 1 回、手動による観測を行っている。

本研究ではまず、2024 年 10 月中旬頃から開始した YoRP で観測した太陽マイクロ波スペクトルを、NoRP の日毎フラックスを用いて較正を行った結果について報告する。これにより、太陽黒点の変動によるマイクロ波スペクトルの変動を導出することができた。また、2025 年 1 月 23 日 1:56 UT に発生した C9.1 クラスフレアのマイクロ波放射スペクトルの観測に成功した。今回は、これらの観測結果と YoRP の最新状況について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M17a 減光領域でのプラズマ流によるコロナ質量放出への質量寄与

平岡勇人, 今田晋亮, 庄田宗人 (東京大学)

太陽フレアに伴うコロナ質量放出 (CME) は太陽地球環境に多大な影響を与え、磁気嵐等を引き起こし、人間社会にもさまざまな影響を与える。CME によって放出される質量は、フレア・CME の本体だけでなく周辺のコロナ領域からも供給される可能性が議論されている。それら周辺のコロナ領域は観測的には減光 (dimming) 領域と知られており、EUV 波長域で上昇流が数時間にわたって観測されたことから、dimming flow として継続的に質量を供給し続けていると考えられている。Jin et al. (2009) では、Hinode/EIS での 2006 年 12 月 14 日 X1.5 フレアの観測結果を用いて dimming flow による質量供給量を推定しており、LASCO による CME 本体の質量推定値の約 10 倍であることから CME による放出質量を過小評価している可能性が示された。

放出質量を過小評価している可能性がある現状の解決のために、本研究では CME における dimming flow の質量寄与について推定した。SDO/AIA による極端紫外線観測データを用いて、K.Dissauer et al. (2018) で用いられた手法をもとに Dimming Region を検知した。加えて Jin et al. (2009) で示唆された光球磁場強度と FeXII 速度の経験則を用いて dimming flow による継続的な質量供給量を算出した。結果として、Dimming Flow による質量放出量はおよそ 10^{15} g となり、Flux rope による放出量の 10% 程度となった。Jin et al. (2009) との差異は先行研究による Dimming region の過大評価や本解析において磁束管の拡大を十分に考慮できていないことによると考えられる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M18a 南極ドームふじアイスコア中の硝酸イオン濃度に埋もれた太陽 11 年、22 年、約 90 年活動周期の発見

望月優子, 中井陽一, 高橋和也 (理研), 今村隆史 (環境研/東京都環境科学研), 本山秀明 (極地研)

Ice cores are known to yield information about past astronomical phenomena as well as information about past climate. We report time series analyses of annually resolved nitrate concentration variations in an ice core drilled at the Dome Fuji station in East Antarctica, corresponding to the period from CE 1610 to 1904, in which the period of our obtained nitrate data and that of the observed sunspot numbers overlap. Our analyses revealed clear evidence of 11-, 22-, and 90-year periodicities in the ice core data, comparable to the respective periodicities of the well-known Schwabe, Hale, and Gleissberg solar cycles. These results show for the first time that ice core nitrate concentrations can be used as a proxy for past solar activity on decadal to multidecadal time scales. We also point out that the 11-year and 22-year periodicities are detected in nitrate concentrations even during the Maunder Minimum (1645–1715), supporting the cyclic behavior of the solar dynamo during the grand minimum.

In this talk, we will present the above result and discuss the mechanism behind.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M19a 太陽-地球系におけるピンクノイズの伝搬機構：ドームふじ氷床コア中の硝酸イオン濃度の過去の太陽活動指標性の考察

森川雅博, 望月優子 (理化学研究所)

本研究は、太陽活動と地球環境との長期的な相関に着目し、特に周波数に反比例するパワースペクトル密度（ピンクノイズ）を呈する低周波揺らぎに注目する。太陽-地球系におけるピンクノイズの起源と伝搬について、観測・解析・理論の三側面から検討した。ピンクノイズは物理系に依存した固有の揺らぎでなく、振幅変調・復調に拠るので、伝播性が強い。まず、SOHO-GOLF によって取得された 16.5 年間の太陽波動データを解析し、太陽 5 分振動 (SFO) に対応する波動の伝播時間変動を調査した。これから、複数周波数をもつ波動の振幅変調がピンクノイズを生むことが示唆された。実際、数値モデルにより SFO の共鳴が振幅変調を通じてピンクノイズを生成することを再現し、このメカニズムが太陽フレアや黒点数の時系列にも影響を与えていることが確認された。次に、伝統的に過去の太陽活動の指標と考えられている、宇宙線生成核種の樹木年輪中の ^{14}C 及び氷床コア中の ^{10}Be 、そして今回新しく太陽活動の 10 年-100 年規模の周期性が報告された、ドームふじ氷床コア中の NO_3^- 濃度の時系列データについて検討した。ここで、 ^{14}C 及び ^{10}Be の生成は、太陽磁場に制御される宇宙線強度により変動する。また、「ドームふじ氷床コア」中の NO_3^- 濃度は、成層圏における太陽紫外線による HNO_3 の生成作用と、南極氷床の表面まで到達した太陽紫外線が引き起こす光分解反応による損失作用の両方の影響を受ける。3 つの地球化学的指標はいずれも、太陽活動由来のピンクノイズの痕跡を持つことが確かめられた。特に、新しく提案された、ドームふじ氷床コア中の NO_3^- 濃度変動が、太陽活動のピンクノイズ的変動を示す有力な太陽活動指標であることが分かったことは、特筆に値する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M20b 南極ドームふじアイスコアからさぐる気温変動と太陽活動との相関

望月優子 (理研), 小寺邦彦 (気象研/理研), 高橋和也, 中井陽一 (理研), 本山秀明 (極地研)

理研を中心とした研究グループでは、南極大陸のドームふじ基地及びその近傍で掘削された浅層アイスコア中の水の酸素同位体比をドームふじコアとしては初めての年スケールの時間分解能で分析してきた。ここで水の酸素同位体比とは、水を構成する水 (H_2O) の酸素の安定同位体比を指し、歴史的に千分率 (‰) 単位で、

$$\delta^{18}\text{O} = [^{16}\text{O}/^{18}\text{O}]_{\text{Sample}} / [^{16}\text{O}/^{18}\text{O}]_{\text{Std.}} - 1$$

と定義される。 $\delta^{18}\text{O}$ は、雪氷学において過去の気温の指標として確立している。一方、現代の測定機器で測られた過去 170 年程度の気温記録には、約 10 年及び約 20 年の周期があり、約 20 年の周期強度のほうが強いことが知られている。

本講演では、人為的影響を受けていないと考えられる、産業革命前の西暦 1610 年-1940 年に着目し、2010 年にドームふじ基地の南 10km 地点で掘削されたアイスコアから示唆される、気温変動周期と太陽黒点数変動との相関について報告する。開始年の 1610 年は、ガリレオ・ガリレイによって、望遠鏡を用いた太陽黒点観測が開始された年である。これまでの解析から、ドームふじアイスコア中の $\delta^{18}\text{O}$ 変動は、約 10 年及び約 20 年の周期性があり、約 20 年周期のほうが強度が大きい、つまり現代機器で測られた気温と同様な特徴を示すことが確認されている。また、太陽活動が強かった西暦 1770-1800 年付近で、 $\delta^{18}\text{O}$ 変動と太陽黒点変動との間に非常に強い相関が得られている。本講演では、地球自身が持つ典型的な内部振動の例として、「太平洋十年規模振動 (PDO)」と呼ばれる、海洋が持つ変動と $\delta^{18}\text{O}$ との相関もあわせて報告し、ドームふじアイスコアの示す気温変動と太陽活動との相関についてその機構を考察する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M21b 2024 年 5 月および 10 月の X クラスフレアに伴った EUV 放射による地磁気変動

大窪遼介, 渡邊恭子, 北島慎之典 (防衛大), 増田智, 家田章正 (ISEE), 陣英克, 埜千尋, 西岡未知 (NICT)

太陽フレアが発生すると地磁気計において短時間で鋭い地磁気変動が観測されることがある。これは、太陽フレアによる電磁波放射が電離圏の電離を促進し、その結果として電離圏内の電流量が増加することに起因しており、太陽フレア効果 (Solar Flare Effect; SFE) と呼ばれている。Milligan *et al.* (2020) によれば、この SFE を引き起こす主な太陽フレア放射は $\text{Ly}\alpha$ 線であるとされているが、 $\text{Ly}\alpha$ 線と同様の時間変動を示す複数の極端紫外線 (EUV) も存在し、それらが電離圏に与える影響を排除することはできない。

2024 年 5 月 8 ~ 15 日および 10 月 1 ~ 9 日の期間において X クラスフレアが多数発生した。日本の昼間においては 10 例の X スラスフレアが発生し、ヨーロッパでは同時期に X9.0 や X8.7 などの大規模フレアも記録されている。本研究では、これらのフレアイベントに伴う SFE を日本周辺およびヨーロッパ周辺の観測点で観測された地磁気データを解析することにより、太陽フレア由来の EUV 放射が地球電離圏に与える影響を明らかにする。

太陽 EUV 放射の解析には、GOES/EUVS・XRS および SDO/EVE のデータを使用した。地磁気観測は、国内の地磁気観測所 (柿岡・父島) に加え、INTERMAGNET の地磁気データを用いた。地磁気データのうち、特に水平方向成分 (H 成分) および地理的 Y 成分 (東西成分) について解析を行った。また、電離圏電流のモデル計算として GAIA モデル (Jin *et al.*, 2011) を使用した。

2024 年 5 月と 10 月に発生した X クラスフレアに伴う地磁気 SFE について、世界各地の観測点における特徴を調べたところ、H 成分の変動は観測点からの太陽俯仰角の増加とおおむね相関していたのに対し、Y 成分ではこの傾向は確認されなかった。この結果について、電離圏における Sq (磁気静穏日) 電流系の観点から考察する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M22b IRIS 衛星で検出された高エネルギー粒子の短期的・長期的な振舞い

蘭尚道、野澤恵 (茨城大学)

地球磁気圏に存在する高エネルギー粒子は低軌道を周回する人工衛星に大きく影響を与える。特に、ブラジル上空から大西洋上空付近には地磁気が弱い南大西洋異常帯 (South Atlantic Anomaly : SAA) と呼ばれる領域が存在し、通常でも多くの高エネルギー粒子を浴びる。そのため、SAA 内では観測停止を行う衛星も数多く存在する。また、SAA の要因となる地磁気が年々弱まっている事や、太陽活動により形状は一定ではなく変化していることが分かっている。

本研究では SAA 内でも活動を行っている太陽観測衛星 IRIS 衛星の 2014 年から 2024 年までの観測画像を利用し、観測画像に写った高エネルギー粒子 (以降ブライポイント) を対象とした。ブライポイントが写った観測画像の時間を特定することで IRIS 衛星の緯度経度を求め、世界地図上のどこにあるかを調べた。これによりブライポイントがどこに降り注いでいるか、SAA の形状変化含め太陽活動や地磁気活動との相関を求めた。

結果として、長期的な SAA の形状変化が確認され、太陽活動との相関がみられた。また、2024 年 5 月の大規模な太陽活動では SAA の一時的な拡大が確認された。さらに極域においてもブライポイントの検出が見られたことから、SAA 以外にも高エネルギー粒子が強く降り注ぐ領域の存在が示唆された。本講演では極域で検出されたブライポイントと Dst 指数、プロトン現象などとの比較分析の結果についても報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M23b CME 衝撃波に対する太陽の大域的磁場の影響

鈴木亮 (東京大学), 今田晋亮 (東京大学), 庄田宗人 (東京大学), 千葉翔太 (名古屋大学), 塩田大幸 (情報通信研究機構)

太陽フレアは、太陽活動の中で最大規模のエネルギー解放現象であり、地球周辺の宇宙環境に大きな影響を及ぼす。太陽フレアにともなう、しばしば大量のコロナプラズマが惑星間空間に放出されることが知られている。この現象はコロナ質量放出 (CME) と呼ばれる。特に、高速の CME はその伝播速度と背景太陽風の速度との差が音速を超え、前面に衝撃波が形成されることが知られている。CME に伴う衝撃波は、惑星間空間における粒子加速の主要なメカニズムであるとされ、宇宙天気現象の根源的な要因として注目されている。しかし、CME に伴い形成される衝撃波の物理的特徴、特に発生する衝撃波強度の強弱や衝撃波の伝播が、ダイポール成分や太陽風といった太陽の大局的磁場構造や周囲のプラズマ環境に伴いどのように変化するのかについては、詳細な理解が十分には進んでいない。

そこで本研究では、太陽の大域的磁場強度 (ダイポール成分) が変わるにつれて CME 伝播の様子がどのように変化するかを MHD シミュレーション (Shiota et al. 2010) を用いて調査した。加えて、それぞれの場合について先行研究 (Manchester et al. (2004)) を参考に背景太陽風を構成し、背景太陽風のある場合とない場合も比較した。具体的には太陽の大局的磁場構造がどのような場合 CME に伴う MHD 衝撃波が形成されるか、さらにはその衝撃波の性質を決めるパラメータ (マッハ数、衝撃波角、プラズマベータ) がどのように変化するかを確かめた。本講演では上記のセットアップにおけるパラメータサーベイの結果について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M24b SUSANOO-CME を用いたリアルタイム太陽嵐到来予測システムの改良

塩田大幸、森田諭、久保勇樹 (情報通信研究機構)

情報通信研究機構 (NICT) では 24 時間太陽を監視している。その危険性予測のためのツールの一つとして、MHD シミュレーション SUSANOO-CME (塩田&片岡 2016) を用いた太陽嵐到来予測システムを開発し 2022 年より運用を継続している (2023 年秋季年会 M16b)。このシステムでは、高速計算システムのアカウントを持たない予報担当者がウェブブラウザから利用することができ、SOHO/LASCO 等のコロナグラフの観測データを解析、SDO 等の太陽フレアの観測と合わせて CME の入力パラメータを推定、複数の予測シミュレーションを実行、という一連の作業による予測結果を 1 時間前後で得ることができる。

2024 年の 5 月及び 10 月に発生したような社会活動に影響を及ぼしうる特に大規模な太陽嵐が発生した場合、注意喚起の情報を早急に発出するため、予測結果をいち早く得る必要がある。確実性の高い予測を得るためにはコロナグラフの情報が必須となるが、SOHO/LASCO のリアルタイムデータの公開がフレア発生から数時間程度になることが多く、その点が迅速な予測のボトルネックとなっていた。

2024 年 6 月に打ち上げられた GOES-19 は Compact Coronagraph (CCOR) を搭載しており、リアルタイムデータの公開運用が 2025 年 3 月から開始された。CCOR のリアルタイムデータは、観測から ~30 分程度で公開されており、前述のボトルネックを大きく改善する可能性がある。本講演では、CCOR のデータをリアルタイムで取得するシステムを整備し、現在運用中の太陽嵐到来予測システムに取り入れて予報に利用する取組について概要と進捗を紹介する。さらに実際に予測に使用した事例を示し、今後の展望について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M25b 国立天文台赤外線偏光観測磁場データを用いたシノプティックマップ作成

大辻 賢一, Park Inchun, 塩田 大幸, 森田 諭, 久保 勇樹 (情報通信研究機構), 花岡庸一郎, 桜井 隆 (国立天文台)

情報通信研究機構で実施している宇宙天気予報において、太陽表面磁場観測データが重要な役割を担っている。例として地磁気嵐を引き起こす原因である高速太陽風は、太陽面磁場が宇宙に向けて開いている「コロナホール」と呼ばれる領域から噴き出すことが分かっている。そのため、太陽表面磁場を測定することで、いつ、どの程度の高速太陽風が到来するかシミュレーションを用いた予測が可能であり、情報通信研究機構では REPPU や SUSANOO といった太陽風シミュレーションを用いて宇宙天気予報を実施している。これらのシミュレーションでは GONG と呼ばれる海外の装置による太陽光球面の磁場観測データを用いているが、時々 GONG のデータ提供に障害が生じシミュレーションが停止してしまうことがある。定常かつ安定な宇宙天気予報を実現するためにも、GONG に依存しない太陽表面磁場データが必要である。一方で、国立天文台太陽観測所では、赤外線偏光観測を用いた定常的な太陽表面磁場計測を行っている。この磁場データを GONG と比較・校正を行い、GONG の代替として赤外線偏光観測データが用いることが可能かどうか検証を行った。本ポスターでは、国立天文台のデータを GONG で提供しているシノプティックマップの形式に変換する手法と、両者の比較を行った結果について紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M26a 磁束管を通した光球面下と上層大気との結合

柴崎清登 (太陽物理学研究所)

太陽活動の研究は主に光球面及びそれより上空の磁場の振る舞い（ねじれや振動等）を対象としている。磁場と太陽活動の相関がよいからである。一方この磁場は発散がゼロであるから、光球面で観測される磁場は光球面下にもつながっている。光球面下では深いほどプラズマの温度が高く、対流層の底では平均温度が2百万度に達している。Stenflo 等によると、光球面を貫く磁場は、強度が1kG 直径が100~200 km 程度の磁束管から成っており、平均磁場が強い活動領域では磁束管の数密度が高くなっていると考えられる。それぞれの磁束管は上層に向かって太くなり磁場強度が弱くなっているため、磁場に沿ったケルビン力は上向きとなり、高温のプラズマは上方に押し出される。光球面下ではプラズマβは大きく、磁場はプラズマの対流運動に支配されている。これらは直接観測することはできないが、ここでの磁場とプラズマの相互作用の結果としてそのプラズマや磁場が上層に運ばれて彩層やコロナ中での活動として観測されていると考えることができる。上層で観測される現象から光球面下の磁場とプラズマの相互作用を推測する必要がある。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M27a Fe FIP Effect in Solar Flares Observed with *Hinotori*/SOX

渡邊 鉄哉 (国立天文台)

「ひのとり」搭載の高分散軟 X 線分光器 (SOX) では、太陽フレアに伴う 1.75 ~ 1.95 Å (6.7 ~ 6.9 keV) 域の鉄高階電離イオン輝線が得られている。大規模 (X-class) フレアの鉄 H/He 様イオン、並びに He/Li 様イオンからなる輝線複合体 (Fe XXVI/XXV/XXIV)、鉄 蛍光 X 線輝線 Fe Kβ、及び同波長域下の X 線連続光を用いて、光球・コロナにおける鉄元素の存在比を調べた。

輝線強度比: $J/Ly\alpha^1$, j/w , $Ly\alpha^1/w$ が観測に合致するような電子温度 2 成分の電離平衡プラズマを考え、 $I_{K\beta}/I_{cont}$, $I_{Ly\alpha}/I_{cont}$, 及び I_w/I_{cont} の理論モデル (CHIANTI ver.10) 強度比を観測される強度比と比較した。

X 線照射面積に関する観測的誤差が少ないディスク・フレアにおいて、Bai (1971) のモンテカルロ・シミュレーションを用いて、光球における鉄の存在比を求めたところ、フレアの進行状況に依らない値が得られ、近年の最適値 (Scott et al. 2015, Asplund et al. 2020) と矛盾のない結果: $[Fe/H]_{phot} = 7.46 \pm 0.13$ を得た。

フレアループ中の鉄の存在比は、フレアの最大相以降、微増傾向にはあるが、多くの大規模 (X-class) フレアでは、 $[Fe/H]_{cor} = 7.94 \pm 0.15$ (FIP bias: 3 ~ 3.5) と、光球存在比に対して、ほぼ一定の過剰を示す。

一方、1982-June-6 のインパルス・フレア (X12) においては、HXR の立ち上がり時点における高温コロナプラズマ中の鉄存在比が、光球のそれに一致し、インパルス相において、低温の彩層・光球プラズマが、急激かつ多量にコロナ中に充満してきたこと (explosive chromospheric evaporation) を物語っている。コロナ (フレアループ) の存在比がフレアの進行に伴い変化するのに対し、光球の存在比はフレア進行とは関わりなく一定であることから、このフレアにおいては、Fe Kβ 発光への非熱的プラズマの寄与は不必要なことがわかった。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M28a SoI/O/STIX と ASO-S/HXI で観測された高高度コロナ中の太陽フレア硬 X 線源

増田 智 (名古屋大学), Säm Krucker (University of Applied Sciences and Arts Northwestern Switzerland / 名古屋大学)

太陽フレアに伴い、太陽コロナ中で大量の電子が加速されることが知られている。そのほとんどは磁力線に沿って彩層に降り注ぎ、そこで硬 X 線を放射する。そのため、通常、非常に強い硬 X 線源が、太陽フレアループのフットポイント領域で観測される。また、これらのフットポイント領域に加えて、いくつかのフレアではコロナ中に硬 X 線源が観測されることがある。この硬 X 線源は、コロナ中の磁気リコネクション (エネルギー解放) 領域の下方にあると思われる粒子加速領域、かつ (あるいは)、衝撃波領域と深く関係していると考えられている。

本講演では、おそらく、それとは異なる領域・プロセスで形成されていると考えられるコロナ中の硬 X 線源について紹介する。Solar Orbiter 搭載の STIX と ASO-S 搭載の HXI の二つの硬 X 線望遠鏡によって同時に観測された 2024 年 10 月 19 日に発生した M6 クラスの太陽フレアを解析した。このフレアは地球から見て、西のリムの少し内側で発生したので、HMI はフレア領域全体を観測することができた。対して、STIX では、フットポイント領域だけではなく、フレアループ全体がリムに隠されていて、ループの上空 (約 4 万 km 以上) だけが見える状況であった。このように異なる領域を観測しているにも関わらず、HXI と STIX は、ほぼ同じ硬 X 線の時間変動を捉えており、硬 X 線のスペクトルの形もほぼ一致していることが分かった。また、STIX が観測した高高度コロナに存在する硬 X 線源は、AIA (131 Å) で観測された噴出物と同じ場所に位置していることも分かった。したがって、この高高度コロナの硬 X 線源は磁気リコネクション領域の上方で形成されている可能性が高いと考えられる。本講演では、この硬 X 線源の成因についても議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M29a XRISM による太陽フレアの地球大気反射 X 線の観測 II

倉嶋順, 鈴木寛大, 森浩二 (宮崎大), 勝田哲 (埼玉大), 井上峻 (京都大), 伊師大貴 (ISAS/JAXA), Eugene M. Churazov, Rashid A. Sunyaev (MPA&IKI), Ildar Khabibullin (MPA&IKI&LMU Munich), 水野恒史 (広島大), Caroline Kilbourne (NASA/GSFC), 江副祐一郎 (東京都立大), 中嶋大 (関東学院大), 佐藤浩介 (京都産業大), Eric Miller (MIT), 松下恭子 (東京理科大)

我々は、2023 年 9 月に打ち上げられた X 線天文衛星 XRISM を用いて、太陽フレアの地球大気反射 X 線の観測を行ってきた。前回の講演 (鈴木他, 2024 年秋季年会 M25b) から、約 6 ヶ月分の観測データを加えて解析を進め、新たに以下の結果が得られた。

(1) CCD カメラ Xtend を用いて、M1–X9 クラスフレアの Mg, Si, S, Ar, Ca, Fe の元素組成比を測定し、Katsuda et al. (2020) と同様に、第一イオン化ポテンシャル (FIP) が高い元素が多い「逆 FIP」効果を示す組成パターンを得た。また、Si, S, Ar の組成比はフレアの規模が大きくなるにつれて減少するという傾向が得られた。この傾向は、Laming (2021) による理論予測を支持するものである。(2) 大きな「有効面積 × 観測視野」をもつ Xtend により、フレア中の元素組成比を 100 秒の解像度で測定することに成功し、フレアピーク前に低 FIP 元素が増加する傾向を示す有力な証拠を得た。(3) マイクロカロリメータ Resolve による精密分光により、Fe XXIV/XXV 輝線のレイリー散乱成分とコンプトン散乱成分、そして中性または低電離 Fe-K α 輝線を明確に分離することに成功した。中性/低電離 Fe K α 輝線の等価幅は、フレアの規模や 7.11–9.20 keV の X 線フラックスと逆相関を示した。これは、光球・彩層中の中性/低電離の鉄イオンがフレアループから放射された硬 X 線により励起されていると考えて矛盾しない。本講演では、得られた結果 (1)–(3) の詳細と物理的な解釈について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M30a 恒星のフレア中の測光分光観測によるポストフレアループ検出の試み

梅澤和真、野上大作、市原晋之介、行方宏介、浅井歩、大津天斗、夏目純也 (京都大学)、前原裕之 (国立天文台)、野津湧太 (コロラド大学)、柴田一成 (同志社大学)、梶木屋裕斗 (東京科学大)

フレアとは太陽や恒星で発生する突発的な爆発・増光現象である。太陽で観測されるフレアの典型的なエネルギーは 10^{29-32} erg であるが、恒星においては最大級の太陽フレアの 10 倍以上のエネルギーを解放するスーパーフレアが観測されている。フレア後期において、数百万 K から一千万 K のフレアループが数千 K から一万 K の彩層温度まで冷却されることでポストフレアループが発生し、H α 線の彩層温度まで冷却されることで H α 線などの彩層ラインでも観測される。先行研究では H α 線の赤方偏移成分の中心成分に対する強度の増加から恒星フレアに伴うポストフレアループの可能性が示唆されている (Namizaki+2023)。しかし、恒星観測の空間分解されていないデータのみでは、ポストフレアループを判別することは非常に困難である。そこで我々は空間分解された太陽での観測例を活用し、恒星におけるポストフレアループの検出を試みた。本研究では晩期型星を対象として、せいめい望遠鏡の広波長域面分光装置 KOOLS-IFU を用いた分光観測 (410–850 nm) と TESS 衛星による可視光観測 (600–1,000 nm) の高時間分解能での同時観測を行った。その結果、M 型星 V388 Cas において 2019 年 11 月 8 日に 1.89×10^{33} erg のエネルギーをもつスーパーフレアを検出した。観測したフレアにおける H α 線のエネルギーを計算した結果、フレア全体のエネルギーと比較して 3.8% となった。また、太陽フレアに伴うポストフレアループの H α 線における時間発展 (Otsu+ 2024) と本研究で観測したフレア中の H α 線のフラックスや等価幅の変動の類似性より恒星フレアに伴うポストフレアループの発生が示唆された。本講演では上記イベントでの詳細を報告し、ほかのイベントの解析結果に関しても言及する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M31a MAXI-NICER 連携で観測されたアルゴルの食を含む恒星フレア

中山 和哉 (京大), 岩切 渉 (千葉大), 井上 峻, 榎戸 輝揚 (京大), 野津 湧太 (コロラド大), Keith Gendreau, Zaven Arzoumanian (NASA/GSFC), 濱口 健二 (NASA/GSFC, UMBC), 三原 建弘 (理研)

アルゴルはペルセウス座の β 星で、B 型主系列星の主星 A と K 型準巨星の伴星 B による食連星である。公転周期は 2.867 日で、太陽系からの距離は約 28.8 pc である。太陽以外の恒星は点源のため、通常は恒星フレアの発生位置を推定するのは困難だが、アルゴルではフレア中の食による光度変化から、フレアの発生位置や大きさを推定できる。過去の 2 回の食を含むフレア観測 (Schmitt & Fabata 1999, Schnitt et al. 2003) ではこの手法を用いて、それぞれ伴星 B の南極付近でループ高 $0.6R_B$ (R_B は伴星 B の半径) のフレアが起きた可能性と、極域ではない場所でループ高 $0.1R_B$ のフレアが起きた可能性が指摘された。

全天 X 線監視装置 MAXI と X 線望遠鏡 NICER でアルゴルの恒星フレアを観測し、食に起因する X 線の減光も 5.8 時間にわたり確認された。2.0–10.0 keV の X 線フラックスは食で約 80% 減少した。同帯域の X 線光度はピーク時に $4.59^{+0.8}_{-1.0} \times 10^{32}$ erg s $^{-1}$ であった。NICER の観測はフラックスが静穏期と同等に下がるまでは行われなかったが、観測中に放出されたエネルギーは 2.0–10.0 keV で $(1.5 \pm 0.2) \times 10^{37}$ erg で、太陽フレアの 10^5 倍以上であった。前回の天文学会ではフラックスの減少からフレアの位置と大きさを推定し、緯度 45° S、ループ高 $0.8R_B$ と太陽より高緯度でフレアが起きた可能性を指摘した (中山他、2025 年春季天文学会)。本講演では太陽と同程度の緯度でかつ観測を説明できる別の可能性 (緯度 15° N、ループ高 $0.6R_B$) も報告し、これら二つの候補について、過去の食を含むフレア観測との比較に基づき、ピーク光度とループ高の関係について報告する。また、観測中に見られた星間吸収の増加から CME 検出の可能性についても議論する (Nakayma et al., submitted)。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M32a X 線・紫外線同時観測による恒星フレアでの Fe K α 輝線の放射機構の特定

井上峻 (京大), 岩切 渉 (千葉大), 木村智樹 (理科大), 榎戸輝揚 (京大), 野津湧太 (コロラド大), 内田 裕之 (京大), 鳥海森, 山崎敦 (ISAS/JAXA), 土屋史紀 (東北大), 村上豪 (ISAS/JAXA), 吉岡和夫 (東大), 濱口健二 (NASA/GSFC, UMBC), Zaven Arzoumanian, Keith Gendreau (NASA/GSFC)

Fe K α 輝線 (6.4 keV) は中性・低電離の鉄イオンの L 殻の電子が K 殻に遷移する際に放射される輝線である。太陽・恒星フレアの X 線観測では、本輝線の検出が報告されている (e.g., Tanaka et al. 1984, Osten et al. 2007)。高温なコロナでは鉄イオンはヘリウム状、水素状にまで高階電離したイオンとして存在するため、Fe K α 輝線はより下層の光球内の鉄イオンから放射されていると考えられてきたが、その放射機構としてフレアループからの硬 X 線による光電離とループトップで加速された非熱的電子による内殻励起の 2 つが議論されており、未だ決着がつかっていない。光電離の場合、本輝線の観測を輻射輸送計算と組み合わせることで、直接撮像できない恒星フレアの空間構造を推定することが可能であるため (Testa et al. 2008)、放射機構の特定は重要性が高い。

本研究では、活動性の高い RS CVn 型連星 UX Ari を X 線望遠鏡 NICER と極端紫外線衛星「ひさき」により同時観測し、 $\sim 10^{36}$ erg を X 線、紫外線で放射するスーパーフレアを検出した。非熱的電子による遷移層の加熱を反映する紫外線が、ループからの熱的な放射である X 線よりも ~ 1.4 時間早く光度が最大となる、Neupert 効果が本フレアでも確認された。また、Fe K α 輝線が 5.3σ の有意度で検出され、そのピークは X 線の連続光と一致した。このことは、本輝線の放射機構が光電離であることを強く支持する。さらに、M 殻から L 殻への遷移である Fe L α 輝線が 10.3σ の有意度で検出された。本発表では、Fe K α 輝線の放射機構に加えて、L α 輝線が光電離で放射される可能性と、それに伴う古典的な恒星フレアの X 線スペクトル解析の問題点も指摘する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M33a EQ Peg におけるスーパーフレアのピーク期間中に検出された電波スパイクバースト

趙展浩 (南京大学・京都大学), 程鑫 (南京大学), 寇元坤 (南京大学), 陳国銀 (南京大学), 寧昊 (山東大学), 陳耀 (山東大学), 譚宝林 (中国科学院国家天文台), 邱科平 (南京大学), 丁明德 (南京大学)

スーパーフレアは、特に M 型矮星などの磁氣的に活動的な恒星において頻繁に観測され、近傍の系外惑星の居住可能性に影響を与える可能性がある。然し、スーパーフレアの形成メカニズムはいまだ明らかではなく、主に演繹的に理解されており、太陽フレアの増幅版として解釈されることが一般的である。本研究では、2022 年 9 月 8 日及び 9 日に、最大の単一鏡面電波望遠鏡 FAST と TESS を用いて、M 型矮星連星 EQ Peg の観測を行った。白色光スーパーフレア (全放射エネルギー $\sim 10^{33}$ erg) の極大期において、1.05–1.45 GHz の周波数帯域に顕著な微細構造を伴う電波スパイクバースト群が検出され、継続時間は約 100 s であった。これは、恒星フレアによって生成された電波スパイクバーストの明確な証拠となる。非常に高い輝度温度 ($\gtrsim 10^{13}$ K) および高い円偏波度 ($\sim 0.85 \pm 0.15$) の出現は、これらがコヒーレントな放射過程、最も可能性の高いものとして電子サイクロトロンメーザー (ECM) によるものであることを示唆している。スーパーフレアの極大期のみを検出され、それ以外の時間帯では観測されないことは、対象星の高速自転により放射方向が急速に変化するためと考えられる。ゼーマン・ドップラーイメージングによる EQ Peg の観測結果に基づく双極子磁場構造を仮定し、馬蹄型電子速度分布の条件下で、検出されたスパイクバーストの高度および緯度を含ま位置を試験的に推定した。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M34a 測光分光観測で迫るポストフレアループを伴うM型星白色光フレアの時間発展

市原晋之介, 野上大作, 行方宏介, 大津天斗 (京都大学), 前原裕之 (国立天文台), 野津湧太 (コロラド大学), 幾田佳 (一橋大学), 本田敏志 (兵庫県立大学), 柴田一成 (同志社大学)

太陽や恒星のフレアに伴い、H α 線で観測されるポストフレアループと呼ばれるループ状の構造がしばしば発現する。フレアに伴う紫外線放射は周囲の惑星の大気散逸や化学進化に影響を与えることが知られており、フレアループからの放射の時間発展を調査することは系外惑星におけるハビタビリティの観点からも重要である。しかし、空間分解できない恒星観測においてフレアループからの放射とそれ以外の放射を区別することは困難であり、その報告例は少ない。Otsu et al.(2024) では、X クラス太陽フレア中のポストフレアループからの H α 線放射がフレアピークから遅れた増光を示すことを明らかにし、Sun-as-a-star 解析を用いて恒星フレアにおいてポストフレアループを検出できる可能性を示した。我々は、せいめい望遠鏡の広波長域面分光装置 KOOLS-IFU(410-850 nm) と TESS 衛星 (600-1000 nm) を用いて M 型星 EV Lac(年齢 125-800 Myr) を対象に高時間分解能 (1-2 分) な測光・分光同時観測を行い、検出した白色光フレアの放射温度の時間発展を調査した。従来は放射温度がフレア中一定であることを仮定して白色光フレアの放射エネルギーが推定されてきたが、放射温度の変化を考慮しないと TESS バンドでの白色光フレアのエネルギーは 2-3 倍程度過大評価してしまうことを明らかにした (市原ら、日本天文学会 2024 年秋季年会 N03a)。また、同イベントにおいて上記結果に加え、フレアピークから遅れた H α 線の増光を検出した。H α 線増光時に H α 線に対する H β 線のフラックス比の変動がないことから、この増光は同一のフレアからの放射であることが支持され、ポストフレアループからの放射である可能性が示唆された (Ichihara et al., submitted)。本講演では当イベントの詳細を報告し、その物理的解釈について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M35a XRISM による Fe XIX-XXVI K 殻輝線を用いた恒星フレアプラズマ診断

栗原明稀, 辻本匡弘 (東京大学, JAXA/ISAS), on behalf of HR 1099 target team and the *Resolve* energy calibration team, David H. Brooks (JAXA/ISAS, UCL, GMU)

数百万度以上の高温プラズマが寄与する恒星フレアでは、X 線帯域におけるプラズマ分光診断が重要な観測知見である。特に、1.7–12 keV の広帯域 (Si–Cu の主要金属元素の K 殻遷移を含む)、 $R = \frac{E}{\Delta E} \sim 10^3$ のエネルギー分解能を併せ持つフレア軟 X 線観測データは太陽でも未取得で、2023 年 9 月に軌道投入された X 線分光撮像衛星 XRISM によって初めてもたらされる。

XRISM 搭載 *Resolve* 装置の軌道上較正の一環として観測された、RS CVn 型連星 HR 1099 よりフレア現象が偶然検出された。2024 年 3 月 6 日からの約 1.5 軌道周期に相当するおよそ 400 ks の観測において、X 線フラックスは 1 桁弱急激に上昇し、約 1 日程度かけて指数関数的な減光を示した。1.7–10 keV 帯域におけるフレア中の総放出エネルギーは約 10^{34} erg と見積もられた。

X 線マイクロメトリをベースとした *Resolve* 装置の高エネルギー分解能により、恒星フレアプラズマからの Fe XXIV–XXVI K 殻輝線を初めて分離することに成功した。それらの輝線強度を用いて、温度 sub-keV から約 10 keV の広範囲にわたる Differential Emission Measure (DEM) 分布を制約することで、静穏時とフレア時の $kT > 2$ keV 成分に顕著な変化が見られることを明らかにしました。また、Si, S, Ar, Ca, Fe, Ni の元素組成も導出し、特に Ca と Fe においてフレア時の顕著な増加を確認した。これらの増加は、第一イオン化ポテンシャル (FIP) 効果の文脈における標準的な彩層蒸発シナリオと整合的であった。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M36a 原始太陽系円盤からの降着と乱流混合を考慮した太陽モデルの構築

國友 正信 (久留米大学), Gaël Buldgen (リエージュ大学), Tristan Guillot (コート・ダジュール天文台)

太陽内部構造は、恒星進化計算を用いた理論モデルと、表面金属量・音速分布・ニュートリノ流束の 3 つの観測量との比較から検証されてきた。2000 年代の表面金属量の改訂から、標準太陽モデルが 3 つを同時に再現できず、「太陽組成問題」、「太陽モデリング問題」と呼ばれ盛んに議論されてきた。我々は、太陽内部のオパシティの増大が音速分布を、原始太陽系円盤からの降着が太陽中心部の熱構造およびニュートリノ流束を改善することを発見し、3 つの観測を全て同時に再現する太陽モデルを構築した (Kunitomo et al. 2022)。さらに近年、軽元素組成に注目が集まっている。比較的低温で燃える Li (250 万度, $\sim 0.65 R_{\odot}$) は隕石から得られる原始太陽系組成から 2.31 dex 枯渇しているが、高温で燃える Be (350 万度, $\sim 0.55 R_{\odot}$) は 0.10 dex しか枯渇していない。これは対流層下端からある程度の深さ ($\sim 0.6 R_{\odot}$) まで到達する混合過程の存在を示唆する。

本研究では、過去の円盤降着とオパシティの増大を考慮した太陽モデルを発展させ、乱流混合 (Proffitt & Michaud 1991) を考慮した太陽モデルを構築し、前述 3 つの観測に加え、Li, Be 組成を再現できるか検討した。MESA コードを使用した恒星進化計算を多数行い、観測を再現するインプットパラメータを探索した (Kunitomo & Guillot 2021)。その結果、乱流混合は、重力沈降の抑制および核燃焼の促進から表面 He, Li, Be 組成を再現することに有利である一方、重元素の重力沈降を抑制しニュートリノ流束の再現には不利にはたらくことがわかった。今回は 5 つ全ての観測を再現する太陽モデルは構築できず、考慮している物理過程の修正や、新たな物理過程を考慮する必要性を示唆する可能性がある (Kunitomo, Buldgen & Guillot, submitted)。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M37a ベイズ推定を用いた太陽活動周期に関する特徴量抽出

松本仁、福田颯太郎、政田洋平（福岡大学）

ダイナモ機構と密接に関連する太陽活動周期（Solar cycle）のモデリングは、太陽内部における磁場生成プロセスへの理解を深めるだけでなく、地球環境に影響を及ぼす宇宙天気の長期的な変動を予測・評価するうえでも重要な研究課題である。これまで多くの予測モデルが提案されてきたが、予測する周期の初期段階では観測データが少ないため予測には大きな不確実性を伴う。このような状況下においては、過去の知見を活用して、限られたデータからでも合理的に予測を行い、確率的に議論するベイズモデリングが有効な手法となる。

Yu et al. (2012) および Yan et al. (2021) による一連の研究では、過去の太陽活動周期における黒点数の時間変化をモデル化し、サイクルごとの特徴（振幅、ピーク時間、上昇・下降時間、およびその冪指数）をベイズ推定により求めている。また、隣接サイクル間の特徴に統計的な相関があることを見出し、それを階層的な構造としてモデルに組み込むことで、現行のサイクルにおいても観測データが十分に揃う前から予測を可能にする枠組みを提示している。しかし、冪指数（上昇・下降カーブの形を決める値）を全サイクルで共通とし、また一様事前分布の範囲も狭く設定されているため、周期ごとの非対称性や多様性を十分に表現できていない可能性がある。

そこで本研究では、これらの制約を緩和すべく上昇・下降カーブの冪指数をサイクルごとに推定し、さらに一様事前分布の範囲を適切に広げることで多様な形状や非対称性を許す特徴量を抽出し、パラメータ（特徴量）間の新たな相関関係を構築した。また、この相関関係をベイズモデルに組み込み、現行の Cycle 25 に対して早期段階での黒点数のデータだけを用いその後の予測を行った。本講演では、本研究の解析手法の詳細について紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M38a 低質量星のネットワーク磁場についての輻射磁気流体シミュレーション

堀田英之、飯島陽久（名古屋大学）

輻射磁気流体シミュレーションにより、太陽以下の低質量主系列星について、ネットワーク磁場の構造とそこから生じるポインティングフラックスの性質を調べた。太陽の表面では、超粒状斑程度の空間スケールにネットワーク磁場と呼ばれる構造が存在し、しばしば 1 kG を超えるような強い磁束構造を形成している。太陽と同程度か太陽以下の質量の主系列星では、星の表面に熱対流が発生するため、同様な構造を持つことが予想される。しかし、太陽以外の恒星では詳細な観測が困難なために、その性質は明らかになっていない。そこで本研究では、太陽でネットワーク磁場を再現するために実施するのと同様の設定でのシミュレーションを、他の低質量星についても実行し、低質量星の小スケールダイナモ、ネットワーク磁場、kG パッチ、そのポインティングフラックスの性質を調べた。結果として、星の質量が小さくなるにつれて、表面磁場の平均的な強度は下がる一方、磁場強度の最大値は大きくなることがわかった。また、上空へ向かうポインティングフラックスも星の質量が小さくなるにつれて減少する傾向が示された。低質量星では恒星表面の運動エネルギーが小さいために、生成された強磁場はエネルギー輸送には寄与しづらいことがわかった。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M39a 遺伝的アルゴリズムによる平均場ダイナモパラメタの推定手法開発

清水悠矢、堀田英之（名古屋大学）

磁束輸送ダイナモシミュレーションと遺伝的アルゴリズムを組み合わせることにより、任意の黒点数変動から太陽内部の平均場パラメタを自動的に推定する手法を開発した。一般的に太陽の活動周期は 11 年であることが知られているが、サイクルごとに黒点数のピークや周期の長さは変動する。同位体分析や古文書の調査から、過去には極端に黒点数が少ないなど特徴的な太陽活動周期が存在していたことが示唆されており、その当時の平均場パラメタを推定することで要因解明の可能性はある。Karak, 2010 では、トロイダル磁場からポロイダル磁場を生成する α 効果と子午面流速の変動がグランドミニマムの発生に寄与していることを示唆している。本研究では α 効果と子午面流速度を時間の関数で定義した磁束輸送ダイナモシミュレーションコードを作成し、多数のパラメタサーベイを実施しつつ、遺伝的アルゴリズムを適用することで、任意の黒点数変動を再現できる平均場パラメタを推定するスキームを開発した。 α 効果と子午面流速度のそれぞれ、もしくは両方を変化させ、磁束輸送シミュレーションを実行し、黒点数として得られるものを計算した。開発したスキームをここで得た黒点数に適用することで α 効果と子午面流速度についてそれぞれ 10% と 5% 程度の誤差で再現が可能になっている。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M40a 太陽表面輻射冷却の機械学習を用いた計算効率化について

清水咲来, 堀田英之 (名古屋大学), 飯田佑輔 (新潟大学)

少ない本数の光線で計算した輻射加熱率の精度を上げる機械学習手法を検討し、性能を評価した。輻射磁気流体シミュレーションは、太陽表面のダイナミクスを理解するための重要な手法である。中でも、輻射輸送方程式 (Radiative Transfer Equation: RTE) は輻射加熱率の算出に不可欠である。RTE を解く場合は、通常 20 本以上程度の光線を解くことが必要であり、計算負荷が非常に大きい。一方、上下方向のみの光線を解けば、計算負荷を大きく低減できる上に、熱対流の典型的速度を再現できるが、水平方向のエネルギー輸送がないため、粒状斑の構造が観測と大きく異なるという問題がある。このため、精度と計算効率の両立を目指した新たな輻射輸送手法の確立が重要な課題となる。本研究では、太陽表面輻射輸送の計算効率化を目的として、上下方向のみの光線を解いて得られる物理量を入力として、多数本の光線を解いた輻射加熱率を予測する機械学習モデルを構築し、その性能を評価した。最も良い CNN モデルでは予測と正解の間の相関係数は 0.971 となり、良い精度で予測することが分かった。また、U-Net, CNN, MLP の 3 種類のネットワークアーキテクチャを比較した結果、出力サイズの違いによって最適なモデルが異なることが明らかとなった。U-Net は出力サイズが小さい場合、一度データを圧縮してから拡張する構造の利点が発揮されず、精度が低下したと考える。一方、MLP は空間的な位置情報を扱えないため、他のモデルに比べて精度が劣った。CNN は出力サイズの違いに大きく影響されることなく、安定して良い精度を示した。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M41a Radiative MHD simulations for starspots in low-mass stars: Inward penumbral flows

Park Sangjin, Hideyuki Hotta (Nagoya university)

We present high-resolution three-dimensional radiative MHD simulations of starspots on cool main-sequence stars (1.0, 0.6, and 0.3 solar masses) using the R2D2 code, focusing on their penumbral flow structures. While solar observations have revealed the fine structure and dynamics of sunspots, characterizing the detailed structure of starspots on other stars remains observationally challenging. In low-mass stars, a lower convective Mach number near the surface is associated with a different balance among kinetic, magnetic, and internal energies compared to sunspots. Such differences in energy partitioning imply that starspots may form and evolve under different magnetohydrodynamic conditions distinct from sunspots. Under magnetic field strengths comparable to those in sunspots, our simulation shows that starspots develop predominantly inward-directed penumbral flows, unlike the outward Evershed flows in sunspots. We will present a detailed interpretation of this behavior in our talk.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M42a 対流層全球計算内の大規模磁場強度飽和をもたらす物理

畠田遼太 (京都大学), 堀田英之 (名古屋大学), 横山央明 (京都大学)

太陽対流層での全球 MHD 計算の結果を用いて、ダイナモの飽和機構を調査した。ダイナモの飽和機構は太陽ダイナモでの磁場生成を理解する上で重要な課題の 1 つとなっている。これまでの比較的低い磁気レイノルズ数による全球計算 (Augustson et al. 2015, Strugarek et al. 2018) では、差動回転による大規模磁場誘導を担う Ω -効果の抑制が飽和機構を担うことが指摘されていた。一方、乱流による大規模磁場誘導が活発となる高磁気レイノルズ数下においてもこのような飽和機構が働くかは不明である。Hotta et al. (2016) による全球計算では、高磁気レイノルズ数での計算において大規模磁場の誘導に成功している。本講演では、これとほぼ同じ全球計算のデータを用いて、ダイナモの飽和機構について解析を行なった結果を報告する。手法として、大規模磁場の誘導方程式を磁場誘導機構に着目して詳細に分解し、それらの飽和に対する寄与を調べた。本解析により、増幅および散逸に対して支配的な寄与を持つ効果と、これらの大規模磁場強度に対する依存性が明らかとなった。また、本計算でのダイナモの飽和は、散逸的に働く乱流場による剪断が持つ大規模磁場依存性によってもたらされることが確認された。今回得られた結果は、先行研究で指摘されている飽和機構と異なる新規の結果であり、高磁気レイノルズ数下の対流ダイナモの新たな飽和機構を示唆するものとなった。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M43a wave-driven モデルによる新たな太陽風速度特徴量の可能性

戸頃響吾, 庄田宗人, 今田晋亮 (東京大学)

太陽風は宇宙天気及びその予報における重要なファクターの一つである。予報数値モデルでは計算コスト緩和のため太陽風のパラメータを経験則により与える手法が広く用いられている。なかでも重要なパラメータである太陽風速度の経験則のうち、古典的なモデルとして Wang-Sheeley モデルがある (Wang & Sheeley 1990; Arge & Pizzo 2000)。これは特徴量として、太陽風の磁束管におけるコロナ底部から source surface (多くの場合 $r = 2.5R_{ss}$) への断面積拡大率 (expansion factor) を用いており、磁束管が単調に拡大するコロナホールに対しては有効である。しかしこのモデルは、比較複雑な磁場構造を持つスードストリーマーという領域から吹き出す太陽風速度を過大評価することが示唆されている (Riley+2015; Tokumaru+2024)。スードストリーマーは磁束管が非単調に拡大し expansion factor が極大を持つことが報告されており (Panasencko+2019)、これが過大評価の要因の可能性もある。また拡大率ではなく拡大高度が重要だとする観測的研究もある (Dakeyo+2024)。これらを踏まえると、コロナ底部と source surface の中間領域の磁束管形状が太陽風速度に重要であることが示唆される。

そこで本研究では、これらの特徴を包括的に評価するためにコロナ底部から source surface の中間領域における磁束管形状変化の影響を wave-driven モデルを用いて調査した。結果として、この中間領域の磁束管形状変化のみによって太陽風速度は最大 300 km s^{-1} ほど低下した。また磁束管形状を様々に変化させパラメータサーベイを行った結果、中間領域の効果を反映できる特徴量が太陽風速度に対して最も相関が強かった。これは拡大位置による密度への影響や波エネルギー散逸過程の変化によるものと考えられ、実際の太陽風速度予測に対する示唆についても考察を行う。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

M44a Ulysses 衛星を用いた太陽風フラックスの太陽面依存性の評価

藤原辰司 (東京大学), 清水敏文 (ISAS/JAXA)

太陽風は、太陽表面から絶えず流れ出ている荷電粒子で、地球磁気圏とも相互作用しており、この挙動の変化によって地球にさまざまな影響がもたらされうる。現在の太陽質量に対する 1 年あたりの質量損失量の比は概ね 10^{-14} 程度とされているが、太陽史において太陽活動の変化によりこの質量損失が大きくなり、太陽の活動や進化に重要な役割を果たしている可能性がある。このため、太陽風による質量損失について正確な評価を行うことが重要であるといえる。太陽風による質量損失率は太陽風の速度と密度の積に比例するため、これらのパラメータを探ることが質量損失率の推定に不可欠であるが、太陽全球からの質量損失率をより正確に見積もるには、太陽面での緯度や経度によってその領域ごとに太陽風の速度や密度がどのように異なるかを理解することが必要である。この調査は太陽風フラックスの太陽面構造への依存性を知ることにも繋がり、先に述べたような、太陽の進化に対する太陽風の寄与を探る契機にもなりうる。

本研究では、太陽風のフラックスの理解を目指し、Ulysses 衛星による全緯度での太陽風の観測結果を主として用い、活動極大期・極小期双方において太陽風速度・密度の変化について調べた。これによって、太陽活動の極小期においては、低緯度では低速かつ高密度な太陽風が支配的で、中・高緯度では高速かつ低密度な太陽風が支配的であることがわかった。一方で、極大期ではこのような傾向は弱く、緯度による速度・密度の分布が南北で非対称となっていたことが確認された。また、極小期・極大期ともに太陽風の速度と密度にはおおむね負の相関が見られ、太陽風フラックスの緯度や時期による変動は小さく、質量損失率に与える影響も小さいことが示唆された。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

M45a アルベーン波モデルにおける彩層乱流と太陽風質量流束の関係

庄田宗人 (東京大学)

太陽表面对流が作り出す磁気流体波動 (アルベーン波) で太陽風の加熱や加速を説明するモデルをアルベーン波モデルと呼び、これは特に高速太陽風の説明において大きな成功を収めている。アルベーン波モデルは太陽風だけでなく、恒星風においても標準的なモデルとして用いられており、遷移層におけるエネルギー注入に適切な経験則を用いることで質量損失率などの観測量を説明可能である (e.g. Airapetian et al. 2021)。一方、下部境界として遷移層ではなく光球を採用するモデルでは遷移層にエネルギーが届く前に波が主に乱流により散逸してしまい、質量損失率が説明できないという問題がある (Shoda et al. 2020)。これはつまり、アルベーン波モデルにおいては光球と遷移層の間で生じる波動散逸、特に乱流散逸の取り入れ方が質量損失率におけるキーファクターとなり得ること意味する。

太陽風においてはコロナ磁場強度とコロナでの質量流束の間には冪乗関係があることが示唆されている (Wang 2020)。本研究では、彩層での乱流を含む場合と含まない場合で磁場強度-質量流束スケーリング則をそれぞれ観測と比較することでアルベーン波モデルにおける彩層乱流の取り入れ方を検証した。可能な限り現実的な太陽風をモデル化すべく、1998 年から 2011 年までにわたる期間において PFSS 法から推定された磁力線形状を複数取得し、これをインプットにモデル計算を実行した。シミュレーションの結果、彩層乱流を含まない場合の方が彩層乱流を含む場合に比べ観測との整合性が良く、従ってアルベーン波モデルの枠組みで太陽風を再現するには彩層乱流を抑制する必要があることがわかった。我々の結果は彩層を含むこれまでのアルベーン波乱流モデルは質量損失率を過小評価していた可能性を示唆する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

N01a おひつじ座 UX 星で起こった巨大フレアのせいめい及び MAXI による同時観測 (2)

坪井陽子、浦部蒼太、那波咲良、根本登（中央大学）、行方宏介（京大/NASA）、前原裕之（国立天文台）、野津湧太（コロラド大学）、岩切渉、（千葉大学）

RS CVn 型連星 UX Arietis において、MAXI により巨大フレアが検出され、3.8 m せいめい望遠鏡による 12 日間の光学分光観測が行われた。本フレアは極めて高エネルギーで、X 線 (0.1–100 keV) で 5×10^{37} erg、H α 輝線で $(2-6) \times 10^{36}$ erg の放射が観測された。せいめい望遠鏡で得られた H α 輝線のドップラーシフトは、自転周期 6.4 日に一致しており、発生領域が主星上にあることが示唆された（那波ら 2022 年秋季年会 M29a）。今回は、H α 輝線の光度曲線、中央大学 CAT 望遠鏡による測光、MAXI の X 線データを組み合わせ、プラズマの幾何と規模を議論する。H α 光度曲線は指数減衰に正弦波変動が重なり、連星の自転により放射領域が見え隠れする様子を示していた。位相 0 では H α 輝線の 40 % が遮られ、位相 0.5 では全放射が見られたことから、放射領域は主星の低緯度、かつ恒星円盤と同程度のサイズと考えられる。視線速度の変動は、放射領域が自転軸から約 $19R_{\odot}$ に位置し、恒星リム ($14R_{\odot}$) よりも $5R_{\odot}$ 分外側にあることを示す。CAT による観測では、主星表面の約 25 % を覆う低緯度の黒点が検出され、H α 輝線が最も明るくなる位相と一致していた。これらの結果から、フレアはこの黒点上空で発生し、H α 輝線を放つプラズマは、少なくとも $5R_{\odot}$ に達する大規模な磁気ループに閉じ込められていたと推定される。MAXI のスペクトルと光度曲線、放射冷却を仮定した解析から、電子密度とプラズマ体積はそれぞれ 10^{10} cm^{-3} 、 $1 \times 10^{35} \text{ cm}^3$ と推定され、H α 輝線から得られたサイズと整合した。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N02a Multi-Temperature Mass Ejections from Stellar Flares on a Young Solar Analogue

K. Namekata (NASA/GSFC, Kyoto Univ.), K. France (CU Boulder), J. Chae (SNU), V. Airapetian, P. Young (NASA/GSFC), A. Kowalski, Y. Notsu (CU Boulder), S. Honda (Univ. of Hyogo), H. Maehara (NAOJ), K. Shibata (Kyoto Univ.) and the collaboration team in Japan/USA/Korea

Solar flares are often accompanied by coronal mass ejections (CMEs), which can affect planetary environments in the modern Solar System. Similarly, CMEs from the early Sun may have significantly influenced the formation and evolution of planetary atmospheres in the early Solar System. Young solar-analog stars with frequent flaring activity are considered to offer proxies for the radiation/plasma environment of the early Sun. However, the overall physics of associated CMEs remains poorly understood due to the lack of multi-wavelength observations.

Through March 29 to April 1, 2024, we performed multi-wavelength observations of a young solar analog, EK Draconis (50-120 Myr-age G1.5V ZAMS, $R=0.94R_{\odot}$, $M=0.95M_{\odot}$, $P_{\text{rot}}=2.7 \text{ d}$), with FUV spectroscopy with HST and optical spectroscopy in Japan/Korea. We detected the first multi-wavelength signatures closely related to stellar CMEs via Doppler shifts in FUV lines and optical H α line. An impulsive FUV flare with an energy of $\sim 10^{32}$ erg shows blueshifted emission components in warm FUV lines, such as C III and Si IV ($\sim 10^5$ K), during the pre-flare and impulsive phases, reaching velocities of 300–550 km s $^{-1}$. Comparison with solar observations suggests that these warm blueshifts could trace CMEs. 10 min later, the H α line exhibits a slow ($\sim 70 \text{ km s}^{-1}$) and long-lasting ($\gtrsim 2 \text{ hrs}$) blueshifted absorption, suggesting a cool eruption ($\sim 10^4$ K). In this talk, we will discuss the relationship between the nearly-simultaneous, multi-temperature CME signatures.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N03a 高い磁気活動性をもつ HD 251108 の測光分光観測と黒点マッピング

仲宗根宏心（京都大学）、野上大作（京都大学）、前原裕之（国立天文台）、幾田佳（一橋大学）、本田敏志（兵庫県立大学）、野津湧太（コロラド大学）、行方宏介（京都大学）、柴田一成（同志社大学）

広視野軟 X 線撮像望遠鏡 LEIA は 2022 年 11 月 7 日に HD 251108 で突発的な X 線増光を検出した (Ling et al. 2022)。この増光現象は、恒星表面で突発的にエネルギーが解放される爆発現象である恒星フレアが発生したことによるもので、これまで観測された中で最大級のエネルギー（約 10^{39} erg）を伴うスーパーフレアであると推定されている (Günther et al. 2024, Mao et al. 2025)。HD 251108 は、分光観測から得られた証拠（リチウム吸収線、持続的な H α 放射、He I IRT 線）から Red clump 星を含む連星系であると推定されている (Fuhrmeister et al. 2025)。しかしながら、連星系のパラメータ（軌道面の傾きや伴星の質量）については、依然不明である。

我々は、HD 251108 の連星系のパラメータ及び磁気活動性の要因を解明するため、せいめい望遠鏡に搭載された可視高分散分光器 GAOES-RV による継続観測を 2022 年 11 月から 2024 年 3 月にかけて実施し、連星軌道由来とみられる視線速度が約 21 日の周期で変動していることを確認した。さらに、ASAS-SN や TESS によって得られた光度曲線の解析から、約 0.4 等の光度変動が同じく約 21 日の周期で現れており、これは自転する恒星表面の黒点に起因するものと解釈され、恒星表面のおよそ 60% を覆う巨大な黒点の存在を示唆している。恒星フレアは黒点における磁場構造に起因すると考えられ、本天体におけるフレア発生時の黒点分布を明らかにすることは、スーパーフレアの発生機構の解明に向けた手がかりになると期待される。本講演では、測光・分光観測データの解析結果に加え、光度曲線を再現する恒星表面の黒点の大きさ及び分布の推定結果を報告する。これらの結果を基に、連星系のパラメータへの制限や、フレア発生前後の黒点分布と磁気活動性との関係について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N04a PW Andromedae の黒点分布：Doppler Imaging と光度曲線の同時解析

李尚姫 (京都大学), E. Bahar, H. V. Şenavcı (アンカラ大学), E. Işık (Max Planck Institute), 幾田佳 (一橋大学), 行方宏介 (京都大学/NASA), 永田晴飛, 本田敏志 (兵庫県立大学), 佐藤文衛 (東京科学大学), 泉浦秀行, 田實晃人 (国立天文台), 大宮正士 (ABC/国立天文台), 野上大作 (京都大学)

若く自転の速い恒星では、顕著な黒点構造が見られ、さらにスーパーフレアのような活発な磁気活動が発生する。これらの現象の背景にある黒点の性質を調べることは、磁気ダイナモの解明において重要である。そのためには、恒星表面の黒点分布を正確に再現することが求められる。

従来の Doppler Imaging (DI) は吸収線プロファイルのみに基づいており、観測位相カバー不足や信号対雑音比 (S/N) の不足、観測方向によるビジビリティの偏りにより、黒点の再現に限界があった。そこで本研究では、前主系列星の K2 型星 PW Andromedae を対象に、せいめい望遠鏡/GAOES-RV の高分散分光データと TESS の光度曲線を用いて、DI と光度曲線解析 (LCI) を同時に適用し、黒点分布の精度向上を図った。この手法 (DI+LCI) は、黒点の緯度決定精度を高め、特に低緯度や南半球において、より信頼性の高い表面マッピングを可能にする。また、人工黒点マップによるシミュレーションで、位相欠損や S/N 劣化の条件下でも有効性を確認した。

さらに、再現された黒点分布とフレア発生位相の関係を調べた結果、フレアは中～高緯度の黒点近傍に多く見られる傾向があるが、黒点群の面積との明確な相関は見られなかった。これは、フレアのエネルギーが黒点のサイズよりも磁場の複雑性に依存している可能性を示唆している。

本研究は、若い太陽型星におけるフレアやプラズマ噴出といった磁気活動の起源となる黒点構造の理解に向けて、分光・測光データの同時解析が有効であることを示す。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N05a 太陽質量程度の前主系列星における大気加熱スケーリング則の調査 II

山下 真依 (島根大学), 鳥海 森 (ISAS/JAXA), 伊藤 駿, 中澤 皓太, 作田 皓基, 三石 郁之 (名古屋大学), 大津 天斗 (京都大学), 伊藤 洋一 (兵庫県立大学)

太陽表面の磁束はエネルギーを上方向に輸送し、彩層、遷移層、コロナを加熱する。Toriumi & Airapetian (2022) では太陽の彩層、遷移層、コロナにおける放射照度と、全磁束とのべき乗スケーリング則が太陽型主系列星と一致しており、共通した大気加熱メカニズムを持つことが明らかになった。山下ら (2024 年秋季年会 M05a) はより若い前主系列星の H α , Ca II (3934, 3968, 8542 Å) の彩層輝線と、コロナからの X 線強度を調査した。その結果、前主系列星の彩層輝線およびコロナの X 線の強度は、太陽のべき乗則のおおよそ延長線上に位置していた。

ただし、前主系列星では彩層輝線だけではなく、原始惑星系円盤を原因とする輝線も示す。そこで本研究では輝線の形状にも着目することで、各輝線の起源を推定した。まず、前主系列星 32 天体のうち 12 天体がシングルピークの H α 輝線を示した。このうち 8 天体の H α 輝線の等価幅は 10 Å 未満であり、「弱輝線 T タウリ型星」に分類できる。また H α 輝線の線中心に弱い吸収が見られ、上部彩層での散乱が示唆された。Ca II 輝線も弱いシングルピークを示すことから、これらの輝線は彩層起源であると推定される。このような弱輝線 T タウリ型星は、太陽型主系列星および M 型主系列星の磁場 vs 輝線のべき乗則ともよく一致した。

「古典的 T タウリ型星」に分類された 21 天体の H α 線は、シングルピーク (4 天体)、降着流起源と考えられるダブルピーク (2 天体)、アウトフローを示唆する P Cygni プロファイル+シングルピーク (10 天体)、P Cygni+ダブルピーク (5 天体) に分類できた。そして主系列星の磁場 vs 輝線のべき乗則よりも、2 桁ほど大きな輝線強度を示した。一方で Ca II 輝線はシングルピークを示すことが多く、主系列星のべき乗則にも比較的一致した。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N06a 磁気活動性の高い K 型星 PW And の H α 線と近赤外 CaII 輝線での分光観測 (2)

永田晴飛, 本田敏志 (兵庫県立大学), 山下真依 (島根大学)

太陽では、フレアと呼ばれる爆発現象や黒点の生成などの活動が確認されており、その原因や構造を詳しく理解するために、多くの恒星で、活動性の指標となる彩層輝線の観測が行われている。彩層輝線としては H α 線や CaII HK 線等が用いられるが、一部の星では H α と Ca で反相関が見られるとの報告もある (Cincunegui et al, 2007)。我々は、西はりま天文台の 2m なゆた望遠鏡と分光器 MALLS を用いて、高い活動性を示す K 型星 PW And に対し、H α 線および近赤外 CaII 三重輝線 (CaII IRT) を含む波長域で分光観測を行い、それぞれの輝線と活動性の関係を調査した。2022 年の観測では、CaII IRT の 8542 Å 線のみが H α 線と相関した変化を示し、同時期の TESS 衛星による観測から、これが黒点の見え隠れと同期した変動であることが示唆された。しかしながら、Ca 線の変化量は小さく、活動性の指標として有用であるかどうかは明確ではなかった (2024 年秋季年会発表)。そこで 2024 年 10 月に、自転周期全体をカバーするように再度 TESS 衛星との同時観測を実施し、H α 線と CaII IRT の相関をより詳細に調べ、2022 年の観測との比較も行った。

その結果、2024 年の観測でも、H α 線と CaII IRT (特に 8542 Å 線) の中心強度間には、有意な正の相関が確認された。しかしながら、2024 年は H α 線、CaII IRT ともに明確な周期的変動は確認されなかった。一方、TESS 衛星から得られた光度曲線からは、2024 年は黒点被覆率が 2022 年よりも大きいことが示唆され、H α 線の輝線も 2024 年の方が強くなっていた。このことは 2024 年の方が高い活動性を示唆するが、フレア活動に注目すると 2022 年の方がフレアの頻度やエネルギーは高い。この結果は、黒点被覆率や輝線強度といった活動領域の広がりやフレア発生頻度が短期間の観測においてその変動は必ずしも一致しないことを示している。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N07a 階層ベイズモデルによる恒星活動-ロスビー数関係の統計的解析

森山拓磨、松本仁、政田洋平（以上、福岡大学）

天体ダイナモ機構の理解に向けた重要なマイルストーンが、恒星磁気活動サイクル (P_{cyc}) のロスビー数 (Ro) に対する依存性の解明である。ここで、ロスビー数は、自転周期 (P_{rot}) と対流ターンオーバー時間 (τ) の比で定義され、物理的には、乱流磁気拡散に対する乱流磁場生成の相対的な強さの指標とみなすことができる。

これまでの研究から、太陽型星の $P_{\text{cyc}}/P_{\text{rot}}$ がロスビー数に対し負の相関を示すことが示唆されている (e.g., Saar & Brandenburg 99; Bohm-Vitense 07; Boro Saikia+18)。これらの研究では、恒星進化論に基づき、恒星の $B-V$ 色指数から対流ターンオーバー時間が評価されている (e.g., Noyes+84)。しかし、用いられる評価式が研究ごとに異なっており、それが $P_{\text{cyc}}/P_{\text{rot}}-\text{Ro}$ 関係に対する一貫した解釈を妨げる要因となっている。

本研究の目的は、階層ベイズモデルを用いて、対流ターンオーバー時間の評価式に依らない形で、 $P_{\text{cyc}}/P_{\text{rot}}-\text{Ro}$ 関係を検証することである。階層ベイズモデルでは、パラメータの事前分布に対してさらに上位の事前分布（ハイパープライヤー）を設定するが、本研究ではこの構造を活かし、サブ階層で対流ターンオーバー時間を観測データから直接推定し、その上位階層で $P_{\text{cyc}}/P_{\text{rot}}$ と Ro の関係をベイズ回帰により導出するアプローチをとる。我々の手法と従来法の場合の結果を定量的に比較するため、本研究では、Bonanno & Corsaro 22 と同じデータセット（67 個の太陽型星の P_{cyc} 、 P_{rot} 、 $\log R'_{\text{HK}}$ 、 $B-V$ ）を用いた。本研究の結果、 $P_{\text{cyc}}/P_{\text{rot}}$ と Ro の間には、確かに負の相関が存在しており、尤度が最大になるのは $P_{\text{cyc}}/P_{\text{rot}} \propto \text{Ro}^{-1.2}$ の時であることがわかった。本講演では、Noyes + 84 や Corsaro + 22 の従来の評価式を使った場合の結果と比較し、本推定手法の特徴とその有効性について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

N08a TriCCS 分光モードを用いた恒星フレアの高速分光観測 III

前原裕之 (国立天文台)、野津湧太 (コロラド大学)、行方宏介 (京都大学/NASA)

太陽/恒星フレアは黒点付近に蓄えられた磁気エネルギーが磁気リコネクションによって解放される現象であると考えられている。恒星フレアにおける可視連続光の増光は、有効温度 (T_{eff}) が 8000–10000 K 程度の黒体放射に近い SED を示すことが知られている (e.g., Hawley & Fisher 1992) が、近年の可視 2 バンド測光観測の結果 (Howard et al. 2020) によると、振幅が大きく継続時間の短いフレアほどフレア成分の有効温度が高い傾向があること、および、フレア成分の有効温度はフレアのピークで最も高く減光とともに低下することが示唆された。

我々は、フレアの連続光成分がフレア中にどのように変化するのかを詳細に調べるため、せいめい望遠鏡と TriCCS 分光モードを用いて M 型フレア星 YZ CMi と近傍の参照星を同時に分光し、可視光全域 (3850–10000 Å) の放射強度較正されたスペクトルを高時間分解能で取得する観測を行った。2025 年 1–2 月に行った観測から、複数のフレアを従来よりも 1 桁短い時間分解能 1.5–3 秒で分光観測することに成功したのでその結果を報告する。

観測されたフレアのうち、最も振幅の大きかったフレア ($L_{\text{peak}} \sim 1.4 \times 10^{28}$ erg/s) では、連続光強度の時間変化が増光開始から ~ 10 秒程度でピークに達しその後同程度の時間で減光する速い成分と、その減光後に Balmer 線強度と同程度のタイムスケールでゆっくり増光し、最初のピークから ~ 50 秒後に 2 番目のピークに達した後、数分かけて減光する遅い成分が見られた。フレアの連続光成分の有効温度は速い成分のピーク付近では ~ 10000 K、遅い成分のピークでは ~ 7600 K で、連続光の減光に伴い低下する様子が観測された。また、より小規模な別なフレア ($L_{\text{peak}} \sim 0.7 \times 10^{28}$ erg/s) では、前述の速い成分のみが観測され、そのピーク付近での連続光成分の有効温度は ~ 8600 K であった。講演ではフレアの連続光が示す時間変化のフレア毎の違いについても議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

N09a XMM-Newton を用いた Young Stellar Objects の系統的 X 線分光解析

作田皓基、伊藤駿、三石郁之 (名古屋大)、山下真依 (島根大)、島海森 (JAXA/ISAS)、坪井陽子 (中央大)、徳野鷹人 (東京大)

Young Stellar Objects (YSOs) は原始惑星系円盤を有する、年齢 $\lesssim 10$ Myr の活発な若い星として知られる。また、数百万度以上の高温プラズマが検出されており、一般に主系列星と比較して X 線で明るく、フレアも頻繁に観測される。主星からの X 線は原始惑星系円盤における光化学反応・光蒸発を駆動する (e.g. Washinoue et al., 2024) ことから、YSOs の X 線観測は恒星進化や惑星形成の理解に重要である。一方、フレア発生機構は磁気リコネクションによる磁気エネルギー解放や星周物質の降着による重力エネルギー解放が有力だが、詳細には理解されていない。そこで我々は YSOs の X 線放射機構の理解を目指し、YSOs のフレア状態と定常状態それぞれの分光特性を系統的に調査した。初めに、高空間分解能と大有効面積を有する X 線天文衛星 XMM-Newton の観測データと星年齢情報を含む星団カタログでマッチングを実施した。結果、YSOs 47 天体が解析天体として得られた。そのうち 29 天体ではフレアが確認され、定常状態とフレア状態それぞれで分光解析を実施した。定常状態における分光特性は、プラズマ温度: 0.1 – 8 keV、放射量度: $3 \times 10^{52} - 2 \times 10^{57}$ cm $^{-3}$ であった。太陽を含む G/F 型主系列星の観測的特徴として、プラズマ温度が $\lesssim 1$ keV、放射量度が $\lesssim 10^{53}$ cm $^{-3}$ 、プラズマ温度と放射量度の間に弱い正の相関がある (伊藤他 2023 年春季年会) が、YSOs は定常状態で 1 keV を超える温度の天体も見られた他、高い放射量度と負の相関も見られ、太陽型星との差異が確認された。フレア状態におけるプラズマ温度と放射量度の相関関係と太陽フレアモデル (Shibata & Yokoyama 1999) を比較し、ループ長を見積もったところ、 $\sim 10^{10-11}$ cm と推定された。これは星半径程度に相当し、超巨大フレアの可能性を示唆する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

N10a 東京大学木曽シュミット望遠鏡 Tomo-e Gozen による前主系列星フレア探査 (3) X線・可視光頻度分布の比較

根津正大, 小林尚人, 新納悠 (東京大学), 他 Tomo-e Gozen チームメンバー

低質量の前主系列星である T タウリ型星は、さまざまなメカニズムによって可視光での変動を示すことが知られている。中でもフレアは、放射される硬 X 線が原始惑星系円盤のイオン化を促し、質量降着率の変化や化学組成に大きな影響を及ぼす現象であり、円盤進化や惑星形成の過程を理解する上でも極めて重要である。X 線観測では前主系列星におけるフレアの統計的理解が進んでいるものの、エネルギーが $E_{\text{bol}} \sim 10^{35}$ erg 程度以上の大規模なフレアしか捉えられていない。可視光観測であればより小規模のフレアまで捉えることができるが、実際にそうした観測が行われた対象の星はごく一部にとどまっている。そこで、無バイアスに選定した多数の T タウリ型星を対象に、広視野・高速撮像が可能な東京大学木曽シュミット望遠鏡の可視光観測装置 “Tomo-e Gozen” を用いてモニター観測を行い、これまで十分に捉えられてこなかった短時間・小エネルギー ($E_{\text{bol}} \sim 10^{32}$ erg) のフレアまでを多数検出し、その統計的性質を明らかにすることを目的とした研究を進めている。

これまでの観測の簡易解析では、約 30 個の T タウリ型星の光度曲線から明瞭なフレアを 2 件検出しており、その発生頻度は、数個の T タウリ型星のみを対象とした先行研究と矛盾しない結果となっているが、統計的に有意な結論を導くためにはさらに多くの観測と解析が求められる。本講演では、今後の観測計画にも触れながら、解析の進捗状況を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N11a フィールドの実視連星系を用いた gyrochronology の検証

長野冬瑚, 増田賢人 (大阪大学)

自転周期と有効温度に基づいて恒星の年齢を推定する gyrochronology は、特に太陽型星に対して有効とされる手法であり、直接年齢を測定することが困難なフィールド星の年齢を推定する上で有用な方法の一つである。古くは Skumanich (1972) により、恒星の自転周期は年齢の平方根に比例する ($P_{\text{rot}} \propto t^{1/2}$) という経験的な関係が提案されており、これは太陽や若い散開星団 (例: Pleiades, Praesepe, Hyades など) の観測によって概ね支持されてきた。現在では、自転速度の進化が一樣でないことや、質量・年齢による多様な振る舞いが明らかとなっており、それらを反映したより複雑なモデルが構築されている。一方で、これらの関係式が散開星団以外の、より一般的なフィールド星に適用可能かどうかについては、未だに十分な検証がなされていない。

そこで本研究では、年齢が等しいと期待されるフィールドの連星系を対象に、主星・伴星の自転周期の整合性を検証し、gyrochronology モデルのフィールド星への適用性について検討した。具体的には、Kepler 探査機の測光データから自転周期が導出された FGK 型星と、Gaia 衛星の固有運動データなどにより連星と同定された星のカタログをクロスマッチし、主星・伴星の両方で自転周期が得られている連星を抽出した。これらに対して、若い星団の観測に基づき構築された補間型 gyrochronology モデルの gyro-interp (Bouma et al. 2023) を用い、観測された自転周期とモデル予測の整合性を検証した。本研究は、これまで十分に検証されてこなかったフィールド星への gyrochronology の適用可能性を、連星系を通じて実証的に評価するものである。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N12a 双子連星を用いた太陽型星の年齢と自転の関係の検証

小川涼, 増田賢人 (大阪大学), 佐藤文衛 (東京科学大学), 田實晃人, 泉浦秀行 (国立天文台), 大宮正士 (アストロバイオロジーセンター/国立天文台)

HR 図で年齢が精度よく決定される散開星団の観測から、恒星の年齢と質量と自転の関係が調べられ、恒星の自転は年齢とともに遅くなる傾向が知られている。これを用いて恒星の自転から年齢を推定する手法 (gyrochronology) が研究されている。しかし、このような研究は散開星団を構成するような太陽よりも若い恒星に限定されており (e.g. Bouma et al. 2023)、年老いたフィールド星における自転と年齢の関係は確立されておらず、そもそも関係が一意に存在するかも明らかになっていない。先行研究で用いられたのは Kepler や TESS などの時系列測光データの黒点による周期的な光度変動から検出された自転周期である。自転の遅い恒星や黒点の少ない恒星が検出されにくいので、老いた恒星を含む関係を測光観測で調べるのは困難である。

そこで、本研究では Gaia 衛星のデータから発見されているフィールドの実視双子連星に着目した。双子連星とは色と等級がほぼ等しい連星で、質量と年齢がほぼ同じであると考えられる。双子連星の自転を比較することで、質量と年齢の関数としての自転の一意性とその不定性を調査する。せいめい望遠鏡に搭載された高分散分光装置 GAOES-RV を用いて、20 組の FG 型実視双子連星それぞれのスペクトルを取得し、吸収線の広がりから射影自転速度 $v \sin i$ を測定した。さらに、自転軸が等方的であるという仮定のもと、連星間の自転速度の分散を推定した。その結果、得られた自転速度の分散は若い散開星団における値と比較して大きく、老いた恒星で自転を用いた年齢推定に限界がある可能性を示唆している。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N13a 光度曲線の数値微分を利用した接触食連星の質量比の推定 (II)：大きな食分をもつ系

高妻 真次郎 (中京大学)

接触連星の質量比は、系の形状や連星パラメータを特定するうえで、非常に重要な要素である。質量比を光度曲線から簡易的に求める測光質量比は、従来の方法では、反復法による光度曲線のモデルフィッティングが必要であり、計算・時間コストが大きかった。我々は、2023 年春季年会において、光度曲線の第 2 次導関数の食時刻付近でダブルピークがみられる接触食連星の質量比を、第 3 次導関数に現れる極値間の時間差を計測するだけで推定する方法を提案した。

今回は、上記のダブルピークが現れないような光度曲線に対し、質量比を推定する方法を提案する。サンプルデータとしたのは、食連星モデリングソフト PHOEBE を使って計算した、接触食連星のパラメータのほぼ全域をカバーする 89,670 の光度曲線である。これらをまず、2025 年春季年会で報告した接触食連星の分類法に基づいて 5 タイプに分類した。次に、それぞれのタイプについて、質量比と強い相関をもつような極値間の時間差がないか、第 1 次～第 4 次導関数まで調べた。その結果、大きな食分を示す傾向にある SPp および SPf 型において、質量比と強い相関をもつ時間差を見つけることができた。回帰分析により、時間差から質量比を推定する式を得て、不確かさの評価も行った。さらに、分光質量比がすでに測定されている接触食連星に対して本手法で質量比を推定した結果、十分な精度で質量比を推定できることがわかった。

講演では、今回提案する方法の適用条件を含め、具体的な推定方法をくわしく紹介する。また、分光質量比と本手法による推定値との比較結果を示し、推定精度などについても議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N14a 活動的アルゴル系及び候補系の TESS 光度曲線にみられる変動

鳴沢 真也 (兵庫県立大学)

短周期アルゴル型連星系は早期主星と晩期伴星からなる近接連星系であり、その質量移動の様子などを調査することは質量比逆転後のケース A 進化の詳細を知る上での貴重な手がかりを与える。Olson (1982) は 16 系の主極小の測光観測を行い、そのうち 5 系は光度曲線の形状が変動することを発見して、これらに「活動的アルゴル系」と命名した。光度曲線の変動は降着円盤など星周物質の存在が原因とされている (その後、我々の調査で RZ Cas の場合は δ Sct 型の振動によるものと判明した)。ところが、活動的アルゴル系の 5 つは、観測された主極小の数が概ね 10 回以上と多いために、他の系 (数回) が活動的でないとは断言できない。そこで、講演者は 3 つの活動的アルゴル系 (U Cep, RW Tau, U Sge) を含め計 10 系について食外を含めた TESS 光度曲線を調査した。この結果、U Cep の皆既食継続時間は 3 倍も変化していることが判明した。これは降着円盤の半径の変化、換言すると質量移動量の変化率を連続観測で初めて検出したことになる。一方で RW Tau は主極小時の光度曲線には変化はみられないが、その他の位相において U Cep (鳴沢他 2025 春季年会) ほど顕著ではないが、Flux での振幅 0. 数% のフリッカリング等が観測され、光度曲線の形状が変化していた。この他、多くの系で多かれ少なかれ、O'Connell 効果や主極小時光度曲線の非対称が確認できる (顕著な例だと、AI Dra や X Tri では約 2 % 程度の差の O'Connell 効果がある。また TX UMa の主極小の増光枝は対応する位相の減光枝より 5% ほど明るい) もの、これまでの調査から活動的アルゴル系 (特に U Cep) は短周期アルゴル系としては、やはり特殊な例であると考えることができる。いずれにしても、これらの現象は星周物質が原因であろうが、TESS 観測中に突発的な公転周期変化は発生しなかった。なお、TX UMa では 1% 増光、2 時間ほど継続するマイクロ・フレアが発生していた。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N15a Single Be star の可視光分光モニター観測

石田 光宏 (横浜市立戸塚高等学校), 藤井 貢 (藤井黒崎観測所)

Be 星 (γ Cas 型変光星) は、光度階級が III-V の B (一部 O または A) 型星のうち、過去に一度でも水素の輝線がみられた星として定義される。数百 km s^{-1} で自転していることが知られており、赤道周りに星周円盤を作り、そこから輝線が観測される。Be 星では、円盤への角運動量輸送機構などが解決困難な問題となっている。講演者らは十数年前より、観測から円盤構造に制限を付けるため、様々な Be 星に対して、私設天文台や学校天文台で低分散分光モニター観測を行っている。特に、円盤の有効温度の指標であるバルマー通減率 (バルマー輝線の放射流束の相対値、本研究では、 $F(H\beta)$ に対する $F(H\alpha)$ の比: D_{34}) をモニターすることが我々特有の手法である。そして D_{34} に変動がある Be 星の中分散分光データ (主に Be Star Spectra database: BeSS) を解析することにより、観測から円盤構造に制限を付けようとしている。これまで連星系をなす δ Sco と π Aqr において、 D_{34} や、円盤密度に関係のある半値幅の観測結果から伴星が円盤に与える影響について議論してきた (石田 & 藤井 2025 春季年会他)。しかし、円盤への角運動量を主に輸送しているのが中心星か伴星かは不明のままである。この問題に観測的制限をつけるため、本研究では伴星が未発見の Be 星 (Single Be star) に対象を絞って観測・解析を行った。対象は ψ Per、25 Ori、IN Peg である。低分散で得られた D_{34} において、過去十数年間で ψ Per には大きな変動が見られなかったが、25 Ori、IN Peg では有意な増加傾向が見られた。また、BeSS スペクトル ($H\alpha$ 、 $H\beta$ 、He I (5876 Å)、Mg I (5167 Å)) においても ψ Per ではどの輝線にも大きな変化が見られなかったが、他 2 天体では輝線ごとに顕著な変化が見られた。半値幅は ψ Per で変化なし、25 Ori で減少傾向、IN Peg で増加傾向と 3 天体とも異なる傾向であった。本講演ではこれらの結果を連星系での結果と比較しながら議論したい。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N16a 円盤を伴う原始星の粘性進化

高橋亘 (国立天文台)

恒星はその誕生過程において、周囲に形成される降着円盤から質量供給を受けて成長していく。円盤と星本体をつなぐ接続領域には様々な形態が存在するが、本講演では恒星が磁氣的活動を持たない場合に形成される「境界層 (boundary layer)」に注目する。

原始星への降着過程では質量に加えて角運動量も星に輸送される。しかし境界層を通じた降着では、降着物質が持ち込む角運動量に加え、粘性に起因する角運動量の引き抜き効果も寄与するため、角運動量降着率の予測は容易ではない。この引き抜き効果は最終的に星に取り込まれる質量を左右する重要な要素であり、星形成の過程全体に影響を及ぼす。したがって境界層における角運動量輸送の定量的記述が求められている。ところが、境界層降着は粘性拡散のタイムスケールで進行するため、多次元流体計算による再現が難しい。そこで従来は、系全体で一律の質量および角運動量降着率を仮定した一次元定常降着モデルが提案されてきた。しかしこれらのモデルは、恒星の自転速度が極めて狭い範囲に制限されるなど、物理的に不自然な性質を含んでいる。

本研究では、時間および空間的に変化する降着率を考慮できる原始星進化モデルを新たに構築し、境界層を含む系全体の粘性進化を追う計算を行った。軸対称性を仮定し、質量座標による一次元化を施すことで、星・境界層・円盤を連続的に扱う枠組みを実現した。その結果、質量降着率は円盤中心部でピークを持ち、従来の定常モデルとは食い違う分布を示すことがわかった。降着が進行するにつれ、円盤中のガス密度は減少し、粘性タイムスケールは次第に長くなっていった。最終的には、円盤風による質量損失が卓越し原始星周辺に空隙が形成されることで降着は終息すると考えられる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

N17a Tomo-e Gozen 狭帯域測光探査で発見された金属欠乏星の詳細組成解析 I

岡田寛子 (兵庫県立大学)、松野允郁 (Heidelberg University)、富永望、青木和光 (国立天文台)、本田敏志 (兵庫県立大学)、須田拓馬 (東京工科大学)、石垣美歩 (国立天文台)、古塚来未 (兵庫県立大学)、諸隈智貴 (千葉工業大学)、前田啓一 (京都大学) 他

金属欠乏星の化学組成は、初代星の性質や元素合成、銀河系初期の化学進化に関する観測的な手掛かりを与えてくれる。過去 30 年に渡って金属欠乏星の探査と高分散分光に基づく組成解析が行われてきたが、発見された金属欠乏星が見かけ上暗いことから多数の元素を高い精度で測定することは困難であった。この問題を解決するため、我々は本曾シュミット望遠鏡の Tomo-e Gozen Camera に狭帯域フィルタを搭載した観測を行い、組成解析に有用な $G < 13$ の明るい金属欠乏星の探査を進めてきた (2022 年秋季年会 N29a、2024 年春季年会 N06a)。2025 年 2 月と 4 月には、太陽金属量の 100 分の 1 以下の金属欠乏星候補に対して、すばる望遠鏡 HDS を用いた高分散分光観測を行った。今回は、金属欠乏星のリチウム組成に注目した研究成果について紹介する。

リチウムは恒星内部において比較的低温度で破壊されるため、表面組成は恒星の進化に大きく影響される。しかし、リチウムの表面組成が恒星の進化にどのように依存するのかは未だ明らかとなっていない。そこで、恒星内部で対流層が進化しリチウムの表面組成が減少する準巨星段階に対応する温度領域 5300 – 5800 K に注目した。準巨星段階は進化が早い過去に金属欠乏星観測では数が少ないという問題があったが、Tomo-e Gozen による探査および Gaia 衛星の観測データを用いた他研究を組み合わせることで、準巨星段階の金属欠乏星サンプルを拡大した。本講演では、すばる望遠鏡 HDS で観測した 5300 – 5800 K の金属欠乏星候補の金属量とリチウムの存在量の測定結果を報告し、有効温度および金属量に着目してリチウム組成の変化について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

N18a すばる望遠鏡 HDS 高分散分光による超金属欠乏星のカリウム組成分布

石垣美歩 (国立天文台)、富永望 (国立天文台)、青木和光 (国立天文台)、和南城伸也 (東北大学)、滝脇知也 (国立天文台)、中村航 (福岡大学)、岩本信之 (原子力機構)、野本憲一 (カブリ数物連携宇宙研究機構)

奇数原子番号を持つ K, Sc, V, Mn などの天体元素合成源については、いまだに定量的な制限が得られていない。中でもカリウム (K, Potassium) の元素合成源は、大質量星進化末期の酸素燃焼や、超新星爆発時の陽子過剰な環境が候補と考えられているが、それぞれの合成量や相対寄与についてはまだよく分かっていない。超金属欠乏星 (鉄組成が太陽組成の 1000 分の 1 以下) の表面元素組成は、個々の大質量星超新星爆発による元素合成を純粋に反映していると期待され、親星の進化・爆発過程における元素合成への貴重な手がかりとなる。本研究では、中性カリウム 7665 7699 Å 線をカバーするすばる望遠鏡 HDS で取得した高分散 ($R \sim 60000$) 分光データを用いて、超金属欠乏星 18 天体について、カリウム組成とその上限値を導出した。その結果、カリウムの吸収線が検出された 7 天体について、 $[K/Fe]$ 比 (太陽で規格化した対数値) および $[K/Ca]$ 比がほぼ一様な値を示すことがわかった。さらにこれらの天体間で、親星の質量・物理性質に依存する $[Na/Mg]$ 比には大きくばらつきがあることがわかった。得られた超金属欠乏星の組成パターンを元に、カリウム元素合成源について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

N19a 金属欠乏星における s -過程の観測データによる検証

須田 拓馬 (東京工科大), 山田 志真子, 藤本 正行 (北海道大)

金属欠乏星は宇宙初期に形成された天体であり、銀河系および局所銀河群における化学進化を探る上で極めて重要な手がかりとなる。これまでに、高分散分光観測により、太陽の千分の一以下の金属量 ($[\text{Fe}/\text{H}] < -3$) をもつ超金属欠乏星が銀河系ハローに 700 個以上報告されている。これらの星については、鉄や炭素に加えて、Sr、Ba、Pb といった s -過程元素の存在も観測されており、宇宙初期における中性子捕獲過程を理解するための貴重な情報を提供している。

金属欠乏星の中には $[\text{C}/\text{Fe}] > 0.7$ を示す炭素過剰星が多く含まれており、その起源は長らく議論的となってきた。特に、最も鉄に乏しい星の多くが炭素過剰星であることから、炭素や中性子捕獲元素の起源を解明することは、宇宙最初期に形成された種族 III 星の性質に迫る手がかりになると期待される。

本講演では、我々が提唱してきた連星起源シナリオ、すなわち炭素過剰を示す金属欠乏星は、かつて AGB 星を伴星として持ち、観測される炭素や中性子捕獲元素はその AGB 星からの質量移動によってもたらされた、という仮説について、観測的検証を試みる。これまでに我々は、 s -過程元素合成モデルを用いたパラメータサーベイを通じて、 s -過程における 3 つの異なる寄与モードを明らかにしてきた。特に、超金属欠乏星に特有のヘリウム対流層への水素混入によって生じる中性子捕獲過程が、多様な s -過程元素の組成を再現可能であることを示している。本講演では、この s -過程の影響を受ける Mg のような軽元素にも着目し、SAGA データベースに収録された元素組成データとの比較を通じて、我々のモデルの妥当性を観測的に検証する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

N20c TMMT Northern Galactic Plane Variable Star Survey

板由房 (東北大), 小野里宏樹, 筒井寛典, 柳澤顕史, 泉浦秀行 (国立天文台), 市川隆 (東北大), 中田好一 (東京大)

2MASS 点源カタログは全天の均一な近赤外測光データを提供し、多くの研究に利用されている。ただ残念なことに、およそ $K_s = 5.5$ mag より明るい点源の測光精度は急落し、太陽近傍の研究には不十分であった。その点を補う点源カタログとして TMSS があるが、およそ $K = 3$ mag より明るい北天の点源に限られているため、 $K_s = 3 \sim 6$ mag のデータに隙間がある。また、TMSS には J や H のデータは無い。

最近では、ZTF、PanSTARRS、VVV 等の可視、近赤外の大規模モニター観測が実施されているが、やはり太陽近傍の明るい点源は飽和してしまうため、データが無い。太陽近傍の赤外で明るい点源の精密測光およびモニタリングという天文学的に重要なテーマが放置されたままなのが現状である。

そこで我々は口径 30 mm の近赤外望遠鏡 Thirty MilliMeter Telescope(TMMT) を製作し、 $|b| < 5^\circ$ かつ $\delta > -30^\circ$ の、銀河面に沿った帯状の領域を観測して、近赤外点源測光カタログを完成させた。また、2016 年末から 2022 年半ばまでの約 6 年間にわたって、同領域をモニター観測した。本ポスターでは、星周 and/or 星間減光を受けて、可視では暗いが赤外では非常に明るい点源の時系列データに注目し、特に、星周減光によって非常に赤く見えていると考えられる点源の太陽近傍でのセンサスについて議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

N21a 超新星爆発を用いたアクシオン様粒子の制限に対する親星モデルと回転モデルの影響

高田 剣, 森 寛治, 中村 航, 固武 慶

重力崩壊型超新星は、大質量星の最期に生じる爆発現象であり、中心部では高温・高密度の極限環境が実現される。このような環境では、標準模型を超える粒子 (e.g., Axion-like particles; ALPs) が生成され、新たな冷却源となり得る。超新星シミュレーションにおいて、ALPs による過剰な冷却はニュートリノ放出の持続時間を著しく短縮し、観測結果と矛盾するため、過剰な冷却を引き起こす ALPs のパラメータ (質量・結合定数) に制限を課することができる。この「Energy-loss argument」に基づき、Raffelt et al. (1990) では、バウンス直後の初期冷却段階において、ALPs 生成率がニュートリノ光度を超えてはならないという簡便な制限条件が提案された。さらに Lucente et al. (2020) では、この条件を 1 次元超新星シミュレーションに適用し、ALPs パラメータに対する制限が設けられている。しかし、ALPs 生成率やニュートリノ光度は親星の構造や回転に依存するにもかかわらず、従来の研究ではこれらの初期条件による影響は十分に議論されていない。

そこで本研究では、Raffelt et al. (1990) の条件に基づく制限の親星および回転依存性を調査するため、多様な親星と回転パラメータに対して、軸対称 2 次元の重力崩壊型超新星シミュレーションを実施した。その結果、回転による遠心力が物質の降着を抑制し、中心温度が低下することで温度に敏感な ALP 生成率が低下し、結合定数に対する制限が緩和されることを明らかにした。また、この緩和効果は降着物質の多い重い親星ほど顕著に現れることが示された。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

N22a ニュートリノ集団振動の影響を考慮したボルツマン輻射流体計算による超新星シミュレーション

赤穂龍一郎, 長倉洋樹, 山田章一

重力崩壊型超新星爆発のダイナミクスはニュートリノによって支配されており、その理論モデルには精密なニュートリノ物理を考慮することが必要である。非常に高いニュートリノ数密度を持つ超新星コアではニュートリノ自己相互作用に伴う集団振動が起きると考えられており、年々注目を集めている。集団振動はニュートリノ加熱に寄与するニュートリノ・物質相互作用よりも短いタイムスケールでフレーバー組成を変えるため、加熱率に影響を与えると考えられている。しかし現時点では集団振動が超新星に及ぼす影響は明らかになっていない。シミュレーションに組み込む上で困難となる点は二つあり、(1) 集団振動が運動量空間角度分布に依存すること、そして(2) 従来のシミュレーションの時間刻みよりも時間スケールがはるかに短いこと、である。本研究では完全な運動量空間分布を解くボルツマン輻射流体計算に、ニュートリノ集団振動の効果を Bhatnagar-Gross-Krook サブグリッドモデルによって実装し、超新星爆発シミュレーションを行った。集団振動の不安定モードの判定とフレーバー変換後の分布はボルツマン輸送によって首尾一貫して取り扱うことができ、先行研究で用いられている近似的ニュートリノ輸送とは一線を画している。本講演では集団振動が超新星ダイナミクスやニュートリノシグナルに及ぼす影響を議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N23a 軽いステライル・ニュートリノの出現による超新星爆発の失敗

森寛治, 滝脇知也, 郡和範, 長倉洋樹 (国立天文台)

ステライル・ニュートリノは、弱い相互作用に関与しない未発見の素粒子である。ステライル・ニュートリノは通常のニュートリノ (アクティブ・ニュートリノ) と混合しうするため、ニュートリノ振動を介して生成され、アクティブ・ニュートリノの減少という形で間接的に検出できる可能性がある。特に、質量 eV 程度の軽いステライル・ニュートリノは、原子炉からの反ニュートリノフラックスが理論予想より有意に小さいという異常 (reactor antineutrino anomaly) を説明するためにしばしば導入される。もし自然界にステライル・ニュートリノが存在した場合、超新星爆発においてもニュートリノ振動を介して出現し、超新星爆発のダイナミクスに大きな影響を与える可能性がある。そこで本研究ではステライル・ニュートリノの出現を考慮した 2 次元超新星シミュレーションを実現し、この粒子が爆発に与える影響を調査した。その結果、電子型ニュートリノとの混合角がある程度大きい場合、アクティブ・ニュートリノのフラックスが減少し、超新星爆発が失敗してしまうことを発見した。現実の宇宙では超新星は爆発しているため、本結果は超新星の爆発可能性に基づいてステライル・ニュートリノの性質を制限できる可能性を示唆している。また、近傍超新星からのニュートリノ信号に対するステライル・ニュートリノの影響も併せて議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N24a 機械学習を用いたニュートリノ光度と超新星内部構造の相互予測モデルの構築

高橋正大 (東京大学), 赤穂龍一郎 (早稲田大学), 長倉洋樹 (国立天文台), 諏訪雄大 (東京大学)

重力崩壊型超新星爆発は大質量星が最期に起こす劇的な天体現象である。 10^{53} erg に相当する膨大な重力エネルギーの 99% は、ニュートリノとして放出される。従って、ニュートリノが爆発機構の重要な鍵になると考えられている。ニュートリノは超新星内部プロファイルを反映する重要な量であり、超新星内部構造を調査するためには必要不可欠である。現在、数値計算を用いた爆発機構解明に関する研究が進められており、将来的なスーパーカミオカンデなどの大型検出器による銀河系内超新星からのニュートリノ観測と合わせて、爆発メカニズム解明に大きく貢献すると期待される。

本研究では、特にコアバウンス直後に着目し、超新星数値シミュレーションによって得られた超新星内部の物理量とニュートリノ光度及び平均エネルギーの時系列データを用いて、機械学習による双方向の予測モデルを構築した。まず、密度分布やショック半径、質量降着率といった内部状態から、ニュートリノ光度および平均エネルギーを予測するモデルを作成し、推論時にどの物理量がニュートリノ放射に強く影響するかを定量的に評価した。さらに、将来の観測データの解釈を見据え、観測されるニュートリノ信号から超新星内部の状態を逆推定するモデルも構築した。これにより、観測とシミュレーションを結びつけ、ニュートリノを通じた爆発メカニズムの理解に貢献する新たな枠組みを提示する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N25a 核子の反跳を含むニュートリノ核子散乱が超新星爆発メカニズムに与える影響

伊藤侃 (早稲田大学), 赤穂龍一郎 (早稲田大学), 長倉洋樹 (国立天文台), 山田章一 (早稲田大学)

重力崩壊型超新星爆発は、約 8 太陽質量以上の恒星の最終進化段階に起こる現象である。衝撃波が超新星内部で発生し、停滞する。その後、停滞した衝撃波がニュートリノが物質との相互作用によって加熱されて、衝撃波が外層に達することで爆発に至ると考えられている。そのため、超新星爆発のメカニズムの詳細な理解のためには、超新星内部におけるニュートリノ輻射輸送を適切に計算することが重要である。ニュートリノと物質との相互作用においてエネルギー交換は、衝撃波の復活に直接影響するため、特に重要である。しかし、超新星内部に多量に存在する核子は、ニュートリノとの散乱反応でエネルギー交換を行うが、現状のエネルギー解像度では捉えることができない。本研究では、サブグリッドモデルを用いることで、現状捉えきれないエネルギー交換の影響を取り込み、超新星爆発に与える寄与を評価することができる。また、核子の反跳だけでなく、核子の weak magnetism や運動量移行による効果が、超新星爆発に与える影響を調べる。つまり、核子が持つ微細な構造が、超新星全体に与える影響を議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)**N26a 大質量星における前兆ニュートリノ及び超新星ニュートリノ観測を用いた恒星進化及び爆発メカニズムへの制限可能性**

加藤ちなみ (東京大学), 伊藤侃 (早稲田大学), 長倉洋樹 (国立天文台), 赤穂龍一郎 (早稲田大学), 吉田敬 (京都大学)

大質量星では、準静的な恒星進化段階の後半 (炭素燃焼以降) から超新星爆発を起こして高密度星が形成されるまでの間、高温・高密度の中心部からニュートリノが大量に放出されて進化のダイナミクスを大きく左右することが知られている。超新星爆発に伴って放出される超新星ニュートリノは、爆発のダイナミクスに直接大きな影響を与える物理として注目され、その観測から爆発のダイナミクスや爆発前の親星の構造に与える制限について多く議論がなされてきた (e.g., Mirizzi2016, Horiuchi2017)。その一方で、近年、ベテルギウスなどの太陽系近傍の恒星であれば、爆発を起こす前の段階に放出される前兆ニュートリノも観測できるようになり、爆発直前の親星の進化モデルに対して独立に制限を与える可能性がでてきた (Kato2017, 2020)。そこで、本研究では超新星ニュートリノと前兆ニュートリノの観測を合わせた恒星進化モデル及び爆発のダイナミクスへの制限を議論することを目的とする。

前回の発表では、 $10-40M_{\odot}$ の初期質量を持つ 23 個の親星に対して、爆発の数年前からコアバウンス 200ms までのニュートリノ光度とスペクトルを一貫して計算し、初期質量の依存性について議論した。また、爆発前の前兆ニュートリノに着目して、コンパクトネスや CO コアの質量などの恒星進化における重要な物理量と平均ニュートリノ光度に相関があることを示した。本発表では、前兆ニュートリノのみならず超新星ニュートリノの観測を合わせた議論を行う。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)**N27a 回転する巨大・超大質量星の重力崩壊に伴う爆発現象**

藤林翔 (東北大学), 川口恭平, 柴田大, Cédric Jockel (Max Planck Institute for Gravitational Physics)

初期宇宙で形成される可能性が指摘されている、数千から数十万太陽質量を持つ巨大質量星・超大質量星が回転している場合に、それらの重力崩壊に伴う爆発現象を数値相対論を用いた流体シミュレーションを行うことで調べた。初期条件として、一般相対論的不安定、もしくは電子-陽電子対生成不安定を起こすと期待される等エントロピー・剛体回転をする平衡形状を用いた。重力崩壊の結果として回転ブラックホールが形成される。数十万太陽質量の星の場合は一般相対論的不安定でコヒーレントに崩壊が起こる結果、ブラックホール周囲に遠心力で支えられる円盤が形成される際の反跳により爆発が起こる。一方で数千から数万太陽質量の星は対生成不安定により、中心部分が先に崩壊する。結果として、円盤の形成・反跳時に外層が未だ大きなラム圧を持っており、爆発は弱くなる。円盤の形成後の粘性進化について、またより質量が軽い星で重要になる核反応による影響についても議論を行う。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

N28b 種族合成計算を用いた超新星背景ニュートリノのスペクトルの予測

杉浦蒼 (東京理科大学), 鈴木英之 (東京理科大学), 加藤ちなみ (東京大学)

重力崩壊型超新星爆発は、大質量星が進化の最期に起こす爆発現象であり、大量のニュートリノや重元素を放出する。宇宙誕生以来繰り返されてきた超新星爆発によって放出され、宇宙空間に漂っているニュートリノを超新星背景ニュートリノ (Diffuse Supernova Neutrino Background, DSNB) という。そのエネルギースペクトルは宇宙の星形成史に強く依存するが、星形成史自体は完全には解明されておらず、DSNB にも様々な理論予測が存在する。また、近年の検出器の高精度化により DSNB の観測が現実的になりつつあり、理論予測と観測結果の比較を通じて、星形成史の解明が期待されている。

そこで本研究では、星形成史を仮定し、種族合成計算を用いて DSNB のエネルギースペクトルを計算した。種族合成計算では単独星だけでなく連星系も考慮し、連星の周期分布や質量比分布、軌道の離心率分布を取り入れている。恒星の進化計算には Hurley et al(2000,2002) によって開発されたコードに、Mueller et al(2016) の超新星モデルを参考にした改良を加えたものを用いた。初期質量分布や星形成率も含めこれらの分布にはいくつかのモデルがあるため、仮定する分布モデルを変えることにより、各分布モデルが DSNB のスペクトルに与える影響を調べた。さらに、DSNB は現在観測されていないことから観測的制限やほかの理論的予測と比較し、仮定した分布モデルの整合性を検証した。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

N29b Modeling angular momentum transport in 3D MHD simulation of core-collapse progenitor

Ryota Shimada(Kyoto U.), Lucy McNeill(Kyoto U.), Vishnu Varma(Keele U.), Keiichi Maeda(Kyoto U.), Takaaki Yokoyama(Kyoto U.), Bernhard Müller(Monash U.)

Rotation and magnetic fields in the core of evolved massive stars in their final phase are thought to play an important role in the subsequent supernova explosion and the formation of a compact object, through their effects on the angular momentum(AM) transport. However, the interplay between rotation, magnetic fields, and convection is a nonlinear, multidimensional effect that is difficult to capture with previous 1D stellar evolution models. In this poster, we quantify the magnetic AM transport in the oxygen-shell burning phase in a core-collapse progenitor, based on our analysis of the first such simulation by Varma & Müller 2023. Our analysis shows that: (1) The direction of magnetic AM transport is clearly related to the Rossby number of the convective oxygen shell. (2) The ratio of magnetic to kinetic energy follows the scaling law suggested by Augustson et al. (2019) for interpreting rotational dependence of convective dynamos in low mass stars. (3) Convective velocity is scaled by the above ratio and the nuclear energy generation rate. Based on these results, we construct a one-dimensional model of magnetic AM transport that is applicable to stellar evolution modeling. We demonstrate that our model successfully reproduces AM transport during the saturation phase of the convective dynamo. Notably, our prescription for the AM transport for the first time accounts for inward AM flux driven by magnetic fields-physics observed in this simulation.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

N30b Ia 型超新星におけるデフラグレーション-デトネーション遷移に地上化学燃焼実験から迫る

岩田和也, 前田啓一 (京都大学), 前田慎市, 新垣裕大, 関陽子, 小原哲郎 (埼玉大学)

Ia 型超新星の delayed-detonation モデルには、核燃焼波が亜音速から超音速、つまりデフラグレーションからデトネーションに遷移するという過程 (Deflagration-to-detonation transition, DDT) が必要である。これに加え、近年特に注目される、double-detonation モデルにおいても、我々のこれまでの研究 (Iwata & Maeda 2022) は DDT が多くの親星条件で必要になる可能性を示唆している。

これらの DDT は「開放系」とみなせる星の内部、つまり壁面で囲まれていない系で起こる必要がある。しかしこのような DDT が可能であるかは、強いアナロジーを有する化学燃焼波の枠組みで語られる、「地上の」DDT で得られた数多くの知見でも不明であり、壁面を有する「閉鎖系」の研究にほぼ限られていた。Iwata & Maeda 2024 で示した通り、化学燃焼波・核燃焼波は共通の理論で解析可能であり多くの物理を共有するため、化学燃焼実験から開放系の DDT の可能性に挑むことは、信頼性のあるデータ創出として意義の大きい取り組みである。

そこで我々は水素-酸素、およびアセチレン-酸素混合気を対象に、(1) 完全開放系、(2) 高密度ブロッブを想定した障害物のある部分開放系の 2 種類で燃焼実験を行い、ハイスピードシュリーレン法で火炎や衝撃波の様子を観察している。(1) については数少ない実験例が DDT の成功を報告しているが、いずれの例を再現した実験条件においても DDT は再現されなかった。一方で (2) の円板を挿入した実験では、2 気圧アセチレン-酸素混合気に対して、円板を回り込む火炎が急加速を起こし DDT に至る様子が確認された。これは星内部でも高密度ブロッブなどがあれば同様に DDT が起きうることを示唆しており、「開放系」DDT の謎の解明のため重要な結果といえる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

N31b 暗い Ic 型超新星 SN2023cpt の可視近赤外観測

熊野朱里, 川端弘治, 中岡竜也 (広島大学), 宇野孔起, 川端美穂, 田口健太, 前田啓一 (京都大学), 清田朋和 (総合研究大学院大学)

太陽の約 $8 M_{\odot}$ 以上の質量を持つ恒星は、進化の最終期に重力崩壊を起こして超新星爆発を起こすと考えられている。そのうち、外層の水素やヘリウムが失われた状態で爆発した天体は Ib/c 型超新星として観測される。詳細に観測された Ib/c 型超新星の中には、生成された ^{56}Ni が II 型超新星と同程度と推定されているものも多く見つかっており、自身の放射圧ではなく連星相互作用によって多くの外層が剥がされた可能性が指摘されている。Ic 型超新星は超新星全体に対する出現頻度が低く、特に近傍で詳細に観測されたサンプルが限られており、爆発のメカニズムには未だ不明な点が多い。

我々は、2023 年 2 月 27 日 (UT) に ATLAS によって発見された Ic 型超新星 SN 2023cpt について、広島大学かなた望遠鏡および京都大学せいめい望遠鏡を用いて、可視近赤外線域での測光・分光観測を行った。SN 2023cpt の R バンドのピーク付近の絶対等級は約 -16.4 等であり、これは典型的な Ic 型超新星の平均値 (-18.5 等: Drout et al. 2011) と比べて大きく暗い。また、極大後 20 日間の減光率は約 $0.04 \text{ mag day}^{-1}$ であり、SN 2007gr の約 $0.06 \text{ mag day}^{-1}$ と比べてゆるやかな減光を示した。極大時のスペクトルは、典型的な Ic 型超新星と比べて Fe、Ca、Na、Si などの吸収線が弱い。Si の吸収線の速度は約 $12,800 \text{ km s}^{-1}$ と推定され、これは同時期の SN 2007gr の速度 (約 $9,340 \text{ km s}^{-1}$) よりも速いことがわかった。講演では、暗い Ic 型超新星である SN 2023cpt について、その光度進化およびスペクトルの特徴から、物理的性質や爆発メカニズムについて考察を行う。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N32b 欧州 VLBI ネットワーク EVN による長周期 OH/IR 星 NSV17351 の OH メーザー検出と質量放出過程の長期的不安定性の示唆

中川亜紀治 (鹿児島大学), 倉山智春 (帝京科学大学), 須藤広志 (仙台高専), Gabor Orosz (JIVE)

長周期 OH/IR 星 NSV 17351 の電波観測結果を報告する。すでに我々が得ていた観測結果である TNRT-40m (タイ) および NRT (フランス) による OH メーザー (1612/1665/1667 MHz) の単一鏡観測、VERA による 22GHz H_2O メーザーの VLBI 観測に加え、今回は新たに欧州の VLBI 観測網 EVN を用いた 1612 MHz OH メーザーの観測結果を報告する。

NSV 17351 は厚い星周ダストを持つ OH/IR 星であり、 1122 ± 24 日の脈動周期を持つ。この星の OH メーザーは 1978 年に検出されたが、それ以降 2024 年までに報告された観測は 1995 年の 1 回のみであり、その結果は非検出であった。この状況は OH メーザーの活動性が一時的に静穏化していた可能性も示唆する。また興味深いことに H_2O メーザースペクトルの視線速度に約 40 年の時間をかけた加速現象が見られ、最終的にその速度が 1978 年検出の OH メーザーの終端速度に一致したことを我々は明らかにした。この観測結果からは、アウトフローに乗った H_2O ガスが約 40 年をかけて加速・運搬され、厚い星周 OH シェルの内縁にまで到達したとも解釈できる。我々は運ばれた H_2O 分子がやがて光解離され OH メーザーが誘発される可能性を提言し、2024 年 5 月に TNRT 40m 鏡で 1612 MHz OH メーザー ($\sim 300 \text{ mJy}$) を検出した。また 2024 年 10 月には EVN による位相補償 VLBI 観測を行い $\sim 40 \text{ mJy}$ の OH メーザー検出にも成功した。一連の OH メーザーの挙動からは、恒星の質量放出過程に長い時間スケールの不安定性があると考えられる。しかし周期的な恒星脈動と区別することが必要不可欠であり、OH メーザーの挙動と恒星脈動周期との関係についても精査する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N33a 原始中性子星内部の大局的循環流が誘起する低周波重力波

政田洋平 (福岡大学), 滝脇知也 (国立天文台), 固武慶 (福岡大学)

「非球対称性」は、重力崩壊型超新星が持つ極めて重要な特徴である。大質量星が重力崩壊する際、超新星コア領域では、対流や SASI (定在衝撃波不安定性)、回転・磁場起源の不安定性など、さまざまな多次元的な流体力学モードが発達し、球対称性に破れが生じる。超新星コア内で発達する非球対称な質量運動は、その自然の帰結として、重力波を生み出す。重力波は、爆発時に生じる非球対称なダイナミクスを時空のゆらぎとして記録し、ニュートリノや電磁波ではアクセスできない超新星内部の情報を運ぶ。したがって、重力波は、超新星爆発の駆動機構や非球対称性の進化過程を明らかにするための、極めて有力な観測的プローブとなる。

我々は以前の研究で、超新星コアの中心部に誕生する原始中性子星 (以降、PNS) において、自転による対称性の破れに起因して、大局的な流れ (子午面循環流や差動回転) が自発的に発達することを示した (Masada et al. 2022: MTK22)。このような大局の流れは、高密度な PNS 内部に非球対称な質量運動を誘起するため、強い重力波の起源になる可能性がある。本研究では、MTK22 のシミュレーションデータを活用し、内部構造の異なる 2 種類の PNS モデル (全球対流モデルと球殻対流モデル) から放射される重力波を計算、その特徴を詳しく解析した。その結果、内部構造に依らず、PNS からは h_+ , $h_{\times} \sim \mathcal{O}(10^{-22})$ (@距離 10kpc) の重力波が放出されること、さらに重力波スペクトルにおいて、 $\mathcal{O}(10) \text{ Hz}$ の低周波数領域に顕著なバンプ構造が現れることがわかった。PNS 内部の流れは、重力波シグナルの特性に大きな影響を及ぼすようである。本講演では、PNS 重力波のスペクトル波形の詳細とともに、重力波スペクトルと対流スペクトルとの比較から、重力波シグナルのバンプ構造が、PNS 内部で発達する低周波の大局的循環流成分に起因する可能性について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N34a Convection driven internal gravity wave transport in a 3D core-collapse progenitor

Lucy McNeill (Kyoto University), Bernhard Müller (Monash University)

Buoyancy supported internal gravity waves (IGWs) are inevitably excited by convective burning regions in massive stars. During violent oxygen (O) shell burning energy transported by waves can (1) source increased temperatures near the stellar surface, where enhanced luminosity in the progenitor is expected during the final year before explosion. Enhanced luminosity has been observed with high cadence by ZTF and ATLAS during the final year for both type II (SN2020tlf: Jacobson-Galán+2022) and also Ib (SN2023fyq: Brennan+2024, Dong+2024). Sufficiently strong wave transport is also expected to (2) eject $\sim 0.1M_{\odot}$ during O burning (Quataert and Shiode 2012). Binary stellar evolution and winds can explain mass loss rates up to around $10^{-4}M_{\odot}/\text{year}$, but there are recent extreme cases of mass loss such as $10^{-3}M_{\odot}/\text{year}$ (SN Ic 2020oi: Maeda+2021), and $\sim 0.01 - 1M_{\odot}/\text{year}$ (SN2023ixf: e.g. Hiramatsu+2024) during the final year. IGWs may explain large mass loss of $10^{-2} - 0.1M_{\odot}/\text{year}$ (2), as well as enhanced pre-supernova luminosities (1). However, 1D stellar evolution simulations which model wave transport do not reproduce the observed enhanced pre-supernova luminosities, or most extreme mass loss. 3D simulations suggest that convective regions which source IGWs have latitudinal differential rotation. According to analytic theory, IGW transport to the stellar surface depends sensitively on local rotation, however 1D simulations rely on rigid rotation of convective regions. Using a 3D hydrodynamics simulation of a Wolf Rayet star during O shell burning, we quantify how differential rotation enhances the predicted wave energy which can be deposited near the surface, ejecting mass.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

N35a カシオペア座 A 超新星の爆発直前の不均一な恒星内物質混合

佐藤 寿紀, 久保池 結 (明治大学), 松永 海, 内田 裕之, 吉田 敬 (京都大学), 勝田 哲 (埼玉大学), 高橋 亘, 滝脇 知也 (国立天文台), 梅田 秀之, 澤田 涼 (東京大学), 中村 航 (福岡大学), Paul P. Plucinsky (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics), John P. Hughes (Rutgers University)

大質量星の進化の最終段階におけるシェル燃焼過程は、爆発する星の内部構造を変化させるだけでなく (e.g., Sukhbold et al. 2014)、大規模な質量放出にも関与する可能性があり (e.g., Quataert & Shiode 2012)、爆発前の星の性質を決定する上で重要なプロセスとして認識されている。近年の理論計算では、強力な O 燃焼シェルが外側の C/Ne 燃焼シェルを取り込みながら激しく燃焼する「シェルマージャー」という現象が稀に起こると予測され (e.g., Arnett & Meakin 2011; Yadav et al. 2020)、この過程で生じる大規模な非対称対流構造がニュートリノ駆動型超新星の非対称性、中性子星キック、爆発エネルギーといった主要特性に影響を及ぼすことが議論されてきた (e.g., Bollig et al. 2021)。一方で、このような現象は、大質量星の最後の重力崩壊のわずか数時間から数日前に起こると考えられているため、超新星やその直前の恒星の直接観測での検証が困難であった。

本講演では、銀河系内の超新星残骸カシオペア座 A の親星が、シェルマージャーを経験していた証拠を報告する。シェルマージャーによって生じる激しい対流層では、外側の O/Ne 層に豊富に存在する Ne が内側へと引き込まれ燃焼し、存在量が減少する。カシオペア座 A においても、O リッチな爆発噴出物内の Ne 存在量が通常の恒星と比べ桁程度小さく、恒星モデルと比較したところシェルマージャーを経験した星以外では説明できない特異な組成であることが分かった。加えて、残骸内の元素組成は一樣ではなく、シェルマージャーによる物質混合が不均一であり、爆発前わずか数時間前 ($\lesssim 10^4$ 秒) に始まった激しい恒星活動であった事を示唆している。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

N36a Mg-rich 超新星残骸 J0550-6823 と大マゼラン星雲における Shell merger への示唆

久保池 結, 佐藤 寿紀 (明治大学)

大質量星の最終進化段階において、殻燃焼とそれに伴う内部混合過程は、重力崩壊型超新星爆発の条件を決定する主要因の一つである。特に爆発前の数日～数時間で起こる内部の核燃焼と混合の過程「shell merger」は、爆発の成否に重大な影響を及ぼす可能性があるが (Yadav+20, Bollig+21)、その内部で発生する核燃焼過程を超新星残骸の観測から確定させることは困難であった。しかし近年、Mg-rich 超新星残骸の観測が shell merger の存在を示唆する手がかりとなる可能性が指摘されている (Matsunaga+24, Sato+25)。本研究では、Mg-rich 超新星残骸の新たな候補天体である J0550-6823 に対し、X 線観測およびスペクトル解析を行った。その結果、Mg/Ne の質量比が ≈ 1 と高く、本天体が Mg-rich 超新星残骸であることを確認した。また観測結果と超新星爆発前のモデルの比較から、J0550-6823 の親星は爆発前に shell merger を起こした可能性が示唆された。加えて、本天体を含め大マゼラン星雲内には 2~3 個の Mg-rich 超新星残骸の候補が存在することから、大マゼラン星雲における大質量星の約 10-40% が爆発前に shell merger を経た可能性がある。shell merger は odd-Z 元素 (K, Sc, Cl, P 等) の生成に寄与することが理論的に示されており、この過程は超新星爆発の物理的理解に加え銀河の化学進化の観点からも極めて重要である。例えば大質量星の約 50% が shell merger を経ると仮定すれば、天の川銀河における odd-Z 元素の存在量は説明できるとされる (Ritter+18)。一方で Mg-rich 超新星残骸の中でも shell merger を起こしたものとは言い切れないものも多く、それらを考慮すると odd-Z 元素の供給源としては不十分である可能性もある。本講演では、この観測データの解析手法と解釈について詳細に議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

N37a 酸素-ネオン白色矮星への炭素降着計算と SN 1181 残骸への応用

黄天銳 (東京大), 平井遼介 (理研/Monash University)

SN 1181 は、近年その残骸が同定された、銀河系内で生じた歴史書に記録されている超新星である。この残骸は他の多くの超新星残骸と異なり、中心に白色矮星を残している点で非常に稀有である。近年の分光観測により、この白色矮星の表面からは約 15,000 km/s の高速風が吹いていることが明らかとなった。中心星の性質は、連星白色矮星の合体によって形成される天体とよく一致している。

X 線観測においては、通常の超新星残骸と同様に広がった X 線放射が検出されている一方で、残骸の中心から強い X 線源も確認されている。この中心 X 線源は、白色矮星からの高速風が SN 1181 の噴出物と衝突することで形成されていると考えられている。チャンドラ衛星による観測では、この中心 X 線源の広がりとは < 1.6 arcsec と非常に小さく、これにより高速風は近年になって吹き始めた可能性が高いと示唆されている。

この高速風は、白色矮星表面での炭素燃焼に起因すると考えられている。そこで本研究では、高速風の吹き始めが爆発から約 1000 年もの時間を要した理由を明らかにするために、酸素-ネオン白色矮星に炭素を降着させるシナリオを想定し、MESA を用いてその進化を計算した。その結果、炭素燃焼が爆発後およそ 1000 年後に始まるパラメータ領域を見出し、それには白色矮星の中心温度が高いことが必要であることが分かった。本発表ではこの結果を報告し、あわせて SN 1181 の前駆天体（親星）の性質に対する制限についても議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

N38a 低金属星の組成から探る最も軽い重力崩壊型超新星の性質

梅田秀之 (東京大学), 石黒航平 (東京大学)

低金属星 J1010+2358 は金属量 $[Fe/H] = -2.42$ の星であるが数奇な運命を辿っている。この星は Mg/Fe 比が際立って小さいなど異常な組成パターンを持っており、2023 年にはベア不安定型超新星の組成を持った星が初めて発見されたと報告され注目を集めた。しかしその後すぐ、軽い重力崩壊型超新星の組成でも説明できることが指摘され、さらに追観測によって新たな元素の組成比が得られたことや、NLTE 解析に依る、より詳細な組成パターンが得られると、もはやベア不安定型超新星とは一致せず、軽い重力崩壊型超新星でのみ説明できるという理解に変化している。先行研究においては、既存の数多くのモデルの元素合成パターンとの比較が行われ、最も軽い部類の重力崩壊型超新星の組成パターンと最も良く一致することが示されている。一方で重力崩壊型超新星の爆発モデルにはまだ不完全なところがあり、既存のモデルというのも特定の仮定の下で計算されたものに過ぎない。そこで本研究では最も軽い超新星の親星モデルを細かな質量グリッドで計算した上で、未だ不定性の残っている爆発エネルギーをパラメータとして元素合成の計算を行い、J1010+2358 の組成と比較を行った。結果として、超新星の親星質量や爆発エネルギーに関してかなり強い制限をつけられることがわかり、その結果について報告を行う。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

N39a Refining Parameters and Assessing Predictive Capability in Müller's Model

Yuxin Wu (U. Tokyo), Hideyuki Umeda (U. Tokyo), Koh Takahashi (NAOJ)

Understanding whether massive stars can undergo supernova explosions is crucial for predicting stellar endpoints, tracing heavy-element synthesis and distribution, and assessing the role of supernova feedback in galaxy evolution. Although detailed explosion models have succeeded under specific conditions, simplified models are often needed for large-scale parameter studies or rapid evaluation of progenitor structures. This work examines the approximate framework proposed by Müller et al. (2014, 2016) as a tool to analyze the link between progenitor structure and explosion characteristics. The model incorporates multidimensional effects without full-scale simulations by introducing key parameters such as the turbulent pressure correction α_{turb} , neutron star cooling timescale $\tau_{1.5}$, and gravitational-to-neutrino conversion efficiency ζ , allowing approximate predictions of explosion energy and remnant type. We applied this model to a series of progenitors to study explosion criteria and energies, and compared results with 3D simulations from Burrows et al. (2024). Through this comparison, we identified the optimal parameter settings and discussed their physical significance. We revised the value of $\tau_{1.5}$ to 2.0, consistent with the detailed neutrino transport results of Hudepohl (2014). Furthermore, incorporating Takahashi's (2023) diagnostic M_{ff} , we found that α_{turb} can be approximated as a bivariate function of M_{ff} . Our revised expression improves agreement with the results of the 3D simulation, especially for progenitors in the 9–11 $M_{\odot}$ range. These results provide a foundation for evaluating explosion outcomes in future massive star models.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

N40a Ibc 型超新星の星周物質と連星相互作用

千葉遼太郎 (国立天文台/総合研究大学院大学)

Ibc 型の超新星は水素外層を失った大質量星の爆発である。Ibc 型超新星の親星の多くは連星間の質量移動によって水素外層を失ったと考えられている。また、多くの超新星で高密度の星周物質の存在が確認されており、その起源は未だ不明であるが、近年連星間の相互作用によって星周物質の形成を説明する機構が注目されている。しかし、星周物質を持つ Ibc 型超新星の観測例は少なく、Ibc 型超新星に付随する星周物質の性質については、II 型超新星ほど詳しく知られていない。

本研究では、一部の Ibc 型超新星の光度曲線で爆発後 5 日程度においてみられる副次的ピークに着目した。この副次的ピークは、水素外層を持つ I Ib 型超新星において比較的頻繁にみられる、衝撃波によって加熱された水素外層からの放射による副次的ピークに類似している。多波長輻射流体シミュレーションコード STELLA を用いて求めた理論光度曲線との比較によって、これらの副次的ピークが、質量 $10^{-2} - 10^{-1}$ 太陽質量、半径 $(1 - 5) \times 10^3$ 太陽半径の星周物質の存在によって説明できることを示した。さらに、これらの値は、星周物質が連星間の相互作用によって周連星円盤として形成される場合の理論予測と整合的であることを提案した。本講演では、大質量星の進化に伴う大規模な連星間の質量移動による周連星円盤の形成と進化と対照し、連星間相互作用による星周物質の形成の妥当性についてより詳細に議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

N41a 二重白色矮星連星合体直前に形成される星周物質と Ia 型超新星の初期放射の起源

井上裕介 (京都大学), 前田啓一 (京都大学), 長尾崇史 (Turku 大学), 松本達矢 (東京大学)

SN 2002es-like や SN 2003fg-like と呼ばれる Ia 型超新星のサブクラスの起源として、スペクトルや光度曲線等の特徴から、二重白色矮星連星の合体後の即時爆発 (Violent merger シナリオ) が有力な候補とされている。一方で、02es/03fg-like 天体の詳細な早期観測によって、爆発直後の 1~2 日間、白色矮星の爆発のみから予想される光度曲線に比べて明るく光る現象 (early flux excess) が報告されている。その起源として、超新星爆発放出物と近傍の星周物質 (CSM) の衝突が有力である。これまでのところ、early flux excess は 02es/03fg-like 天体に一般的に見られるが、CSM の存在と Violent merger シナリオの関係は未解明である。

我々は、CSM と Violent merger シナリオの関連性を検証するために、質量輸送や質量放出等による角運動量の変化を考慮した二重白色矮星連星の合体に至る軌道進化モデルを構築した。その時間発展を解いた結果、連星合体時には系の近傍に質量が集中した CSM が存在し得ることを明らかにした。本講演では、CSM 形成がこのような連星合体における一般的な特徴であることを示すとともに、連星パラメータと形成される CSM の性質の関係について議論する。さらに、輻射流体計算コード STELLA を用いた計算により、超新星爆発放出物と CSM の衝突による多色光度曲線が 02es/03fg-like 天体でみられる early flux excess をよく説明できることを示す。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

N42a 連星由来の超高輝度突発天体

津名大地 (カリフォルニア工科大学)

Ibc 型超新星 (SN Ibc) は水素外層を失った大質量星の重力崩壊に伴う爆発であり、光度曲線やイベントレートなど様々な観測からその多くは連星相互作用により外層を失った星の爆発であることが支持されている。したがって連星系で SN Ibc が起こる際は、多くの場合親星の水素外層を剥がした、比較的近接した ($10^{12} - 10^{13}$ cm) 主系列星の相方が存在する。SN Ibc が起こった際、残ったコンパクト天体に働くキックにより、コンパクト天体が相方の方向にキックを受け相方と合体することが起こりうる。このような合体では相方がコンパクト天体に潮汐破壊され、コンパクト天体の周りに相方の星由来の降着円盤が形成される。円盤が太陽質量程度と大質量のため、X 線連星で観測されている降着率を何桁も超える降着により明るい突発天体が駆動されることが期待される (超巨大ブラックホール由来の潮汐破壊現象 TDE にぞらえて micro-TDE と呼ばれている。)。

本研究ではこのような SN Ibc を作る普遍的な大質量星連星系から出発して、合体によるコンパクト天体への超臨界降着とそれに付随する SN Ibc の超新星イジェクタへのエネルギー注入を組み込んだ光度曲線モデルを新しく構築した。このシナリオは現時点で確固たる説明のない極めて明るい突発天体、例えば通常の超新星の 100 倍程度明るい超高輝度超新星や、変動が数日と速く同様に超新星の 100 倍明るい突発天体 fast blue optical transients の観測をよく説明できることがわかった。本講演ではこの連星シナリオを紹介し、期待される突発天体の明るさ・タイムスケールおよびイベントレートについて議論する。本講演は出版論文 D. Tsuna & W. Lu (2025), ApJ 986, 84 に基づく。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

N43a 相対論的衝撃波面形状の時間変化を Thin-Shell 近似で追う

茂山俊和 (東京大学)

衝撃波の伝播によっていくつかの突発天体の明るさや色の時間変化は大きな影響を受ける。例えば、最近の観測から重力崩壊型超新星 (II 型) の多くは初期には爆発した物質が星周物質と衝突し生じた衝撃波からの熱放射で光っていることがわかっている (Förster+ 2018)。さらに II_n 型に分類される重力崩壊型超新星は広がった大量の星周物質を持っていて、衝撃波からの熱放射で長いものでは数年間も光っている。さらに、水素外層がなくなっただけから爆発する大質量星では、ジェット状に相対論的衝撃波が星表面から星周物質を通過してガンマ線バーストを起こす可能性もある。理論面からも、最近の重力崩壊型超新星の爆発シミュレーションは生じた衝撃波面の形が球面からかなり大きくずれていることを示している。このような現象での衝撃波が伝わる際の波面の形状変化はこれまで主に数値輻射流体計算を行って調べられてきた。本研究では、これらの現象を網羅的に調べるときに便利のように、特殊相対論的な流体力学方程式に Thin-Shell 近似を用いることで、その形状の時間変化を計算する定式化をした。Thin-Shell 近似を用いた計算は既に多くなされているが、球対称を仮定したものが多く (非相対論的なときでは例えば Moriya+ 2014, 相対論的なときには Suzuki+ 2017) ので、ここでは 2 次元流の場合の定式化と実際の計算例を紹介する。定式化は非相対論的な 2 次元流の定式化 (Giuliani 1982) に倣って行った。3 次元への拡張も容易に行えるはずだ。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

N44a 超高速 3 次元流体計算を用いた Ia 型超新星残骸の多様性の起源調査

藤丸祐生 (京都大学), Shiu-Hang Lee (京都大学), Gilles Ferrand (U. of Manitoba), Rüdiger Pakmor (MPIA), Samar Safi-Harb (U. of Manitoba), 長瀧重博 (理研), Friedrich K. Röpke (HITS), Anne Decourchelle (CEA Saclay), Ivo Seitenzahl (UNSW), Daniel Patnaude (SAO)

Ia 型超新星 (SN Ia) は爆発の様相が一様性が示唆されており、標準光源として利用されてきたが、理論・観測の両側面からその一様性は疑問視されている。また、Ia 型超新星残骸 (SNR) の鉄 K α 輝線のエネルギーと光度にばらつきが見られ (Yamaguchi et al. 2014)、SNR 期においてもその多様性が示唆されている。この多様性の起源解明には SNR の X 線スペクトル解析が不可欠である。X 線は爆発放出物や星周物質の衝撃波加熱により放射され、X 線スペクトル解析から得られるプラズマ状態や元素組成を通じて、親星の連星相互作用や星周環境の形成、爆発機構に迫ることができる。近年では XRISM 衛星の高精度分光観測により、視線速度など 3 次元構造に由来する情報が得られるようになった。一方、従来の理論研究では 1 次元流体計算と X 線スペクトル計算 (Badenes et al. 2003)、あるいは 3 次元流体計算のみ (Ferrand et al. 2021) に留まり、3 次元と X 線を両立した例はない。

本研究では、3 次元流体コード VH-1 (e.g. Blondin & Ellison 2001) により一様密度環境下で SN Ia 爆発モデルを 1000 年間進化させ、X 線観測計算ツール SOXS (ZuHone et al. 2023) により約 1eV の分解能で理論 X 線スペクトルを計算した。ここでは、局所的な領域や視線方向ごとの計算も行った。なお、爆発モデルには燃焼波 (Fink et al. 2014)、遅延爆轟 (Seitenzahl et al. 2013b)、二重爆轟 (Pakmor et al. 2022) モデルを用いた。その結果、赤方・青方偏移を伴う非対称な輝線構造や、Ia 型 SNR Tycho で観測されているようなダブルピークの輝線構造が見られた。モデルごとに異なる特徴も見られ、親星系や爆発モデルの定性的な制限可能性が示された。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

N45a 日本 VLBI 観測網による IIb 型超新星 SN 2024iss の電波フォローアップ観測

岩田悠平, 富永 望, 守屋 堯 (国立天文台), 前田啓一 (京都大学), 松岡知紀 (ASIAA), 藤澤健太, 新沼浩太郎, 穂本正徳 (山口大学), 米倉覚則 (茨城大学)

重力崩壊型超新星爆発の電波観測では、爆発前の親星からの恒星風による星周物質と、超新星爆発によるイジェクタとの相互作用によって生じたシンクロトロン放射が観測される。重力崩壊型超新星のうち IIb 型超新星は、水素外層を部分的に失った大質量星の崩壊によって生じるもので、連星進化や質量放出過程の理解において重要な天体である。我々は、2024 年 5 月 12 日に GOTO Collaboration によって近傍 (~ 14 Mpc) 矮小銀河で発見された爆発直後の IIb 型超新星 SN 2024iss について、日本 VLBI 観測網 (JVN) の山口 32 m、日立 32 m 電波望遠鏡による一基線電波干渉計を用いた、6.9, 8.4 GHz 帯のフォローアップ観測を実施した。発見の 3 日後から 366 日後までの間に合計 9 回の観測を実施し、このうち 10, 23 日後の観測では約 3 mJy の強度の電波放射が検出された。発見から 3 日後および、46 日後以降の観測では非検出であり、SN 2001ig などの他の IIb 型超新星で時折見られる再増光は、今回の観測の mJy の感度および 1 年の時間範囲では見られなかった。過去に同周波数帯で観測された IIb 型超新星の光度曲線のピーク時間の平均は爆発後 32 日であり (Bietenholz et al. 2021)、SN 2024iss は、やや早いピークを持つことが示唆された。電波放射の解析的モデルから、SN 2024iss の親星の質量放出率を計算すると、 $\sim 10^{-7} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ と求められた。これは、 $10^{-6} - 10^{-5} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ の質量放出率であったとされる IIb 型超新星 SN 1993J, SN 2011dh, SN 2016gkg よりも低い値であり、親星の周囲には比較的低密度の星周物質が広がっていたと考えられる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

N46a XRISM と Swift による SN 2024iss の初期 X 線放射の観測

内田裕之 (京都大), 深沢泰司 (広島大), 前田啓一 (京都大), 川端弘治 (広島大), 松岡知紀 (ASIAA),
ほか XRISM SN ToO チーム

超新星の爆発初期の星周物質の構造を知る上で X 線スペクトルの時間変動は有用である。しかし、これまで X 線衛星で超新星爆発の即時フォローアップに成功した例は少なく、特に爆発から 20 日以内の X 線の光度変動の情報は乏しいのが現状である。本研究では、2024 年 5 月 12 日 (UT) に発見された超新星 SN 2024iss の、爆発から数日から 2 週間にかけての X 線のスペクトル変動について報告する。SN 2024iss は、比較的近傍の (距離 18.67 Mpc) かみのけ座銀河団に属する銀河 PGC 1846725 で発生し、可視光スペクトルから IIb 型に分類される超新星である。breakout time は発見日の ~12 時間前と見積もられている (Yamanaka et al. 2025)。我々は可視光の発見報告を受けて、2023 年打ち上げの XRISM 衛星の Target of Opportunity (ToO) 枠により、5 月 24 日から 26 日まで約 70 ks の観測を実施した。軟 X 線撮像装置 Xtend のイメージで有意な放射を確認し、軟 X 線分光装置 Resolve と併せて $\lesssim 10$ keV で X 線スペクトルの取得に成功した。さらに初期の観測を行っていた Swift 衛星の公開データと同時解析を行うことで、X 線光度が単調減少する様子を確認できた。IIb 型超新星の X 線観測は過去に複数回行われているが、爆発初期 (14 日以内) の X 線スペクトルを取得できたのは SN 2024iss が初である。ただし統計の不足により、XRISM/Resolve の精密 X 線分光をもってしても顕著な鉄輝線を検出することはできず、フラックス上限のみが求まった。本講演では、XRISM および Swift の X 線解析の詳細について報告し、吸収やスペクトル形状の時間変動から星周物質の構造の推定を行う。また、過去の IIb 型超新星の X 線光度変動との比較、初期観測で鉄輝線の検出があった SN 2023ixf との比較を行い、SN 2024iss の星周物質の特徴について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N47a 大きな赤化を受けた Ib/Ic 型超新星 SN 2023dbc の光学・近赤外線観測

山中雅之, 永山貴宏 (鹿児島大学), 熊野朱里 (広島大学), Devendra Sahu (Indian Institute of Astrophysics), Avinash Singh (Stockholm University)

Ib/Ic 型超新星は水素外層が剥ぎ取られ、ヘリウムが炭素を表面に持つウォルフ・レイエ星由来の爆発現象であると考えられ、爆発エネルギーは多様性を示す。親星半径が小さいため暗く、星団に埋もれている場合が多い。直接検出の報告例は僅少で、依然としてその正体は不明瞭である。明るい時期の超新星観測からエジェクタのプロパティを推定することが求められるが、星間ダストで赤化を受ける場合も認められる。SN 2023dbc は世界時 2023 年 3 月 13 日に約 8Mpc の渦巻き銀河 M108 に発見された超新星である。その後の追分観測で大きな赤化を受けた Ic 型超新星であると報告がなされた (Perley et al. 2023, TNS)。我々は、鹿児島大学 1m 望遠鏡および近赤外線 3 バンド同時撮像装置 kSIRIUS を用いて 3 月 15 日より測光観測を開始した。また、Indian Institute of Astrophysics のヒマラヤン・チャンドラ望遠鏡を用いて 1 本の可視スペクトルを取得した。分析には、ZTF と ATLAS の公開測光データ及び TNS にて報告されたスペクトルも加えた。まず、可視・近赤外線データを用いて 3 つの色超過量を求め、ダスト減光量を $A_V = 3.6 \pm 0.1$ 等と推定した。赤化量を補正した可視の最大光度は $M_r = -16.2 \pm 0.4$ 等とやや暗い。一方で、赤化補正を行ったスペクトルを他天体と比較したところ、全体のプロファイルは比較的エネルギーの大きな Ib 型超新星の特徴に類似することがわかった。また、*r*-band ライトカーブから増光時間を 13.9 ± 1.0 日と求め、スペクトルを用いてケイ素の吸収線速度を 16000 km s^{-1} と求めた。これらの値を用いて、エジェクタ質量は $M_{ej} = 7.0 \pm 1.0 M_{\odot}$ 、運動エネルギーは $E_{kin} = (4.3 \pm 1.6) \times 10^{51} \text{ erg s}^{-1}$ が得られた。この超新星がやや爆発エネルギーの大きな Ib 型超新星に位置づけられることを示唆する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N48a 近傍で発生した中間光度の Iax 型超新星 SN 2025qe の早期観測

笹岡大雅, 酒向重行 (東京大学), 前田啓一, 川端美穂 (京都大学), 高橋一郎 (東京科学大学), 中岡竜也 (広島大学), Hanindyo Kuncarayakti (University of Turku), OISTER collaboration

Ia 型超新星の起源は連星系における白色矮星の暴走的な核融合反応による爆発とされており、分光的には最大光度時のスペクトルに水素の特徴が見られず、強いケイ素の特徴が見られる超新星として定義される。Ia 型超新星の多くは最大光度と減光率の間に強い相関関係があるため、Ia 型超新星は宇宙論的距離の標準光源として利用されている。しかし、近年、典型的な Ia 型超新星と同程度の減光率ながら最大光度が 1 等以上暗い特異なグループに属する天体が報告されており、それらは Iax 型超新星と呼ばれている。Iax 型超新星は低光度であることに加え、膨張速度や爆発エネルギーが小さいといった特徴がある。これらの特徴から Iax 型超新星は典型的な Ia 型超新星とは異なる親星及び爆発メカニズムを持つと考えられており、爆発後にも白色矮星の一部が重力束縛されたまま残る、不完全な爆発が有力なモデルとして提案されている。

SN 2025qe は 2025 年 1 月 18 日に発見された Iax 型超新星であり、東京大学木曾観測所 Tomo-e Gozen による突発現象アラート (笹岡ら、日本天文学会 2025 春季年会 V219a) を起点とした光赤外線大学間連携での追観測や Gemini 望遠鏡での観測により、早期からの測光・分光観測がなされている。これらの結果から、SN 2025qe は Iax 型超新星の中でも観測例の少ない中間光度 (最大光度の絶対等級が約 -16 等) の天体であることがわかった。本講演では、SN 2025qe に関して、爆発直後の観測で捉えられた C III 吸収線の特徴など、最外層の情報を反映する初期データをもとに爆発メカニズムについて考察した結果を述べる。また、早期の観測結果を Iax 型超新星を含む他の Ia 型超新星と比較し、爆発モデルの違いや Iax 型超新星の多様性に関する議論についても報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N49a IIn 型超新星の光度曲線サンプル解析

平松大地 (UF/CfA/IAIFI), Edo Berger (CfA/IAIFI), Sebastian Gomez (CfA), Peter K. Blanchard (CfA), Harsh Kumar (CfA), Wasundara Athukoralalage (CfA)

様々な超新星の親星と爆発機構の中で、特に観測的多様性を見せる IIn 型超新星の多くは未だ謎に包まれている。IIn 型の細い水素輝線 ($\sim 100 - 1000 \text{ km s}^{-1}$) で特徴付けられるスペクトルは、超新星放出物質と星周物質との衝突相互作用を示唆し、光度曲線の多様性にも反映されていると考えられている。それらの観測値を再現するために必要な星周物質環境は複雑であり、推定される親星の爆発前数ヶ月から数十年以内の質量放出量 ($\sim 10^{-3} - 10 M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$) は、一般的な恒星進化論や近傍星観測の予測値よりも数桁以上大きいものである。また、超新星放出物質は星周物質との衝突域で形成される光球に埋もれ、予想される超新星は低質量星 ($\sim 8 - 10 M_{\odot}$) の電子捕獲型、大質量星 ($\gtrsim 30 M_{\odot}$) の重力崩壊型や対不安定型から、中間質量星から成る連星系衝突等までと多岐にわたる。

本講演では、我々が進めている過去最大規模の IIn 型超新星サンプル解析について、可視光度曲線に焦点を合せて発表する。487 の IIn 型超新星からなるサンプルは複数のサーベイから構築され、我々はガウス過程回帰を用いることにより、一様に最大光度、タイムスケール、放射エネルギーなどの基礎的な観測量を測定した。その結果、IIn 型超新星は最大光度 ($\sim 10^{42} - 10^{44} \text{ erg s}^{-1}$) 及びタイムスケール (最大光度の 50% 以上の期間で $\sim 20 - 300$ 日) において広い範囲にわたる一方、最大光度の中央値 ($\sim 10^{43} \text{ erg s}^{-1}$) を境に、暗くて速い (~ 40 日) 群と明るくて遅い (~ 100 日) 群という、最大光度-タイムスケール空間で二つの明瞭なグループに分かれることを発見した。この特徴により、放射エネルギー分布には顕著な二峰性 ($\sim 10^{49} \text{ erg}$ と $\sim 2 \times 10^{50} \text{ erg}$) が現れ、IIn 型超新星は少なくとも二つの主要な親星や星周物質の形成経路から構成されていることが考察される。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N50a 可視近赤外線観測による luminous red nova AT 2023uhx の進化と物理量推定

堀切月葉, 山中雅之, 永山貴宏 (鹿児島大学), 板垣公一 (板垣観測所)

古典新星より明るく超新星よりも暗い gap transient の一種である luminous red novae (LRNe) は、共通外層 (common envelope) を形成するような近接連星の合体によって起こると考えられている。しかしサンプル数が少なく、その発生機構には未だ不明な点が多く残っている。AT 2023uhx は 2023 年 10 月 7 日に板垣公一氏によって発見され、その極大光度と、初期のスペクトルに見られる狭いバルマー線および Fe II 輝線に基づき、LRN に分類された。我々は鹿児島大学 1m 望遠鏡で可視近赤外線観測を実施し、計 19 夜分のデータを取得した。これに加え、ZTF および ATLAS の公開データ、さらに板垣氏提供の初期画像も使用して解析を行った。ライトカーブから、可視光では 90 日程度の plateau が続き、近赤外ではその後もフラットな状態が継続していることが明らかになった。SED を作成して黒体放射にフィッティングを行い、その光度、温度、半径を推定した。光度としての plateau は約 80 日継続し、これは可視光での plateau と同程度である。極大光度から 25 日後において温度が約 6000 K であったが、その後徐々に減少し、150 日後には約 3500 K まで達した。この温度減少は同程度の光度を持つ他天体に比べて速いタイムスケールであった。これらの他天体との比較から、この天体は他の extragalactic 天体に匹敵する光度を持つが、進化のタイムスケールは extragalactic 天体と Galactic 天体との中間に位置していることが示された。スペクトルに見られる H α 輝線の広がりから速度を 1300 km/s と見積もり、ejecta の質量を 22 太陽質量、運動エネルギーを約 10^{50} erg と推定した。これは概算見積もりで得られた放射エネルギー約 10^{47} erg に比べ 2 桁以上大きく、理論モデルのさらなる改良が求められる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N51a Long-lived IIn 型超新星 SN 2024dy に付随するダスト放射の性質

後藤颯太, 山中雅之, 永山貴宏 (鹿児島大学), 川端弘治, 中岡竜也 (広島大学), D.K.Sahu (IIA), A.Singh, A.Gangopadhyay (Stockholm University), K.Misra, N.Dukiya, M.Dubey, B.Ailawadhi (ARIES), 日印 SN 共同研究グループ

宇宙に存在するダストの起源はいまだ未解明であるが、超新星爆発に伴い形成されたダスト由来である可能性が指摘されている。IIn 型超新星は水素に富む星周物質 (CSM) と超新星エジェクタの相互作用に由来する放射が長期間見られることが知られている。特に明るく、数年のタイムスケールで観測されるものは long-lived type IIn と呼ばれ、SN 2010jl などの一部の良く研究されている超新星ではダスト放射に由来する赤外超過が報告されている。これが新しく形成されたダストからの放射であるとなると、宇宙のダストの起源に迫る重要な鍵となりうる現象である。我々は IIn 型超新星と同定された SN 2024dy について、鹿児島大学 1m 望遠鏡、広島大学 1.5m かなた望遠鏡、ARIES 3.6m Devasthal Optical Telescope, IIA 2.0m Himalayan Chandra Telescope を用いた約 500 日の長期観測を実施した。本天体は明るく緩やかな進化を見せる long-lived type IIn に分類され、後期観測では近赤外線での再増光が認められた。他の類似天体との光度曲線の比較によって、このサブクラスのうち最も暗いものの一つであることが判明した。また、後期 SED の解析からダスト放射に由来すると考えられる赤外超過を確認し、爆発後約 300 日で $2 \times 10^{-5} M_{\odot}$ 、約 500 日後には $7 \times 10^{-5} M_{\odot}$ のダスト質量が推定された。この赤外超過の開始と同時期に、可視光の光度曲線の減光率が上昇し、H α プロファイルの非対称性が現れた。これらの観測的事実は CSM との相互作用領域における新たなダスト形成を支持する。講演では、SN 2024dy の測光と分光観測の結果を報告するとともに、その観測の特徴と観測されたダストの起源について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N52a 「宇宙の噴水」W 43A のジェット根本に見られる一酸化珪素メーザー源

今井 裕, 星野 岳史 (鹿児島大学), Daniel Tafoya (チャルマース工科大学), José F. Gómez (グラナダ天体物理学研究所), 中島 淳一 (中山大学), Gabor Orosz (JIVE)

AGB/後 AGB 星でごく稀に見られる高速・双極分子ガス恒星ジェット天体「宇宙の噴水」において、ジェット根本に付随する一酸化珪素 (SiO) ($v = 1 J = 5 \rightarrow 4$) メーザーを ALMA を用いて初検出・撮像したので報告する。宇宙の噴水が作り出すジェットは、共通星周ガス縁を形成する連星系から駆動されると考えられているが、この連星系は依然空間解像されておらず、ジェットの根元がどこに存在しそこに何があるのか判然としていない。今回「宇宙の噴水」の代表格である W 43A にて新たに撮像された $v = 1 J = 5 \rightarrow 4$ SiO メーザー源は、VLA で撮像された $v = 1 J = 1 \rightarrow 0$ SiO メーザー源共に、CO $J = 2 \rightarrow 1$ 輝線や 1.3 mm ダスト連続波放射から位置推定されているジェット根本付近の 10 ミリ秒角 (~ 20 au に相当) 以内、視線速度では $\sim 2 \text{ km s}^{-1}$ 以内にそれらメーザースポット群の運動学的中心位置が一致している。CO 輝線輝度分布から示唆される 5–7 年周期でのジェットガス塊放出や、中心恒星系には質量 4 $M_{\odot}$ 未満の水酸基/赤外線 (OH/IR) 星が存在する可能性も踏まえると、W 43A が連星系を成す場合その軌道半径は 6 au 以内であると推察される。上記 SiO メーザー源では、双極ジェット根本付近のノズルに相当する部分において低速度ガス流が形成されている、ということで撮像結果を説明できる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N53a Mira 型変光星からの低質量放出率かつ低速度の星風

保田悠紀 (北海道大学)、鈴木建 (東京大学)、小笹隆司 (北海道大学)

近傍の Mira 型変光星の表面磁場強度は SiO メーザーの偏光観測 (Herpin et al. 2006; Marinho et al. 2024) から推定されるメーザー領域での強度を表面へと外挿することで見積もることが可能である。数ガウス以上の表面磁場を持つ Mira 型変光星 33 天体の内、19 天体の星風は低質量放出率 ($\dot{M} < 10^{-6} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$) と低速 ($v_{\text{gas}} < 10 \text{ km s}^{-1}$) である (e.g., Young 1995)。しかし前回示したように脈動の影響を考慮した磁束管内での MHD 星風モデルでは α Cet からの低い $\dot{M}$ ($\sim 10^{-7} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$) を再現可能であるが、その場合低速風にはならなかった。今回は改良したモデルを α Cet と更に低い $\dot{M}$ ($\sim 10^{-8} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$) を示す R CnC に適用し低速風の再現可能性を検証する。

改良したモデルでは、表面上空での磁束管の形状は脈動大気的气体圧よりも周辺の磁気ループの形状に影響されるとし、太陽風や赤色巨星風用のモデル (Matsuoka et al. 2024; Suzuki et al. 2025) で使用される関数形を採用する。その際、圧力スケールハイトに脈動に伴う上層大気を持ち上げの効果と時間変化を反映させた。

両天体の場合とも星風特性 ($\dot{M}$ と v_{gas}) は管内の内部境界での擾乱速度 δv に強く依存する。 $\dot{M}$ には正の相関がある一方、 v_{gas} への依存は複雑である。 δv が 3 km s^{-1} 以下の場合負の相関があり、それ以上の値で星風がほぼ停止する傾向にある。しかし δv が 5 km s^{-1} 以上となると星風は安定して流れ始め、 v_{gas} へ正の相関がある。星風がほぼ停止する δv の範囲は管外の脈動の速度振幅 Δv_{up} にも依存する。この値を増大させることで、圧力スケールハイトが増えまた強い時間変化を与えると v_{gas} がより増大し星風は停止せず安定化する。 α Cet の場合、その v_{gas} は再現できるがほぼ停止する時期がある。R CnC の場合、その星風は更に間欠性が強くなる。発表では計算結果を示し、特に低速風の生成条件やその安定性について論じる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N54a AGB の恒星進化の最終形態についての新たな提案

浦郷陸 (アストロバイオロジーセンター)、藤本正行 (北海道大学)、面高俊宏 (鹿児島大学)

AGB 星の進化において、質量放出は最も重要な物理過程の一つであるが、その駆動機構については依然として明確な理解が得られていない。period – M_{bol} 図上での観測との比較では、現行の wind 型モデルの質量放出率が過大に見積もられている。さらに、質量放出において本質的な役割を果たすとされるダストの速度についても、未だ観測的証拠が得られていないのが現状である。

本発表では、pulsation による外層の質量を星周へと供給される「mass lifting」過程を経て、恒星からの放射圧とダストによる圧力が釣り合う安定なダスト包層 (circumstellar envelope; CSE) が形成される機構を提案する。 κ mode pulsation においては、脈動振幅が十分に成長しておらず、mass lifting が不十分であるため、形成された CSE は恒星からの放射圧によって容易に吹き飛ばされる。一方で、Dynamical instability によって励起される γ mode pulsation へと遷移すると、振幅が増大すると、mass lifting により効率的に質量が CSE に供給され、輻射圧によって十分に吹き飛ばされなくなる。これは、赤色巨星の外層と同じ、膨張とともに質量が増加する構造である。

その代表的な例が IRC+10216 である。この天体は、電波観測からわかる Mira 期に放出された拡散した外層成分と、その内側に赤外線観測からわかるダストに富んだ CSE と AGB 星の外層という二重の赤色巨星構造を有している。このような構造は、従来の風型モデルでは説明が困難であった、コンパクトな “extreme red object” に見られる特徴をよく再現するものである。本研究の提案するモデルは、AGB 星における質量放出、ダストの形成・成長過程、さらには分子進化に対する新たな理解の枠組みを提供するものである。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N55a ニュートリノで読み解くブラックホール形成

諏訪雄大 (東京大学), 赤穂龍一郎 (早稲田大学), 芦田洋輔 (東北大学) 原田了 (茨城高専), 原田将之 (東京大学), 小汐由介 (岡山大学), 森正光 (沼津高専), 中西史美 (岡山大学), 中里健一郎 (九州大学), 住吉光介 (沼津高専), Roger Wendell (京都大学), 財前真理 (東京大学)

大質量星が最期に超新星爆発を起こさず、重力崩壊によってブラックホールを形成すると考えられている failed supernova という現象が近年注目されている。アンドロメダ銀河で発見された候補天体 M31-2014-DS1 は、この現象をマルチメッセンジャー天文学で検証する絶好の機会をもたらした。

本研究では、この候補天体を念頭に置き、大質量星の重力崩壊によってブラックホールが形成される際に放出されるニュートリノ信号を系統的に調査した。多数の数値シミュレーションに基づき、スーパーカミオカンデ (SK) で期待されるニュートリノイベント数を算出した。その結果、理論モデルによっては、SK で検出され得る事象数が期待されることが分かった。

さらに、このニュートリノ信号が核密度物質の状態方程式 (EOS) の不定性にどう依存するかを評価するため、上記の理論モデルを EOS ごとに分類して解析した。M31-2014-DS1 の発生時に SK でニュートリノが検出されなかったという観測事実と我々の予測を比較することで、一部の EOS に厳しい制限を与えた。これは、現在のニュートリノ検出器が重力崩壊の物理、特に EOS に対して高い感度を持つことを意味し、ニュートリノ観測が failed supernova シナリオにおける重力崩壊とブラックホール形成の過程を探る上で、極めて有効な手法であることを実証するものである。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N56a 星団における連星ブラックホールを持つ階層 3 体系の形成とその発見戦略

谷川衝 (福井県立大学), Long Wang (中山大學), 藤井通子 (東京大学), Alessandro A. Trani (ニールス・ボーア研究所), 林利憲 (京都大学), 須藤靖 (高知工科大学)

2022 年に位置天文衛星 Gaia が公開した Gaia DR3 により、3 個のブラックホール (BH) が発見された (e.g. Tanikawa et al. 2023, ApJ, 946, 79)。Gaia BH と呼ばれているこれらの天体は、太陽質量程度の恒星と BH の連星で軌道周期が 200 から 4000 日である。BH を持つ低質量 X 線連星 (軌道周期 10 日以下) とは質的に異なる天体である。Gaia BH を孤立連星系からの連星進化で作るのは困難である一方で、散開星団中での力学進化で作るのは有望であることが散開星団の N 体計算で明らかとなっている (Tanikawa et al. 2024, MNRAS, 527, 4031)。

我々は Gaia BH を散開星団の N 体計算で作る過程で、2 つの BH からなる連星 BH (BBH) とその周りを公転する恒星からなる階層 3 体系 (Gaia BBH) が多数形成されていることに気づいた。くわしく解析した結果、Gaia BBH の形成率は、低金属量環境の場合、Gaia BH の形成率の 10% という非常に高いものであった。

Gaia BBH の発見方法を検討した結果、BBH の周りを公転する恒星の視線速度変化を調べるのが最も有望であると我々は結論した。BBH の摂動によって恒星の視線速度変化はケプラー解からずれる (Hayashi et al. 2020, ApJ, 890, 112)。我々は、N 体計算を基に、40 個の Gaia BH の中に検出可能な視線速度のずれを持った Gaia BBH が 1 つは存在することを明らかにした。Gaia DR4 では Gaia BH が数 10 個見つかる予想されているので、数年以内に Gaia BBH を発見できる可能性がある。本発表では、我々の N 体計算の結果を紹介し、数 10 個の Gaia BH の中からいかに Gaia BBH を発見するかの戦略について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N57a ブラックホール形成超新星となり得る大質量星の進化と放射性同位体 ^{26}Al の合成

鈴木昭宏 (東京大学)

大質量星は進化の最期に重力崩壊によってコンパクト天体 (中性子星あるいはブラックホール) を形成すると考えられているが、どの初期質量の星が超新星爆発を起こし、中性子星とブラックホールのどちらを残すのかについてはよく分かっていない。ニュートリノ駆動爆発シナリオに基づいた超新星爆発シミュレーションは、これらの疑問への直接的な研究手段であり、将来的に親星の構造と爆発の特徴量の関係が明らかになることが期待される。現状では、中心 $2.5 M_{\odot}$ 付近の compactness (ある質量座標 M_r と対応する半径 r との比) が小さな親星ほど爆発しやすいが、compactness が大きな親星は降着する物質の動圧が大きくブラックホールが形成されやすいとされる。一方で最新の爆発シミュレーションでは、初期質量の関数として見たときに compactness の極大がある $40 M_{\odot}$ の親星であっても、中心はブラックホールに崩壊しつつも、その外側は吹き飛び超新星になる可能性が指摘されている (ブラックホール形成超新星; e.g., Burrows et al. 2024)。

本研究では、公開恒星進化コード MESA (Paxton et al. 2011 等) を用いた恒星進化計算で、ブラックホール形成超新星を起こし得る高 compactness の親星モデル (初期質量 $30\text{--}40 M_{\odot}$) を作成した。そのような親星は $2 M_{\odot}$ 近くの重い鉄コアを持つが、その原因は炭素燃焼以降の対流層の発達によるところが大きい。今回、compactness の高い親星を特徴付ける同位体が存在するかを調べ、放射性同位体 ^{26}Al が対流層の発達によって効率的に生成し、親星の compactness と高い相関を持つ可能性があることが分かった。この結果は、 ^{26}Al の核ガンマ線観測によって検証されることが期待できる。講演では、計算した親星モデルについて解説し、詳細について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N58a 超新星フォールバックにおける親星水素外層効果の統一的描像に向けて

篠田兼伍, 諏訪雄大, 澤田涼 (東京大学), 平井遼介 (理化学研究所・モナッシュ大学), 富田賢吾 (東北大学), 岩崎一成 (国立天文台), 鈴木建 (東京大学)

超新星におけるフォールバックは、重力崩壊後に形成される原始中性子星やブラックホールの形成・進化史に直結する重要な現象である。

フォールバックにおける最大の不定性は、水素外層とヘリウムコアの境界で生じた逆行衝撃波が中心コンパクト天体に落ち込む現象に起因することが近年になってわかってきた。さらに、この現象が中性子星角運動量の $\sim 1\text{--}2$ 桁の増加やブラックホール質量の $\sim 3M_{\odot}$ の増加を引き起こすなど、

さまざまな影響を中心コンパクト天体に及ぼす可能性が活発に議論されている。しかし、水素外層の質量や束縛エネルギーのみに着目したフォールバックの定量的評価はこれまで行われてこなかった。

我々の $M_{\text{ZAMS}} = 18M_{\odot}$ の親星における計算では、逆行衝撃波の有無によりコンパクト天体質量は $3M_{\odot}$ から $5M_{\odot}$ へと増加することが確認できた (2025 年春季年会 N45a) が、今回は $M_{\text{ZAMS}} = 18\text{--}28M_{\odot}$ に質量範囲を拡張し、より広い水素外層の束縛エネルギー範囲でフォールバック降着量の定量評価を行った。その結果、親星質量によらず、爆発エネルギーが水素外層の束縛エネルギー ($\sim 10^{50}\text{ erg}$) の 2–3 倍となる狭い範囲で、コンパクト天体質量が星の全質量の 10–30% ほど急増する領域が現れることを発見した。

本発表では、流体シミュレーションコード Athena++を用いて、爆発エネルギーと水素外層の束縛エネルギー、さらに逆行衝撃波降着の有無が、最終的なフォールバック量およびコンパクト天体の質量に与える影響を統一的に議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#) [スケジュール \(全体\) に戻る](#) [講演者索引 TOP に戻る](#)

N59a 周連星系円盤の連星軌道進化への影響の普遍性

鴈野重之, 中村賢仁 (九州産業大学)

重力波放出により合体する二重中性子星連星や、一部の白色矮星を含む連星系など、軌道間隔の短いコンパクト連星系は、共通外層進化を経て軌道を取縮させたと考えられている。共通外層進化過程で失われた巨星外層の一部は周連星系円盤として残り、連星軌道進化にさらに影響を与える可能性があるが、あまり検討されてきていない。そこで、連星系を取り巻く標準円盤の内縁での粘性時間で軌道収縮・円盤散逸が進むという簡単な過程のもとに、周連星系円盤の存在による連星軌道の進化を評価した。その結果、周連星系円盤の存在により、共通外層進化後の連星系の軌道は、共通外層進化後の軌道間隔から更に 20% 以下にまで収縮することが示された。この結果は周連星円盤の質量や構造、さらには中心の連星系の特徴などにはほとんど影響されないことも示す。ただし、連星系の軌道が極めて狭い場合には、軌道収縮の度合いが増す可能性も示唆された。共通外層進化後にさらに軌道の収縮が起こり得るという結果は、星同士の合体率や、宇宙年齢以内に合体する二重中性子星連星の形成率などにも影響するだろう。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#) [スケジュール \(全体\) に戻る](#) [講演者索引 TOP に戻る](#)

N60a WZ Sge 型矮新星 GOTO065054.49+593624.51 の進化経路に関する観測的研究

保家大将 京都大学

白色矮星を主星としてロッシュローブを満たす伴星からなる近接連星系を激変星と呼ぶ。伴星から主星にガスが輸送されることで白色矮星周辺に降着円盤が形成されており、この降着円盤が不安定になることでアウトバーストを示す天体を特に矮新星と呼ぶ。今回はそのサブタイプである WZ Sge 型矮新星について観測を行った。WZ Sge 型矮新星では数年から数十年の間隔でスーパーアウトバーストと呼ばれる増光がおこり、また減光後すぐに明るくなる再増光という現象がよく見られる。WZ Sge 型矮新星は、その光度曲線のスーパーアウトバーストや再増光の特徴から 5 つのタイプに分けることが出来る。このタイプ分類は、軌道周期や連星質量比といった連星パラメータと相関があることが経験的に知られている。しかし、相関をもつ物理的由来、再増光を引き起こすメカニズムはまだ解明されていない。よって、各天体の再増光の振る舞いや、それらの天体の連星パラメータを調べることは重要となる。我々は 2024 年 10 月にスーパーアウトバーストを起こした WZ Sge 型矮新星 GOTO0650+5936 について国際的な観測ネットワーク VSNET を通じた観測を実施し、解析により連星パラメータを推定した。WZ Sge 型矮新星ではスーパーハンプと呼ばれる軌道周期よりも数%長い周期の光度変動が起こることが判明しており、スーパーハンプ周期と質量比には相関があることが潮汐不安定性モデルによって理解されている。GOTO0650+5936 ではスーパーハンプ周期を 0.063231(21) 日と見積もり、本天体の質量比を $q=0.074(14)$ と推定した。この解析により、本天体が複数の再増光を示すタイプ B かつスーパーアウトバースト中に減光を挟むタイプ E という 2 種類の再増光タイプを同時に持つ天体であり、このことから GOTO0650+5936 はタイプ B からタイプ E へと進化するフェーズにある非常に珍しい天体であることが示唆された。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#) [スケジュール \(全体\) に戻る](#) [講演者索引 TOP に戻る](#)

P101a 大マゼラン雲 N159 の大質量分子雲コアを持つミニチュア・ヘッドテイル雲

徳田一起 (香川大学), 福井康雄 (名古屋大学), 山田麟, 柘植紀節 (岐阜大学), 井上剛志 (甲南大学), 野崎信吾, 中村優梨佳 (九州大学), 原田直人 (東京大学), 大西利和 (大阪公立大学), 河野樹人 (名古屋市科学館)

大質量星形成を始動させる機構を理解するためには、その母体となる分子雲の性質を把握することが鍵となる。中でも大マゼラン雲 (LMC) は、個々の分子雲構造を純粋に捉える点では銀河面の星形成領域よりも有利な条件を提供する。これまでに LMC の N159 領域では、ALMA による観測から、互いに 10–50 pc 離れた位置に独立して存在しながらも、全長 10–30 pc 程度の共通したヘッドテイル形状を持ち、そのヘッドの部分に大質量のハブ・フィラメント分子雲を有するシステムが 3 つ報告されている。これらは、小マゼラン雲との相互作用に起因する大規模なガス衝突が形成要因として提案されてきた。本研究では、ALMA より取得された空間分解能 ~ 0.1 pc のデータ群を再解析し、既知の N159W-South クラump (Tokuda et al. 2019) からわずか 2 pc 西に位置する領域において、新たにヘッドテイル状のハブ・フィラメントシステムを発見した。この構造は南北方向に約 2 pc にわたる長さを持ち、 ^{13}CO より導出した総ガス質量は約 $4 \times 10^2 M_{\odot}$ であった。その南端には、1.3 mm 連続波、CS(5–4)、 HCO^+ (4–3) 輝線で検出される約 $40 M_{\odot}$ の分子雲コアが存在し、既知のヘッドテイル雲と多くの類似点を有することから、本構造はそのミニチュア版と見なせる。さらに、同位置において約 $5\text{--}8 \text{ km s}^{-1}$ のブルーシフト成分が ^{12}CO により検出されており、局所的なガス衝突がヘッドテイル構造の形成に関与している可能性が示唆される。加えて、既報の類似システムと比較すると、母体クラウドと高密度コアの質量に正の相関が見られたことから、衝突誘起の構造が初期条件に応じてスケールは異なるものの、類似した形態をとる傾向があることを示す。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P102a ALMA 望遠鏡を用いた大マゼラン雲における大質量星原始星に付随する分子ガス・電離ガスの観測的研究 (2)

安達大揮, 大西利和 (大阪公立大学), 徳田一起 (香川大学), Sarolta Zahorecz, 河村晶子 (国立天文台), 西合一矢 (鹿児島大学), 福井康雄 (名古屋大学)

大質量星は、強力な紫外線放射や星風、超新星爆発によって星間物質を大きく変化させ、重元素を宇宙空間に供給することで銀河進化に重要な役割を果たしている。銀河系内の大半の大質量星形成領域は銀河面上に位置するため、星形成直前・直後のガス状態やフィードバックの詳細解明には必ずしも適さない。そこで我々は、視線方向の重なりの影響が小さく、最も近傍の星形成銀河である大マゼラン雲に注目し、分子ガスの観測的研究を進めている。具体的には、Spitzer 望遠鏡で同定された高光度原始星 40 天体を ALMA 望遠鏡を用い、高空間分解能 (約 0.5 pc) で観測し、 $^{13}\text{CO}(J=1-0)$ 、 $\text{CS}(J=2-1)$ 、3 mm 帯連続波、 $\text{H4}\alpha$ の各データを解析した。これまでの解析により、ほぼすべての天体から ^{13}CO でフィラメント構造が確認され、また、35 天体においては原始星周辺に高密度ガスの付随を示す CS が検出された (安達他 2024 年秋季年会)。

本研究では分子雲・原始星の進化に着目して解析を行った。CS 強度を ^{13}CO 強度で割った比は、その領域における高密度ガスの割合を示す指標となる。本研究では、各天体について原始星の直近領域 ($r \leq 0.24$ pc) とその周辺領域 ($r \leq 1.2$ pc) でこの CS/ ^{13}CO 比を算出し、両者を比較した。その結果、原始星付近で CS/ ^{13}CO 比が周辺よりも低い天体ほど、3 mm 帯連続波強度が大きく、明確な相関が見られた。これは CS/ ^{13}CO 比が原始星の進化段階や質量を反映している可能性を示唆している。本講演では、これらの観測結果をもとに大質量星形成過程における原始星と分子雲の進化について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P103a Deciphering the Origin of Dense Cores in Molecular Clouds

Fumitaka Nakamura, Kousuke Ishihara (NAOJ), Patricio Sanhueza (Tokyo), Masao Saito (NAOJ)

Stars form from dense cores in turbulent molecular clouds, which form as a result of cloud fragmentation. However, the physical mechanisms behind this process remain poorly understood. We here investigate cloud fragmentation in nearby molecular clouds, focusing on the roles of self-gravity and turbulence. Using astrodendro on Herschel data, we identified dense cores and measured their masses and separations across 14 clouds. These were grouped by star-forming capability: quiescent, low-mass, and intermediate-mass clouds.

We compared core properties with predictions from gravitational and turbulent fragmentation. In total, 8416 cores were identified. We found that core mass and separation are significantly smaller than predictions from gravitational fragmentation, but agree with the predictions of turbulent fragmentation. The characteristic core mass and separation appear set by the sonic scale (L_S), below which thermal pressure dominates over turbulence. For nearby clouds, L_S is ~ 0.1 pc, matching the observed peak separation. also matches observed values. These results suggest turbulent fragmentation dominates core formation (Ishihara et al. 2025a, A&A, 695, L25; Ishihara et al. 2025b, submitted to A&A).

This conclusion also applies to high-mass star-forming clumps, where gravitational fragmentation was previously favored (Ishihara et al. 2024). In these clumps, core separations peak at 0.02–0.04 pc, which is comparable to the clump sonic scale, $L_{S,\text{clump}}$. $L_{S,\text{clump}}$ already exceeds the Jeans threshold due to high densities. Thus, **turbulent fragmentation likely governs core formation across various cloud environments.**

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P104a Magnetic Field Dragging in the Filamentary High-mass Star-forming Region G35.20-0.74N due to Gravity

Jihye Hwang, Patricio Sanhueza, Josep Miquel Girart, and MarMaR Team

Magnetic fields can play an important role in regulating star formation processes against gravity or turbulence. However, the role of the magnetic field in massive star-forming regions is still debated. We investigate magnetic field orientation, strength, and gas kinematics in the massive star-forming region G35.20-0.74N (G35) using the polarized dust emission and H^{13}CO^+ spectral line data obtained by the Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) as part of the Magnetic fields in Massive star-forming Regions (MagMaR) survey. The G35 region shows a mini filamentary structure with a length of ~ 0.1 pc and a width of 0.02 pc, in which six bright cores are fragmented. We apply the Davis-Chandrasekhar-Fermi method using a small moving box on the polarization data to derive the map of magnetic field strengths in G35. We estimate magnetic field strengths varying from 0.2 to 5.1 mG with a mean value of 1.1 ± 0.6 mG. We also estimate the mass to magnetic flux ratio in units of the critical value, which ranges from 0.2 to 5.5. Values greater than 1 near the six cores indicate that gravity is significantly more dominant than the magnetic field. We also estimate velocity gradient along the filament of $27 \text{ km s}^{-1} \text{ pc}^{-1}$. Magnetic field lines are aligned along the direction of velocity gradient. Magnetic field lines on scales of ~ 0.1 pc, which are larger than the ALMA beam, are perpendicular to the filament. Based on these results, we suggest that gas flows and gravity can drag magnetic field lines along the filament.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P105a フィラメント・フィラメント衝突とハブの形成 II. 衝突断面積

富阪幸治, 柏木頼我, 岩崎一成 (国立天文台)

フィラメント状の星間雲が星形成との関連で注目を集めている。観測的には、大質量星形成が起こる主な場所は複数のフィラメント同士が結合した部位 (ハブ) と考えられている (Kumar+ 2020, AAp, 642, A8). 我々は、フィラメント同士の衝突がハブの形成を経て星形成に至るという考えのもと、フィラメント同士の衝突の MHD シミュレーションを行って来た (Kashiwagi+ 2023, ApJ, 954, 129; Kashiwagi+ 2024, ApJ, 974, 265). 一方で、衝突過程の解析的取り扱いも進んでいる。2024 年秋季年会 (P120a) において、線質量 λ , 半径 R が同一の無限に長い 2 本の直線上のフィラメント同士の衝突から形成されるハブの質量を衝突方向 $\mathbf{v}/|\mathbf{v}| \equiv \mathbf{n}_v$, フィラメントの軸の方向 $\mathbf{n}_1$ 及び $\mathbf{n}_2$ も使って (以下 3 ベクトルと呼ぶ) 表す表式を提案した。今回は、有限長の 2 本のフィラメントの衝突を解析的なモデルで調べた。主な結果は以下の通り。[1] フィラメント同士の衝突断面積を求めた。半長 p と半径 q を持つ円筒状フィラメント同士の衝突断面積は、 $S = 4p^2 |\sin \phi_{12}| |\mathbf{n}'_1| |\mathbf{n}'_2| + 4pq(1 + \cos \phi_{12})(|\mathbf{n}'_1| + |\mathbf{n}'_2|) + \mathcal{O}(q^2)$ と 3 ベクトルの方向による。ここで、 $\mathbf{n}'_1, \mathbf{n}'_2$ はそれぞれ $\mathbf{n}_1, \mathbf{n}_2$ の $\mathbf{n}_v$ に垂直な平面への射影、 ϕ_{12} は $\mathbf{n}'_1$ と $\mathbf{n}'_2$ の間の角度。[2] 3 ベクトルの方向が何れも等分布の時、全立体角平均した衝突断面積 $\bar{S}$ は、 $p \gg q$ の場合、 $\bar{S}_0 = \pi p^2/2 \simeq 1.57p^2$ となった。半径 p の球の幾何的衝突断面積 $4\pi p^2$ の $1/8$ にあたる。[3] フィラメントが板状星間雲の分裂で生じていると仮定し、3 ベクトルが板に揃う傾向が、平均衝突断面積に与える影響を調べた。一例として板の法線からの角度の余弦 ($\cos \theta$) が 3 ベクトルとも、平均 0, 標準偏差 0.05 の正規分布をするなら、平均衝突断面積は $\bar{S} \sim (1/8)\bar{S}_0$ となった。[4] 衝突断面積の効果を考慮して期待されるハブの質量関数 $p(> M)$ を求めると、 $dp(> M)/d \ln M \propto M^{-1.98}$ が得られた。Salpeter(1955, ApJ, 121, 161) の星の初期質量関数 (IMF) のべき -1.35 よりもやや急な冪が得られた。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P106a IC 348 における分子雲衝突に誘発されたフィラメント形成

伊藤拓冬¹, 立原研悟¹, 山田麟^{2,3}, 深谷直史¹, 出町史夏¹, 星満¹, 福岡耀¹, 福井康雄^{1,2}, 徳田一起⁴, 佐野栄俊², 河野樹人⁵, 西村淳³ (1: 名古屋大学, 2: 岐阜大学, 3: 国立天文台, 4: 香川大学, 5: 名古屋市科学館)

近年の理論研究からフィラメント形成には衝撃波が必要であることが指摘されている。観測的には、ペルセウス座分子雲中の小質量星団形成領域である NGC 1333 で、分子ガスの分布と速度場、さらに若い星の運動の比較から、膨張シェルに駆動された分子雲衝突が、高密度フィラメント形成と星形成を誘発していることが示唆された (伊藤他 2024 年秋季, 2025 春季年会)。しかし、分子雲衝突によるフィラメント形成の観測的証拠は NGC 1333 に限られ、フィラメントの線質量と母体ガスの水素分子柱密度との関係は調べられていない。そこで、ペルセウス座分子雲中のもう一つの星団形成領域であり、同じ膨張シェルに分子雲衝突が駆動されていると考えられる IC 348 についても、野辺山 45m 望遠鏡で高分解能 ($14'' = 0.015$ pc) の CO の観測を行った。その結果、観測範囲内のガスの総質量は $550 M_\odot$ であり、 ^{13}CO の速度構造から、分子雲衝突の兆候が確認された。また、 C^{18}O のピーク強度図から 20 本のフィラメント構造が同定され、線質量は $4\text{--}125 M_\odot/\text{pc}$ に分布し、最大値が NGC 1333 と比べ約 2 倍小さい。また、柱密度の大きいフィラメントや Class0/I の若い星は衝突している二つの分子雲が重なっている領域に集中しており、フィラメントに垂直な方向の位置速度図はフィラメントの位置を谷とする V 字構造を示す。これらの結果は IC 348 での分子雲衝突に誘発されたガス降着によるフィラメント形成を支持している。さらに、IC 348 の柱密度の最大値は NGC 1333 の $1/2$ であり、衝撃波速度が等しい環境下では、形成されたフィラメントの線質量は母体ガスの柱密度によって決定されることを示唆している。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P107a 磁化した乱流フィラメントにおける両極性拡散の効果とイオン-中性粒子ドリフトの観測可能性の検証

三杉佳明 (国立天文台), Doris Arzoumanian (九州大学), 塚本裕介, 吹原遥 (鹿児島大学), Silvia Spezzano, Sigurd S. Jensen, Tommaso Grassi, Jaime E. Pineda, Paola Caselli (MPE)

分子雲コアから形成される星が多重星となるか単独星となるか、そもそもコアが重力収縮可能かどうかを決める上で、磁場強度は重要な役割を果たす。偏光観測からは重力と釣り合うかそれよりも少し弱い程度の磁場強度も示唆されているため、強磁場環境下では両極性拡散が重要な役割を果たしている可能性がある。近年の観測により、フィラメント状分子雲から分子雲コアスケールに渡ってイオン-中性粒子ドリフトと思われる速度差が観測されつつある (Pineda et al. 2021, Arzoumanian et al. in prep). このような観測結果はフィラメント内でコアが形成される際の両極性拡散の効率、そして磁場強度に制限を与えうするため、これらの観測とシミュレーションの比較が強く求められている。我々は両極性拡散の効果を考慮したフィラメント状分子雲分裂シミュレーションを実行した。その際に Tsukamoto & Okuzumi (2022) で開発された磁気抵抗値の解析モデルを組み込むことで、各ダストサイズ分布での両極性拡散の影響について調べた。その結果、コアの角運動量はダストサイズ分布が MRN 分布の場合とダストがより成長したモデルの間でファクター 2 程度の差が現れることがわかった。また、視線方向にドリフト速度を密度で重みづけし積分することで観測との簡単な比較も行った。その結果、コア周囲の磁場は比較的対称的な構造をもっているため、観測されるドリフト速度は三次元での最大ドリフト速度よりも小さくなることがわかった。我々の結果は、観測で示唆されているような高密度領域での 0.05km/s 程度のドリフト速度を再現するためには、ダストが特にコア内の高密度領域では成長している必要があることを示唆している。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P108a NH₃ 輝線から導出した温度分布から探る天の川銀河における分子雲進化過程

柴田洋佑 (鹿児島大学/名古屋大学), 立原研悟, 出町史夏 (名古屋大学), 山田麟 (国立天文台/岐阜大学), 半田利弘 (鹿児島大学/工学院大学), 村瀬建 (岐阜大学), 松坂怜 (東京大学), 笠井梨名, 今井裕 (鹿児島大学), 藤田真司 (統計数理研究所)

銀河において、分子雲は星の誕生現場であり、銀河進化の理解には分子雲の進化過程の解明が本質的である。分子雲の進化の系列は、星形成活動を指標としたタイプ分類から推定でき、これまでに複数の系外銀河の巨大分子雲を対象に検証されてきた (LMC: Fukui et al. 1999, M33: Konishi et al. 2024, M74: Demachi et al. 2024)。一方、より詳細な分子雲の進化過程を理解するには、分子雲の内部を分解可能な空間分解能での検証が不可欠である。この分解能の達成には天の川銀河が最適である。しかし、可視光や赤外線波長帯を用いた従来手法による星形成活動の見積もりには、星間減光や視線方向上の分子雲の重なりといった問題が生じる。そこで我々は、分子雲の温度判定に優れた高密度ガストレーサー、NH₃ 分子輝線を用いた星形成活動の推定を試みた。銀河系内の分子雲 12 天体に対し温度と中間赤外線 (MIR) の分布を比較した結果、MIR が付随せず低温の高密度ガスが見られる星形成前段階と、加熱されたガスと MIR が付随する星形成段階に分類された。低温/加熱領域それぞれの温度は ~10 K と ~30–40 K であり、分子雲の平均温度と MIR 光度には正の相関が確認された (柴田他 春季年会 2025 年)。また、星形成段階の分子雲を対象に温度の動径分布を解析したところ、ピーク温度が高く加熱範囲が狭い (<5pc) a 型と、ピーク温度が低く加熱範囲が広い (>5pc) b 型に分類された。YSO カタログ (Marton et al. 2016) と MSX 点源カタログ (Egan et al. 2003) を用いて星の光度とガス温度の動径分布を比較すると、両者の形状は類似する。この結果から、b 型動径分布は複数の星形成領域からの加熱により生じることが示唆される。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P109b 日立 32-m 電波望遠鏡を用いた 6.7 GHz class II メタノールメーザーの高頻度モニター観測による Zeeman 分裂の検出

森泉 怜 (茨城大学), 米倉 覚則 (茨城大学), 杉山 孝一郎 (NARIT), 田辺 義浩 (山口大学), 百瀬 宗武 (茨城大学), 廣田 朋也 (国立天文台)

磁場は大質量星形成過程において大質量コアを支え、ジェットやアウトフローの駆動を行うなど、重要な役割を担っていると考えられている。磁場は視線に垂直な成分についてはダスト連続波の偏光を、視線に平行な成分についてはメーザーや熱輝線の 2 つの円偏光間の Zeeman 分裂を用いることで強度、構造を調べることができる。しかし、これらの手法を用いるには高い感度が要求されるため大質量形成領域内の磁場構造には未解明な部分が多い。

6.7 GHz class II メタノールメーザーは大質量星形成領域の原始星のごく近傍 (~1000 au) でのみ観測される放射である。観測される線幅が細く Zeeman 分裂の検出が比較的容易であり、大質量星形成領域の原始星のごく近傍の磁場強度を推定する上で非常に有用な現象であるため感度の高い干渉計、大型望遠鏡を用いた観測が行われている。これまでに計測された磁場強度は典型的に数十 mG 程度を示している。茨城大学では強度周期変動・突発的な増光の検出を目的とし、6.7 GHz class II メタノールメーザーのモニター観測を 2013 年から現在に至るまで毎日行っている。特に、2017 年 11 月から 2022 年 12 月までの 5 年間は両円偏波の観測を行った。本研究ではこの 5 年間に取得された各天体のメタノールメーザーのスペクトルを積分し、両円偏波の高感度なスペクトル (rms ~ 20 mJy) を作成した。SNR が 500 を超える 106 天体に対し強度校正精度の影響を受けにくい Cross-correlation 法を用いて Zeeman 分裂の測定を行った。検出された視線方向の磁場強度は典型的に数十 mG を超える値を示し、中には数百 mG に至る天体もあった。本講演では解析の結果得られた磁場強度の統計的性質について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P110b 銀河潮汐力による散開星団の崩壊

伊藤洋一 (兵庫県立大学)

散開星団は数十から数百の若い恒星の集団である。年齢は数千万年のものが多く、一億年を超えると星団内の恒星の近接遭遇などにより星団は崩壊することが多いと言われている。我々は位置天文衛星 Gaia が測定した年周視差と固有運動を使って、Astrophysical Quantities に掲載された、太陽から 500pc 以内にあり年齢が 1000 万歳から 2 億歳までの 15 個の散開星団のメンバーを探索した。今まで行われてきた同種の研究よりも 3 倍程度広い、半径 45pc 以内の恒星の固有運動を取得し、生まれた場所が星団の中心に近い天体を散開星団のメンバー候補天体とした。

その結果、今までは星団メンバーとして認識されない多数の恒星が散開星団の一員である可能性があることがわかった。例えば IC2391 という星団は、Astrophysical Quantities では 30 個がメンバーと記されている。最近の Gaia を用いた研究では 300 個程度がメンバー候補として同定された。この星団に対して我々がメンバー候補とみなした天体は約 3000 天体である。多くの星団でメンバー候補天体は天球上で広く分布し、散開星団の重力よりも銀河潮汐力が勝る領域にも存在する。そしてメンバー候補天体は銀河面と同じ方向に延びて分布することがわかった。こうしたことは、天の川銀河の潮汐力によって、星団のメンバーが徐々に散開星団から引きちぎられていくことを意味する。このようにして年齢数千万歳から一億歳程度の恒星は散在星となる。

講演では、調査した散開星団のメンバー候補の空間分布などについて議論し、恒星の形成・進化や太陽系外惑星探索に関して考察する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P111b 分光観測による散開星団に属するポスト T タウリ型星の探索

水本拓走, 伊藤洋一 (兵庫県立大学)

太陽型星は、原始星、古典的 T タウリ型星 (CTTS)、弱輝線 T タウリ型星 (WTTS)、ポスト T タウリ型星 (PTTS) を経て、主系列星へと進化する。星形成率が一定ならば、各段階の天体数は年齢に比例するはずである。しかし、実際には PTTS は発見数が少ない。この原因として、PTTS の星周円盤ではすでに惑星の形成が進んでおり、スペクトル中の輝線や赤外超過といった、円盤に由来する特徴が失われていることが考えられる。

Itoh (2024) は Gaia 衛星のデータを使用し、OB 型星周りで散開星団のメンバー候補天体を探索した。質量の大きい星は寿命が短く、たとえば太陽の 7 倍の質量をもった B 型星は、1 億年以内で主系列を離れる。このため、OB 型星と共に散開星団をなす恒星も若く、低質量の天体は PTTS の候補天体となりうる。しかし、これらのメンバー候補天体には、似た位置や運動を持つ無関係の天体が含まれる可能性がある。

本研究では Itoh (2024) の天体について分光観測を実施し、リチウムの吸収線と H α 線を観測した。リチウムは恒星の内部で破壊され、新たに生成されない元素である。このため、恒星表面のリチウムは年齢とともに減少し、その量を年齢の指標として使うことができる。

観測には西はりま天文台の口径 2m なゆた望遠鏡と中低分散分光器 MALLS を使用した。波長範囲は 400 Å、波長分解能は R $\sim$ 10000 である。波長中心はリチウムの吸収線が存在する 6707 Å とし、波長範囲には H α 線も含む。68 天体の分光観測を実施し、45 天体でリチウムの吸収線を検出した。その等価幅は 0.01-0.26 Å であった。その中で H α 線が吸収線として見えるものが 33 天体、輝線として見えるものが 6 天体、どちらでもないものが 6 天体であった。強い輝線を示さない 39 天体の中には、PTTS が含まれるだろう。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P112b かなた望遠鏡可視偏光サーベイ: MBM 37 の星無しコア周縁部の磁場構造 (II)

堀 友哉, 川端 弘治, 丸田 哲温 (広島大学), 土井 靖生, 城 壮一郎 (東京大学), 松村 雅文 (香川大学), 秋田谷 洋 (千葉工業大学), 笹田 真人 (東京科学大学)

星形成における磁場の役割や寄与に迫る為、我々は、星無しコア LDN 183 を伴う高銀緯分子雲 MBM 37 について広島大学かなた 1.5m 望遠鏡を用いて可視光・近赤外バンドの偏光観測に基づいた研究を進めている。偏光観測の結果、コア周縁部の磁場強度は 21-37 μ G と見積もられた。また、ベリアル解析により、運動エネルギーと磁場のエネルギーの総和が $(8-14) \times 10^{44}$ erg であり、重力ポテンシャルエネルギー 2×10^{44} erg を大きく上回ることがわかった。コアの重力収縮が乱流圧・磁気圧に阻害され、星形成が抑制される環境となっていることが判明し、当該コア内に星形成活動が認められないことと整合的な結果であることを示した (2024 年秋季年会 P106a)。今回我々は、磁場の湾曲の様相を広い視野にわたって捉えることを狙って、北東部に観測領域を拡張した。その結果、コア周辺の広い範囲の磁場が弧状の構造を持つことを明らかにした。この領域における磁場強度は 32 μ G と見積もられた。この値は北西部の磁場強度の 21 μ G より強くコアの東から西にかけて磁場強度が弱まっているということが推測される。また、コア周辺の磁場構造は先述の通りコアを中心に弧状になっており、磁場がコアを貫く時に観測される。コアを中心として対称的に磁場が曲がっている砂時計状の構造とはなっていない。このことと分子雲自体が南西から北東にかけて棚引いている形状をしていて移動してきたように見えることから、分子雲の運動により磁場が曲げられたと考えた。磁場の湾曲から磁気張力を想定し (1.3×10^{-29} dyn/cm³) 分子雲の運動を見積もったところ分子雲の速度は周辺の乱流速度に概ね等しい (~ 1 km/s) という結果が得られた。従ってこの分子雲は南東から北東へ移動し、その際に西側の磁場が弱められたのではないかと示唆される。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P113b かなた望遠鏡可視偏光サーベイ : Sagittarius 渦状腕内の 3 次元磁場構造 (IV)

城 壮一郎, 土井 靖生 (東京大), 堀 友哉, 丸田 哲温, 川端 弘治 (広島大), 松村 雅文 (香川大), 秋田谷 洋 (千葉工大)

銀河系の大規模磁場構造を三次元的に理解することは、星形成や銀河の力学的進化を解明する上で重要である。我々は広島大学全天偏光サーベイプロジェクト (SGMAP) の一環として、かなた望遠鏡による星間偏光観測を継続的に行い、特に銀河系 Sagittarius arm 方向の磁場構造を調査している。これまでの研究では、Sagittarius arm 方向 ($11.0^\circ < l < 16.5^\circ$, $-2.5^\circ < b < 0.1^\circ$) において、先行研究 (Doi et al. 2024) と整合的な 10 pc 以下のスケールでよく整列した磁場が普遍的に存在し、それがさらに大きなスケール (~ 100 pc) でも均一に整列していることを明らかにした。また、磁場の整列方向が視線方向に沿って徐々に変化することも確認した (2024 年秋季年会 P104a)。

今回、磁場の整列方向の距離依存性を解析した結果、Sagittarius arm および Scutum arm に対応する距離では磁場位置角 (PA) が銀河面に平行に近い PA $\sim 70^\circ$ を中心に分布し、interarm の距離では銀河面に垂直な方向 (PA = 0°) に近づく傾向が確認された。特に、interarm における PA の分布は、系外銀河のハロー磁場の整列方向と近く、interarm 磁場とハロー磁場との関連が示唆される。また、Sagittarius arm 内の PA について l , b と距離の 3 次元空間内での分布を調べた結果、磁場は ~ 100 pc 程度のスケールで一様に整列しつつ、それより大きなスケール (~ 300 pc) で緩やかに変化していることが明らかになった。このスケールは観測的に示された銀河磁場スケール (Haverkorn et al. 2008) や超新星フィードバック入り 3 次元磁気流体シミュレーションの結果 (Gent et al. 2013) とも整合的であり、磁場構造の形成における超新星の寄与を示唆している。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P114a メタノールメーザーと水メーザーで探る大質量原始星 G59.783+0.065 周囲のダイナミクス

中村 桃太郎 (大島商船高等専門学校), 元木 業人, 藤沢 健太 (山口大学), 米倉 覚則 (茨城大学)

大質量星形成領域で形成される原始星の位置を探る手がかりに 6.7 GHz メタノールメーザーがよく参照される。メタノールメーザーの空間分布は 100–1000 au のコンパクトな広がり、その形状の多くは星周円盤に付随する (e.g., Fujisawa et al. 2014, Sugiyama et al. 2014) と考えられているが、一方で複雑な分布形状を示すメタノールメーザー源も多くみられ、これらは一見単純な星周円盤に付随するものとは考えにくい。

本研究では、複雑なメタノールメーザー分布を示す G59.783+0.065 (以下 G59) に対して、JVN/VERA による 6.7 GHz メタノールメーザー及び 22 GHz 水メーザーの VLBI モニター観測を 2016–2019 年にかけて計 10 回実施した。その結果、メタノールメーザー 14 フィーチャー、水メーザー 6 フィーチャーが検出され、東西に分離した 2 つのクラスター (離角: $\sim 1''$, 約 2000 au) の分布が確認された。それぞれのメーザーから固有運動を導出したところ、水メーザーでは約 25 km s^{-1} 、メタノールメーザーでは約 3 km s^{-1} と 1 桁の速度差がみられた。水メーザーは双極性アウトフローに対応する運動ベクトルを示し、メタノールメーザーは東西で異なる傾向 (東: 水メーザーと類似する運動ベクトル、西: 直線状分布、PV 上で U 字) を示した。特に、西側のメタノールメーザー成分は過去の EVN・MERLIN の VLBI・干渉計データを重ねた PV 図でモデルフィットしたところ、円盤半径 $300 \pm 11 \text{ au}$ 、回転速度 $2.5 \pm 0.3 \text{ km s}^{-1}$ 、降着/膨張速度 $6.9 \pm 0.5 \text{ km s}^{-1}$ の降着円盤モデルまたは円盤風モデルによって説明でき、PdBI の 1.4mm 電波連続波の放射ピーク (原始星の推定位置) と位置誤差内で一致した。本講演では、これらの解析により捉えられた G59 の円盤–アウトフロー構造について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P115a Collisional excitation of H_2CO deuterated isotopologues by molecular hydrogen

Paul Pirlot Jankowiak¹, Alexandre Faure², Takahiro Oyama¹, and Nami Sakai¹ ¹ Star and Planet Formation Laboratory, RIKEN Pioneering Research Institute (PRI), 2-1, Hirosawa, Wako, Saitama 351-0198, Japan ² Univ. Grenoble Alpes, CNRS, IPAG, 38000 Grenoble, France

The deuteration fractionation is the molecular abundance ratio of a given hydrogenated molecule and its deuterated counterpart. It is a useful quantity to trace the physical and chemical evolution of star-forming regions. The interpretation of observational spectra through radiative transfer modeling is the knowledge base for determining these abundances. Accurate rate coefficients, induced by collisions with H_2 , are required to interpret spectra of these deuterated species. In this work, we focus on the deuterated isotopologues of formaldehyde (H_2CO), being an important precursor to the formation of interstellar complex organic molecules such as methanol. We report the first rate coefficients for rotational transitions of HDCO and D_2CO in collision with both ortho- and para- H_2 . Based on an accurate five-dimensional potential energy surface, collisional cross sections and rate coefficients are computed with the time-independent close-coupling method over a temperature range of 5–300 K. Our calculations include the first 60 energy levels of ortho- D_2CO and para- D_2CO ; and the first 100 levels of HDCO. General propensity rules are discussed. We found a significant isotopic substitution effect in the rate coefficients. The present collisional data have found good agreement with pressure broadening experiments. The impact of the new set of collisional data will be investigated in radiative transfer modeling of the HDCO and D_2CO emissions seen toward star-forming sources.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P116a ALMA Band 7 周波数領域での $^{13}\text{CH}_2\text{DOH}$ の実験室ミリ波分光

小山 貴裕 (理研), 渡邊 祥正 (芝浦工大), 酒井 剛 (電通大), 坂井 南美 (理研)

アルマ望遠鏡の高感度観測により、Hot Core や Hot Corino と呼ばれる原始星近傍の暖かい領域において、数多くのスペクトル線が検出されている。波長帯によっては未同定線の方が多くいほどで、有機分子の解析に困難が生じている。これら未同定線の多くは、既知の有機分子の希少同位体種もしくは振動励起状態由来だと考えられる。なかでもメタノールはその存在量の多さから、未同定線の有力な候補である。しかし、その分光データは十分とは言えない。これは、メチル基の内部回転により複雑なラインパターンを生じ、遷移確率や周波数を正しく計算することが難しいからである。 CH_2DOH は最も豊富に存在するメタノール同位体種の一つであり、メタノールの生成過程を議論するうえで不可欠である。しかし、その回転線はしばしば光学的に厚いため、存在量の評価には注意が必要である。そこでさらに ^{13}C で置換した $^{13}\text{CH}_2\text{DOH}$ の分光データが求められていた。春季年会 (2022Q15a) では 216-264 GHz 帯域での分光測定結果 (Ohno et al. 2022, ApJ) について報告した。今回、ALMA band 7 周波数領域で実験室分光を行ったので、その解析結果について報告する。今回の結果は、星間空間での $^{13}\text{CH}_2\text{DOH}$ の検出を可能にし、それにより CH_2DOH の存在量を正確に評価することで、様々な天体でのメタノールの重水素濃集の研究に貢献するものである。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P117a 水素分子オルソパラ比の時間進化の簡易モデル構築

小道雄斗 (東京大学), 古家健次 (理化学研究所)

分子雲の主成分である水素分子は、2つの水素原子のスピンが平行であり回転遷移 $J = 1, 3, 5, \dots$ に対応するオルソ水素分子と、スピンが反平行であり回転遷移 $J = 0, 2, 4, \dots$ に対応するパラ水素分子の2つに大別される。それぞれの基底状態間のエネルギー差は約 170 K と、分子雲の典型的な温度である約 10 K と比べて十分大きく、分子雲におけるガスの熱状態や星間分子の重水素濃縮の効率はオルソ水素分子・パラ水素分子の存在度比 (オルソパラ比) に依存する。そのため、分子雲における水素分子のオルソパラ比の推定は重要な課題である。

低温ガスにおける水素分子のオルソパラ比を観測から直接推定することは困難である。また、オルソ・パラの転換は主に気相反応及びダスト表面での核スピン転換によって進むことが、理論・実験的研究により明らかにされてきた。これらの状況を踏まえて、オルソパラ比とその進化は、水素分子をオルソ・パラに区別して考慮した化学反応ネットワーク計算によって調べられてきた。しかし、そのような化学反応ネットワークは膨大な数の化学反応を要するため、取り扱いの難しさが問題視されてきた。

我々は、水素分子のオルソパラ比の時間発展方程式を導出し、それを水素分子のオルソ・パラの区別を要さない化学反応ネットワーク計算と同時に解く手法を開発した。本手法では、水素分子の形成・破壊、気相での陽子との反応によるオルソ・パラ転換、そしてダスト表面での核スピン転換など、オルソパラ比の進化に重要な過程を適宜モデル化した上で考慮している。本手法とオルソ・パラ水素分子を含んだ詳細な反応ネットワークそれぞれの計算結果を比較したところ、本手法でも十分な精度でオルソパラ比の推定が可能なが分かった。本講演では、以上の内容について報告するとともに、本手法の応用についても議論する予定である。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P118a Heiles Cloud 2 の炭素鎖分子観測: TMC-1FN の化学進化

大村充輝, 野崎信吾, 所司歩夢 (九州大学), 徳田一起 (香川大学), 小西亜侑, 安達大揮, 角越仰, 山本美咲, 藤本湧大, 大西利和 (大阪公立大学), 深谷直史, 立原研悟 (名古屋大学), 立松健一 (国立天文台), 坂井南美 (理化学研究所), 小道雄斗, 相川祐理 (東京大学)

不飽和な炭素鎖分子は、中性炭素原子を介した反応によって生成され、高密度な分子雲コアの若さを示す有用な指標であることが知られている。また、コアはフィラメント状分子雲・希薄な cold neutral medium まで空間的に接続しており、星形成過程の初期段階として階層構造の形成・進化を追うことは重要である。我々はそれぞれの構造にまたがる化学進化について注目し、単純な炭素鎖分子である CCH の存在量・空間分布を用いた分子雲の調査と領域ごとの比較を行っている。昨年度、我々は野辺山 45m 鏡と FOREST 受信機を用いて Heiles Cloud 2 (HCL2) における複数の分子種についての観測を行った。本発表では、観測した領域のうち TMC-1FN における CCH, CCS, HNC, HCO^+ の結果を紹介する。TMC-1FN は、よく知られた星なし高密度コア TMC-1 の北側に位置するフィラメント状分子雲であり、Herschel の観測から 10^{22} cm^{-2} に達する局所的な H_2 柱密度のピークが確認されている。HCL2 は南北方向で分子雲の進化度合いに相対的な差があることから、TMC-1FN はより若い領域であると期待され、単一の分子雲において化学進化を比較する面で適した対象である。特徴的な結果として、HNC, HCO^+ は複数のクランプ状の分布を示し、 H_2 柱密度分布と異なることが確認された。また、それぞれのクランプにおける CCH の超微細構造線について、RADEX を用いた LVG 解析から柱密度が $> 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ ($X(\text{CCH}) > 10^{-8}$) と見積もられた。TMC-1 で報告されている存在量比と同程度まで化学進化が進んでいるが、密度構造など力学的にはより若い段階であることから、TMC-1FN は炭素鎖分子が急激に形成される過程にあると推定される。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P119a 銀河系外縁部における分子雲の性質

泉奈都子 (国立天文台), Patricio Sanhueza (東京大学), Patrick M. Koch (ASIAA), 齋藤正雄, 安井千香子 (国立天文台)

星の初期質量関数 (IMF) の起源は星形成を理解する上で非常に重要な課題の一つである。先行研究により、IMF と高密度コアの質量関数 (CMF) の傾きの一致が報告されており、IMF はコア形成の初期段階で決定されることが示唆されている。しかし、これまで高密度コアは金属量が太陽近傍と同程度である近傍でしか観測・研究されておらず、IMF と CMF の関係が低金属量環境下でも成り立つかどうかは非常に興味深い。ゆえに我々は低金属量環境を持つことで知られている銀河系外縁部にある星生成領域 (金属量は太陽近傍の約 20%) に対して ALMA を用いた CO とダスト連続波の高解像度マッピング観測を行った。この結果、約 0.1 pc の幅を持つフィラメント構造と約 0.1 pc の半径を持つ高密度コア構造が検出された。そして CMF の傾きは普遍的な IMF の傾きと似ていることも確認された。以上の結果は、低金属量環境における星形成過程が普遍的な法則に従っていることを示唆している。本講演では、より詳細な分子雲の構造について紹介し、その性質について詳しく議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P120a ALMA 望遠鏡による天の川銀河外縁部のホットコア検出と化学組成の解明

池田達紀, 下西隆, 金子紘之 (新潟大学), 泉奈都子 (国立天文台), 古家健次 (理化学研究所), 田中圭 (東京科学大学)

低金属量環境における星間分子の化学組成を調べることは、初期宇宙の星・惑星形成領域における化学進化過程を理解する上で重要である。天の川銀河外縁部 (銀河中心距離 >13.5 kpc) は、太陽系近傍よりも金属量が低いことが知られており ($Z = 0.1-0.5 Z_{\odot}$)、低金属量環境下における星・惑星形成領域の化学・物理過程を探る上で適した領域の一つである。しかし、これまで天の川銀河外縁部において原始星近傍のホットコアと呼ばれる化学的に豊かな高温・高密度領域 ($T > 100$ K, $n_{\text{H}_2} > 10^6 \text{ cm}^{-3}$) が検出された例は、Shimonishi et al. (2021) による 1 天体の報告のみに限られており、天の川銀河外縁部における分子化学的複雑性は未だ謎に包まれている。

今回我々は、ALMA 望遠鏡を用いて天の川銀河外縁部の 5 つの星形成領域 (銀河中心距離 = 15.7–17.4 kpc) に存在する 16 個の原始星候補天体に対して、分子輝線サーベイを行った (池田他 2024 春季年会 P113b)。その結果、Sh 2-283 領域 ($Z \sim 0.3 Z_{\odot}$) において新たに 1 つのホットコア天体 (Sh 2-283-1a SMM1) を検出した。当該天体の 0.86-mm 連続波ピーク位置から抽出したスペクトルからは、 CH_3OH や CH_3OCH_3 といった複雑な有機分子を含む豊富な分子輝線が検出された。 CH_3OH に対する当該天体の分子存在度は、既知の天の川銀河外縁部のホットコアや太陽系近傍のものと類似していた。 CH_3DOH から求めた D/H 比は、 $1.4 \pm 0.9 \%$ であり、近傍の中-大質量原始星の値と整合的であった。一方で、金属量が同程度の大マゼラン雲のホットコアと CH_3OH に対する分子存在度を比較した結果、当該天体の値は、1/10 程度と低い結果だった。これらの結果は、ホットコアの化学組成が環境の金属量のみでなく、局所的な紫外線強度など他の物理的要因にも影響を受ける可能性を示唆している。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P121a Rotation and infall in high-mass hot cores

Fernando Olguin (Kyoto University), Patricio Sanhueza (The University of Tokyo), Yoko Oya (Kyoto University)

High-mass stars (masses larger than 8 solar masses) form at the center of molecular cores fed by the core itself and/or from the larger molecular cloud. Their formation is relatively rapid compared to their low-mass counterparts, hence feedback (e.g. outflows, radiation) set relatively early. Yet they need to continue accreting gas to reach the upper mass limits of known high-mass stars. To alleviate the radiation pressure over the accretion flow, disks are proposed to be important to attain such high masses. The development of instruments with higher angular resolution has allowed us to increasingly find disk-like structures and to trace the gas kinematics closer to massive (proto)stars. In this presentation, we present a study toward 30 fields observed with the ALMA 12m array at 1.3 mm, of which 21 have enough line emission to study their kinematics. These observations with angular resolutions between $0.06''$ to $0.1''$ resolve the kinematics of the inner ~ 1000 au. At these scales, we find gas velocity gradients (42 sources) which can be fit with Keplerian rotation (roughly 11 sources) and rotation with infall (roughly 14 sources) curves, while the kinematics could not be resolved for the remaining sources. Most strikingly, many of the position velocity diagrams show asymmetries. We discuss the origin of these asymmetries, which can be the result of a combination of factors including: clumpy environment, anisotropic collapse (with some sources showing evidence of streamers), or high infall/accretion rates which would not allow the formation of uniform Keplerian disks.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P122b TMC-1 分子雲におけるコアの力学状態と星形成率の評価

奈良崎 裕汰 (東京大学), 中村文隆 (国立天文台), 吉野碧斗, Meizhi Liu (東京大学)

標準的な星形成モデルでは、星は高密度な分子雲コアの重力収縮によって形成されると考えられている。このモデルを検証するためには、広域マッピングデータを用いて高密度コアを同定し、その力学状態を詳細に調べることが重要である。本研究では、近傍の星形成領域であるおうし座 TMC-1 領域の分子雲を対象に、Herschel のデータから無バイアスに同定されたコアカタログと野辺山 45m 電波望遠鏡によって新たに取得した $C^{18}O$ ($J = 1 - 0$) 輝線観測データを用いて、コアの力学状態を詳細に解析した。

Herschel でマップされた領域では、44 個の starless コアと 9 個の原始星コアが同定されている。starless コアのうち、39 個に対して、 $C^{18}O$ の線幅からビリアル比 (α_{vir}) を算出した結果、重力的に束縛されたとみなされるコア ($\alpha_{\text{vir}} < 1$) は 7 個であった。

仮に、 $\alpha_{\text{vir}} < 1$ のコアがすべて自由落下時間の 5 倍程度で星形成に至ると仮定すると、本領域の星形成率は $1.6 \times 10^{-5} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ と見積もられた。これを分子雲の自由落下時間と分子雲質量で規格化した星形成率 (SFR_{ff}) に変換すると 4.2 % となり、近傍の典型的な星形成領域で得られる値と同程度になった。つまり、平均的な星形成率を達成するためには、同定されたコアのうちビリアル不安定なコアのみが重力収縮して星が形成されるというモデルでも可能であることが考えられる。また、TMC-1 領域のように孤立して星が形成される領域では、コアへのガス降着 (コア成長) やコア衝突などは主要な過程ではないかもしれない。講演では、異なる環境の解析結果も報告する予定である。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P123b ALMA 望遠鏡による大マゼラン雲ホットコアの 5000au 分解能観測

田村玲子, 下西隆, 金子紘之 (新潟大学), 田中圭 (東京科学大学), Yichen Zhang (上海交通大学), 古家健次 (理化学研究所), Yu Cheng (国立天文台), 佐藤亜紗子 (ICE-CSIC)

大マゼラン雲は銀河系近傍 (50 kpc) に位置する低金属量矮小銀河であり ($\sim 0.3 - 0.5 Z_{\odot}$)、重元素の少ない環境下における物質進化を探る上で有用な天体である。近年の ALMA 観測により、大マゼラン雲においても原始星に付随する高温・高密度のホットコア ($T > 100 \text{ K}$, $n_{\text{H}_2} > 10^6 \text{ cm}^{-3}$) が発見され始めている。これら大マゼラン雲ホットコアにおいては複雑な有機分子 (COMs) が検出されるものと、全く検出されないものが報告されており、天体ごとの大きな化学的多様性が明らかになりつつある (例: Shimonishi et al. 2016, Sewilo et al. 2018)。しかし、約 0.5–1.0 秒角 (0.1–0.2 pc) の分解能で行われてきたこれまでの観測では、ホットコア領域が十分に分解できておらず、ビーム希釈効果により正しく COMs の存在比を見積もれていなかった可能性がある。

今回、我々は 0.1 秒角 (0.024 pc $\simeq$ 5000 au) の高分解能の ALMA 観測を、COMs であるメタノールが検出された二つのホットコア Lh05 A, B と、検出されなかったホットコア ST11 に対して行った。観測周波数域は 344–360 GHz、速度分解能は約 0.8 km/s であり、0.1 秒角および 0.4 秒角分解能のデータをコンバインして CLEAN を行った。解析の結果、ホットコア領域の空間的な広がり、SO や SO_2 などの無機分子の高励起輝線により分解された。有機分子については、Lh05 A, B においてはメタノールが検出されたが、ST11 においては高温領域が空間分解されたにも関わらず検出されなかった。このことから、COMs の検出の有無は分解能の低さに起因するものではないと考えられる。同じ分子雲から生まれた二つのホットコア Lh05 A, B の化学組成は非常に類似しており、これは星形成の初期条件がホットコアの化学組成に影響を及ぼす可能性を示唆している。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P124b 大小マゼラン雲原始星の分子輝線解析による化学的多様性の探究

小嶋 一生, 田中 圭, 奥住 聡 (東京科学大学), 下西 隆 (新潟大学), Yichen Zhang (上海交通大学)

宇宙史を通じて星形成環境は大きく変化しており、特に金属量は初期宇宙と銀河系円盤との本質的な違いといえる。近傍矮小銀河である大小マゼラン雲は金属量が低く ($0.2 - 0.5 Z_{\odot}$)、かつ比較的近距离 (50–60 kpc) に存在するため、初期宇宙における星形成の物理・化学過程を明らかにするうえで重要なターゲットとなる。近年、大小マゼラン雲においても化学的に豊かな原始星ホットコアの検出が報告されているものの (e.g., Shimonishi et al. 2016, 2023; Sewilo et al. 2018)、まだ検出例は限られており、その系統的性質を解明するためのサーベイ観測が求められている。そこで我々は、低金属量環境における星形成の物理・化学過程の解明を目的として、ALMA 望遠鏡を用いた大小マゼラン雲の原始星サーベイプロジェクト “MAGellanic Outflow and chemistry Survey (MAGOS)” を進めている。本プロジェクトでは、40 の大質量星形成領域に対して 350 GHz 帯で空間分解能 0.1 pc の観測を実施し、ホットコア 11 天体を含む 71 の原始星についてスペクトルデータを取得することに成功した。

本研究では、得られた 71 天体のスペクトルデータを解析し、その化学的多様性と起源の解明を目指している。まず、各天体の連続波ピーク位置における 60 本の分子輝線の積分強度に対して主成分分析 (PCA) を実施したところ、第 1 主成分と第 2 主成分の間に V 字型の分布構造が確認され、全天体はこの構造に沿って配置された。特に V 字構造の左右で天体の化学的性質に偏りが見られ、片側にはホットコア天体、もう一方にはそれ以外の天体が多く分布していた。本講演ではこのほか、PCA 結果の解釈に加え、輻射場強度やダスト温度といった周囲環境との関連性についても議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P125b 強磁場をもつ分子雲におけるフィラメント状分子雲の形成と分裂

工藤哲洋

磁場を貫くフィラメント状分子雲がどのように形成され、その中で分子雲コアがどのように生じるのかを、磁気流体力学の数値シミュレーションによって研究している。

仮説として、まず星間ガスが強い磁場に沿って集積し、磁場に垂直な方向に広がる薄い分子雲（磁氣的に亜臨界）が形成されるとする。その後、何らかの外的要因によってこの分子雲が圧縮されると仮定する。圧縮が強い場合、両極性拡散の時間スケールが短くなるため、その効果によって磁場が排出され、密度の高いフィラメント状分子雲が形成される（Kudoh & Basu 2014）。このフィラメント状分子雲が自己重力不安定によって分裂し、分子雲コアが形成されると考え、数値シミュレーションを実施した。

2025 年春季年会で発表したように、両極性拡散の大きさを変化させた数値シミュレーションの結果、二通りの異なる進化経路が確認された。両極性拡散の大きさが標準的な値の場合、フィラメント形成時に磁場が十分に排出され、磁氣的にほぼ超臨界なフィラメントが形成された。このフィラメントは自己重力によって分裂し、重力収縮するコアが形成された。一方、両極性拡散の大きさがやや小さい場合には、磁氣的に亜臨界なフィラメントが形成された。それでも自己重力によって分裂し、フィラメントに沿った方向に収縮して高密度のコアが形成された。今回は、この両者について、速度場における流線分布と磁力線の分布を比較した。超臨界なフィラメントでは、流線はコアに吸い込まれるように分布していたのに対し、亜臨界なフィラメントでは、フィラメント周囲に渦を形成するような流れが見られた（cf. Hanawa, Kudoh, & Tomisaka 2017）。一方、磁力線については、いずれの場合もコア中心に向かって弱い砂時計型構造を示し、両者に顕著な違いは見られなかった。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P126b 3D Hydrodynamic Simulations of Core Formation in Turbulent Molecular Clouds

Meizhi Liu (UTokyo), Fumitaka Nakamura, Junhao Liu (NAOJ), Aoto Yoshino, Yuta Narasaki (UTokyo)

Stars form from dense cores embedded in turbulent molecular clouds. In the standard model, these cores form via gravo-thermal fragmentation. However, recent studies (Ishihara et al. 2025a,b) suggest that turbulent fragmentation, rather than gravity, plays the dominant role in core formation within turbulent environments.

In this study, we conduct 3D hydrodynamic simulations of turbulent molecular clouds of turbulent fragmentation, focusing on the interplay between turbulence and self-gravity. The setup uses a uniform-density box of 5 pc with a mean number density of 10^3 cm^{-3} . Supersonic turbulence is continuously driven to maintain the $\mathcal{M} \approx 10$. The gas is assumed to be isothermal at a temperature of 10 K. Simulations are performed using the ENZO hydrodynamics code, with a uniform 128^3 grid without adaptive mesh refinement.

After several turbulent crossing times, the gas develops a log-normal density probability distribution function, with the maximum density reaching 215 times the initial value. Dense compact structures ("cores") are identified with AstroDendro package using parameters: minvalue = $7 \times 10^3 \text{ cm}^{-3}$, mindelta = $1.4 \times 10^3 \text{ cm}^{-3}$, and min_{npx} = 5³. In the non-self-gravitating simulation, a total of 88 cores are identified, 97% of which have mean densities greater than 10^4 cm^{-3} . Bases on virial parameter, 67 cores are considered bound, among which 60 are bound solely due to external pressure. This result, with an analysis of core lifetimes, provides an insight into the stability and potential longevity of pressure-confined structures formed by turbulent fragmentation.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P127b 分子雲コアを初期条件とした3次元流体計算による Fission 仮説の検証

坂本怜央, 町田正博 (九州大学)

星のおよそ半数以上が連星を含む多重星として形成することが観測によって明らかにされている。したがって、連星形成への理解は星形成過程を包括的に解明する上で必要不可欠である。特に、近接連星は Type Ia 型超新星爆発、X 線連星、重力波の起源天体として考えられているが、その形成過程は十分理解されていない。近接連星形成シナリオの1つとして「Fission 仮説」がある。これは星形成過程において原始星形成後、星の持つ角運動量が増加し、球から楕円体へ形状が変化し、最終的に分裂し連星となるというシナリオである。しかし、Fission 仮説の検証でははじめ原始星を自己重力ガス球と仮定し、準静的な平衡解を理論的に計算した研究が多く、分子雲コアを初期条件とした流体計算を用いた研究は十分に行われていない。

本研究では分子雲コアを初期条件とし、重力収縮による原始星形成後、エンベロープからの質量降着に伴う角運動量増加が原始星の形状変化へ与える影響を検証した。手法として Nested Grid Code を用い、3次元流体シミュレーションを行った。初期条件として分子雲コアを Bonnor-Ebert 球と仮定し、遠心力半径に着目し、角速度や質量などをパラメータとして変化させた。原始星形成時は遠心力半径が星の半径を下回るが、落下してくるガスは原始星より大きい比角運動量を持ち、質量(角運動量)降着によって遠心力半径が星の半径を上回る。これにより、原始星は不安定になり、形状変化を引き起こす可能性がある。結果、原始星がバーやスパイラル構造に変化することが確認された。本講演では分子雲コアを初期条件としたエンベロープから原始星への質量降着による Fission 仮説の妥当性の検証を行い、計算結果を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P128a 分子雲の磁気拡散におけるダスト成長の影響

吹原瑠, 塚本裕介 (鹿児島大学)

分子雲において、ダスト粒子は気相中のイオンや電子を吸着することによって、ガスの電離率やガスと磁場のカップリングに影響を及ぼす。両極性拡散と呼ばれる電離ガスと磁場のカップリングは、ローレンツ力を受けて運動するイオンと、受けずに運動する中性粒子との速度差（ドリフト速度）として観測されうる。

Pineda et al.(2021) は NH_3 と N_2H^+ 輝線観測により、Barnard 5 フィラメント分子雲におけるイオン-中性子ドリフト速度が $v_{\text{drift}} \sim 100 \text{ ms}^{-1}$ であることを報告した。この観測は、分子雲における磁場強度やガスの電離率、ダストサイズ分布といった物理量を制限するための情報を与える。

本研究では、特にダストサイズ分布がドリフト速度に与える影響を調べるために、ダストへの水氷の accretion とダスト粒子同士の coagulation を考慮したダストサイズ分布計算コードと電離化学計算コードを組み合わせ、ダストサイズ進化が両極性拡散に与える影響を計算した。さらに得られた磁気抵抗値からイオン-中性子ドリフト速度を推定し、観測値との比較を行った。

その結果、コアスケールで観測ドリフト速度を再現するには、ミクロンサイズのダストの存在が必要であることがわかった。またフィラメントからコアが形成される間にダストが $\sim 1 \mu\text{m}$ まで成長可能であることもわかった。

これらの結果は、分子雲から分子雲コアが形成されるまでの間にダストが成長することで、観測されるドリフト速度が達成されるというシナリオを示唆している。本発表では、我々の結果と推定される宇宙線電離率や磁場強度などとの整合性についても議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P129a 分子雲コア外部の密度環境が原始星成長に与える影響：原始星への質量降着率と星周円盤質量、アウトフロー駆動の時間発展

野崎信吾, 町田正博 (九州大学)

星は、高密度フィラメントに沿った分子雲コア内での重力崩壊によって形成されると考えられている。コアが星へと進化する過程において、星の質量がどのように決まるのかは、星形成過程を理解するうえでの重要な問いである。これまでの観測では、コアの質量関数 (CMF) と星の初期質量関数 (IMF) の類似性が指摘されてきた。一方で、コアの外側に存在する高密度ガスがコアへ質量を供給しうる可能性も示唆されており、コア外部の密度環境が星形成過程に与える影響を理解することが重要である。我々はこれまでに、コア周辺の初期密度分布をパラメータとして、回転および磁場を考慮しない 3 次元数値計算を行ってきた。この研究により、コア外部のガス密度が原始星への質量降着率に影響を与えることが明らかとなった。しかし、コア外部のガス密度が円盤質量の進化やアウトフロー駆動の時間発展に与える影響は未解明である。現実的な星形成過程を理解するためにも、これらの影響を詳細に調べる必要がある。

本研究では、コア外部のガス密度が原始星や星周円盤の質量成長、アウトフロー駆動に与える影響を調べるために、異なる周辺密度分布を持つコアを初期条件とした 3 次元非理想磁気流体数値計算を実施した。その結果、磁場および回転を考慮しないこれまでの計算結果と同様に、周辺密度が高いモデルでは、原始星への質量降着率が一時的に増加することが確認された。さらに、コア外部の密度分布の違いは原始星の質量成長だけでなく、原始星と円盤の質量比、質量流入・放出比、星形成効率にも大きな影響を及ぼすことが明らかになった。これらの結果は、分子雲コアを取り巻くガスが、星形成過程において極めて重要な役割を果たしていることを示唆している。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P130a Class 0 原始星 B1-c における円盤・エンベロープの逆回転

篠崎愛翔, 高桑繁久, 西合一矢, 城戸未宇, 石橋志悠 (鹿児島大学)

我々は、ALMA Band 7 のアーカイブデータを用いて、Class 0 原始星 B1-c の力学構造の解析を行った。B1-c は First Hydrostatic Core の候補天体である B1-bN および B1-bS を含むペルセウス座分子雲の Barnard 1 領域（距離 $\sim 300 \text{ pc}$ ）に位置している。先行研究により、B1-c は複雑な有機分子 (COMs) を豊富に伴う Class 0 原始星であり、南東—北西方向に高速ジェット (Extremely High Velocity jet) が噴出していることが確認されている。本研究では、約 0.09 秒角 ($\sim 27 \text{ au}$) の角度分解能を有するアーカイブデータを新たに解析した結果、 H^{13}CO^+ (4-3) 輝線において、高速ジェットと垂直な方向に原始星円盤と思われる半径約 30 au のコンパクトな高速回転成分を発見した。さらに、PV 解析の結果、この高速回転成分が原始星エンベロープと思われる半径 1000 au スケールの低速回転成分と反対の速度勾配を示していることを発見した。これは原始星円盤と原始星エンベロープが逆回転している可能性を示唆している。このような構造は、過去に HL Tauri (Yen et al. 2017b) や IRAS 04169+2702 (Takakuwa et al. 2018) においても報告されている。また理論研究においても、非理想 MHD 効果の一つであるホール効果により、円盤と逆回転するエンベロープ構造が形成され得ることが示されている (Tsukamoto et al. 2015a)。本講演ではこれらの観測結果とともに、逆回転構造を考慮した輻射輸送モデルを用いた解析結果についても紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P131a ALMA Multi-Band 観測データを用いた原始星円盤の鉛直温度構造の解明

西合一矢 (国立天文台/鹿児島大学), 高桑繁久 (鹿児島大学)

我々は、近傍 (~ 140 pc) にある 2 つの Class 0 原始星 GSS 30 IRS3 と IRS7B に対し、EVLA/ALMA で取得された Multi-Band 連続波観測データをもとに原始星円盤モデル構築を行い、円盤の鉛直温度構造を明らかにすることで円盤内部の加熱機構に対する制限を加えたので報告する。原始星円盤は、エンベロープからの大きな質量降着を受け、強力なアウトフローを駆動し、そしてガス/ダストを原始星へ降着させており非常に動的である。一方、直後の Class II 段階にある原始惑星系円盤には、リング・ギャップ構造などサブストラクチャが多く付随している (DSHARP Andrews et al. 2018)。この事実は、動的な原始星円盤の内部ですでに惑星形成またはダスト進化が大きく進行していることを示しており、原始星円盤の理解が惑星形成環境の解明の鍵を握っていることを意味している。しかし、その観測的解明はほとんど進んでいない。ALMA Large Program eDisk (Ohashi et al. 2023) は、18 原始星天体に対し Band 6 を用いた高分解能サーベイ観測を実行したが、例外を除いて光学的厚みのため内部構造の検出ができなかった。一方、Takakuwa et al. (2024) は、原始星 IRS7B 円盤の輝度強度は中心天体による輻射加熱だけでは再現できず粘性加熱を導入する必要があることを指摘した。今回、我々は、それを発展させ IRS7B および小質量 Class 0 原始星 GSS 30 IRS3 に対し、ALMA Band 6 (230GHz 帯) だけでなく、Band 3 (100GHz 帯)、EVLA Q Band (40GHz 帯)(GSS 30 IRS3 のみ) のマルチバンド観測をもとに RADMC-3D (Dremond 2012) を用いた輻射輸送モデル構築を行った。結果、原始星円盤は表面の輻射加熱層の内側では、赤道面に近づくほど温度が上昇していくがスケールハイトの 2~3 倍でその温度上昇が頭打ちとなっていることがわかった。これは赤道面付近にデッドゾーンのある磁気円盤の層流の粘性加熱モデルの特徴とよく一致している。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P132a ALMA 望遠鏡を用いた class 0 原始星 OMC-3 MMS5 における回転する円盤及びエンベロープの観測

中村 優梨佳 (九州大学), 高橋 智子 (国立天文台), 谷口 琴美 (国立天文台), 柳 玉華 (上海天文台), 町田 正博 (九州大学), 松下 祐子 (国立天文台)

これまでの研究から、原始星の主降着期においてすでにケプラー回転を伴う星周円盤が形成・進化することが示唆されている。このような円盤構造の解析は、ガスに埋もれた原始星の質量を見積もる上で有用であると考えられる。そこで、本研究では、Class 0 天体の中でも非常に若い天体である、オリオン分子雲 3 領域にある原始星 MMS5 における星周円盤に着目し、ケーススタディを実施した。先行研究よりも 3 倍程度高い空間分解能 ($30 \sim 120$ au) で観測した 5 つの分子輝線 (CO ($J=3-2$), SiO ($J=8-7$), C^{18}O ($J=3-2$), CS ($J=7-6$), HCO^+ ($J=4-3$)) と 0.9 mm ダスト連続波の解析を行った。連続波の解析からは、中心星に付随する半径 ~ 30 au の放射を検出し、質量は $\sim 7.4 \times 10^{-4} M_{\odot}$ と見積もられた。 C^{18}O , CS 輝線は原始星に付随する中心集中した構造をトレースしており、直径 1200 au の線幅 $\sim \pm 3 \text{ km s}^{-1}$ 程度で広がる円盤状構造が検出された。両者ともに、分子流とほぼ直交する方向に沿った速度勾配がみられ、これは回転するエンベロープの存在と矛盾しない。速度構造の解析を行った結果、ケプラー回転する内側の円盤構造と、角運動量が保存し落下しながら回転する外側のエンベロープ構造で速度構造を説明可能であることが示唆された。推定されたガス円盤の内包質量は $\sim 0.3 M_{\odot}$ 、ケプラー回転が卓越した領域の半径は ~ 500 au と見積もられた。 CO , SiO 輝線では東西方向にコリメートしたジェットの高速度成分 ($\pm 50 \sim \pm 100 \text{ km s}^{-1}$) と、それを取り囲むようなキャビティ構造を示す、分子流の中低速度成分 ($\lesssim \pm 50 \text{ km s}^{-1}$) が検出された。 HCO^+ 輝線では、ジェットを取り囲む低速度の構造 ($\lesssim \pm 5 \text{ km s}^{-1}$) が検出された。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P133a Oph-A 領域の褐色矮星・惑星質量天体の形成現場

川邊良平, 中村文隆 (NAOJ), 西合一矢 (鹿大), Huang Shuo (名大/NAOJ), H. Bouy (ボルドー大), 田村元秀 (東大), 平野尚美 (ASIAA), 島尻芳人 (九州共立大), 松本倫明 (法政大), 町田正博, 所司歩夢 (九州大), 武藤恭之 (工学院大), 塚越崇 (足利大)

褐色矮星 (BD) や浮遊惑星 (FFP) の形成過程については、主に 2 つの理論的シナリオ (コア収縮と星からの放出モデル) が提案されている。近傍の星形成領域であるへびつかい座では、多くの FFP が見つかってきている。その個数密度と理論予想との比較から、放出の寄与が大きいことが示唆されたが、まだ十分に形成シナリオの観測的な検証が進んでいない。我々は、これまでに ALMA での観測でへびつかい座 (ρ -Oph A) で原始 BD 候補を 2 つ見出している。今回、ALMA 観測と JWST NIRcam 画像との比較から、1.3mm ダスト放射を伴う若い BD (もしくは FFP) 候補天体を新たに 3 つ見出した。また、これらの候補天体に加えて、JWST NIRcam で検出される若い (年齢 ≤ 0.1 -1.0 Myr) BD/FFP 候補天体 (~ 10 天体前後) が、“ダストフィラメント”周辺に集中して存在することを見出した。フィラメントは細く (幅 ~ 1500 -2000 au)、水素分子密度は非常に高い ($\sim 10^8 \text{ cm}^{-3}$)。また、重力的にバウンドしていると思われる数木星質量でおよそ 200 au のサイズの pre-BD/FFP core 候補も複数見出した。フィラメントやコアは、近くの原始星、VLA1623Aab や GSS30-IRS1 などからの分子流/ショックなどの圧縮で高密度になったと考えられる。これらの結果は、この領域ではショック圧縮された分子雲コア中で (すなわちコア収縮で) BD や FFP が形成されたことを示唆している。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P134a VLA による Class 0 原始星 IRAS 16293-2422 における NH_3 輝線の高分解能観測

大和義英 (理化学研究所), 相川祐理 (東京大学), 古家健次 (理化学研究所), John J. Tobin (NRAO), Jes K. Jørgensen (University of Copenhagen)

窒素は惑星材料物質として、また生命に関連する分子の材料として重要な元素の一つである。窒素を含む分子のうち、アンモニア (NH_3) は主要な窒素の担い手の一つであり、センチ波の波長帯に観測に適した反転遷移をもつ。しかし、惑星系形成の初期条件を決定づける原始星周囲における NH_3 の分布や組成については、観測例が限られており、依然として理解が不十分である。

本講演では、VLA による Class 0 原始星 IRAS 16293-2422 における NH_3 輝線の高分解能観測を報告する。IRAS 16293-2422 は Source A および Source B からなる連星系であり、両方の原始星周囲で複雑な有機分子をはじめとする氷から昇華したと思われる分子が多数検出されている。本研究では、18–26 GHz 帯の計 17 本の反転遷移 (励起エネルギー $E_u \sim 23\text{--}1,580\text{ K}$) を $\sim 0''.5$ ($\sim 70\text{ au}$) の空間分解能で観測し、空間分解した NH_3 輝線放射の分布を得ることに初めて成功した。低励起輝線 ($E_u \lesssim 150\text{ K}$) の放射は半径 $\sim 100\text{ au}$ 程度の領域に広がっている一方で、高励起輝線 ($E_u \gtrsim 1,000\text{ K}$) は原始星近傍 (半径 $\lesssim 50\text{ au}$) でコンパクトな分布を示した。超微細構造線を考慮した複数輝線の励起解析により、これらは 2 つの異なる温度で特徴づけられる放射成分でよく説明できることがわかった。特に高温成分の励起温度は $\sim 200\text{--}300\text{ K}$ に達し、高励起輝線が原始星近傍の高温な NH_3 ガスを選択的にトレースしていることを示唆する。Source A においては、速度構造の比較により、ALMA による先行研究で示された局所的な衝撃波加熱領域との対応も見出された。講演では、惑星系形成研究におけるセンチ波観測の重要性や次世代望遠鏡 ngVLA に向けた展望も議論したい。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P135a 低質量原始星天体 B335 における硫黄関連分子の組成と分布

大屋瑠子 (京都大学), 渡邊祥正 (芝浦工業大学), 山本智 (総合研究大学院大学)

星・惑星系形成に伴う物質進化の研究において、硫黄原子 S を含む分子が、近年注目を集め始めている。例えば、 H_2CS や OCS などの硫黄関連分子は、原始星天体に伴う原始星円盤/原始惑星系円盤などで検出されており、さらに、太陽系内でも彗星 67P/Churyumov-Gerasimenko のコマで検出されていることから、星間化学と惑星化学の関連性を紐解く手がかりになることが期待される。若い低質量原始星天体の円盤形成領域においては、降着するエンベロープガスから原始星円盤にかけて、これらの硫黄関連分子の組成が急激に変化する様子が、現象論的に報告されている。しかし、そのような組成の変化を示す原因は未だ解明されていない。これは、氷マントル中における硫黄関連分子の主要な形態の一つとして考えられている H_2S 分子の振る舞いが不明なためである。

この状況を打破するため、我々は ALMA による硫黄関連分子の高解像度観測 (ビームサイズ $\sim 0''.2$) を実施した。Class 0 低質量原始星天体 B335 ($d \sim 100\text{ pc}$) は、孤立した環境にあることから、星形成に伴う構造形成と化学組成進化を調べるための理想的なテストベッドとして、観測研究が盛んに行われてきた天体である。B335 のアウトフローと円盤/エンベロープ構造において、ALMA Band 5 の周波数帯で H_2S , CS , H_2CS , OCS , SO , SO_2 分子の輝線を観測した。これらの分子輝線はいずれも、原始星に付随したコンパクトな成分で検出された。原始星の位置でのスペクトルは、半値全幅が 4 km s^{-1} 以上の広い線幅を示した。B335 はケプラー回転円盤が非常に小さいか、未だ形成されていないことが報告されているが、これらの分子輝線は原始星近傍でのガスの回転運動を捉えていると解釈できる。加えて、 H_2S 分子輝線は、弱いながらアウトフロー上でも検出された。この結果は、 H_2S 分子がアウトフロー上でダストから昇華していることを示唆し、非熱的な脱離が起きている可能性が考えられる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P136a Probing the ion-neutral drift velocity towards the L1544 prestellar core

Doris Arzoumanian (Kyushu University), Silvia Spezzano, Paola Caselli, Jaime Pineda (MPE), Yoshiaki Misugi (NAOJ)

The role of magnetic fields in the star formation process remains unclear. If sufficiently strong, magnetic fields may support dense clouds against gravitational collapse and thus delay star formation. The importance of the magnetic field is tightly linked to the coupling between matter and the magnetic field lines. This coupling is due to the interaction between the ions and neutrals in a partially ionized plasma. When the ionisation degree drops in the dense environment of prestellar cores, the magnetic field and the matter are decoupled and the ions and neutrals are predicted to behave differently for gravitational infall; show different velocity structures. This theoretically expected velocity drift has not been convincingly detected in observations yet. I will present our new study searching for a signature of ion-neutral velocity drift to probe the presence of ambipolar diffusion and study its role in the onset of prestellar core collapse. We analyzed deuterated ion N_2D^+ and neutral pNH_2 molecules towards the prototypical prestellar core L1544. These two molecules are ideal tracers of prestellar cores sampling the same high densities in the interior of the cores. We detected a mean ion-neutral velocity difference of $\sim 0.05\text{ km/s}$ towards the core. By comparing with non-ideal MHD simulations of filament fragmentation and core collapse, we interpret the observed ion-neutral velocity difference in L1544 as a result of ambipolar diffusion.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P137b 超新星爆発等からの固体微粒子拡散と太陽系内の同位体比不均質の起源

中本泰史 (東京科学大学)

地球や隕石に含まれるいくつかの安定核種の同位体比に、不均質が見られることが知られている。この原因としていくつかの説が検討されているが、ひとつの可能性は、太陽系が形成される前からの不均質が残り、太陽系内でも均質化されないまま今にいたっているとする説である。すなわち、超新星爆発等から放出された物質がそれぞれ固有の同位体比を保ちながら拡散し、やがて太陽系を形成した分子雲に取り込まれたが、その後も空間的不均質が残っていたと考えるものである。

本研究ではこの説の可能性を定量的に評価するため、太陽系を形成した分子雲内で生じ得る不均質の程度を議論する。さらに、このシナリオが成立するための太陽系形成時の条件を明らかにすることも目指す。

本研究では特に、クロムの同位体である ^{54}Cr の不均質に焦点を当てる。これが超新星爆発等で生成・放出され、銀河系円盤内を拡散する様子を計算し、円盤内で形成される分子雲内の不均質の程度を求める。地球や複数の隕石の間で、 ^{54}Cr と ^{52}Cr の同位体比において 1000 分の 1 程度の違いが見つかった。また、太陽系内に存在する ^{54}Cr の総質量はおよそ $10^{-6} M_{\odot}$ 程度である。これら不均質の程度と質量が合うような条件を探る。

超新星爆発等の生成放出源の数と、生成放出源と分子雲の距離、および経過時間などをパラメータにとって調べた結果、最後の生成放出源が比較的近く（およそ 10 pc 以内）、放出からの経過時間が短い（およそ 10^5 年以下）場合に、現在の太陽系に見られる量と不均質を整合的に説明することが可能であることがわかった。一方で、同位体不均質が見られない核種については、遠方の古い生成源が複数、寄与していることが考えられる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P138b 乱流分子雲における拡散係数の導出

山田祥悟, 中本泰史 (東京科学大学)

現在の太陽系に存在する隕石には、 ^{54}Cr や ^{50}Ti などの安定同位体に同位体異常が存在することが判明している。これらの安定核種は星形成過程において変化しないため、異なる同位体比を持つ隕石母天体は、それぞれ異なる同位体比を有する起源物質を含んでいたと考えられる。さらに、超新星や漸近巨星分枝 (AGB) 星で生成された物質は、生成条件に応じて異なる同位体比を持ち、それに由来する固体微粒子も同様であることから、分子雲の初期段階においてすでに同位体的不均質が存在していたと推測される。そのため、この同位体異常の原因として、太陽系形成過程における物質の不十分な均質化が考えられる。

本研究は、分子雲から分子雲コアが形成される過程に注目し、この段階における物質の混合・均質化の程度を評価することを目的とする。複雑な物理条件の影響を切り分けるため、本研究では磁場、自己重力、輻射の効果を無視し、定常的な乱流場における拡散現象に限定して解析を行った。数値計算には Athena++ を使い、乱流が定常状態に達した後、トレーサー粒子を導入することで、拡散係数を乱流強度の関数として導出した。

その結果、拡散係数は $v_{\text{rms}}^{1.36} \cdot \lambda_{\text{max}}^{0.78}$ に比例することがわかった。ここで v_{rms} と λ_{max} はそれぞれガスの二乗平均速度、エネルギースペクトルがピークとなる渦のスケールを示す。また、観測的に示唆されている典型的な分子雲の流速スケールを再現した条件下での拡散係数も算出し、その振る舞いを確認した。

今後の課題として、現在は流速スケールのみに基づいた大まかな比較にとどまっているため、密度構造や乱流の統計的性質など、より詳細な物理量との対応を通じた精緻な比較が必要である。これにより、実際の分子雲内での同位体物質の混合・均質化の程度を、より定量的かつ現実的に評価することが可能になると考えられる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P139b 強磁場低金属量環境下における星形成

村社伊樹, 町田正博 (九州大学)

初代星を含めた初期宇宙の星は直接観測することが困難であり、その形成過程の解明には数値シミュレーションを用いた理論的研究が主流である。また、初期宇宙の磁場は弱いと考えられていたため、多くの星形成シミュレーションでは磁場の効果が無視されていた。しかし、近年の研究で初期宇宙の磁場がその効果を無視できないほど強い可能性が示唆された。初代星が超新星爆発を起こした後に誕生する第二世代以降の星の形成現場の磁場は強いと考えられる。これは、初代星誕生後に磁場が十分に増幅すると考えられるためである。

そのため本研究では、強磁場低金属量環境下での星形成過程について調べた。磁場強度を質量磁束比 $\mu_0(2\pi\text{G})^{-1}$ により決定し、金属量を太陽金属量の 0、 10^{-6} 、 10^{-5} 、 10^{-4} 、 10^{-3} 、 10^{-2} のパラメータとして、合計 6 つのモデルを構築して、宇宙の異なる時代の星形成環境を再現した。また、磁場の散逸を厳密に計算するために、非理想磁気流体効果 (オーム散逸、両極性拡散) を含めた三次元数値シミュレーションによって星の誕生の過程を調べた。

シミュレーションの結果、磁気交換型不安定性の発生が、金属量が太陽金属量の 10^{-4} 倍のモデル以外で見られた。星形成後約 100 年時点における、星の中心からの距離 1 au における磁場強度に対しての 10 au の磁場強度の比 ($B_{10\text{au}}/B_{1\text{au}}$) をモデルごとに求めた。その結果、磁気交換型不安定性が発生しなかったモデルが $B_{10\text{au}}/B_{1\text{au}} \sim 0.01$ であるのに対し、発生したモデルは $B_{10\text{au}}/B_{1\text{au}} \sim 1$ と、磁場が大きく外部に輸送されていることがわかった。これにより、強磁場低金属量環境下では磁気交換型不安定性による磁場の輸送が有用であることが示された。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P140a 銀河面 CO 広域観測データを用いた Spitzer Bubble の統計的解析 (I): 共通の特徴を探る個別解析

西本晋平, 藤本湧大, 大西利和 (大阪公立大学), 井上剛志 (甲南大学), 徳田一起 (香川大学), 藤田真司 (統計数理研究所), 西村淳 (NAOJ), 宮本祐介 (福井工業大学), FUGIN AI チーム

近年の高解像度赤外線観測により、銀河内の若い H II 領域に対応する “Spitzer Bubble” や巨大シェル状構造が多数発見され、大質量星形成に伴うフィードバック過程や分子雲衝突 (Cloud-Cloud Collision, CCC)、Collect & Collapse (C&C) などの現象と密接に関連していることが示唆されてきた。Nishimoto et al. (2025) では、深層学習を用いた高精度・高速な Spitzer Bubble 自動検出手法を開発し、天の川銀河の一部領域において 3006 個 (うち新規 1413 個) の Bubble を検出した。この統計的サンプルは、リング状構造の形成機構解明や、大質量星形成に伴う分子ガスの質量・速度分布への影響を評価する上で、極めて重要な基盤となる。

本研究では、Nishimoto et al. (2025) で検出した個々の Spitzer Bubble に着目し、それぞれに付随する分子ガスの性質を、野辺山 45m 望遠鏡により取得された FUGIN プロジェクトの ^{12}CO , ^{13}CO , C^{18}O 輝線データを用いて統計的に解析した。特に、積分強度図・視線速度図・P-V 図・Radial Profile 等を指標として、Bubble シェルと分子雲の物理的関係性を調査した。 C^{18}O では Bubble シェルに沿った分子ガスの集積が顕著に認められた一方、 ^{12}CO では視線方向の重なりの影響により構造が不明瞭となる例も多かった。さらに、視線速度図や P-V 図の解析からは、Bubble に付随する分子雲が、通常の分子雲とは異なる特徴的な速度分布を示す傾向が認められた。発表では、これらの統計的傾向と、CCC や C&C 等の形成シナリオとの関連性について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P141a 銀河面 CO 広域観測データを用いた Spitzer Bubble の統計的解析 (II): 深層学習を用いた包括的解析

藤本湧大, 西本晋平, 大西利和 (大阪公立大学), 井上剛志 (甲南大学), 徳田一起 (香川大学), 藤田真司 (統計数理研究所), 西村淳 (NAOJ), 宮本祐介 (福井工業大学), FUGIN AI チーム

本研究では、西本ら (本学会) による個別分子ガスの詳細解析手法と相補的なアプローチとして、深層学習モデル Convolutional AutoEncoder (CAE) による教師なし学習で、Spitzer Bubble に付随する分子雲の包括的な特性解析を行った。対象は野辺山 45m 望遠鏡で取得した Cygnus-X 領域の ^{12}CO ($J=1 \rightarrow 0$) 輝線データであり、Bubble 周辺および対照領域から Spitzer Bubble の形状に合わせて複数スケールでデータを切り出し、CAE による特徴抽出を実施した。

CAE は入力データから空間的・速度的特徴を抽出し、圧縮された潜在変数として表現できる。学習時にはマスキングやガウシアンフィルターによる S/N 向上、速度方向反転などのデータ拡張 (Augmentation) を行い、安定性と一般化性能を高めた。学習後、得られた 100 個の潜在変数に対して、Bubble 周辺と対照領域のデータを比較し、K-S 検定や K-means クラスタリングで群間差を評価した。

その結果、Bubble 周辺と対照領域で有意差を示す潜在変数が複数存在した。一方で、すべてのデータに一律の速度幅を適用しているため、速度構造の偏りに対するモデルの感度が課題として残る。今後は C^{18}O 等による個別の速度幅設定や、より精緻なデータ切り出しにより、さらなる精度向上を目指す。発表では、これらの解析手順と CAE による教師なし特徴抽出の有効性、課題、今後の展望を詳述する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P142a 大マゼラン雲における大質量星と原子、分子ガスの運動学的研究

星満, 立原研悟, 中野寛矢, 玉城磨生, 伊藤拓冬, 福井康雄 (名古屋大学), 山田麟, 柘植紀節 (岐阜大学)

大マゼラン雲は、多くの大質量星および大質量星団を有する最近傍銀河の一つであり、他の系外銀河では困難な星の速度情報の測定が可能である。南東部の H I Ridge 領域では、小マゼラン雲との潮汐相互作用で攪乱された H I 雲の低速度成分 (L 成分) と、円盤成分 (D 成分) の衝突が提案され、この衝突が活発な大質量星形成を誘発した可能性がある (Fukui et al. 2017)。次いで Tsuge et al. (2024) は、これら 2 つの中間速度成分 (I 成分) と大質量星の空間的付随を確かめ、衝突によりできた I 成分で大質量星が形成された可能性を示した。ただし H I の I 成分と大質量星、またその母体である分子雲の運動学的な付随関係は未検証である。本講演では H I Ridge における H I の I 成分、分子雲、大質量星の視線速度を比較し、H I 雲の衝突による大質量星形成誘発シナリオを運動学的に検証する。H I は ATCA と Parkes による 21 cm 線データ (Kim et al. 2003)、分子雲は NANTEN による ^{12}CO ($J=1-0$) のデータ (Fukui et al. 2008) を使用した。大質量星は Gaia の恒星データより同定した約 12,500 個 (2023 年秋季年会, 玉城 他) と Bonanos et al. (2009) の大質量星カタログの約 500 個を統合し、さらに APOGEE-2 の視線速度データをクロスマッチさせることで、視線速度情報を持つ約 300 個の大質量星を抽出し、運動学的議論を可能にした。以上 3 成分について、銀河円盤の視線速度を基準に取り、そこからずれる V_{offset} を比較した。その結果、 ^{12}CO ($J=1-0$) と大質量星の典型的な V_{offset} は ~ -20 km/s (それぞれの速度分散 ~ -10 km/s, ~ -15 km/s) で一致し、H I の I 成分 ($V_{\text{offset}}: -30.5 \sim -10.4$ km/s) に運動学的に付随していることを確かめた。この結果は、H I 雲の衝突圧縮によって生じた I 成分で分子雲が形成され、その内部で大質量星が形成された可能性を示唆する。また、それら大質量星の運動は、母体分子雲の運動を保存していると考えられる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P143a 機械学習を用いた初代星形成過程における化学進化のエミュレーション

小野 壮洵 (京都大学), 杉村 和幸 (北海道大学)

初代星とは、宇宙誕生後に形成された最初の世代の星を指す。宇宙は、星の形成と超新星爆発による物質の拡散を繰り返して進化してきたが、その出発点である初代星の形成過程を解明することは、現代天文学の重要な課題の一つである。初代星の形成は、ガスの温度や化学状態に強く依存し、その進化を精密に追うには、多数の化学反応を含む硬い常微分方程式 (ODE) を高精度に解く必要がある。しかし、従来の数値積分に基づく手法では、計算コストや並列化効率に課題があった。そこで本研究では、機械学習による代替手法の可能性を探る。

近年、Branca & Pallottini (2024) は常微分方程式の解の予測に適した構造を持つ DeepONet (Lu et al., 2021) を使い、星間物質における熱・化学進化を再現する手法を提案している。本研究ではそれを基に、より高密度で計算が困難な領域への拡張を試みた。

まず、金属を含まない始原ガス環境における 6 種類の化学種と 18 種の反応を対象とした熱・化学進化モデルを使い、ニューラルネットワークの学習用データセットを作成した。次に、初期条件と時間幅に応じて温度と化学組成の時間発展を予測する DeepONet ベースのエミュレータを構築した。また、時間刻みが小さい場合でも、ネットワークの反復適用による誤差蓄積を抑える補完的手法も導入した。

その結果、従来法と比べて計算精度を保ちつつ 2 倍以上の高速化を実現し、GPU を用いた one-zone 計算では 10 倍以上の高速化を達成した。さらに、時間刻みの細かいシミュレーションにおいても安定した予測が可能であることを確認した。

本講演では、この手法による計算結果を紹介し、今後の流体シミュレーションへの応用についても議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P144a 宇宙初期のガス衝突による大質量星団形成における紫外線強度の影響

前田龍之介, 大向一行 (東北大学), 井上剛志 (甲南大学)

近年、JWST によって $z \sim 4-10$ の大質量星団形成の現場が観測され始めた (e.g., Adamo et al. 2024)。これらの星団は当時の銀河星質量の $> 30\%$ を担い、銀河形成・進化に重大な影響を及ぼすと考えられるが、その形成過程は未解明である。Maeda et al. (2021, 2024) では、近傍銀河で観測された銀河間相互作用によるガス衝突をシミュレーションで再現し、高速なガス衝突が大質量星団形成に重要であることを示した。しかしながら、宇宙初期の星団形成領域は、低金属量かつスターバースト活動に起因する強い紫外線 (UV) の影響下にあったと考えられ、現在の星団形成環境とは大きく異なることが予想されている。こうした環境が形成する星団にどのような影響を及ぼすのかを理解することは、初期宇宙における星団形成過程を明らかにする上で不可欠である。

そこで、本研究では Maeda et al. (2024) で行った自己重力、加熱・冷却、化学反応、フィードバック入りの三次元理想 MHD シミュレーションを用いて、ガス衝突で形成するクランプ質量の金属量・UV 強度依存性を調べた。本研究では、ガスの金属量として $Z \sim 10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3} Z_{\odot}$ を UV 強度として $10^0, 10^2 G_0$ 考え、ガス衝突のスケールと速度は Maeda et al. (2021, 2024) と同様に、銀河間相互作用のスケールである大スケール ($\gtrsim 100$ pc) かつ高速 (~ 100 km/s) な衝突を考えた。その結果、低金属環境下における衝撃波圧縮層では、金属冷却ではなく水素分子冷却が高密度構造の形成に重要な役割を果たすことがわかった。また、UV が強い場合は、水素分子の解離によって冷却効率が低下し、高密度構造の形成時期や形態が変化することがわかった。これらの結果は、衝撃波圧縮層の重力収縮により形成される星団の質量が、金属量および UV 強度に強く依存することを示唆しており、宇宙初期の大質量星団形成を理解する上で重要な手がかりを与える。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)P145a N 体/SPH シミュレーションによる原始連星を考慮した星団形成過程の調査

原田直人, 藤井通子 (東京大学), 斎藤貴之 (神戸大学), 平居悠 (東北公益文科大学)

大質量星は輻射フィードバックによって周囲のガスを散逸させるため、そのダイナミクスは星形成過程に大きな影響を与える。大質量星の多くは分子雲の中で星団の一員として生まれる (Lada & Lada 2003)。また、観測は若い星形成領域ほど連星率が高いことを示しており、多くの星が連星として誕生することを示唆している (Duchêne & Kraus 2013)。星団内に連星系が存在すると、三体遭遇によって星、特に大質量星が星団外へ弾き飛ばされることが N 体シミュレーションによって明らかにされている。しかし、従来の N 体シミュレーションは星団形成後のガスの無い状態を初期条件としており、星団形成過程における大質量星のガスへのフィードバックを考慮できないという課題がある。一方、力学的進化が重要となるくらい大質量 ($\gtrsim 1000$ 太陽質量) の星団形成シミュレーションでは連星形成の空間スケールを分解することができないため、星はすべて単独星として生成されていた (Hirai et al. 2021)。

そこで本研究では、三体遭遇による星の運動の変化を精密に計算可能な N 体/SPH シミュレーションコード ASURA+BRIDGE を用いて、分子雲を初期条件とした星団形成から進化までの一貫したシミュレーションを実施した。さらに、より現実的な星団形成過程を調べるために、星が連星として生まれるケースを取り扱えるようにコードを拡張した。本研究では初期段階として、すべての星が単独星として生まれる場合と、すべての星が連星として生まれる場合の 2 通りの計算を実施した。この両極端な計算結果を比較することで、初期の連星率の違いが大質量星のダイナミクス、ひいては分子雲と星団の進化に与える影響を議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P146a 電離領域の伝搬が駆動する分子雲破壊と星形成効率

小林康大, 犬塚修一郎 (名古屋大学)

大質量の恒星が形成する HII 領域は、星周物質の構造に大きな影響を与え、分子雲破壊を引き起こすことでさらなる星形成活動を阻害する役割を持っていると考えられている (Inutsuka et al. 2015)。先行研究 (Hosokawa & Inutsuka 2006) では球対称 1 次元における数値流体シミュレーションにより HII 領域の膨張則の近似解が与えられた。一方、3 次元構造を考慮した HII 領域の膨張過程に関する研究は十分に行われていない。HII 領域の伝搬には周辺ガスの密度構造や複数の恒星からの輻射が大きな影響を与えるため、多次元的なガスおよび恒星の分布を考慮することが重要である。

本研究では、Athena++(Stone et al. 2020) を用いて大質量星形成によるフィードバックを考慮した 3 次元輻射流体シミュレーションを行った。その結果、大質量星が密集している領域においては、輻射フィードバックの効率が変化することが示唆された。さらに、高密度のガスについては輻射の影響が小さく、その中での星形成は止められないことが示唆されている。ここで得られた結果をもとに、現実的な環境下における HII 領域の伝搬による分子雲破壊効率、および星形成効率の変化について議論を行う。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)
[スケジュール \(全体\) に戻る](#)
[講演者索引 TOP に戻る](#)

P147a 連星形成期における連星軌道の進化：磁場によって双子星は近づくか？

松本倫明 (法政大学), 仏坂健太 (東京大学), 稲吉恒平 (北京大学)

太陽型星の過半数は連星のメンバーとして形成することが知られており、連星形成は星形成の主要なモードである。最近の Gaia 衛星のデータを用いた解析によると、連星間距離と質量によらずに、質量比が 1 に近い連星 (双子星) が多いという特徴 (双子星超過) が認められており、連星間距離と質量によらない共通の連星系形成メカニズムの存在が示唆されている。連星間距離が大きい双子星の形成シナリオは提案されているが、連星間距離が小さい双子星の形成については未解明である。

そこで本研究では、連星の形成中に連星軌道が縮んで連星間距離が小さい双子星を作るシナリオを検証するために、質量降着期の若い連星について MHD シミュレーションを実施した。質量降着期には星間磁場が重要な役割を果たすことが知られており、本研究においても磁場を考慮したモデルを構築した。

その結果、磁場を考慮しないモデルでは連星の軌道長半径が単調に増加する一方で、磁場を考慮したモデルでは軌道長半径が減少した。これは、磁場によってアウトフローと磁気回転不安定 (MRI) が発生し、角運動量が抜かれたガスが星に降着するためである。つまり、連星の軌道進化はガスの降着が駆動している。

連星軌道が縮んだモデルは典型的に ~ 10 回転程度で軌道長半径の減少が減速または停止した。これは、連星がガスだけでなく磁束も降着した結果、星近傍に磁束が蓄積し、ガス降着が妨げられるためである。本研究では簡単のために理想 MHD を仮定したが、現実の原始連星では磁場の散逸過程が働くことが期待される。このため、磁場の散逸過程を考慮すると、星近傍の磁束の蓄積が緩和され、ガス降着が継続し、軌道長半径が減少し続けると予想される。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)
[スケジュール \(全体\) に戻る](#)
[講演者索引 TOP に戻る](#)

P148a 褐色矮星連星の形成シナリオについて

内海 秀介 (名古屋大学), 犬塚 修一郎 (名古屋大学)

近年、ジェイムス＝ウェッブ宇宙望遠鏡によってトラペジウム星団内で木星質量連星 (JuMBO) が多数発見された。しかし、その大きな頻度は既存の星形成・惑星形成理論では予想されていなかった。このため、JuMBOs の形成過程の解明は、近年の理論天文学における挑戦的な課題となっている。

本年、Science 誌で JuMBOs の新しい形成メカニズムが提案され、隣接する星周円盤間の潮汐相互作用によって形成されたフィラメント状ガス構造の重力崩壊によって、JuMBO が形成されることが示唆された (Fu+2025)。しかしながら、彼らの流体力学シミュレーションは等温性を仮定しており、分裂スケールを決定する上で不可欠である圧縮加熱と放射冷却を組み込んでいなかった。そこで本発表では、流体力学数値計算手法である Smoothed Particle Hydrodynamics 法に輻射冷却モジュールを組み込んだ新しい計算結果を紹介し、JuMBOs の形成メカニズムについて議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)
[スケジュール \(全体\) に戻る](#)
[講演者索引 TOP に戻る](#)

P149a すばる望遠鏡広域観測で見つかった褐色矮星のタイプ分類

水本琴美, 松岡良樹, 鈴木悠太 (愛媛大学)

褐色矮星は低質量の亜恒星天体であり、中心で軽水素の核融合を起こすことができないため、可視光で暗い低温の天体である。質量や温度などの物理パラメータにおいて恒星と惑星の間に位置づけられており、両種族の形成に重要な手がかりを与える存在と言われている。しかし、可視光ではその暗さが原因で発見されることが少なく、可視光で見つかった褐色矮星が、主に赤外線で見発見される大多数の褐色矮星とどのような関係にあるのかは興味深い点である。

一方、すばる望遠鏡 Hyper Suprime-Cam (HSC) で行った遠方クエーサー探索 (SHELLQs) では極めて赤く、点状の形態を持つ天体の探索をしている。褐色矮星もこれと同様の形態を示すため、この探索の副産物として 100 個近くの褐色矮星が新たに分光同定された。これにより統計的に可視光で見つかった褐色矮星の物理性質を調査することが可能となった。そこで本研究ではこれらの褐色矮星について可視光波長の HSC、近赤外線波長の UKIDSS、UHS、VIKING および VHS、中間赤外線の *unWISE* という複数の測光データを組み合わせて用いることで、スペクトル型の決定や SHELLQs の可視光スペクトルのみによるスペクトル分類の評価、赤外線で見発見されてきた褐色矮星との性質の違いの調査を目的として研究を行った。発見された褐色矮星 96 天体のうち、赤外線測光データを取得できたのは 51 天体であった。これらの天体について、取得したフラックスからスペクトルエネルギー分布 (SED) を描き、理論モデルとのフィッティングを行った。本講演では、これらの解析の結果を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P150a かなた望遠鏡可視偏光サーベイ：若い星団 NGC 6910 内の磁場構造とダストサイズ (2)

丸田 哲温, 川端 弘治, 堀 友哉 (広島大), 土井 靖生, 城 壮一郎 (東京大), 松村 雅文 (香川大), 秋田谷 洋 (千葉工大), 笹田 真人 (東京科学大)

大質量星を抱える若い星団において、星形成前後の星間環境 (磁場構造やダストサイズ) に対する大質量星の影響を明らかにすべく、我々は口径 1.5m の広島大学かなた望遠鏡/可視赤外線同時カメラ HONIR を用い、はくちょう座 OB9 アソシエーションに位置する若い散開星団 NGC 6910 に対して、 $8' \times 9'$ 分角視野内の可視/近赤外 7 バンド (B, V, R, I, J, H, K_s) 偏光サーベイ観測を行っている。星間雲による吸収を受けた多数の背景星の偏光を Gaia DR3 カタログにより距離範囲ごとにベクトル分解することで、視線上に重なる複数の星間雲固有の磁場構造が得られる。また、ダストサイズは偏光度のピーク波長 λ_{max} から推定することができる。

前回学会報告 (2024 年秋季年会 P107a) では、 ~ 1.0 kpc から星団の距離 (~ 1.72 kpc; Kaur et al. 2020) までの磁場の向きが赤道座標での方位角 $\sim 10^\circ$ で一様に揃っている一方、星団中では $\sim 150^\circ$ と 40° ほど変化していることを捉えた。 λ_{max} の大まかな変化も捉えていたが、短波長域のデータ不足により詳細な評価は困難であった。

今回、星団を中心とした約 $10' \times 30'$ まで観測範囲を拡大した。また、B バンド (中心波長 $0.44 \mu\text{m}$) のデータを追加取得することで、短波長側での λ_{max} 決定精度を向上させた。これにより、(i) 星団西側領域は中心方向と類似した磁場パターンを示す一方、濃い星間雲が存在する東側領域では弧状の磁場構造が見られるなど中心方向とは明らかに傾向が異なること、および (ii) λ_{max} が星団手前 ($\sim 0.62 \mu\text{m}$) に比べ星団中 ($\sim 0.50 \mu\text{m}$) では有意に小さく、すなわち星団中ではダストサイズが小さい傾向にあることが示唆される。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P151a かなた望遠鏡可視偏光サーベイ：大質量星形成領域 W33 方向の星間雲分布と磁場構造

土井 靖生, 城 壮一郎 (東京大), 堀 友哉, 丸田 哲温, 川端 弘治 (広島大), 松村 雅文 (香川大), 秋田谷 洋 (千葉工大), 河野樹人 (名古屋市科学館), 佐藤文衛 (東京科学大学), 大宮正士 (アストロバイオロジーセンター), 田實晃人, 泉浦秀行 (国立天文台)

W33 は多数の OB 型星を含む活発な星形成領域である。我々は、かなた望遠鏡 HONIR による可視偏光観測を通じて、W33 方向に距離 1.36kpc、1.63kpc、2.18kpc に位置する 3 つの星間雲を検出し、それぞれに付随する磁場構造を明らかにした。特に、W33 に付随する 2.18kpc の磁場が大質量星形成領域でありながら非常に滑らかな構造を示すことを初めて明らかにした (2024 年秋季年会 P105a)。

本研究では、W33 の中心天体である W33 main 内部の磁場構造の三次元分布をモデルフィッティングにより推定した。その結果、磁場強度はクラウド中心部で約 $300 \mu\text{G}$ 、周辺部では推定手法により $100 \sim 500 \mu\text{G}$ と見積もられた。中心から 1 pc より外側の領域では、ガス圧に対して磁気圧が優勢であることが示唆され、これが W33 領域内の滑らかな磁場分布の直接的な要因であると考えられる。

W33 の星形成活動のトリガーとして星間雲衝突の可能性が指摘されてきたが、我々の磁場観測からはその存在を示す証拠は得られなかった。そこで、せいめい望遠鏡 GAOES-RV を用いて NaI 星間吸収線の観測を、速度分解能約 4.6km/s で距離が既知の複数の星に対して実施し、星間ガスの各視線速度成分の距離を決定した。その結果、 $+35\text{km/s}$ の雲は W33 の距離に存在することを初めて確認した。一方、衝突対象とされる $+53 \sim 58\text{km/s}$ 成分は、2.66kpc 未満の範囲内では検出されなかった。この速度成分はより遠方の背景雲である可能性が高い。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P152a かなた望遠鏡可視偏光サーベイ：Nova V4444 Sgr 方向の星間磁場構造と星間ダスト

川端弘治、堀友哉、丸田哲温（広島大）、土井靖生、城壮一郎（東京大）、秋田谷洋（千葉工大）、松村雅文（香川大）、笹田真人（東京科学大）

1999 年に現れた古典新星 V4444 Sgr ($b = 3.8^\circ$, $l = -3.4^\circ$, 推定距離 2.3–4.7 kpc) は、極大光度の 2 日後から 10 日後にかけて得られた偏光スペクトルにおいて、(i) 日変化しない、(ii) H α 輝線まわりで偏光特性に変化がない、(iii) 偏光のピーク波長が $\lesssim 0.45 \mu\text{m}$ と典型的な星間偏光に比べて小さい、(iv) 偏光の位置角が銀河面にほぼ垂直、といった特徴を示した (Kawabata et al. 2000)。(iii) と (iv) は、この視線方向の星間磁場構造やダストサイズが特異である可能性を示唆する。Gaia カタログによると、この付近は特に星密度が高く、銀河系バルジまで見通せていると考えられることから、銀河系内の磁場構造や星間ダストの特性を距離分解して探る上で興味深い。

我々は広島大学 1.5m かなた望遠鏡と可視赤外線同時カメラ HONIR を用いてこの方向 $8' \times 9'$ 分角視野内の可視近赤外偏光サーベイを実施した。得られた偏光サンプル星の星間吸収 (A_G) は、距離 5 kpc ほどまではほぼ一様に増加し、それ以遠は 1.5–3 mag でほぼ一定である。偏光方位角は、2 kpc ほどまでは $PA \simeq 80^\circ$ 付近の銀河面に平行なサンプルが多いものの、それ以遠では $\simeq 0^\circ$ と銀河面に垂直な向きへの集中が見られる。また、可視 R_G バンドの偏光度は、3 kpc 以遠では 0.5–1.5% ほどに集中している。3 kpc 以遠のサンプルで得られた偏光度と方位角は、V4444 Sgr の増光時に得られていた偏光スペクトルとコンシステントであり、当時観測された偏光がこの古典新星固有のものではないこと、そしてこの視線方向の星間磁場構造が特異であることが確認できた。講演では、磁場構造の距離依存性や、偏光の波長依存性から導かれるダストの性質について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P153a 大質量星形成領域 NGC 6334 における星間磁場と遠赤外線 [CII] 放射の関係

楠根貴成、辻隼大、金田英宏、安田晃子（名古屋大学）、大藪進喜（徳島大学）、鈴木仁研（JAXA）、D. K. Ojha, S. K. Ghosh, K. Singh, J. P. Sandimani (TIFR)

Herschel 衛星などの遠赤外線観測により、星が誕生する分子雲の多くはフィラメント状の構造を持つことが知られている。このようなフィラメントの形成過程や構造の維持、さらにはそこでの星形成過程には、星間磁場が重要な役割を果たしていると考えられているが、これらの関係性についての観測的理解は十分ではない。そこで我々は、大質量星形成領域である NGC 6334 に着目し、その磁場構造と星形成活動の関係性を調べるべく、近赤外線偏光観測および遠赤外線 [CII] 輝線（波長 $158 \mu\text{m}$ ）観測を行った。前者の観測には、南アフリカ天文台サザーランド観測所の IRSF1.4 m 望遠鏡と、それに搭載されている JHK_s 近赤外線偏光撮像装置 SIRIUS/SIRPOL を、後者の観測には、インド・タタ基礎科学研究所が所有する口径 1 m の気球望遠鏡と Fabry-Pérot 分光器を使用した。

観測の結果、NGC 6334 のメインフィラメントでは磁場は垂直に貫いているのに対し、それ以外のフィラメントでは磁場は平行もしくはランダムであることが明らかになった。また、[CII] 放射の強度はフィラメントごとに異なり、特にメインフィラメントおよびハブフィラメントでは高輝度であった。これらの結果から、磁場が垂直に貫いているメインフィラメントでは、星形成がより活発である傾向が示唆された。NGC 6334 の周囲には複数の HII 領域が存在し、それらが星形成活動に影響を与えている可能性がある。とくにメインフィラメントでは、その伸張方向および磁場の方向と、付随する 2 つの HII 領域の位置関係や膨張方向との幾何学的関係から、フィラメントへの効率的な物質降着が促され、結果としてフィラメントに沿った大質量星形成が促進されていると考えられる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P154a X 線分光撮像衛星 XRISM を用いた X 線反射星雲 Sgr B2 内の点源の観測

山本晴香、吉本愛使、山内茂雄（奈良女子大学）、信川正順（奈良教育大学）、信川久実子（近畿大学）、山秀樹（静岡大学）

Sgr B2 は銀河中心から投影距離 100pc に位置する巨大分子雲複合体であり、天の川銀河内で最も活発な大質量星形成領域の一つである (e.g. Takagi et al. 2002, ApJ, 573, 275; Möller et al. 2025, A&A, 693, A160)。Chandra 衛星による観測により、Sgr B2 領域内に候補を含め 12 個以上の X 線点源が発見された (Takagi et al. 2002)。

私たちは XRISM 衛星を用いて 2025 年 2 月 16 日から 3 月 9 日にかけて、3 回に分けて合計有効観測時間約 157ks の観測を行った。Xtend データを用いたイメージ解析の結果、Sgr B2 領域内に点源を検出した。その座標は (R.A., Dec.) = $(17^{\text{h}}47^{\text{m}}20.3^{\text{s}}, -28^{\circ}23'05'')$ と求められた。XRISM 衛星の位置決定精度 20 秒角の範囲内には、Chandra 衛星を用いて観測された 2 つの明るい X 線点源 No. 10 と No. 13 (Takagi et al. 2002) が存在する。点源の X 線強度の時間変動を調べたところ、観測の初期から後期にかけて、強度は 25% 程度減少していた。スペクトルには強い鉄輝線が見られ、 10^{23}H cm^{-2} を大きく超える強い吸収を受けた $kT = 1 - 2 \text{ keV}$ 程のプラズマからの放射のモデルで説明できることが分かった。得られたスペクトルパラメータは Takagi et al. (2002) で報告された X 線点源 No. 10 のものと一致する。以上の結果より、XRISM 衛星を用いて観測された Sgr B2 領域内の点源では、Takagi et al. (2002) で報告された X 線点源 No. 10 と No. 13 であると考えられるが、それらの明確な区別はついていない。講演では解析結果の詳細について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P201a 原始惑星系円盤における酸素同位体組成の時空間進化

荒川創太, 牛久保孝行, 富永遼佑

星・惑星系に存在する固体物質において、酸素は最も存在量が多く、かつ、多様な形態で存在する重要な元素である。太陽系では、隕石中の様々な固体粒子に対して酸素同位体組成が測定されており、 $^{17}\text{O}/^{16}\text{O}$ および $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ の標準物質の値からのずれをグラフ上にプロットすると傾き 1 の直線上に大きくばらついて分布することが知られている (e.g., Tenner et al. 2018)。この分布を説明するモデルとして、分子雲段階での CO ガスの自己遮蔽効果によって ^{16}O に乏しい H_2O と ^{16}O に富む CO が形成され、原始惑星系円盤の高温領域において岩石成分と H_2O ・CO が多様な混合比で同位体交換反応を起こしたという説が提唱されている (Yurimoto & Kuramoto 2004)。

酸素同位体組成の時空間進化は、原始太陽系円盤における岩石・ H_2O ・CO の 3 成分の存在量比や温度進化の履歴を反映する。そこで我々は、分子雲コアから円盤が形成され、各成分の存在量および同位体組成の時空間分布が進化する様子を数値計算し、太陽系物質の酸素同位体組成がどのような条件下で再現されるのか調べた。本研究では、剛体回転する分子雲コアからの質量降着、円盤中でのダスト落下・拡散などを考慮し、1 次元移流拡散計算によって円盤進化を計算した。また、岩石粒子の結晶化、各成分の蒸発・再凝縮、成分間での酸素同位体交換反応などを考慮した。 H_2O スノーライン内外での固体粒子の半径、および、分子雲コアの回転角速度をパラメータとし、円盤形成・進化の初期 100 万年間において酸素同位体組成にどのような違いが出るのか調査した。

計算の結果、隕石中の固体粒子、特に炭素質コンドライト中のコンドルールの酸素同位体組成を説明するには、分子雲コアの回転角速度が小さく、分子雲コアから降着した物質の大部分が 500 K 程度の高温を経験する状況が望ましいことがわかった。これは、原始太陽系円盤における高温経験物質の外向き輸送の重要性を示唆する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P202a 原始惑星系円盤内側領域のダスト・温度共進化が導く微惑星形成

加藤遼 (東京科学大学), 植田高啓 (CfA), 奥住聡 (東京科学大学)

近年、内側軌道を持つ高密度で岩石主体と推定される系外惑星が数多く発見されている。それらの起源の解明には、原始惑星系円盤内側領域における微惑星形成の理解が必須である。我々は、最近の研究 (Kato et al. 2025) において、以下のことを明らかにした。(1) 粘性加熱によって円盤赤道面が加熱されるような円盤内側では、ダスト密度が何らかの理由で上昇すると、放射冷却効率が低下し、温度極大が生じる。(2) これが圧力極大を生み、微惑星形成を可能とするダスト濃集が起こる。我々はこの機構を「熱駆動ダスト濃集」と呼ぶ。

これを踏まえ本講演では、円盤内側の新しい微惑星形成シミュレーションの結果を紹介する。我々は、ダストの移流・拡散、付着・破壊、それらに伴うオパシティの変化と、円盤温度進化を同時計算し、形成される微惑星の位置、総質量を調査した。温度が 1000 K を超える領域では、磁気回転不安定性 (MRI) による乱流強度上昇を仮定した。赤道面のダスト対ガス密度比が 1 を超えた場所では、ダストの一部が微惑星へ変換されると仮定した。

計算の結果、以下のことが示された。円盤内側で MRI が活性化すると、その領域外縁にダストが捕捉され密度が上昇する。MRI 活性化領域でダストが枯渇して円盤が冷却すると、再び MRI 非活性となる。この際、MRI 活性時のダスト密度上昇を引き金として熱駆動ダスト濃集が起こる。ダストは内側に移動しつつ濃集し、微惑星が外側から内側にかけて形成される。このダスト集団が移動してくることで円盤内側が再び加熱され、MRI が再活性化する。この繰り返しにより、特定の領域に微惑星が段階的に形成される。我々は、数地球質量の微惑星が、1 au の軌道付近に、温度 400–800 K の環境下で形成されることを明らかにした。本講演では、微惑星の形成位置、形成領域の幅、総質量などの円盤パラメータ依存性についても議論を行い、最終的な惑星配置への示唆を与える。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P203a 高ダスト-ガス比環境でも使えるダスト拡散モデルの開発: 惑星ギャップ近傍におけるダスト密度分布進化

瀧 哲朗 (東京大学), 谷川 享行 (一関高専)

原始惑星系円盤中でのダストの分布を考える際に、ガス乱流による拡散過程を正しく取り扱うことは重要である。特に巨大惑星が原始惑星系円盤に作る惑星ギャップ近傍においては、ダストの拡散が、巨大惑星や周惑星円盤に供給されるダスト量を決めると同時に、観測可能なダストリング構造の幅や明るさも決めている。

このように、ダスト拡散過程は惑星系形成理論と観測解釈の双方において興味深い研究対象であるが、その取り扱いに関しては議論の余地がある。原始惑星系円盤のシミュレーションでは、ダストを圧力なし流体として扱う二流体近似のアプローチが広く用いられている。このときダスト乱流拡散の取り入れ方としては、(1) ダストの連続の式に質量の拡散項として導入する (e.g., Weber et al., 2019), (2) 乱流拡散による移動速度を定義してダストの運動方程式に含める (e.g., Binkert et al., 2023) などの手法が存在する。

これらの手法では一般に円盤ガス乱流が背景場として扱われており、ダスト-ガス系で見たときのエネルギーおよび運動量の保存が守られていない。惑星ギャップ近傍などの高ダスト-ガス比環境では、このような背景場近似は妥当性を失う。すなわちダストの微視的な運動を駆動するのに必要なエネルギーや運動量は、ガスの微視的な状態を変化させて巨視的運動にも影響を与える。本研究では一様等方性乱流下におけるダストの拡散過程を取り扱う際にエネルギーと運動量の保存を考慮した新たなダスト拡散モデルを提案する。さらに、我々の提案モデルが、惑星ギャップ近傍において、従来モデルとは本質的に異なるダスト分布進化の新たな描像を提示しうることを示す。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P204a 巨大惑星の引き起こす衝撃波加熱が原始惑星系円盤のスノーラインに与える影響

清水静, 富永遼佑, 奥住聡 (東京科学大学), 武藤恭之 (工学院大学)

地球のように水に枯渇した岩石惑星は、水氷の昇華する温度の軌道であるスノーラインの内側で形成されたと広く考えられている。そのため、原始惑星系円盤の温度構造を明らかにすることは、岩石惑星の形成位置を理解する上で重要である。本研究では、これまでの円盤モデルで考慮されていなかった加熱源である、巨大惑星の引き起こす衝撃波による加熱に着目する。原始惑星系円盤中に存在する惑星は、円盤との重力相互作用により円盤中に密度波を励起する。密度波は円盤中を伝播していくと衝撃波となり円盤を加熱する。衝撃波は古典的な降着加熱と同程度の加熱を引き起こしうるため (Ziampras et al. 2020), 円盤温度の決定に重要である。

本研究では巨大惑星が引き起こす衝撃波加熱によってスノーラインがどの程度移動するのかを以下の2段階に分けて明らかにする。まず、巨大惑星が存在する円盤の2次元流体計算を行い、衝撃波による加熱率を測定しモデル化をした。次にモデル化された加熱率を用いて円盤温度の動径分布を計算した。

2次元流体計算の結果、巨大惑星より内側の領域に5本以上のスパイラルが形成されることを確認した。第1波から第5波の衝撃波加熱率の総和は、惑星の質量と惑星からの距離のべき関数で近似できる。円盤温度のモデル計算では、木星質量の10分の1程度の質量を持つ惑星が木星軌道にあるとスノーラインの位置が現在の地球軌道より外側になることがわかった。このことは、原始太陽系円盤において木星が早期に形成されることにより、古典的な降着加熱が起こらなくても現在の地球軌道で岩石惑星の形成が実現した可能性を示唆している。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P205a 表層降着円盤におけるダスト昇華による円盤ガスの重元素濃縮

池田義隆 (東京科学大学), 大野和正 (国立天文台), 奥住聡 (東京科学大学)

ガス惑星の大気元素組成はその形成過程を探る鍵である。JWST などによる系外の恒星近傍ガス惑星の大気観測では、質量の小さい惑星ほど大気中の重元素濃度が高い傾向が見られ、中には主星の数十倍以上の重元素濃度を持つ惑星も複数発見されている (e.g., Kempton & Knutson 2024)。高い重元素濃度の起源の一つは、雪線内側でのダスト昇華による重元素濃集である。これまでのガス惑星大気形成に関する理論研究は、粘性降着円盤とダストの高い付着力を仮定し、高い重元素濃縮の説明を試みてきた。しかし、これらの理論が予言する濃縮度はせいぜい数倍~10倍程度にとどまり、観測される高い濃縮度は説明できていない。

本研究では、磁気降着円盤による新たなガス重元素濃縮シナリオを提案する。近年の磁気流体シミュレーションは、ガス降着が電離度の高い円盤表層付近に集中する可能性を示している。このような表層降着円盤では、ガスよりもダストが円盤に長期残留する傾向にある (Okuzumi 2025)。我々はダストに含まれる氷の昇華・凝縮を新たに考慮し、表層降着円盤におけるガスの重元素濃縮度を調べた。

その結果、ガスが一様に降着する円盤ではスノーライン内側の水蒸気濃度が最大2 wt% に留まるのに対し、表層降着円盤では最大20 wt% に達することがわかった。また、後者の円盤では、円盤質量が大きい間は水蒸気濃度が初期円盤を下回るが、質量が減るにつれて濃縮が進行し、最大で50倍まで達する。この傾向は、観測されるガス惑星の高い重元素濃縮と定性的に調和する。また、形成される惑星の質量が円盤の残留ガス量に比例するならば、観測される系外惑星の質量と大気中重元素濃度の相関も定性的に説明しうる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P206a PDS70c の周惑星円盤からのミリ波連続波多波長観測の解釈

芝池論人 (鹿児島大学), 植田高啓 (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics), 奥住聡 (東京科学大学)

若いTタウ型星PDS 70には、前遷移円盤内に大きなギャップを共有する2つのガス集積中の惑星が見つっている。惑星の1つPDS 70 cからの(サブ)ミリ波連続放射が、アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計 (ALMA) によってBand 7 (855 μm) で検出された。これは、周惑星円盤 (CPD) 内のダストの熱放射であると考えられてきた。ところが、最近Band 3 (3.07 mm) とBand 4 (2.07 mm) での検出が報告され、一方でBand 9 (447 μm) では非検出であった。Band 3、Band 4、およびBand 7間のスペクトル指数はおおよそ2であり、円盤が光学的に厚いことを示唆しているが、これは「ダストの著しいドリフトにより光学的に薄くなる」という以前の我々の予測と矛盾する。また、Band 9で検出されなかったことは、CPDが以前の予測よりも低温であることを示唆する。さらに、Band 7のフラックス密度は時間的に変動することも報告されている。我々の検証により、この多波長観測をスムーズな降着CPD内のダストの熱放射のみで説明するのが困難であるとわかってきた。一方で、CPDの特殊なガス流の構造を考慮すれば、説明できるかもしれない。本講演では、この奇妙だが興味深い観測結果の考えられる解釈について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P207b 原始惑星系円盤内での低質量ガス惑星の軌道長半径と離心率進化

田中 佑希 (福島高専), 田中 秀和 (東北大学)

現在までに多数の太陽系外惑星が発見されており、それらの特性は非常に多様性に富んでいる。これらの惑星は原始惑星系円盤の中で形成・進化したと考えられているため、円盤内での惑星の形成過程や周囲の物質との相互作用による質量・軌道進化を明らかにすることは、系外惑星の多様性を理解する上で重要である。特に、巨大ガス惑星は円盤に物質の低密度領域であるギャップを形成し、円盤と複雑な共進化を起こすため、惑星・円盤相互作用を取り扱う数値流体計算を用いた研究が盛んに行われている。過去の研究では円盤中の惑星の軌道離心率は0程度を仮定するものが多かったが、初期に一定の大きさの離心率を持ったガス惑星が円盤中でどのように進化するかに関してはあまり詳細な研究が行われてこなかった。しかし発見されている惑星の軌道離心率は多様であり、円盤での相互作用によって離心率が励起された惑星もあることが指摘されているため、離心率を持った惑星がどのように円盤中で進化するかを解明することは、惑星形成過程を明らかにする上で必要不可欠である。

これまでの我々の研究では、初期に離心率を持たせた軌道から計算を行い、惑星の軌道長半径や離心率、および惑星が形成するギャップ外縁の離心率が長い時間をかけて複雑に増減することが示されたが、その進化を駆動する要因は明確にはなっていなかった。そこで本研究では、楕円軌道にある比較的軽い質量を持つガス惑星による円盤のギャップ形成と軌道進化の数値計算を行った。また、惑星が形成するギャップの深さや離心率などの形状、共鳴の位置での面密度の変化などの解析から、惑星の軌道要素の複雑な進化の要因に関する詳細な調査を行った。

本講演では、惑星質量とギャップ形状の関係や、ガス降着による惑星の質量成長、惑星質量の違いが惑星軌道と円盤の共進化に与える影響について紹介し、ガス惑星の最終的な軌道・質量分布との関連について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P208b 近・中間赤外線散乱光スペクトル観測による原始惑星系円盤の揮発性氷分布の決定可能性

中澤 風音, 田崎 亮, 野津 翔太 (東京大学)

ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 (JWST) の高空間分解能・高感度は近・中間赤外線波長帯における原始惑星系円盤の面分光観測を可能とし、円盤を構成する氷ダストの特性を解明するための手がかりをもたらす。特に観測者が円盤を真上から見込む face-on 円盤の JWST による観測では、中心星からの距離に応じて変化する氷組成を反映した散乱光スペクトルが得られることが期待される。実際、JWST は face-on のデブリ円盤のダストに氷含有量の中心星からの距離依存性があることを明らかにしている (Xie et al. 2025)。一方、観測データを正確に解釈し、円盤の氷ダスト組成・分布を決定するには H_2O 、 CO 、 CO_2 やその他の多様な揮発性氷を含むダストによる散乱光スペクトルの理論的予測が必須である。特に円盤の化学モデルにより導かれた現実的な氷分布に基づいて、中心星からの距離ごとにどのようなスペクトルが得られるのかを明らかにすることが将来の観測との比較のうえで重要である。

本研究ではまず、分子雲での氷組成を初期組成とした化学反応ネットワーク計算 (Notsu et al. 2021, 2022) を行い、原始惑星系円盤内の揮発性氷の存在量分布を求めた。得られた結果をもとに3次元輻射輸送シミュレーションを実施し、JWST による円盤の揮発性氷の面分光モデルスペクトルを作成した。本発表では、面分光モデルスペクトルに刻まれた揮発性氷の吸収フィーチャーに対して中心星からの距離依存性や円盤軌道傾斜角依存性を調査した結果を報告し、将来観測による円盤氷分布の決定可能性を議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P209b 前主系列星における非周期的減光現象の追観測：分光・多波長測光から探る連星 dipper の性質

笠木 結 (宇宙研), 山下 卓也 (NAOJ OB), 小谷 隆行 (ABC/NAOJ/総研大)

TESS 衛星などによる継続的な測光観測により、他の変光星と比べて減光期間が数日程度と短く、かつ非周期的に生じる若い恒星が見つかった。これらは「dipper」と呼ばれ、原始惑星系円盤の中心星に近い領域のダストが星の光を隠すことで減光が引き起こされると考えられている。我々はこれまで、TESS から新たに見つかった dipper に対する分光観測を行い、減光原因の系統的な特徴づけを進めてきた (Kasagi et al. 2022; 2022 年春季年会 P223a)。その中の1天体では、視線速度の変動から周期 1.56 日の連星系であることに加え、減光もこれとほぼ同じ周期で発生しており、視線速度が最大となる位相付近で最も暗くなっていることが判明した。よってこの系では、減光が連星の運動と密接に関係していることが推測され、円盤内ダストや連星の性質を詳細に調査することで、非周期的減光を引き起こす円盤構造や、連星系における円盤進化を明らかにできると期待される。

本発表では、この dipper に対する多波長測光および赤外分光による追観測結果を報告する。まず、多波長測光観測では可視3バンドでの減光の深さを比較した結果、明確な波長依存性は確認されなかった。これは、減光を引き起こすダスト粒子のサイズがこれらの波長よりも大きいことを示唆している。また、広島大学かなた望遠鏡の HONIR を用いて Ks バンドの分光観測を行い、赤外光の大半を占める伴星の性質を調査した。しかし、観測スペクトルには $2.3\mu\text{m}$ に吸収を示す CO を含め、強い吸収は見られず、視線速度変動および SED から予想される伴星の温度 (約 4,000K) から期待されたスペクトル特徴とは一致しなかった。以上の結果とこれまでの観測結果を総合的に考察し、この連星 dipper の特性と減光のメカニズムに関する新たな知見を示す。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P210b ツリー法を応用した多成分ダストの合体成長計算アルゴリズム

渡邊太一 (総合研究大学院大学/国立天文台), 片岡章雅 (国立天文台)

惑星形成では、ダスト集合体の空隙率や帯電など質量以外の特性(成分)が注目されている。しかし多成分ダストの合体成長の時間進化を追う数値計算は、直接的に計算するには計算量の大きさから非現実的であり、また近似的に計算した場合には空隙率について計算結果が観測と不整合である(Okuzumi et al. 2012; Kataoka et al. 2013; Zhang et al. 2023)。そこで、より精密な惑星形成理論モデルの構築のため、多成分ダストの合体成長を少ない近似で数値計算できる手法が必要である。我々は、重力N体計算のツリー法を応用した、新しい多成分ダストの合体成長計算アルゴリズムを提案する。ダストの質量や空隙率の分布は、成分の数を d 、軸毎のビン数を N として N^d 個のビンで表される。直接的な計算ではこの全てのビン間の相互作用を考慮し、計算量は $\mathcal{O}(N^{2d})$ となる。一方ツリー法を応用した本手法では、質量比を距離とみなし、合体前の小さい側のビンについてまとめて計算することにより、計算量を $\mathcal{O}(dN^d \log N)$ にまで削減する。本手法の性能検証のため、1成分および2成分において直接法および解析解との比較を行い、誤差と計算時間を評価した。1成分では計算時間において直接法とツリー法はほぼ同等だったが、2成分ではツリー法により数倍から数十倍程度、計算を高速化できた。本ポスターでは、ツリー法による計算の最適なパラメータについても議論する。本研究で開発したツリー法ベースの合体成長アルゴリズムにより、多成分ダスト集合体の時間進化を少ない近似で数値計算することが可能となった。今後、原始惑星系円盤の物理量と衝突破壊などこれまで無視されてきた物理過程を実装し、円盤内のダスト集合体の時間進化を計算する。

[スケジュール\(セッション毎\)に戻る](#)[スケジュール\(全体\)に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P211b 圧縮ダストアグリゲイトの衝突シミュレーションII: 斜め衝突における付着・跳ね返り条件

大城榛音 (東京科学大学), 辰馬未沙子 (理化学研究所), 奥住聡 (東京科学大学), 田中秀和 (東北大学)

惑星形成の第一歩は、サブミクロンサイズのダスト粒子が衝突合体してダストアグリゲイトを形成することである。原始惑星系円盤内のダストアグリゲイトは、多数の衝突を経験しながら成長するため、これらの衝突現象の理解は惑星形成過程を明らかにする上で不可欠である。我々は、近年のミリ波偏光観測が示唆する高充填率のダストアグリゲイトの存在 (e.g., Tazaki et al. 2019; Ueda et al. 2024) に着目し、高充填率アグリゲイトの衝突シミュレーションを行った。その結果、室内実験 (Kothe et al. 2013) と整合的な跳ね返り条件を得た (Oshiro et al. 2025)。これまでの研究では正面衝突のみを扱っていたが、原始惑星系円盤や室内実験で起こる衝突の多くは斜め衝突である。アグリゲイトの破壊条件は衝突パラメータに依存していることが知られており (e.g., Wada et al. 2009)、跳ね返り条件も同様に依存する可能性がある。

そこで、Oshiro et al. (2025) を発展させ、離散要素法 (Wada et al. 2007) による圧縮ダストアグリゲイトの斜め衝突シミュレーションを行った。斜め衝突の先行研究にならい、衝突パラメータで重みづけした平均をとったところ、室内実験結果と整合的な付着と跳ね返りの遷移領域が確認された。また、斜め衝突を考慮した跳ね返り条件の依存性も経験的に導出した。本発表では、衝突結果とともに、跳ね返り障壁が微惑星形成に与える影響についても議論する。

[スケジュール\(セッション毎\)に戻る](#)[スケジュール\(全体\)に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P212b 低付着力氷の集積を考慮した原始地球の水量進化: 磁気降着円盤での検討

近藤克 (東京科学大学), 奥住聡 (東京科学大学), 森昇志 (清華大学)

地球のように水に乏しい岩石型惑星の形成過程を理解するには、スノーラインが地球軌道を通じた後、原始地球がどれだけ固体の水氷を捕獲したかが重要である。磁場とガスの相互作用で降着が駆動する原始惑星系円盤(磁気降着円盤)では、スノーラインは円盤に氷が残存している早期に1auを通過するため、原始地球が多量の水氷を獲得して水に富むという問題が指摘されていた(近藤他, 2024 秋季年会)。一方、近年の観測では臨界破壊速度が 1ms^{-1} より小さな低付着力の水ダストが見つかった(e.g., Ueda et al. 2024)、そのようなSt数の小さなダストは惑星が駆動するガス流によって抵抗を受け、著しく集積率が下がることが知られている(Kuwahara et al. 2019)。したがって、先行研究は原始地球が受け取る水量を過大評価している可能性がある。

本研究では、磁気降着円盤において原始地球が受け取る水量を、ダスト・温度時間進化計算が導く水氷ダスト輸送モデルと原始惑星が駆動するガス流を考慮したダスト集積モデルを組み合わせて評価する。ダスト粒子の成長と破壊・動径方向の拡散と移流を考慮し、円盤温度はダストに依存するジュール加熱と放射冷却の平衡から決定することで1auへ輸送される水氷ダストフラックスを求めた。集積モデルはOkamura & Kobayashi (2021) の3次元数値計算の結果を基にした解析式を用い、1auにある原始地球の最終的な水量を計算した。計算の結果、ダストの臨界破壊速度が $\lesssim 0.2\text{ms}^{-1}$ の場合には水ダストが0.1地球質量の原始地球にほとんど降着できず、原始地球の水分量は $\sim 1\text{wt}\%$ と岩石質であることがわかった。我々の結果は岩石領域で形成した原始地球は水ダスト降着によっては成長せず、その後岩石質の原始地球同士が衝突を繰り返して現在の地球へ成長したことを示唆している。本講演では、粘性降着円盤と磁気降着円盤で原始地球が獲得する水量についても比較し、議論する。

[スケジュール\(セッション毎\)に戻る](#)[スケジュール\(全体\)に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P213b 円柱シアリング箱による降着円盤の磁気流体数値実験: 円盤風駆動

鈴木 建 (東大総合文化)

講演者はこれまで、降着円盤の数値実験手法として、大局的シミュレーションと局所デカルト円盤シミュレーションの長所を取り入れる、円柱シアリング箱近似を開発してきている。この手法では、局所円盤領域のみを数値実験するために欲しいだけの解像度を設定できる一方で、円い円盤の曲率を考慮しているため、局所デカルト近似では定義できなかった角運動量を正しく考慮でき、質量降着も直接取り扱いことができる。

これまでの我々の研究では、鉛直方向の重力を考慮しておらず (Suzuki et al.2019, PASJ, 71, 100)、そのため円盤中心面付近の現象の解析にとどまっていたが、エピサイクル振動数の動径依存に起因する磁気流体乱流の間欠性に関する面白い現象を見出した (Suzuki 2023, ApJ, 957, 99)。

上記のシミュレーションコードに鉛直方向の重力を考慮し、密度の成層化の影響を取り入れ、磁気円盤風駆動を解析した成果を、本ポスター講演で発表する。特に、円盤風駆動機構における磁気遠心力と磁気圧の役割が、温度から規定される円盤の厚みと縦磁場強度に依存することを中心に、紹介する予定である。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P214b The Combined Influence of Turbulence and Disk Winds on Dust Distribution in Protoplanetary Disks

盛 宇凡, 鈴木 建, 田崎 亮 (東京大学)

We investigate the physical mechanisms required to suspend large, millimeter-sized dust grains at the significant vertical heights observed in protoplanetary disks. We develop an improved one-dimensional (1D) vertical structure model to calculate the equilibrium distribution of multi-sized dust grains under the combined influence of turbulent diffusion, characterized by the α -parameter, and frictional drag from disk winds. We also verified the applicability of the quasi-static assumption, confirming that it is sufficiently accurate for the primary particle sizes under investigation. Our work confirms that the combination of turbulence and disk winds is a core mechanism for shaping the vertical dust structure. Building on this foundation, we plan to extend our model to two dimensions (2D) to investigate the more complex coupling between the radial drift and vertical mixing of dust, thereby providing more precise initial conditions for theories of planet formation.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P215b 1次元非理想 MHD シミュレーションで探る原始惑星系円盤の長期進化 II

小林雄大, 土山泰史, 塚本裕介 (鹿児島大学), 高石大輔 (第一工科大学), Shantanu Basu (University of Toronto, University of Western Ontario)

観測技術の向上により、Class 0/I 天体周囲の原始惑星系円盤の詳細な構造が明らかになってきた (Ohashi+23; Segura-Cox+18; Hsieh+24)。特に Ohashi+23 (eDisk) では、Class 0/I 天体周囲の円盤が、Class II 天体周囲で普遍的にみられるリング/ギャップ構造を持たないことが明らかになった。またそのような円盤はコンパクトで軽い円盤であることが観測結果から示唆されている。

理論的には、原始惑星系円盤の形成進化過程では自己重力や磁場のような複雑な物理過程が重要であると考えられており、主に 3 次元非理想磁気流体力学シミュレーションを用いて研究されてきた (Machida+11; Tomida+15; Tsukamoto+17, 23; Xu+21)。近年では円盤の形成進化過程におけるダスト成長の影響が注目されている。例えば、Tsukamoto+23 では 3 次元シミュレーションを用いて、ダストと原始惑星系円盤の共進化について調べており、その結果ダストが成長すると、円盤サイズが小さくなることが報告されている。

しかし 3 次元シミュレーションには「膨大な計算コスト」という大きな課題がある。3 次元シミュレーションで計算可能な円盤進化の時間スケールは 1 万年程度である。一方、観測されている円盤の年齢は 10 万年程度と考えられており、シミュレーションと観測では円盤の年齢に 10 倍以上のギャップが存在する。

そこで本研究では計算コストが飛躍的に小さい 1 次元シミュレーションを用いて上記の課題を克服し、原始惑星系円盤の長期進化を調べる。本発表では、帯電ダストを考慮した磁気抵抗値 (Tsukamoto & Okuzumi 2022) を用いたモデルについて議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P216c アウトフローによって巻き上げられるダスト最大サイズに関する解析的研究

内村迅渡 (鹿児島大学), 工藤哲洋 (長崎大学), 塚本裕介 (鹿児島大学)

近年のミリ波帯におけるダスト熱放射の他波長観測から、Class 0/I 原始星周囲のエンベロープにおいてダストのスペクトル指数の減少が報告されている (Miotello et al. 2014; Galametz et al. 2019)。これは、エンベロープにおいて mm サイズの大きなダストが存在することを示唆する。しかしながら、エンベロープでのダスト成長時間は落下時間よりも長いとされており、さらに衝突破壊や低密度環境といった要因も加わるため、エンベロープでのダスト成長によってこの mm ダストの存在を説明することは極めて困難である (Ormel et al. 2009; Silsbee et al. 2022; Lebreuilly et al. 2023)。この観測を説明する 1 つのモデルとして、ダストが円盤内部で成長し、磁気アウトフローによってエンベロープに還流されるというのが提案されている (Lebreuilly et al. 2020; Tsukamoto et al. 2021b)。そこで、本研究では、Kudoh & Shibata (1997) のアウトフローモデルを用いて、アウトフロー内部でのダストの運動を解析し、特に、アウトフローによって巻き上げられるダストの最大サイズとそのパラメータ依存性について調べた。その結果、アウトフロー質量放出率が $\dot{M} \sim 10^{-7} - 10^{-6} M_{\odot} \text{yr}^{-1}$ の場合に、最大で数 mm サイズのダストがアウトフローによって巻き上げられるということが分かった (Uchimura et al. 2025)。この結果は、近年のアウトフロー質量放出率とダストのスペクトル指数に負の相関があるという観測結果とも整合的である (Cacciapuoti et al. 2024)。本講演では、より詳細な解析結果について議論するとともに、今後の展望についても議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P217a ALMA を用いた HL Tau 周囲の原始星円盤における乱流強度の直接測定

崔仁士 (鹿児島大学), Hsi-Wei Yen (ASIAA), 高桑繁久 (鹿児島大学)

原始惑星系円盤内の乱流は惑星形成過程に大きく影響する重要な物理量の一つである。これまで円盤乱流強度は主に前主系列星周囲の円盤 (もしくは Class II 円盤) を対象とした観測からよく調べられてきた。分子輝線を用いた直接的な乱流速度の測定、およびミリ波ダスト連続波とダストの沈殿モデルの比較から、一般的に Class II 円盤では乱流は音速の数パーセント以下であることが知られてきた。一方で、周囲を降着エンベロープで覆われたさらに若い原始星周囲の円盤における乱流強度の測定は、その観測の難しさからほとんど行われてこなかった。本講演では、ALMA のアーカイブ分子輝線データを用いた、原始星 HL Tau 周囲の円盤における乱流速度の直接測定の結果を紹介する。HL Tau の円盤をよくトレースする H_2CO 輝線データにケプラー回転円盤モデルをフィットすることで、円盤の差動回転の寄与を考慮した H_2CO 輝線の線幅の測定を行った。先行研究で求められた円盤温度分布から熱的線幅を推定し、測定した線幅から差し引くことで乱流速度を測定した。測定された乱流速度は、 H_2CO 輝線の感度がある円盤半径 $\sim 100 - 200 \text{ au}$ でおよそ音速の 50% であり、HL Tau の外円盤では乱流は非常に強いという結果が得られた。一方で、先行研究による 1.3 mm 連続波とダスト沈殿モデルの比較から、円盤半径 100 au 以内では乱流は音速の数パーセント以下と小さいことが知られている。本研究による新しい乱流速度の測定結果は、円盤動径方向に沿って乱流強度に大きなばらつきがあることを示している。本講演では、観測された強い乱流の起源と惑星形成への影響についても議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P218a ALMA を用いたマルチエポック観測による重力不安定円盤における渦状腕の巻きつき運動の検出

吉田 有宏 (国立天文台/総合研究大学院大学), 野村 英子 (国立天文台), 土井 聖明 (MPIA), Marcelo Barraza-Alfaro, Richard Teague (MIT), 古家 健次, 大和 義英 (理化学研究所), 塚越 崇 (足利大学)

有力な惑星系形成シナリオの一つに重力不安定性 (GI) による原始惑星系円盤の分裂が挙げられる。このシナリオでは中心星から比較的離れた ($\sim 10 - 100 \text{ au}$) 軌道をもつ巨大ガス惑星の形成を説明できるとされる。しかし、GI が円盤で実際に駆動している観測的証拠はいまだ乏しい。GI の観測的証拠としては、渦状腕構造が考えられる。実際、そのような構造は、複数の円盤において高解像度ダスト連続波観測によって検出されている。しかし、渦状腕構造は円盤内の惑星と円盤の相互作用によっても発生しうる。これらの渦状腕はよく似た形状を示すため、その切り分けは困難を極める。一方、2 つの駆動機構において、渦状腕の運動速度には決定的な違いがある。GI の場合には渦状腕は局所的なケプラー速度を持ち、中心星周りを巻き付くように運動する。惑星起源の場合には、渦状腕の全体が惑星位置のケプラー速度を持って剛体回転する。したがって、時間をおいた複数回の観測によって渦状腕の運動速度を測定できれば、駆動機構を特定することができる。本研究では、顕著な渦状腕構造を持ち、GI 起源と惑星起源がそれぞれ提案されている IM Lup 周りの円盤に着目する。我々は、2017 年から 2024 年の 7 年間にわたる 4 回の ALMA 望遠鏡による観測によって得られたダスト連続波画像を解析し、中心星から 50 au 程度の領域において渦状腕の巻きつき運動を検出することに成功した。回転速度の半径プロファイルは中心星周りの局所ケプラー回転速度に完全に一致し、この渦状腕が重力不安定性によるものであることが示された。講演では、この円盤における重力不安定性の原因についても議論したい。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P219a 原始惑星系円盤の影を利用した幾何構造推定と散乱位相関数の空間的解析

折原龍太 (東京大学), 百瀬宗武 (茨城大学)

原始惑星系円盤におけるダスト散乱光は、粒子のサイズ・形状・組成を反映するため、散乱角に対する散乱光の強度分布を記述する散乱位相関数 (SPF) の測定は、ダストの性質を調べる上で有力な手法となる (e.g., Tazaki et al. 2023)。SPF を観測画像から定量的に抽出するには、各位置における散乱強度に加え、対応する散乱角を正確に求める必要があり、そのためには円盤の幾何構造—傾きやダスト散乱表面の高さ分布—の情報が欠かせない。こうした背景のもと、Roumesy et al. (2025) が開発した SPF 推定ツール「DRAGyS」は、輻射輸送モデルに依存せず、散乱光画像から SPF を直接再現可能な手法である。ただし、その適用には正確な円盤幾何構造の情報を入力として与えることが前提となる。

一方で、赤外散乱光観測によっていくつかの原始惑星系円盤に影が確認された。これは外側円盤対して傾いた内側円盤が存在しており、中心星の光を特定の方向のみ遮るためだと考えられる。Orihara et al. (2025) では、影の形から円盤ダスト散乱表面の幾何パラメータを推定する手法が提案されており、中心星と表面の位置関係から各所の散乱角が計算可能である。これは SPF を抽出する上で独立かつ有効な情報源となる。

本研究では、この手法により導出された円盤散乱表面の形状を DRAGyS の入力として組み込み、SPF 抽出のさらなる高精度化を図る手法を提案する。解析対象としては、明瞭な影を示す HD 100453 に付随する遷移円盤の VLT/SPHERE 画像を用いた。その結果、外側円盤内縁 (17 天文単位) に近い領域ほど SPF のピーク角度が 90 度に近づく傾向が確認された。これは、内縁付近では粒子が小さく、衝突破壊が進行していることを示唆する。SPF の半径依存性の定量化は、円盤内におけるダスト進化の空間的不均一性を捉える新たな手法として有望である。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P220a HD 143006 におけるディスク構造の違いとダスト成長：ALMA 多波長観測による解析

楊毅 (アストロバイオロジーセンター), Hanyu Baobab LIU (SYSU), 百瀬 宗武 (茨城大学), 橋本 淳 (アストロバイオロジーセンター), 武藤 恭之 (工学院大学), Ruobing Dong (Peking University), 田村 元秀 (アストロバイオロジーセンター)

高解像度観測により、原始惑星系円盤には多様なサブ構造が存在することが明らかとなっており、同心円状のリング構造が最も一般的である一方、三日月状の非対称構造はダストトラップとして機能し、ダストの成長を促進する場と考えられている。しかし、リング構造と非対称構造の間でダスト物理量を直接比較した研究は限られており、各構造がダスト成長過程に果たす役割の理解には不十分である。本研究では、3 本のリングと 1 つの非対称構造を持つ HD 143006 円盤を対象に、ALMA Band 3, 6, 7 の連続波観測データを用いて、空間分解された SED フィットtingを行い、構造ごとのダスト特性を調査した。その結果、非対称構造はリング構造よりも表面密度および温度が高い傾向を示したものの、最大ダストサイズに有意な差は確認されなかった。また、最内縁のリングについては、Band 3 において短波長と異なる形状が観測されており、これはアウトフローに伴う自由-自由放射によるものである可能性がある。以上の結果は、ダストトラップによる密度や温度の上昇が必ずしもダストの成長促進を意味しないことを示唆しており、サブ構造の性質を理解する上で、多波長観測の重要性を強調するものである。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P221a 原始惑星系円盤 CQ Tau における渦状腕と高離心率キャビティの検出

石橋志悠 (鹿児島大学), 山口正行 (九州大学, 国立天文台), 平野尚美 (ASIAA), 高桑繁久, 西合一矢 (鹿児島大学)

ALMA により多数の原始惑星系円盤が空間分解されたが、惑星の直接検出は数例程度にとどまる。そのため、現状、観測される円盤詳細構造と惑星の関連を探ることが、惑星形成過程の理解に重要である。本研究では、惑星形成が進行中と期待される 1.6 太陽質量の前主系列星 CQ Tau の ALMA Band 6 アーカイブデータに対し、スパースモデリングに基づく超解像画像復元法 (PRIISM) を適用し、その詳細構造の解明を試みた。これにより得られた 1.3 mm 連続波超解像画像は、CLEAN の約 1.5 倍の実効空間分解能 (47 ミリ秒角, 7 au) を達成し、幅約 40 au の単一リング構造に潜む複数の渦状腕構造を明らかにした。この構造の一部は、VLT/SPHERE の散乱光観測により同定された渦状腕構造と比較して動径方向に数 au ずれており、これは連続波と散乱光が円盤内の異なる物理層に由来していることを示唆する。さらに、この渦状腕構造が惑星によって励起された密度波であると仮定し、モデルフィットを行った結果、惑星候補天体はキャビティ縁付近 ($r \approx 22$ au) に存在すると推定された。キャビティ縁構造の解析では、輝度分布に対してエッジ抽出を用いた画像解析を行ったところ、キャビティ縁形状は高い離心率 ($e \approx 0.5$) を示した。このような高い離心率は、キャビティ内に存在する単一の巨大惑星 (5 木星質量以上) によって引き起こされる構造として理論的に予想されており、渦状腕構造の観測結果とも整合的である。加えて、我々は SO(5_6-4_5) 輝線の検出にも成功した。この輝線はキャビティの縁に沿って分布し、全体としてケプラー回転に従っている。SO の化学的性質を考慮し、その放射の起源とそこから示唆される円盤構造についての議論を行う。以上の一連の解析により、CQ Tau の円盤構造と惑星形成との関連性を多角的に検証した。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P222a 最も若い系外惑星を持つ IRAS 04125+2902 における内側円盤の検出と多重不整列構造の解明

所司歩夢, 大村充輝, 町田正博 (九州大学), 武藤恭之 (工学院大学), 徳田一起 (香川大学), Quincy Bosschaart, Nienke van der Marel (Leiden University), Gijs D. Mulders (Pontificia Universidad Catolica)

Taurus-Auriga 星形成領域に位置する T Tauri 型星 IRAS 04125+2902 の周囲に、これまでで最も若いトランジット系外惑星が近年発見され、惑星形成初期の環境を探る上で注目されている。本研究では、ALMA アーカイブデータ (観測波長 1.3 mm および CLEAN 画像における空間分解能 $0''.30$) を用いて、IRAS 04125+2902 周囲のダストと ^{12}CO $J=2-1$ のガス分布について調査を行った。ダスト連続波の観測から、明瞭なリング・ギャップ構造を持つ、傾斜角 36.5° の遷移円盤が確認された。系外惑星のトランジットが観測されたことを踏まえると、ダスト円盤は惑星軌道と同一平面にないと推測される。また、スパースモデリングを応用した画像再構成法 (PRIISM) により、リングの非対称構造とギャップ内の弱いダスト放射を同定した。これは内側円盤の存在を示唆する結果であると考えられる。そして、 ^{12}CO $J=2-1$ 輝線の解析により、中心星質量 $0.7-1.0 M_\odot$ に対応するケプラー回転を初めて明確に捉えたが、中心星付近の速度場において顕著な歪みは確認されなかった。さらに輻射輸送計算を行い解析結果と比較したところ、内側円盤と外側円盤の傾斜角の間には $10-30^\circ$ の小さな不整列 (misalignment) が存在することが示唆され、これは外側円盤の非対称性および ^{12}CO 速度場の歪みの欠如を一貫して説明できることが判明した。以上の結果から、IRAS 04125+2902 系は、連星伴星の軌道、外側円盤、内側円盤、そして惑星軌道がすべて互いに不整列である動的に複雑な系であり、若い惑星系における軌道進化の初期段階を理解するうえで重要な手がかりを提供する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P223a 巨大原始惑星系円盤 V1094 Sco で発見された複数のリング・ギャップ構造

山口正行 (九州大学/国立天文台), 崔仁士 (鹿児島大学), Hanyu Baobab Liu (台湾・国立中山大学), Hsi-Wei Yen (ASIAA), 塚越崇 (足利大学), 武藤恭之 (工学院大学), 町田正博 (九州大学)

ALMA 観測により、Class II 原始惑星系円盤におけるリング・ギャップ構造の普遍性が明らかになってきたが、円盤内の複数リング・ギャップ構造の形成機構については、依然として未解明な点が多い。本研究では、Lupus 星形成領域 ($d = 155$ pc) に位置する K 型星 V1094 Sco ($M_* = 1.0 M_\odot$) の巨大なダスト円盤 ($r \sim 300$ au) を対象に、ALMA Band 6 の公開観測データセット (計 6 セット) を統合・自己較正し、公開コード PRIISM を用いたスパースモデリングによる超解像再構成を実施した。その結果、従来の CLEAN 法と比較して空間分解能を約 3 倍向上 (解像度 30 mas) させ、リング・ギャップ構造を抽出することに成功した。これまでの観測 (解像度 200 mas) では、主星から 100-230 au にかけて 2 組のリング (B)・ギャップ (D) 構造が報告されていたが、本研究では、これが 4 組の明瞭かつ幅の狭いリング・ギャップ構造であることを新たに確認した。特に、内側 2 本のギャップ (D95・D119) とその背後に位置する明るいリング (B138) は、低粘性環境下において単一の低質量惑星 ($\sim 10 M_\oplus$) が形成する二重ギャップ構造とよく一致する。一方、外縁に形成された 2 本のリング (B186・B229) は、リング間隔が円盤スケールハイトの約 3 倍未満であり、永年重力不安定性 (SGI) に起因する非惑星的なリング形成の一部条件を満たしている。SGI の発現には低乱流環境が必要とされるため、低質量惑星による二重ギャップ形成と物理的条件を共有し、両者が同時に生じる可能性がある。本講演では、ALMA による ^{13}CO 輝線の速度場解析に基づいた円盤内乱流の強度を推定し、これら 2 つの形成機構の成立条件を同時に満たし得るかを検討する。あわせて、低質量惑星形成と大局的不安定が協調的に作用する新たな円盤進化シナリオを議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P224a 3D orbital characterization and disk properties in Class II binary XZ Tau

Miyu Kido (ASIAA/Kagoshima university), Hsi-Wei Yen (ASIAA), Jeremy Lewis Smallwood (The University of Oklahoma), Jinshi Sai (ASIAA), Shigehisa Takakuwa (Kagoshima university)

Structures and evolution of circumstellar disks in a binary system can be affected by dynamical interaction with the companions. Due to such complex interaction, the planet formation process in binary systems remain poorly understood compared to that in single stars. To reveal how disks in a binary system are influenced by tidal interaction with the companions, it is essential to determine the orbital motion of the binary system. In this presentation, I will introduce our observational studies on the disk properties in the Class II binary XZ Tau system. With 18 epochs of archival near-infrared and radio data spanning over 34 years from 1989 to 2023, we estimated the three-dimensional orbital motion of the binary system. Based on the derived orbital parameters, we derived the truncation radius and found that it is smaller than the previously reported gas disk radius. In addition, to investigate whether these circumstellar disks can survive until the Class II stage, we performed numerical simulations using the derived 3D orbit and stellar parameters, and compared the results with observations. I will discuss our results in the context of disk evolution in the binary systems with 3D orbits.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P225a ジェット-バブル-円盤相互作用の発見：WSB 52 におけるジェットによる膨張バブルを介した原始惑星系円盤へのフィードバック

逢澤正嵩 (茨城大学), 折原龍太 (東京大学), 百瀬宗武 (茨城大学)

恒星ジェットやアウトフローは主に円盤からの質量降着によって駆動される。一方で、それらが円盤に直接作用するようなフィードバックはこれまでに報告されていない。本研究では、若い Class II 天体である WSB 52 の ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) による観測によって取得された ^{12}CO ($J = 2-1$) 輝線データを再解析し、原始惑星系円盤と直接相互作用する膨張バブルを発見した。円盤の回転軸がバブル中心を向いており、バブルの運動エネルギーがおよそ 10^{41} erg 程度であることから、円盤軸に沿った恒星ジェットがバブルを引き起こしたと推測される。また、バブルの形状は一様な膨張に加えて、恒星付近では凹面構造を示しており、これはまさに膨張バブルと円盤が直接相互作用している痕跡と考えられる。加えて、詳細な解析の結果、原始惑星系円盤の形および速度自体が歪み、かつ一部は脱出速度を超えるほどの高速度を示していることが判明した。これは膨張バブルと円盤の強い相互作用によって円盤からの質量放出が生じていることを示唆する。今回我々が発見した「ジェット-バブル-円盤相互作用」は、恒星ジェットによるフィードバックの新たな一面を実証し、かつ星や惑星形成を支配する動的プロセスに新規な視点をもたらすものである。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P226a ホール効果を含んだ磁気流体力学の数値解法に関する比較研究

岩崎一成 (国立天文台), 富田賢吾 (東北大学)

ホール効果は非理想磁気流体効果の一つで、幅広い天体現象で重要な役割を果たす。拡散過程である他の非理想磁気流体効果 (オーム抵抗と両極性拡散) とは異なり、ホール効果はその特異な分散性により数値不安定性を引き起こすことがある。これまで数値不安定性を抑えるための複数の手法が提案されてきたが、これら手法の精度の定量的な比較は行われていない。そのため、ホール効果の数値解法は未だ確立されていない状況にある。我々は、原始惑星系円盤においてホール効果を考慮した磁気流体力学を安定かつ高精度に解くために、複数の手法を比較・検討することで、安定かつ高精度な解法を提案した (Iwasaki and Tomida 2025) ので、その結果を報告する。

本研究では2種類の手法を比較する。1つは、星・惑星形成の分野で広く使われている修正 Harten-Lax-van Leer 法 (HLL) である。これは、近似的 Riemann 解法である HLL 法の数値拡散の典型的な速度に対応するシグナル速度にグリッドサイズの波長をもつ Whistler 波の位相速度を適用した手法である (Hall-HLL 法, Tóth et al. 2008)。もう1つは、人工散逸として、電流密度ベクトルのラブラシアンに比例する電場を印加する手法である (hyper-resistivity 法, Birn et al. 2001)。様々なテスト計算に基づいて、両者を定量的に比較した結果、特に、Whistler 波の時間スケールよりも、興味ある時間スケールが十分長い問題では、hyper-resistivity 法が Hall-HLL 法よりも高精度であることがわかった。さらに、von Neumann 安定性解析を組み合わせて、最適な hyper-resistivity 項の係数を決定した。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P227a 原始惑星系円盤の大局的輻射非理想磁気流体力学シミュレーション：間欠的な表層降着

森昇志 (清華大学), Xuening Bai (清華大学), 富田賢吾 (東北大学)

惑星形成過程を解明するには、原始惑星系円盤の物理構造を理解することが不可欠である。円盤の物理構造は磁気流体力学の影響を強く受ける。原始惑星系円盤では弱電離領域が存在するため、非理想磁気流体力学効果を正確に考慮する必要がある。さらに円盤の温度構造は力学に影響を及ぼすため、密度構造と整合的に輻射輸送を解くことが重要である。

本研究では、輻射輸送を考慮した大局的な計算領域における非理想磁気流体力学シミュレーションを行った。計算をしたところ、ホール効果がある場合に、円盤の片面に降着層が発生し、その降着層が間欠的な降着を引き起こすことが分かった。詳細な解析から、この間欠的な降着は、ホール効果と輻射輸送が相互に作用する複合的なメカニズムによって駆動されることが分かった。ホール効果は、水平方向の磁場を増幅または減衰させることで、トロイダル磁場の上下対称性を破り、降着層を円盤表面へと移動させる。その結果、中心星からの UV および可視光照射の影響を受け、加熱される領域と影になる領域が生じる。加熱領域ではガス圧の上昇により膨張が促され、円盤風が駆動される。一方、影の領域では円盤風を維持できず、ガスが円盤内へと落下する。加熱されたガスは、大域的な磁場を引き伸ばすことで磁気トルクを増幅し、自由落下に近い速度で急速に降着する。加熱されたガスが内縁へと降着することで、これまで影であった外側の領域が新たに照射され、再び熱的な円盤風が立ち上がる。このようなサイクルが繰り返されることで、間欠的な降着が実現する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P228a 円盤の大局的磁場構造と整合する局所非理想 MHD 計算手法の開発

榎本晴日 (東京科学大学), 森昇志 (清華大学), 奥住聡 (東京科学大学)

原始惑星系円盤の進化過程において、円盤を貫く磁場が引き起こす力は円盤降着を駆動する。したがって、円盤内の物質の降着過程に基づいて惑星形成を議論するには、円盤磁場が形成する降着構造を理解することが不可欠である。円盤では鉛直磁場が駆動する磁気風により「表面降着層」が形成され、ガスの質量降着を支配する (e.g., Bai 2013)。降着流の物理構造は円盤電離度や非理想 MHD 効果に敏感であり、精密な数値検証が欠かせない。しかし局所計算は計算効率に優れる反面、円盤内で反転する物理的な磁場構造を維持することができないという問題を抱えている。円盤差動回転によって局所的に生成される方位磁場が計算領域内に蓄積すると、上下方向で磁場強度が不均衡となり鉛直バランスが崩れる。これにより角運動量の輸送は一方向に偏り、結果として円盤内で本来期待される磁場反転を維持できなくなる。

この問題に対し、局所スケールでも方位磁場の鉛直平均成分を逐次除去する (Gressel et al. 2012) ことで模式的に大局的な磁束拡散効果を取り入れた 3D 局所非理想 MHD 流体計算を行った。結果、典型的な円盤磁場の条件下で、表面降着層は 50 軌道回転以上安定して維持された。さらに本モデルを、半径方向を自己相似と仮定して極座標 θ 方向のみを解いたセミグローバルな自己相似定常解モデル (Lesur 2021) と比較した。Lesur モデルと同一の磁気拡散係数および磁場分布を用いた計算により、降着速度や降着層厚みは Lesur の予測する自己相似解に定量的に一致し、局所計算によっても円盤内の反転磁場構造を再現できることが示された。

本手法により、低い計算コストで円盤磁場の大局構造を反映した局所計算の枠組みを構築した。得られた高解像度の鉛直構造は、電離度分布など惑星形成に直結する諸条件を系統的に検証するための基盤となる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P229a 後期降着した星間ガスは中心星に届くか? : 円盤内の角運動量輸送 VS 質量損失

大山航 (京都大学), 仲谷峻平 (ミラノ大学), 細川隆史 (京都大学), 三谷啓人 (デュースブルクエッセン大学)

従来、原始惑星系円盤への質量流入は星形成初期 (数十万年以内) に終了し、クラス II 円盤期には外部から孤立した系へ進化すると考えられてきた。しかし近年、年齢が 100 万年以上の円盤でも星間空間からの質量流入構造 (ストリーマー) を伴う事例が報告されており、後期の星間ガス降着の存在が注目されている。

我々は、こうした後期降着が中心星への質量降着に及ぼす影響に着目した。特に、星形成領域 Lupus において、星間ガス密度の高い環境にある円盤が高い中心星降着率を示すという観測的傾向 (Winter et al. 2024) は、本問題に対する理論的検討の必要性を示唆している。しかし、流入ガスは光蒸発などで散逸する可能性もあり、中心星への降着率増加に直結するとは限らない。

本研究では、星間ガス降着を明示的に導入した一次元の円盤進化計算を行い、長期 ($\sim 1 - 10$ Myr) にわたる進化を追跡した。その結果、星間ガスが円盤外縁 (~ 100 au) に降着しても、輸送が不十分であれば多くが光蒸発により失われることが分かった。中心星への降着に寄与するためには、円盤内の角運動量輸送が十分に強くなければならない。通常の乱流粘性による輸送では円盤が大きく広がってしまい、Lupus で観測されるようなコンパクトな円盤半径とは両立しない。一方で、磁気円盤風のように円盤を広げずに角運動量を輸送できるメカニズムが強く働けば、後期星間ガス降着が中心星降着率を実際に高めうるが、そのためには従来の理論研究で想定されてきたよりもさらに強い角運動量輸送が必要であることが示唆された。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P230a 星形成初期段階のダスト成長と運動の 3 次元解析

早川喬 (九州大学)

これまでのダスト成長の研究では、エンベロープからのガス降着が終わった後の円盤内で μm サイズのダストが付着・合体して成長する、または重力不安定性による局所的な密度上昇の過程を経て、km サイズ以上の天体に成長し、惑星が形成されると考えられてきた。他方、最近の観測で、Class 0/I 段階という非常に若いガス降着段階中の星周円盤で惑星形成の兆候が確認されており、惑星形成は、従来考えられていたよりも早い段階から始まっていると考えられている。ダストは惑星形成の基本的な構成要素であるため、円盤形成の初期段階からダストの成長を考えることが重要である。しかし、ガスの圧力勾配によってガスとダストに速度差が生じることで、ダストが角運動量を失い、中心星に落下してしまうという問題がある。この問題を解決するには、多孔質のダストによる急成長や、渦やギャップ構造を持つ円盤内でのダストトラップにより、ダストのドリフト速度を減少させることが提案されている。本研究では、分子雲コアを初期条件とし、ダストをラグランジュ的に組み込んだ磁気流体計算コードを用いて、星形成初期段階におけるダストの運動および成長を調査した。これまでの研究で、星形成初期段階におけるダストの運動は、初期位置によって異なることが示されている。本研究では、ダスト成長モデルを組み込むことで、円盤に降着した後のダスト成長、および降着前のダスト成長を調査した。また、ダストが多孔質である場合の成長可能性についても示す。これにより、星形成初期段階におけるダストの運動や成長の詳細を明らかにし、惑星形成におけるダストの振る舞いをより具体的に理解することができた。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P231a ダスト成長による大質量原始星円盤の時間進化と分裂への影響

山室良太, 田中圭, 奥住聡 (東京科学大学), 松木場亮喜 (高知高専), E. I. Vorobyov (ウィーン大学)

星間物質の進化に多大な影響を及ぼす大質量星は、その形成過程で原始星円盤を伴うことが知られている。このような大質量原始星円盤において、観測・理論の両面からダストの成長が示唆されている (Girart et al. 2018, Yamamuro et al. 2023)。ダストが成長すると、円盤の光学的特性が変化する。この変化は ALMA などによる観測の解釈に影響を与えるだけでなく、円盤自体の物理構造にも影響を及ぼす。大質量原始星円盤の加熱機構の一つに、質量降着による内部加熱 (降着加熱) がある。ダストが成長すると円盤の赤外線に対する光学的厚さが低下するため、降着加熱の効率が低下する。その結果、円盤はより自己重力的に不安定な状態になる。

本研究では、ダスト成長が円盤進化に及ぼす影響を調べるために、2次元自己重力輻射流体計算コード FEOSAD (Vorobyov et al. 2018) を用いて、大質量原始星円盤におけるダスト成長とそれに伴う円盤進化を計算した。計算では、ダスト成長の有無や、ダストの付着限界速度をパラメータとして設定し、それぞれの場合の円盤進化の違いを比較・検討した。その結果、ダスト成長による降着加熱の非効率化が、円盤の分裂を促進することが明らかになった。特に、ダストの付着限界速度が高く、より大きなダスト粒子が形成されるケースにおいて、この傾向が顕著であった。この分裂促進の傾向は、降着加熱が支配的となる円盤半径 ~ 100 au の領域で確認された。これらの結果は、ダストが成長しやすい環境下では、大質量原始星円盤の内側領域における多重星形成が促進される可能性を示している。本講演ではさらに、コアの回転速度や総質量などの初期条件を変化させた場合のシミュレーション結果についても議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P232a 原始惑星系円盤におけるミリ波散乱偏光を想定した平行平板の輻射輸送数値解

北出 直也 (総合研究大学院大学/国立天文台), 片岡 章雅 (国立天文台)

惑星は原始惑星系円盤の中でダストが合体成長することによって生まれる。この成長過程を観測的に解き明かすために円盤内のダスト特性、つまりダストの大きさ・空隙率などを知ることが重要である。ダスト特性はミリ波観測の SED 解析によって求められるが、特に光学的に厚い場合 (ダストによる散乱が効く場合) は近似式 (Miyake & Nakagawa 1993, Birnstiel et al. 2018, Sierra et al. 2019, Carrasco-González et al. 2019, Zhu et al. 2019) を観測データに適用してきた。またミリ波偏光観測を用いたダスト特性制限も行われている。しかし、偏光観測からダスト特性を制限するにはモンテカルロ法輻射輸送シミュレーションによる擬似観測と偏光観測データを比較するしかなく、計算コストの大きさが問題となっていた。より小さい計算コストで偏光観測解釈を行うために、円盤から放射されるミリ波偏光度の一般的な定式化が求められている。

本研究では平行平板に対する散乱と偏光を考慮した輻射輸送方程式を数値的に解き、平板から放射されるインテンシティーと偏光度の厳密解を計算した。まず、導出したインテンシティーの厳密解を用いて、SED 解析に適用されてきた近似式の正確性を検証した。結果としてどの近似式も数値計算結果から 10% ほどずれていることがわかった。今後は本数値計算解を SED 解析に用いることで、従来より正確にダスト特性を制限することができると期待される。さらに偏光度について、数値計算結果をダストのアルベドと光学的厚みを変数とする関数でフィッティングすることで定式化した。これによりミリ波帯の円盤連続スペクトルのみならず、円盤偏光観測データからも高速にダストサイズ・空隙率を制限することが可能となる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P233a 星フレアからの X 線に対する円盤の化学的応答

鷲ノ上遥香 (理化学研究所)、古家健次 (理化学研究所)、高棹真介 (武蔵野美術大学)

前主系列星で発生するフレアは、原始惑星系円盤における有力な電離源の一つである。フレアからのエネルギー放射のうち、硬 X 線 ($\gtrsim 10$ keV) は散乱を受けながら円盤内部まで到達しやすく、ガスの電離率を一時的に大きく増加させる (Washinoue et al. 2024)。この電離率の時間変化はイオン分子の生成や消失に関わる化学反応に影響を与えるため、フレアは円盤の化学進化に重要な寄与をもたらす可能性がある。しかしながら、硬 X 線放射の特性を十分に考慮した円盤化学進化の調査はこれまでほとんど行われてこなかった。

本研究では、Washinoue et al. 2024 で開発した中心星 X 線の時間変動モデルを取り入れた円盤化学反応ネットワーク計算を行った。この計算により、フレア発生に伴う電離率の変化に対して HCO^+ をはじめとする主要な化学種の存在量がどのように応答するかを調べた。まず、ワンゾーンモデルを用いて各領域での存在量応答時間や変動スケールを調査し、さらにそれらが解析的に得られるアバンドランス変動を再現することを確認した。さらに、2次元存在量分布からフレアによる硬 X 線が円盤全体の化学構造にどの程度影響を及ぼしうるかを評価した。本講演ではこれらの計算結果に基づき、フレアに伴う X 線放射が円盤のどの領域で効果的に作用するか、化学種存在量の応答スケールとそのフレア規模に対する依存性について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P301a Subaru/VAMPIRES による原始惑星 AB Aur b の $H\alpha$ フォローアップ観測

鶴山太智 (California State Univ. Northridge), Miles Lucas (Univ. of Hawaii), Thayne Currie (Univ. of Texas San Antonio), 青山雄彦 (中山大学), 橋本淳、田村元秀 (Astrobiology Center), Rebecca Zhang, Maxwell Millar-Blanchaer (Univ. of California Santa Barbara), その他 SCEXAO/VAMPIRES チーム

Subaru/SCEXAO の観測により新たに発見された形成中の原始惑星 AB Aur b (Currie et al. 2022) は、更なる特徴づけを目指し様々な望遠鏡で追観測が行われている。 $H\alpha$ 輝線を用いた高コントラスト撮像観測は惑星への質量降着現象を直接的に調べることで有用な観測手法であるが、光が散乱しやすい可視光領域のため、これまでに AB Aur b の位置で検出された可視光領域の光は原始惑星への降着現象そのものなのか、中心星への降着で生じる $H\alpha$ が AB Aur b の周囲を取り巻く物質によって散乱したものなのかという解釈について議論を呼んでおり、現在もまだ結論が出ていない。我々はこの問題に取り組むため、すばる望遠鏡の補償光学装置 AO3K/SCEXAO に搭載されている可視光観測装置 VAMPIRES の $H\alpha$ 偏光モードを利用した AB Aur の高コントラスト観測を行った。本講演においてはその観測結果の紹介と、得られた結果から推測される AB Aur b を取り巻く環境について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P302a 光度曲線と高空間分解画像の同時解析を用いた重力マイクロレンズ惑星イベント MOA-2011-BLG-322 の質量距離推定

玉置拓土, 鈴木大介 (大阪大学), MOA コラボレーション

重力マイクロレンズ法における光度曲線解析では、有限ソース効果や視差効果といった高次効果が複数検出されたときのみ、惑星系の質量と距離を正確に測定することができる。ただし、これらの効果が明らかに見られるイベントは非常に少なく、近年では高空間分解画像を用いた別のアプローチによる質量距離推定が注目されている。この方法では、重力マイクロレンズによる増光が見られてから数年後に、高空間分解能撮像による追観測を行うことで、天球面上でソース天体と惑星系を分離する。画像から惑星系の明るさ及び、ソース天体と惑星系の離角に制限をつけることができれば、光度曲線解析のパラメータと合わせることで、惑星系の質量・距離を測定することができる。

しかし、光度曲線と高空間分解画像を独立に解析して合わせる従来の方法では、各データが持つ情報量が不十分な場合に制限がつかないという課題があった。そこで我々は、光度曲線と高空間分解画像を同時解析する手法を新たに開発した。本手法では、MCMC の各ステップで光度曲線データと高空間分解画像データを両方モデリングし、フィッティングを行う。これにより、2 種類のデータが互いに補完し合うため、従来よりも高精度な質量・距離推定が可能となる。

本研究では、Keck 望遠鏡で実際に高空間分解能撮像による追観測がされた重力マイクロレンズ惑星イベント MOA-2011-BLG-322 に対して、同時解析による試験的な解析を行った。本講演では解析結果を紹介し、具体的な同時解析の手法とその有用性、今後の展望について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P303a 重力マイクロレンズ惑星イベントの物理パラメータ推定に向けたベイズ解析の再構築: OB171630 および KB230598 への適用

布田寛介, 越本 直季, 増田賢人, 住 貴宏 (大阪大学) MOA コラボレーション

重力マイクロレンズ惑星イベントの光度曲線解析において物理パラメータ (質量や距離) を高精度に推定するには、光度曲線パラメータと銀河モデルとの統合的な取り扱いが不可欠である。しかし従来のベイズ推定法では、まず光度曲線データに基づいてマイクロレンズパラメータの MCMC サンプルングを行い、その後得られたパラメータに対して銀河モデルに基づく物理的な事前分布を適用するという二段階の処理がなされており、両者が分離していた。このため、特に視差や軌道運動といった高次効果のシグナルが弱い場合には、光度曲線の系統誤差などによって非物理的なパラメータが事前選ばれてしまい、銀河モデルをあとから適用しても修正できないという問題があった。本研究では、光度曲線パラメータ空間と物理パラメータ空間の非線形変換を厳密に扱い、銀河モデルの事前分布を MCMC の各ステップで動的に評価する新しいベイズ解析フレームワークを提案する。さらに、大規模銀河モデル (genulens; Koshimoto+21) に基づく確率密度を高速に評価可能とするツール gapmoe を開発し、任意のイベントへの実装を可能とした。OB171630 および KB230598 への適用により、本手法が従来法では見落とされていたレンズ距離や惑星質量の分布特性を反映できることを示すと同時に、特に KB230598 では非物理的な近距離低質量解を排除できることを実証した。講演では、両イベントに対する解析結果と新フレームワークの有効性について詳しく紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P304a 系外惑星を持つ赤色巨星 Kepler-56 が示す特異な自転構造の形成プロセス

徳野鷹人 (東京大学)

赤色巨星は、重力モードと音波モードが混在する混合モードの星震学的解析を通じて、コアと外層の自転情報を個別に抽出できることから、恒星の角運動量進化の理解において重要な対象である。なかでも *Kepler* 衛星にて観測された系外惑星を持つ赤色巨星 Kepler-56 は、その特異な自転構造により注目されている。近年の解析 (Ong 2025) では、自転傾斜角をコアと外層で独立に扱う手法により、(i) 両者の自転軸が不一致であること、(ii) 外層の自転軸がトランジット惑星の軌道傾斜に近いこと、(iii) 外層が典型的な赤色巨星よりも 1 桁速く自転していることが示唆されている。これらの特徴は、従来の単独星進化では説明が難しく、伴天体との角運動量相互作用による形成を示唆している。しかし、その詳細なプロセスに関する探究はいまだなされていないのが現状である。

本研究では、Kepler-56 の自転構造が主系列段階終了後の伴天体との相互作用の成果物であるという仮説のもとに形成プロセスの制約を試みた。具体的には、「既知の惑星との潮汐相互作用」と「未検出の伴天体の飲み込み」という二つのプロセスに対し、Kepler-56 の自転構造・組成という観測的制約と潮汐相互作用による角運動量輸送のモデル計算を組み合わせてその実現可能性を評価した。まずモデル計算から、既知の惑星との潮汐相互作用では Kepler-56 の自転構造を再現するのに必要な角運動量を供給できない一方、伴天体の飲み込みは十分な角運動量を供給できることが示された。さらに Kepler-56 の組成から伴天体の質量は十分小さいことが示唆されるため、木星型惑星・褐色矮星の飲み込みが最も Kepler-56 の観測的性質を説明する自然なプロセスであるという結論が得られた。本講演では、これらの解析と結果の詳細を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P305a 半揮発性塩の熱解離ガスの降着を起源とする巨大ガス惑星の硫黄濃縮

中澤 風音 (東京大学), 大野 和正 (国立天文台), 奥住 聡 (東京科学大学)

惑星の大気組成はその形成過程や、原始惑星系円盤における元素輸送の歴史を保持している。ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の初期観測プログラムで短周期系外惑星大気に SO_2 が検出されて以来 (Rustamkulov et al. 2023)、惑星大気中の硫黄の起源が系外惑星分野において特に注目されている。従来、円盤で主要な硫黄キャリアが FeS のような難揮発性物質であることから、惑星大気の高い硫黄濃度は微惑星降着など固体降着プロセスに由来するとされてきた。一方、固体降着が惑星に硫黄を供給する唯一の経路であるかは不明である。近年の彗星観測では NH_4SH のような硫黄を含有する半揮発性の塩が検出されており (Altwegg et al. 2022)、最大で硫黄予算の 20% を占める可能性が指摘されている (Slavcinska et al. 2024)。このような塩の熱解離は惑星コアの形成に有利とされる水雪線近傍の円盤ガスを硫黄濃縮し、ガス降着により惑星大気に硫黄を供給する新たな経路をもたらす得る。

本研究では、巨大惑星大気で観測された硫黄の起源を明らかにするため、揮発性成分と半揮発性アンモニウム塩を含む円盤の物質輸送過程を計算した。氷の昇華・再凝縮を伴う円盤ガス・ダスト進化に塩の解離を組み込み、各軌道・時刻における元素組成を求めた。塩の解離を考慮した場合、水雪線近傍の硫黄濃度が太陽値の数倍に濃縮されることが分かった。得られた元素比を元にした惑星大気中での光化学計算および透過光スペクトルの計算により、水雪線内側でガス降着を起こした惑星は 800–1200 K の平衡温度で 7–8 μm に SO_2 のフィーチャーを呈することが明らかになった。固体降着による硫黄濃縮過程と異なり、塩による硫黄濃縮は窒素の濃縮を伴うため、S/N 比が 2 つの過程を区別する可能性がある。実際に温暖海王星 WASP-107b では硫黄・窒素が濃縮された高い S/N 比を持つ大気が観測されており、塩の解離が大気中の主要な硫黄源となった可能性を示している。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P306a 惑星半径谷の近くに位置する若いトランジット惑星 TOI-5169b の発見確認観測

水木敏幸 (ABC/NAOJ), Jerome de Leon (東京大学), John Livingston (ABC/NAOJ), 成田憲保 (東京大学), 實田拓也 (ABC/NAOJ), 佐藤文衛 (東京科学大学), MuSCAT team, and GAOES-RV team

Kepler や TESS 衛星の活躍により多数のトランジット惑星が発見され、Fulton et al. (2017) は、中心星の周囲を 100 日未満で公転する半径約 1.8 地球半径の惑星が顕著に少ないこと (惑星半径谷) を明らかにした。この半径谷の形成要因として、惑星大気の蒸発が提案されている。これまでに He I や H_α における超過吸収が、20–30 個のトランジット惑星で観測されてきた。光蒸発モデルおよびコア駆動型の質量損失モデルはいずれも、1 Gyr 未満の若い惑星に対して大気蒸発を予測するが (e.g., Owen 2019)、観測的には 2–3 Gyr の惑星で超過吸収が検出される傾向があり (Orell-Miquel et al. 2024)、惑星半径谷およびその成因を理解するためには、より多くの若い観測サンプルが必要である。本研究では、年齢約 400 Myr と若く、デブリ円盤を持つ惑星系 TOI-5169 におけるトランジット惑星 (2.1 地球半径、軌道周期 8 日) の発見確認を報告する。MuSCAT2 による多色観測では、トランジットの深さが g, r, i バンド間で大きく変化しないことを確認し、GAOES-RV による視線速度観測でも恒星起源の顕著な変動は検出されなかった。これらの結果から、TOI-5169.01 による減光は極めて高い確率で惑星起源であると判断した。TOI-5169 の所属星団は特定されていないものの、Gaia による運動学的情報、TESS によって得られた約 8 日の自転周期、恒星大気における Li 吸収の検出、顕著な X 線フラックスの存在などから、この恒星が若い主系列星であることが示唆される。本講演では、TOI-5169 系の詳細な特徴付けと惑星の発見確認に加え、将来的な大気流出の観測可能性やデブリ円盤との関連についても議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P307a デブリ円盤におけるシリケートフィーチャー

小林浩 (名古屋大学), Thomas A. Stuber (アリゾナ大学), Sebastian Wolf (キール大学)

一部の温度 300 K 程度のデブリ円盤の Spectral Energy Distribution (SED) にはシリケートフィーチャーが見られ、これらと惑星形成過程との関連が議論されていた。定常的なデブリ円盤では恒星からの放射圧により短時間でふき飛ばされるサイズ $\lesssim 10 \mu\text{m}$ の小さなダストによるシリケートフィーチャーが期待できないと考えられ、これらのフィーチャーを説明のために巨大衝突などの突発的な衝突によって生成されたばかりの小さなダストを観測している可能性が議論されてきた。惑星の巨大衝突は魅力的だが、この議論は不十分である。なぜならば、定常的なデブリ円盤における小さなダストの生成率が十分に大きければ、突発的な巨大衝突がなくともシリケートフィーチャーを再現できるほど量の小さなダストが存在している可能性があるからである。

本研究では、シリケートフィーチャーが観測されているデブリ円盤を模擬した系において、固体天体の衝突進化をシミュレーションを行い、固体天体のサイズ分布の進化を求めた。このシミュレーションでは、放射圧でふき飛ばされるほど小さなダストの生成量と放射圧による除去量の両方を定量的に考慮した。衝突進化シミュレーションの結果、デブリ円盤の年齢よりもずっと短い時間でサイズ分布は準定常状態に達し、その後、長い時間スケールでゆっくり進化した。そして、数千万年程度の若く質量の大きい円盤では、小さなダストの生成率が非常に大きく、小さなダストによる観測可能なシリケートフィーチャーが維持される。一方、長い時間スケールでの衝突進化により円盤全体の質量が時間とともに減少する。その結果、小さなダストの生成率も低下し、最終的にはシリケートフィーチャーが観測できなくなる。つまり、多くのデブリ円盤のシリケートフィーチャーは、突発的な衝突がなくても、定常的な衝突進化により説明できる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P308a 系外惑星の重力によるデブリ円盤の非対称空間分布

清水颯人, 小林浩 (名古屋大学)

近年、直接撮像による系外惑星の検出が進展しており、これまでは木星のような巨大惑星の検出がされていたが、将来的には赤外線での地球型惑星の検出が期待される。一方、太陽系でも黄道光として知られるように、惑星周りにはダストが分布しており、ダスト熱放射により惑星からの放射が埋もれてしまうか、逆に、ダストによる特徴的な構造が惑星の存在を示唆するといった可能性がある。したがって、惑星の直接撮像による検出を行う上では、惑星周囲のダスト分布、すなわちデブリ円盤の存在や構造を正確に考慮することが重要となる。

本研究では、太陽系の小惑星帯 (2-3 au) を模擬した微惑星帯で定常的に生成されるダストがポインティング・ロバートソン効果 (P-R 効果) により内側に移動し、軌道半径 1 au の地球質量惑星の周りにつくるダストの分布を調べ、ダストの放射フラックスを評価する。そのために、まず、中心星の放射圧および P-R 効果を考慮し、中心星・惑星・ダストの 3 体からなる 3 次元軌道運動を数値計算により求めた。その結果をもとに、惑星周囲のダスト分布を求めた。計算領域を半径方向と方位角方向に分割し、各領域におけるダストの滞在時間を集計することで、円盤内のダストの数密度分布を得た。次に、中心星光に対するデブリ円盤の赤外放射フラックス比についても評価を行った。P-R 効果によって主に落下してくるサイズのダストが、典型的なデブリ円盤のダストとなるため、ダストサイズを微惑星帯での衝突時間と落下時間から見積もった。この一連の調査の結果、明るいデブリ円盤では主に小さなダストが中心星へ落下するため、構造は滑らかで惑星検出に不利になるのに対し、暗いデブリ円盤では大きなダストが惑星周囲にまで落下して、特徴的な構造が形成され惑星検出をしやすくすることが分かった。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P309a ダスト集合体状態方程式を用いた始原的微惑星衝突の SPH シミュレーション

山田理央奈, 小林浩 (名古屋大学)

惑星形成初期において、微惑星の衝突は天体の成長や物理的進化を左右する本質的な過程であり、その物理的理解は惑星形成理論の構築において極めて重要である。これまでの衝突シミュレーション研究では、微惑星を岩石質の弾性体としてモデル化し、その破壊・合体の過程が広く調査されてきた (例: Sugiura+2018 など)。このアプローチは、現在観測されている多くの小惑星の形状や構造をよく再現することに成功しており、一定の成果を上げている。しかしながら、惑星形成初期に存在していたと考えられる始原的微惑星は、現在の小惑星とは異なり、熱変性を受けていないダスト微粒子の集合体で構成されていた可能性が高い。これらの微惑星は、弾性体モデルではその物性が十分に表現できず、衝突に対する応答も大きく異なると予想される。

本研究では、Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) 法を基盤とし、サブマイクロメートルサイズのダスト粒子集合体の力学的特性を取り入れた新たな衝突計算手法の開発および応用を行った。具体的には、Tatsumi et al. (2019, 2024) により提案されたダスト集合体の状態方程式 (EOS) を SPH コードに実装し、個々の SPH 粒子をダスト集合体の体積要素とみなして、天体スケールの二体衝突計算を行った。本手法により、ミクロな粒子間相互作用を直接計算することなく、ダスト集合体全体としての応力応答を効率的に再現することが可能となった。その上で、ダスト集合体で構成された始原的微惑星同士の衝突計算を系統的に実施した。衝突破片判定には Friend-of-Friend 法を導入し、破片質量の定量的評価を行った。衝突速度、衝突角度、質量比などのパラメータを変化させ、衝突結果 (合体・すれ違い・破壊) と衝突エネルギーの依存性を議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P310a 巨大衝突過程を予測する機械学習モデルの構築

石田侑一郎 (東京大学), 小久保英一郎 (国立天文台)

地球型惑星形成過程の最終段階では、原始惑星が軌道進化と衝突合体を繰り返すことによって成長する。この段階は巨大衝突段階と呼ばれている。巨大衝突段階は N 体シミュレーションにより研究が行われてきた (e.g., Kokubo et al., 2006)。一方、近年巨大衝突段階の N 体シミュレーションを機械学習で代替することで計算量を削減する研究がなされている。先行研究では N 体シミュレーションより 4 桁短い時間で惑星系の最終状態を予測できる (Lammers et al. 2024)。しかし、この研究では、機械学習の教師データとして原始惑星が 3 個の N 体シミュレーションを利用しているため、原始惑星 4 個以上の系の予測に全ての重力相互作用を考慮できず、惑星系の進化を正確に予測できない。そのため、機械学習モデルに組み込まれている、衝突する原始惑星の組を予測するモデルの正解率が現状 60% 程度に留まり、巨大衝突段階を経て形成する惑星系の性質を調べるには不十分である。本研究では、 N 体シミュレーションの結果から惑星の軌道進化や質量を予測する機械学習モデルを作成することを目標として、まず衝突する惑星を予測するニューラルネットワークを作成した。その結果、原始惑星を予測するモデルの正解率を 85% まで改善した。さらに、 N 体シミュレーションの結果はマージャツリーという樹状グラフで表される。そのため、グラフニューラルネットワークというグラフ構造データに適したニューラルネットワークを使用して、 N 体シミュレーションの結果を学習することで、巨大衝突段階の惑星の成長過程を予測する機械学習モデルを作成した。発表では機械学習モデルの予測結果や作成過程について詳しく議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P311a 複数木星型惑星系の成長と軌道進化

長沢真樹子 (久留米大), 田中秀和 (東北大)

太陽系外惑星系に見られるホットジュピターの形成要因の一つとしてスノーラインよりも遠くで形成された木星型惑星の軌道散乱が考えられている。木星型惑星の軌道散乱はエキセントリックジュピターの離心率の起源としても重要である。観測されるように多くのホットジュピターを形成するための軌道散乱には、3 つ以上の木星が数ヒル軌道間隔に近接して形成されていることが必要条件である。

しかし、我々のこれまでの研究からは、木星型惑星の原始コアがガス捕獲をして質量的に成長していく過程を計算してみると、一つの木星が形成を始めたときに他のコアが摂動を受けてしまい、数ヒル軌道間隔に複数の木星が近接して形成されることは難しいことがわかっていく。原始惑星コアが孤立質量で安定に並ぶ軌道長半径比が 1.2 程度の軌道間隔では、近くで 2 つ目の木星型惑星が成長するのは計算したうちの 2% 程度に過ぎない。

今回、5 つの木星型惑星のコアを並べ、内側から順に木星型惑星が成長するときに、残りのコアがどのように軌道進化し、どのような軌道間隔のときに近接した木星型惑星系が形成できるかを軌道計算から調べた。数値計算の結果、初期の木星型惑星のコアの軌道長半径の比が 1.3 以下の場合には、木星型惑星系は 3 つ目の木星成長の前に不安定になってしまうことが分かった。逆に軌道長半径の比が 1.6 以上だと 3 つの木星型惑星が形成されても、エキセントリックジュピターをつくれるような惑星-惑星散乱が生じないこともわかった。講演では、こうした軌道計算結果をもとに、ホットジュピターやエキセントリックジュピターの形成過程について議論を行っていく。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P312b 恒星の磁気制動を考慮した惑星系での潮汐 Q 値の推定

稲井雅之, 徳野鷹人, 福井暁彦 (東京大学)

主星の近傍を公転する巨大惑星 (ホットジュピター) では、主星と惑星の間に強い潮汐相互作用が生じ、公転軌道が減衰すると考えられる。そのため、潮汐相互作用によるエネルギー散逸のタイムスケールを表す恒星の潮汐 Q 値は惑星系の力学的進化を特徴づける重要な量である。しかしながら、これまでに軌道減衰が観測された例は WASP-12b の 1 例 (Yee et al. 2020) のみであり、トランジット観測の中心時刻から直接的に周期の減衰を検出し、個々の系の Q 値を決めることは一般にきわめて困難な課題である。

トランジットの中心時刻の代わりに Q 値を推定する方法の一つとして、自転と公転が同期していない系での角運動量に注目する方法がある。惑星系では一般に、潮汐相互作用のほかに恒星の磁気制動が角運動量輸送に寄与する。これら 2 つの機構を考慮すると、自転周期と公転周期の組として取りうる値の範囲を制約することができ、間接的に Q 値を推定することができる。その手法を導入した先行研究 (Tokuno et al. 2024) では NGTS-10b の 1 例について Q 値が求められ、他の系での適用可能性が示唆された。

今回の発表では、過去の観測によって自転周期が求まっている他の惑星系について、Tokuno et al. (2024) の手法を適用し Q 値の制約について調べるとともに、TTV などによる観測との比較検討を議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P313c 高空隙率ダストにかかるガス抵抗の性質

森川翼, 塚本裕介 (鹿児島大学)

惑星形成においてダストとガスの力学的相互作用を理解することはダストのサイズ進化を解明するうえで重要である。例えば、先行研究 (e.g., Tatsuuma et al. 2021, Stefan Reissl et al. 2023) では、ガス流などによって誘起されたダストの自転運動によってダストの回転破壊が生じ、その成長が妨げられる可能性が提案されている。このようなプロセスが実際に原始惑星系円盤で働くかはガス流に起因するダスト粒子へのトルクの大きさを定量的に求めることが必要であるが、特に異方性の強いダスト粒子については、その詳細は明らかでない。そこで本研究では、希薄流体のシミュレーション手法である DSMC (Direct Simulation Monte Carlo) 法を用いた大規模並列シミュレーションコード、SPARTA を利用し、アスペクト比 0.1-10 の楕円系ダストに対してダストの回転角運動量の時間進化を調べ、ダストの形状がトルクや回転角運動量進化にどのような影響を及ぼすのかを研究した。その結果、アスペクト比が小さいダストにおいてガスの流れ方向を回転軸とする回転がより強く誘導されることが分かった。本発表では、回転角速度のアスペクト比依存性とそのダスト進化への影響について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P314a 超低周波 (VLF) 帯における流星電波放射の方探観測

渡邊 堯 (情報通信研究機構), 小林美樹, 鈴木和博 (日本流星研究会), 加藤泰男, 塩川和夫 (名古屋大学宇宙地球環境研究所), 大矢浩代 (千葉大学大学院工学研究院)

流星発生に伴う異常聴音現象との関連で、Colin S.L. Keay (Science, Vol210, Issue4465, p11, 1980) によって存在が示唆された、流星に伴う超低周波電波 (VLF, 3–30 kHz) の放射は、1981 年に名古屋大学空電研究所 (当時) の観測グループにより初めて検出された。それに続き肯定・否定を含めた観測例が 10 件近く報告されているが、毎秒数十発の頻度で受信される雷活動起源の空電との区別に問題があり、そのような電波放射の存在に関する学術的コンセンサスは未確立と解される。2020 年 12 月の「はやぶさ 2」サンプルリターンカプセル (SRC) における VLF 電波観測と、2023 年 9 月に米国で行われた OSIRIS-Rex SRC の再突入における VLF 方探観測により、宇宙機再突入における VLF 電波放射の存在が確認できたことを受けて (日本天文学会 2023 年春、2024 年秋季年会発表)、流星発生に伴う流星や宇宙機再突入に伴う VLF 電波放射の方探観測を開始した。本研究では、豊川、水戸両地域における VLF 電波観測、名古屋大学宇宙地球環境研究所・母子里観測所 (北海道幌内町) で得られた VLF 観測データの解析を行っている。その結果、2024 年 12 月 05 日 01 時 09 分 JST に、南千島上空で発生した大火球の方位より伝播したかなり強い VLF 電波放射が、母子里観測所における方探観測によって検出された。また 2024 年 8 月 12 日 23 時 50 分頃 (JST) に、サハリン南部地域で発生した比較的明るい流星についても、1000 km 近く離れた水戸からの方探観測によって弱い電波信号が検出された。この観測例は、火球レベルに達しない流星であっても、検出可能な VLF 電波放射が存在することを示すものとして注目される。今後宇宙機再突入も含めた観測例を増やすことにより、流星や宇宙機再突入に関わる VLF 電波放射研究が進展することが期待される。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P315a 彗星の過去を探るツールとしての流星群

渡部潤一, 佐藤幹哉, 春日敏測 (国立天文台)

流星群の活動度は、その出現に対応するダストトレイル中の流星体の空間密度に依存する。つまり、そのダストトレイルが形成された当時の彗星の活動を反映するはずである。流星群の出現規模と彗星の活動には相関関係があると考えられ、実際、10 月のりゅう座流星群と、その親である 21P/ジャコビニ・ツィナー彗星の活動との間に相関関係を見出している (渡部・佐藤 2008)。したがって、特定の日時における流星群の活動規模を調べることで、それに対応するダストトレイルが形成された当時の彗星の活動を推定することが可能である。つまり、流星群は親彗星の過去の活動を調べるためのツールとして利用できることになる。われわれは、この手法を、ほうおう流星群に適用し、親彗星である 289P/ブランパン彗星の活動履歴を調べてみた。この彗星は 18 世紀から 19 世紀にかけて非常に活発な活動を示し、1956 年の突発出現を引き起こしたが、1909 年から 1930 年の間には前世紀と比較して 90% (Fujiwara et al. 2017) あるいは 80% (Sato et al. 2017) も活動が低下したと推定された。2013 年には、太陽中心から 3.9 天文単位 (Ye & Clark, 2019) であるにもかかわらず、突発的なアウトバースト現象を示したが、その後は再び休眠状態に戻ったようである (Kasuga 2025, Ye et al. 2021)。本発表では、適用できそうな他の流星群の例も示しつつ、本手法、つまり流星群の活動を知ること、親彗星の物理的な進化史を解明できる可能性を示す。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

P316a 隕石の惑星大気進入による気流・熱状態への影響のモデリング

御子裕治 (名古屋大学), 小林浩 (名古屋大学)

若い地球型惑星には頻繁に隕石が衝突し、その大気の進化には衝突過程が大きな影響を及ぼす。隕石衝突前の惑星大気は、地表からの熱により地表付近には対流圏、上層には成層圏が存在している。しかし、隕石衝突により高温・高圧領域が発生、膨張することで、大気の流れや熱状態が大きく乱される。この流れは非常に複雑であり、流体シミュレーションにより調べる必要がある。

本研究では Athena++ を用いて、大気へ突入する隕石が及ぼす影響について高解像度 3 次元流体シミュレーションを行った。小さな隕石が大気へ突入した場合、隕石は大気中で破壊され、上空でエネルギー解放が起こる (Shuvalov & Trubetskaya, 2006)。また、隕石の軌道上に生じる煙突状の希薄領域は、大気の熱状態や気流に大きな影響を与える (Shuvalov & Artemieva, 2001)。そこで、エネルギー解放領域と煙突状の希薄領域に分け、隕石破壊に伴う大気状態の変化のモデル化を行った。背景大気の初期条件として、下層に対流圏、上層に成層圏が存在する大気を用意し、このモデリングのもとシミュレーションを行った。その結果、エネルギー解放による膨張波が希薄領域で早く伝わることで、爆発領域付近の下層大気はるか上層にまで運ばれることを確認した。

次に、本研究のシミュレーション結果を実際の隕石落下事例と比較した。2013 年 2 月 15 日に小天体 Chelyabinsk が衝突したイベントは多くの観測がなされており、衝突体の大きさ、進入速度など多くのデータがある (Popova et al., 2013)。これらのデータと我々のモデルをもとに数値計算を行い、地表での圧力を求めた。本研究の計算結果と実際の被害から推測される圧力分布を比較した結果、実際の被害分布を再現可能であり、モデルの妥当性が確かめられた。また、大気中での隕石の破壊に伴うエネルギー解放領域の形状に制限を与えることもできた。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P317a ライトカーブ位相差を利用した微小小惑星の熱慣性の推定

和田空大, 酒向重行, 小林尚人 (東京大学), 紅山仁 (コートダジュール天文台), 大澤亮 (国立天文台)

小惑星の軌道進化で重要な役割を果たすヤルコフスキ効果は小惑星表層の熱慣性に起因する現象である。近年の地球接近小惑星の研究により、100 m 未満の微小小惑星の熱慣性がより大きなサイズの小惑星で見られる傾向より 1-2 桁小さいことが報告され、重要な知見として指摘されている。しかし、こうした微小小惑星の熱慣性の測定例はこれまでに 5 件程度と少ないため、観測サンプルを増やした統計的な検証が必要とされている。

熱慣性は異なる太陽位相角にて観測することで導出できるが、微小小惑星の場合、こうした複数の観測を小惑星が地球に接近する数日間に完了することが難しいことが問題であった。そこで我々は異なる波長で観測したライトカーブの位相差を利用することで熱慣性を推定する新手法を考案した。小惑星からの放射は太陽の反射光 (可視光) と表面からの熱放射 (中間赤外線) の 2 成分からなり、小惑星の自転に伴う熱放射成分のライトカーブは小惑星表面の温度分布を反映する。本研究では、シミュレーションにより可視光と中間赤外線のライトカーブを計算し、ライトカーブ間の位相差 (LC 位相差) と熱慣性の関係を調査した。その結果、可視光に対する波長 $7 \mu\text{m}$ の LC 位相差と、波長 $7 \mu\text{m}$ に対する波長 $20 \mu\text{m}$ の LC 位相差からなる 2 次元平面 (lag-lag ダイアグラム) 上の位置が熱慣性に強く依存することが明らかとなった。また、lag-lag ダイアグラム上の位置と熱慣性の依存性を利用して 2 種類の LC 位相差や太陽位相角、自転状態から熱慣性を推定する新たな手法を考案した。この新手法を用いれば、地球接近小惑星の熱慣性を数日から 1 日以内の短期に推定できるため、微小小惑星の熱慣性の推定数を劇的に増やすことが可能になる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P318a Attention 機構を導入した CNN による多重画像からの移動天体検出

渋川雅人 (総研大), 吉田二美 (産業医科大学・千葉工業大学), 柳沢俊史 (JAXA), 伊藤孝士 (国立天文台・千葉工業大学), 黒崎裕久 (JAXA), 吉川真 (JAXA), 神谷浩紀 (JAXA), 山下音緒 (関西学院大学)

2020 年 5 月から 2021 年 6 月にかけて、すばる望遠鏡の Hyper Suprime-Cam (HSC) により、NASA のニューホライズンズ計画におけるフライバイターゲット探索のための観測データが取得された。これらのデータは、JAXA が開発した移動天体検出システムにより解析された。本システムは、同一視野を連続的に撮像した数十枚の画像を重ね合わせて処理することで、単一画像では検出困難な微光天体を抽出する設計となっている。しかしながら、検出候補の真偽判定には依然として人手による目視確認が必要であり、大きな作業負担が課題となっていた。本研究では、この課題を解決し、検出プロセスの自動化と人的負担の軽減を目的として、Convolutional Block Attention Module (CBAM) を組み込んだ多入力型畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を提案する。天体検出は通常、対象の有無を判定する分類問題として定式化される。しかし、単一のスタック画像による分類には性能上の限界があり、複数画像を同時に処理する一般的な CNN アーキテクチャでは性能の著しい低下が見られる。提案手法は、①複数のスタック画像を同時に処理可能な多入力構造、②空間およびチャネルの両次元において重要特徴を強調する CBAM の導入、という二点において改良を加えている。これにより、複数入力からの効果的な特徴抽出と学習が可能となり、より頑健な移動天体検出が実現される。約 2,000 枚の実観測画像を用いた性能評価において、本モデルは 98.87% の分類精度および 0.9924 の AUC を達成した。さらに、検出閾値を調整することで、人手による目視確認と比較して 97.38% の作業負担削減が可能であることが確認された。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P319a A Search for Planet Nine with IRAS and AKARI Data

Terry Long Phan, Tomotsugu Goto, Issei Yamamura, Takao Nakagawa, Amos Y.-A. Chen, Cossas K.-W. Wu, Tetsuya Hashimoto, Simon C.-C. Ho, Seong Jin Kim

The outer solar system is theoretically predicted to harbor an undiscovered planet, often referred to as Planet 9. Simulations suggest that its gravitational influence could explain the unusual clustering of minor bodies in the Kuiper Belt. However, no observational evidence for Planet 9 has been found so far, as its predicted orbit lies far beyond Neptune, where it reflects only a faint amount of Sunlight. This work aims to find Planet 9 candidates by taking advantage of two far-infrared all-sky surveys, which are IRAS and *AKARI*. The epochs of these two surveys were separated by 23 years. We use a dedicated *AKARI* Far-Infrared point source list for the purpose of our Planet 9 search — *AKARI*-FIS Monthly Unconfirmed Source List (*AKARI*-MUSL), which includes sources detected repeatedly only in hours timescale, but not after months. We search for objects that moved slowly between IRAS and *AKARI* detections given in the catalogues. We produced all possible candidate pairs including one IRAS source and one *AKARI* source whose angular separations were limited between $42'$ and $69.6'$, corresponding to the heliocentric distance range of 500 – 700 AU and the mass range of $7 - 17M_{\oplus}$. There are 13 candidate pairs obtained after the selection criteria. After image inspection, we found one good candidate, of which the IRAS source is absent from the same coordinate in the *AKARI* image after 23 years and vice versa.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P320b セドナ型新天体「Ammonite」の発見と軌道ダイナミクス：太陽系外縁部への力学的窓

パトリック ソフィア リカフィカ (近畿大学), Ying-Tung Chen (ASIAA), Yukun Huang (国立天文台), The FOSSIL Team

Distant trans-Neptunian objects (TNOs), those with perihelion distances greater than 60 au and semimajor axes exceeding 200 au, offer vital clues about the early evolution of our solar system and the potential existence of a distant, undiscovered planet. Due to their extreme distance, these objects are difficult to detect, making each discovery significant for refining models of solar system formation. Here, we present the discovery of 2023 KQ14, nicknamed 'Ammonite,' a new Sedna-like TNO. Ammonite possesses a perihelion distance of 66 au, a semimajor axis of 252 au, and an inclination of 11 degrees. Interestingly, Ammonite's orbit stands apart from other known Sedna-like objects, filling a previously unexplained "q-gap" in the distribution of distant solar system objects. Through simulations, we confirmed Ammonite's orbital stability for at least 4.5 billion years. Our findings suggest that Ammonite and other Sedna-like objects may have once shared a common orbital clustering approximately 4.2 billion years ago. Furthermore, Ammonite's stable orbit indicates that a hypothetical super-Earth mass planet in the outer solar system would need to have a larger orbit (around 500 au) rather than a closer one.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P321b ALMA 観測のための小惑星フラックス密度シミュレータの開発

高橋茂 (東京大学), 窪田暉 (京都産業大学), 佐川英夫 (京都産業大学, 東京大学), 塚越崇 (足利大学, 東京大学), 吉田二美 (産業医科大学, 千葉工業大学), 川瀬純也, 飯野孝浩 (東京大学)

近年、ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) の高感度・高分解能によるミリ波・サブミリ波帯域における小惑星の観測がなされている。これらの波長帯では、中間赤外と比較して物質透過性が高く、天体表層下の熱放射 (Subsurface Thermal Radiation; STR) を観測可能である。この観測されたフラックス密度を正確に解釈するには、STR を含む熱物理モデル (Thermophysical Model; TPM) の導入が不可欠である。

我々は、ALMA による小惑星観測の計画立案のため、Python ベースの TPM 計算コード「AFCAL (Asteroid Flux Density Calculator for ALMA)」を開発した。AFCAL はポリゴンモデルを用いて、各ポリゴン面における 1 次元熱伝導方程式を数値的に解き表面および内部の温度分布を計算する。さらに、表層下からの電波放射を考慮することで、ALMA 帯域におけるフラックス密度を計算する。また、Python の multiprocessing 機能を用いたポリゴン面単位での並列計算により、計算時間の大幅な短縮を実現している。

本学会では、ALMA Band 6 (265 GHz) における (1) Ceres および (3200) Phaethon に対する AFCAL のシミュレーション結果を紹介する。特に (3200) Phaethon に関しては、将来の ALMA による (3200) Phaethon 観測の実現に繋がり、今後予定されている小惑星探査計画 DESTINY+ に対しても、有益な基礎情報を提供するものと期待される。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P322b 野辺山 45m 望遠鏡による月面偏波観測

岩崎未玖 (情報通信研究機構, 東京学芸大学), 飯野孝浩 (東京大学), 高橋 茂 (東京大学), 中野幸夫 (東京学芸大学), 金森英人 (情報通信研究機構), 山田崇貴 (情報通信研究機構)

月面表面の地質特性の理解は、月形成の理解や将来の経済活動の拠点の選定などに有用であることから重要性を増している。日本の活動の一つとして、テラヘルツ波帯受信機を搭載した月周回衛星による観測計画 (TSUKIMI 計画: Lunar Terahertz SURveyor for KIllometer-scale MappIng) があり、放射強度のパッシブ測定による地表面組成の推定を目指している。TSUKIMI では 280 及び 490 GHz の観測周波数において、それぞれ水平・垂直偏波成分の強度を測定する計画である。フレネルの法則より、ある放射角度で観測した場合、誘電率に則した偏波毎の放射強度が得られることが期待されている。しかし、本原理のテラヘルツ波帯における実観測での検証例は無い。そこで、本研究では、野辺山 45m 望遠鏡を用いた 110 GHz 帯における月面偏波観測データを用いた地表面誘電率との対応を検証する。解析では、機器由来のバンド特性が入ってしまう観測に対し、コンティナムの偏波強度比を適切に導出するための較正手法を開発した。放射角度毎の偏波比依存性が確認され、110 GHz 帯では、月面の地表面の起伏効果 (表面粗さ) や構成するレゴリスの土壌粒子由来の散乱効果によって、放射偏波強度比の情報が失われないことを確認した。本講演では、上記較正手法と、誘電率導出結果について詳細を紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q01a はやぶさ 2 搭載光学航法望遠カメラ ONC-T で探る銀河中心方向の銀河拡散光

黒崎香名¹, 佐野圭¹, 當銘優斗¹, 津村耕司², 松浦周二³, 瀧本幸司⁴, 岩田隆浩^{4,5}, 山田学⁶, 諸田智克⁷, 神山徹⁸, 早川雅彦⁴, 横田康弘⁹, 巽瑛理¹⁰, 松岡萌⁸, 坂谷尚哉⁴, 湯本航生¹¹, 亀田真吾¹², 鈴木秀彦¹³, 長勇一郎⁷, 吉岡和夫⁷, 小川和律⁴, 白井慶¹⁴, 澤田弘崇⁴, 杉田精司^{7,6} (九州工業大¹, 東京都市大², 関西学院大³, JAXA⁴, 総研大⁵, 千葉工業大⁶, 東京大⁷, 産業技術総合研究所⁸, 東京科学大⁹, ラ・ラグーナ大¹⁰, パリ天文台¹¹, 立教大¹², 明治大¹³, 神戸大¹⁴)

銀河拡散光 (diffuse Galactic light; DGL) とは、銀河系内の星の光が星間空間のダストによって散乱された光である。これまでの DGL の観測は、星が密集する領域を避けて主に高銀緯の光学的に薄い領域を対象としており、単一散乱モデルにほぼ一致する結果が得られていた。しかし、銀河中心付近のような低銀緯領域は星密度が高く、DGL 成分の抽出が困難であり、光学的に厚い領域での DGL モデルは確立されていなかった。本研究では、小惑星探査機はやぶさ 2 に搭載された光学航法望遠カメラ (the Telescopic Optical Navigation Camera; ONC-T) を用いて取得された、銀河中心付近の光学的に厚い領域の広視野画像データを解析した。DGL 成分を抽出するため、星間ダストによる星光吸収が大きく星の密度が相対的に小さい領域を選定し、マスキング処理により星の寄与を除去した。解析の結果、DGL 強度が光学的深さの増加に伴って減少する傾向があることを発見した。これは光学的に薄い領域での先行研究で見られた正の相関とは逆の傾向である。この観測結果を説明するため、平行平板のダストスラブにおける放射輸送モデルと比較した。その結果、内部に放射源を持たず、背景からの星光のみが存在するダストスラブを仮定したモデルによって観測結果が説明できることが分かった。上記のモデルで仮定したアルベドと散乱の異方性は、高銀緯領域での過去の観測結果と整合的であることが示唆される。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q02a JWST 及び電波望遠鏡を用いた Wolf-Rayet 型星 WR 140 における炭素化学の研究

谷口葵美 (国立天文台), Ryan M. Lau (NOIRLab), 尾中敬 (東京大学), Macarena Garcia Marin (European Space Agency), 松原英雄 (ISAS/JAXA), 妹尾梨子, 左近樹 (東京大学), 齋藤正雄 (国立天文台), and WR DustERS Team

近年の GBT や Yebes 40m 電波望遠鏡を用いたおうし座暗黒星雲のラインサーベイ観測により、多環芳香族炭化水素にシアノ基 (-CN) が付いた分子種が検出されている。これらの分子の存在量は、分子に含まれる原子数が増えてもほとんど変わらない。この結果は炭素質ダストなど大型の物質から小型の分子種を作るトップ-ダウン型分子形成の寄与の可能性を示唆する。そこで、炭素が放出されている Wolf-Rayet (WR) 型星や新星などに着目し、終焉期の星から放出された炭素がどのような形態で星間空間に放出され、次世代の星形成領域に受け継がれるかを解明することを目的に、赤外と電波を組み合わせた研究を進めている。本講演では、WR 140 の James Webb Space Telescope (JWST) MIRI/MRS で得られた $6 - 11.2 \mu\text{m}$ の aromatic infrared bands (AIBs) の解析結果について紹介する。WR 140 では WR 140 では 7.93 年毎に連星間の wind-wind collision によりダストが形成されている (Lau et al., 2022)。直近では 2016 年と 2008 年に起こり、それぞれのダストシェルを形成している。 $6 \mu\text{m}$ と $7.7 \mu\text{m}$ の AIB はこれらのダストシェルの場所で検出された。しかし、WR 140 の周囲のダストシェルの AIBs のスペクトルの特徴は、星間空間や光解離領域で観測されるものとは異なるが、水素が欠乏した R Coronae Borealis (RCB) stars の結果と似ていることがわかった。野辺山 45m および Yebes 40m 電波望遠鏡を用いて、WR 140 の周囲で形成されている分子雲の観測も 2024-2025 年にかけて行っている。これらの結果についても簡単に紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q03a JWST/MIRI LRS による WR140 ダストシェルの分光観測

妹尾梨子 (東京大学), Ryan M. Lau (NOIRLab), 尾中敬 (東京大学), 宮田隆志 (東京大学), 上塚貴史 (東京大学), Gregory C. Sloan (STScI), 左近樹 (東京大学), 松原英雄 (ISAS/JAXA), 谷口葵美 (国立天文台), WR DustERS Team

星周有機物ダストの性質や変性過程を知ることが、宇宙に存在する有機物の起源、ひいては生命起源物質の研究において重要である。ダスト生成天体の中でも、炭素に富んだウォルフ・ライエ (WC) 星を含んだ連星系は、現代や特に初期宇宙において、重要な炭素質ダストの供給源である可能性が示唆されている。WR140 という天体は、WC 星と O 型星からなる連星系であり、7.93 年に一度 2 つの星が近づくと、周期的にダストシェルを形成している。先行研究 (Lau et al. 2022) では、WR140 では等間隔に並んだダストシェルが 17 個まで検出されている。また中心星から 2 番目のダストシェルからは、炭素質ダスト由来と考えられる赤外線フィーチャーが観測されていた。WR140 のダストシェルは、中心星に近いほど新しく、遠ざかるほど古くに生成されたものと考えられる。そこで本研究では、中心星から数えて 1-7 個目のダストシェル (shell1-7) 及びシェル間のスペクトルと、shell7 より離れた位置のスペクトルを取得し比較することで、WR140 周囲に存在する炭素質ダストの性質と変性過程を調べた。観測には、JWST/MIRI LRS によるスリット分光を用いた。結果、shell1,2 では先行研究と同様の炭素質ダスト由来と考えられるスペクトルが、それより中心星から離れたところでは、一般的な星間物質 (ISM) に見られるような有機物由来のスペクトル (class A UIR bands) に似た $11.2 \mu\text{m}$ フィーチャーが検出された。本講演では、上記の観測結果を踏まえて、class A UIR bands に似たフィーチャーが WR140 の近傍に存在する有機物から放射されている可能性について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q04b XRISM による Sgr A East の放射性再結合連続成分の検出と元素組成比の測定

内山秀樹 (静岡大学), 鈴木寛大 (宮崎大学), 信川正順 (奈良教育大学), 前田良知 (ISAS/JAXA), 都丸亮太 (大阪大学), 信川久実子, 青木悠馬 (近畿大学), 山内茂雄, 吉本愛使 (奈良女子大学), 内田裕之, (京都大学), 勝田哲 (埼玉大学), 澤田真理 (立教大学), XRISM Galactic Center Target Team

Sgr A East は、天の川銀河中心巨大ブラックホール Sgr A* 近傍の超新星残骸である。その起源や、Sgr A* を含む銀河中心環境との相互作用の可能性が議論されてきた。Zhou et al. (2021) は Chandra 衛星観測に基づく Mn/Fe, Ni/Fe の組成比から Iax 型超新星が起源と報告した。但し X 線 CCD の分光性能では高階電離 Ni と Fe の輝線が混交し Ni の組成比に不定性が残る。XRISM Collaboration (2025) は XRISM 衛星の X 線マイクロカロリメータ Resolve により高階電離 Fe 輝線の微細構造を初めて分離し、その強度比から Sgr A East が再結合優勢状態にある事を決定的にした。これは数千年前に Sgr A* が現在の約 10^7 倍の X 線光度であった可能性を示唆する。

XRISM Collaboration (2025) は Fe K 輝線帯域のみの解析であった。本研究では、同じ Resolve データの 5–10 keV 帯域を解析した。特にバックグラウンドとなる銀河中心拡散 X 線放射や観測時に増光していた近傍の X 線天体 AX J1745.6-2901 の漏れ込みの影響を抑えるため、スペクトル抽出領域を選び直した。その結果、再結合優勢状態に特徴的な高階電離 Fe による強い放射性再結合連続成分を検出し、電子温度と電離状態をより強く制限できた。また Resolve の超高分光性能により、Ni XXVII He α , Fe XXV He β , 二電子性再結合による高階電離 Fe 衛星線の混交による不定性を抑えて、Ni の組成比を決めた。加えて Mn, Cr の組成比も測定した。だが、得られた Mn/Fe, Ni/Fe 比は Resolve だけでは統計誤差が大きい。そこで XRISM 搭載 X 線 CCD カメラ Xtend のデータも同時に用いた解析を現在進めている。これらの結果を元に Sgr A East を生んだ超新星の性質を議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q05b 野辺山 45 m 鏡を用いた銀河面第一象限外縁部における分子雲探査 (2)

角越仰¹, 徳田一起², 小西亜侑¹, 西本晋平¹, 松本健¹, 山崎康正³, 藤田真司⁴, 村岡和幸¹, 大西利和¹, 泉奈都子³, 河野樹人⁵, 西村淳⁶, 柘植紀節⁷, 佐野栄俊⁷, 福井康雄⁸ (1: 大阪公立大学, 2: 香川大学, 3: NAOJ, 4: 統計数理研究所, 5: 名古屋科学館, 6: NRO, 7: 岐阜大学, 8: 名古屋大学)

銀河系外縁部 (銀河中心からの距離 $R_G > 13.5$ kpc) は太陽系よりも低金属量環境 ($Z \sim 0.2Z_\odot$) であることが示唆されており、そのような環境での星形成過程を知ることに加えて、銀河系構造の理解を深める上でも重要な実験場である。我々は、銀河面第一象限に位置する運動学的距離 19–22 kpc の 9 つの分子雲に対する観測・解析を行っている。データは 2021 年 2–4 月に野辺山 45m 鏡、FOREST 受信機を用いて ^{12}CO 、 ^{13}CO 、 $\text{C}^{18}\text{O}(J=1-0)$ 輝線を観測したものであり、角度分解能は $15''$ (~ 1.5 pc) である。これまでに観測された 9 つの分子雲の形状はフィラメント状のものやクランプ状のものなど様々であり、総質量も 10^3 – $10^4 M_\odot$ 程度と多様であることなどを報告した (小西他 2022 年秋季年会)。本発表では追加で行った ^{13}CO 輝線の解析結果などを紹介する。 ^{13}CO の分布は ^{12}CO の分布と概ね類似していた。銀河系内縁部で用いられている X_{CO} や同位体比を採用して導出した平均柱密度は 0.4 – $5 \times 10^{21} \text{ cm}^{-2}$ 程度であり、両者は 2 倍の範囲で一致する。両者のデータより導出した質量比 ($M_{^{13}\text{CO}}/M_{^{12}\text{CO}}$) は 0.3 – 0.8 程度であり、内縁部で報告されている値である ~ 0.1 – 0.3 よりも高い。これは仮定している同位体比が異なる、もしくは高密度ガス比が大きく異なる可能性がある。またデンドログラムアルゴリズム (Rosolowsky et al. 2008) を用いて 9 天体それぞれを階層構造に分離しサイズ線幅関係を調べたところ、銀河系の標準的な関係と比較して全体的に線幅が 1.5 倍程度小さい。これは低金属量銀河小マゼラン雲で報告されている振る舞い (Ohno et al. 2023) と類似している。これらの結果を元に銀河系外縁部分子雲の性質について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q06b 非相対論的衝撃波における微視的不安定性の競合過程

横山将汰 (千葉大学), 松本洋介 (千葉大学)

相対論的エネルギーにまで加速された非熱的粒子は、宇宙線やシンクロトロン放射などの形で高エネルギー天体現象で普遍的に現れるものである。その生成過程として、天体衝撃波における衝撃波統計加速が最有力視されているが、解決すべき問題の一つとして電子の注入問題がある。電子注入問題は、第一原理プラズマ粒子シミュレーション手法である Particle-in-Cell (PIC) 法を用いて調べられてきた。近年では Weibel 不安定性が電子の加熱・加速に重要であると考えられてきたが、Law, Fujioka, and Ohira (2025) は超新星残骸の衝撃波遷移層を模擬した周期境界系での PIC シミュレーションにより、イオン二流体不安定性が Weibel 不安定性の成長を阻害することを指摘した。しかし、実際の天体衝撃波での不安定性の競合を理解するには、衝撃波系での検証が必要である。本講演では、2 次元非相対論的衝撃波系における、スーパーコンピュータ「富岳」を用いた PIC シミュレーションの初期結果を報告し、微視的プラズマ不安定性と電子の加熱・加速過程について議論する。また、電子-イオン温度比は超新星残骸の観測からも決定可能な物理量であり、特に XRISM によりその理解はさらに進展すると期待される。本講演では、PIC シミュレーションから期待される電子-イオン温度比を提示し、その観測的示唆について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q07b 新・星間有機物塵合成実験装置の製作

左近樹, 尾中敬, 宮田隆志 (東京大学), 木村勇氣 (北海道大学), 中村正人 (東京都市大学), 小林政弘, 中村浩章 (核融合研究所)

1970 年代に電気通信大学の坂田朗氏らを中心として製作された星間塵合成実験装置は, 2.45GHz マイクロ波電源を用いて, メタンガスより生成したプラズマを急冷凝縮することによって急冷炭素質物質 (Quenched Carbonaceous Composite; QCC) を合成する。QCC の合成手法は赤色巨星周囲での有機物の塵の凝縮過程を定性的に模擬し, QCC は星間塵の性質を理解する上で重要な物質である。最近では同装置を用いて, 窒素ガスと炭化水素ダストから生成したプラズマを急冷凝縮することによって急冷窒素含有炭素質物質 (Quenched Nitrogen-included Carbonaceous Composite; QNCC) を合成し, それが古典新星の未同定赤外バンドの特徴をよく再現することを見出すに至った。一方で, 装置の製作から 50 年以上が経過し, 老朽化のため, さらなる実験を行いアストロバイオロジーの研究に資する星間有機物の塵の物性理解に挑むためには新規の実験装置の製作が必要であった。我々は, 2.45GHz マイクロ波電源を用いて生成したプラズマの急冷凝縮によって実験室塵を得るという根幹となる機構を継承し, 実験条件の再現性を実現する計測器と, プラズマガスの核種の分析の機能を拡充した新たな星間有機物塵合成装置の製作を行った。これまでに, 同実験装置の製作と調整作業を完了し, メタンガスを用いて生成したプラズマを急冷凝縮することで得られた物質の赤外線分光測定を行い, 従来の星間塵合成実験装置によって合成した QCC と同じ赤外線スペクトルを示す物質が得られることを確認した。本講演では, 新・星間有機物合成実験装置の概要と, QCC の合成についてプラズマプロセスモニタを用いたプラズマの組成分析の結果と併せて紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q08c VERA アーカイブデータを用いた Sgr B2(M)(N) 領域水メーザー長期観測

酒井大裕 (東京エレクトロン テクノロジーソリューションズ株式会社), 小山友明, 本間希樹 (国立天文台)

Sgr B2 領域は銀河系中心領域で最も活発な星形成領域で, ガスの密度が最も高いコア部分は Sgr B2(N),(M),(S) に分解される。Sgr B2(N) は比較的若く多様な分子輝線が検出されている一方, Sgr B2(M) と (S) は HII 領域が卓越している。Sgr B2(M) 領域では数多くの 22 GHz 帯水メーザースポットが検出されており, 非常に複雑な分布と運動を示している (Sakai et al. 2023)。22 GHz 帯水メーザーは HII 領域からのアウトフローに付随していると考えられているため, その詳細な位置関係や運動を理解することは Sgr B2(M) 領域に存在する多数の HII 領域の中での膨張運動を明らかにし, 他の分子輝線などの情報と組み合わせて領域内の奥行きを含めた 3 次元構造を明らかにするのにも貢献することが期待されている。一方, Sgr B2(N) でも水メーザーが検出されておりその分布は若い星形成領域でのアウトフローの性質を明らかにするために重要であると考えられている。

2025 年春季年会 (Q29a) では Sgr B2(M) に付随するアウトフローの存在と加速運動の有無について報告した。本発表では, Sgr B2(M) に加えて Sgr B2(N) 領域の観測データについて解析を行った結果を報告する。Sgr B2(N) についてもアウトフローの存在が確認され, 固有運動の測定に成功した。Sgr B2(M) と (N) の星形成領域の性質の違いに起因するアウトフローの形状や性質の違いなどについて議論を行う。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q09c XRISM Xtend を用いた SS433 近傍の非熱的 X 線放射の研究

鈴木寛大 (宮崎大), 辻直美 (東大宇宙線研), 志達めぐみ (愛媛大), 内山秀樹 (静岡大), 信川正順 (奈良教育大), 森浩二 (宮崎大), 田中孝明 (甲南大), 山田真也 (立教大), 小林翔悟 (東京理科大), 上田佳宏 (京都大), Robert Petre (NASA/GSFC), 酒井優輔 (立教大学), 高木利紘, 善本真梨那 (愛媛大学)

SS433 は光速の ≈ 0.26 倍の速度の相対論的ジェットを定常的に噴き出すマイクロユーザーである。周囲に形成された星雲 W50 からは非熱的な X 線放射 (e.g., Safi-Harb et al. 2022; Kayama et al. 2022) や 100 TeV を超えるエネルギーのガンマ線放射 (e.g., H.E.S.S. Collaboration 2024; Alfaro et al. 2024) が検出されており, 非常に効率が良い粒子加速が起きていることが分かっている。X 線で見られるジェットに沿った構造は SS433 から ~ 10 分角 (~ 16 pc@5.5 kpc) の付近で途切れ, その内側は X 線で暗い。そのため X 線ジェットの内側, SS433 のごく近傍での粒子加速は低効率または起きていないと推測できるが, 詳しい調査はなされていない。

XRISM 衛星は 2024 年 4 月に SS433/W50 領域を観測し, 広視野 CCD カメラ Xtend による露光時間は 184 ks であった。Xtend の観測データは SS433 の周囲 ~ 17 分角の領域をカバーし, X 線ジェット構造が見られないごく近傍の領域を高感度で調べることができる。検出器バックグラウンドを除去した SS433 周辺 10–17 分角のドーナツ型の領域から抽出した X 線フラックスは方位角に依存した変動を示し, 極大値の位置は X 線ジェットの方向と一致していた。スペクトルはどの領域も単純なべき関数で説明可能, かつ同じべきを示し, 強度のみ位置依存していた。べきの値は X 線ジェットが示す ≈ 1.4 –3.0 (Safi-Harb et al. 2022; Kayama et al. 2022) よりも小さく, 加速された粒子のエネルギー分布または放射過程がジェット領域とは異なることを示唆する。本講演ではこれらの結果を踏まえた SS433 ごく近傍での粒子加速と非熱的 X 線放射の状況を議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q10c ALMA キャリブレーションを用いた希薄な天の川銀河内星間分子雲の分子吸収線探査

恩田詩緒梨, 瀧崎智佳 (上越教育大学), 成田佳奈香, 西田明正, 河野孝太郎 (東京大学), 河野樹人 (名古屋大学科学館)

分子雲は星形成の場であり、その性質や分布について明らかにすることは、星形成のメカニズムを解き明かすために重要である。一般的に分子雲は分子輝線を用いて観測されるが、希薄な分子雲では衝突励起が卓越しないため、明るい電波源を背景光源とする分子吸収線を用いた観測が必要である。ALMA 望遠鏡は本天体の観測と同時に校正用のキャリブレーション天体が取得されている。これは非常に明るい電波源であるため、吸収線系サンプルを拡大することが期待できる。本研究では、ALMA キャリブレーションを用いて分子吸収線の探査を行い、J1832-1035 に着目して、希薄な分子雲の検出とその性質を探っている。この天体の視線方向には Scutum arm, Norma arm, Aql rift, Bar End に付随した 4 つの速度成分が存在する。さらに、超新星残骸 Kes69 の脇を視線が貫通しているため、加速された宇宙線により、周囲の宇宙線イオン化度が高まっており、通常の星間空間に比べて特異な化学反応が起きていることが予想される。解析の結果、 $\text{HCO}^+(J=1-0)$, $\text{H}^{13}\text{CO}^+(J=1-0)$, $\text{H}^{13}\text{CN}(J=1-0)$, $\text{HCN}(J=1-0)$ と考えられる吸収線を新たに検出した。これらは複数の速度成分を含んでおり、それぞれの速度成分は、 0 km s^{-1} が Aql, 50 km s^{-1} が Scutum, $60-80 \text{ km s}^{-1}$ が Norma, 100 km s^{-1} が Bar ends に対応すると考えられる。加えて、より存在量の小さい分子種も検出された。

今後、これらの結果と先行研究で報告されている他の分子種や遷移の吸収線のスペクトル、他波長の観測結果等と比較することで、本分子雲の物理量や化学組成を導出し、分子雲の性質や内部構造について議論を深めていく。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q11a ALMA ACA によるガンマ線超新星残骸 W28 の観測 (1)

佐野栄俊, 大西悠斗, 國定知明, 井上陽登, 浅野裕也, 柘植紀節, 村瀬建, 高羽浩, 若松謙一 (岐阜大), 山田麟, 泉奈都子 (NAOJ/岐阜大), 須藤広志 (仙台高専), 立原研悟, 犬塚修一郎, 福井康雄 (名古屋大), 井上剛志 (甲南大), 徳田一起 (香川大), S. Einecke, G. Rowell (U. of Adelaide), M. Filipović (WSU)

超新星残骸 (SNR) に付随する分子雲は、被加速宇宙線陽子の標的陽子として機能し、陽子起源ガンマ線を放射する。衝撃波に十分曝された分子雲は数 10 km s^{-1} の輝線幅増加がみられ、しばしば 1720 MHz OH maser を放射する。一方、宇宙線の分子雲内部への拡散浸透過程や、maser 放射の物理条件については、多くの理論研究が展開されながらも、観測的制約はほぼ皆無である。W28 は年齢 ~ 3 万年、距離 $\sim 1.9 \text{ kpc}$ の middle-aged SNR である。数 10 km s^{-1} の輝線幅を持つ分子雲や 1720 MHz OH maser が付随しており、TeV ガンマ線も検出されていることから、衝撃波相互作用や宇宙線加速を探るうえで最適である。一方、CO 輝線の角度分解能の制約から、分子雲を sub-pc scale で空間分解することはできていなかった。今回我々は、ALMA ACA を用いた $\text{CO}(J=2-1)$ 輝線の広域・高角度分解能観測 ($\sim 5.7''$ または $\sim 0.05 \text{ pc}$) を実施したので報告する (PI: H. Sano)。本講演では、W28 北東部の Cloud F に注目する。結果として Cloud F を幅 $\sim 0.1 \text{ pc}$ のフィラメント状構造に空間分解した。この方向に位置する数十個の 1720 MHz OH maser は全て、空間および速度方向における CO 強度ピークに沿って分布していることがわかった。OH maser は散漫な分子雲から放射されるのではなく、非常に密度の高い局所的なポイントから放射されたとみられる。さらに、 0.1 pc という細いフィラメント幅は、GeV/TeV 宇宙線陽子がどちらも十分に浸透できる長さであり、ガンマ線放射のスペクトルに鑑みても矛盾しない。以上を踏まえて本講演では、W28 Cloud F における 1720 MHz OH maser とガンマ線の放射機構について論じる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q12a Sub-PeV ガンマ線超新星残骸 W51C に付随する星間陽子

後藤優祈, 石倉丈裕, 井上陽登, 浅野裕也, 柘植紀節, 村瀬建, 佐野栄俊 (岐阜大学), 山田麟 (NAOJ/岐阜大学), 立原研悟, 福井康雄 (名古屋大学)

銀河宇宙線 ($E < 3 \text{ PeV}$) の起源解明は、現代天文学の最重要課題のひとつである。超新星残骸 (SNR) の衝撃波が宇宙線陽子の加速現場として有望視され、宇宙線陽子-星間陽子衝突によるガンマ線が捉えられつつある。一方、その被加速宇宙線陽子の最高エネルギーについては議論が続いている。W51C は、年齢 $\sim 30,000$ 年、距離 $\sim 5.5 \text{ kpc}$ に位置する middle-aged SNR である。最近、LHAASO によって sub-PeV ガンマ線が捉えられ、 $\sim 200-400 \text{ TeV}$ に spectral cutoff がみられたことから、銀河宇宙線の最高エネルギーに肉薄する加速現場として注目されている (LHAASO Collaboration 2024)。一方で、宇宙線陽子のターゲットとなる星間陽子 (分子雲 + 原子ガス) の特定は、SNR シェルとの空間分布比較のみに留まっており不十分であった (e.g., Koo et al. 1997)。今回我々は、野辺山 45-m 電波望遠鏡で取得された $^{12}\text{CO}(J=1-0)$ 輝線データ (分解能 $\sim 20''$ または $\sim 0.5 \text{ pc}$, Umemoto et al. 2017) と、VLA による H_I 観測データ ($\sim 60''$ または $\sim 1.6 \text{ pc}$, Stil et al. 2006) を再解析したので報告する。結果として、CO の位置-速度図上の $V_{\text{LSR}} = 60-75 \text{ km s}^{-1}$ にて、空洞分布を新たに特定した。SNR X 線シェルとほぼ同じ空間的広がりを持つことから、SNR 母天体からの恒星風、紫外線、および衝撃波によって形成された膨張シェルとみられる。当該速度域の分子雲は、主に SNR 北西領域において X 線シェルを取り囲むように淡く分布している。当該領域の星間陽子柱密度を計算すると、分子成分 $N_{\text{p}}(\text{H}_2) \sim 1-2 \times 10^{22} \text{ cm}^{-2}$ の方が、原子成分 $N_{\text{p}}(\text{H}) \sim 0.1 \times 10^{22} \text{ cm}^{-2}$ より一桁大きい。典型的な数密度は $n_{\text{p}} \sim 200 \text{ cm}^{-3}$ と求まり、被加速宇宙線陽子エネルギー $W_{\text{p}} \sim 7 \times 10^{49} \text{ erg}$ と推定できた。以上を踏まえ本講演では、W51C に付随する星間陽子とガンマ線放射の起源について論じる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q13a 大マゼラン雲の SNR N49 に付随したガスの ALMA による [C I] 観測

山田麟(国立天文台/岐阜大学)、佐野栄俊(岐阜大学)、泉奈都子、原田ななせ(国立天文台)、山岸光義(東京大学)、古家健次(理化学研究所)、徳田一起(香川大学)、M. D. Filipović(Western Sydney University)、山根悠望子、立原研悟、福井康雄(名古屋大学)

宇宙線は星間物質の化学進化に重要な役割を果たすため、その観測的定量化が重要である。これまで DCO^+ をはじめとするイオンの観測が宇宙線の測定に用いられてきたが、輝線強度が弱く超新星残骸(SNR)などの宇宙線の加速源周辺を広い範囲に渡ってマッピングすることが難しかった。一方で、より輝線強度の強い[C I]とCO輝線で測定される C^0/CO のアバundance比は、特にUVが浸透しづらい $A_V > 5 \text{ mag}$ の領域で宇宙線がCO分子の支配的な破壊源となるため、宇宙線電離度の指標となると数値計算から示されている(e.g., Bisbas et al. 2018)。しかしながら、SNR周辺の[C I]観測は銀河面のSNR W51C(Yamagishi et al. 2021)に限られており、観測的検証が課題であった。そこで、我々は大マゼラン雲のSNR N49に注目した。セドフ年齢4800年と若いSNRで、X線の観測でシェル状の構造が明らかになっている。今回、Sano et al. (2021)によって同定されたX線シェルに付随したCOガスに対し、ALMA ACA-standaloneモードによる空間分解能0.9 pc、速度分解能0.1 km/s、ノイズレベル0.07 Kの[C I]観測を行い(2021.1.00200.S; PI: H. Sano)、 C^0/CO 比を計算した。X線シェルと重なる領域では比が1を超え、同径方向にSNR中心からの距離にしたがって滑らかに減少し、約23 pc離れた領域で銀河面の典型値と等しい0.1となった。また、 C^0/CO 比とPDRモデルを比較すると、宇宙線電離度が $\zeta \sim 3 \times 10^{-15} \text{ s}^{-1}$ と求められ、分子雲中の典型値よりも2桁以上高かった。さらに約23 pcという高 C^0/CO 比領域の半径は低エネルギー宇宙線($\sim 100 \text{ MeV}$)の拡散距離と一致した。以上より、 C^0/CO 比は宇宙線のプローブであると提案する。

[スケジュール\(セッション毎\)に戻る](#)

[スケジュール\(全体\)に戻る](#)

[講演者索引 TOPに戻る](#)

Q14a SNR RCW 103 に付随する分子雲における CI/CO 比

井上陽登、石倉丈裕、後藤優祈、浅野裕也、有賀麻真、Bhuvana G. R., Alsaberi, R., 柘植紀節、村瀬建、佐野栄俊(岐阜大)、山田麟、泉奈都子(NAOJ/岐阜大)、立原研悟、福井康雄(名古屋大)、山岸光義(東京大)、徳田一起(香川大)、古家健次(理研)、原田ななせ(NAOJ)

超新星残骸(SNR)は、衝撃波や宇宙線加速を通して、周囲の星間物質の化学進化に多大な影響を与える。特に、宇宙線密度が高い環境下では、CO分子が効率的に破壊され、CI/ H_2 存在比が著しく増加することが指摘されている(e.g., Bisbas et al. 2015, 2017)。RCW 103は距離3.3 kpcに位置する、年齢が2000–4400 yrと比較的若いガンマ線SNRである(e.g., Reynoso et al. 2004; Braun et al. 2019; H.E.S.S. Collaboration 2015)。非熱的X線が存在せず、高密度分子雲・原子ガスが付随していることから、宇宙線陽子加速源として有望視される(井上ほか2024年秋季年会)。そのため周囲の星間物質は高い宇宙線密度に曝されているとみられるが、その化学状態を調べた研究は皆無である。今回我々は、RCW 103南西部に位置する分子雲について、ALMA ACAによる ^{12}CO および $^{13}\text{CO}(J=1-0)$ 、[CI]($^3P_1-^3P_0$)輝線観測(角度分解能 $\sim 0.04-0.18 \text{ pc}$)を実施したので報告する(#2022.1.00290.S, PI: H. Sano)。結果として、CI/CO存在比が、SNR中心からの動径方向の距離に応じて減少しており、衝撃波面前後での不連続な変化は見られなかった。具体的には、SNR中心から約3 pc離れた衝撃波面近傍ではCI/CO存在比は最大で0.3に達したが、約6 pc離れた位置では同比率は0.05にとどまっていた。この傾向は、CI/CO存在比は、衝撃波よりも宇宙線密度によって決まっている可能性を示唆する。実際に、100 MeV程度の低エネルギー宇宙線陽子の拡散長とも矛盾しない。以上を踏まえ本講演では、SNRに付随する分子雲の化学状態と、CI/CO存在比の宇宙線密度のトレーサとしての有効性について議論する。

[スケジュール\(セッション毎\)に戻る](#)

[スケジュール\(全体\)に戻る](#)

[講演者索引 TOPに戻る](#)

Q15a LMC SNR N63A に付随する分子雲の高角度分解能 CO 多輝線解析

浅野裕也、井上陽登、Bhuvana, G. R., Alsaberi, R., 村瀬建、柘植紀節、佐野栄俊(岐阜大学)、山田麟、泉奈都子(NAOJ/岐阜大学)、立原研悟、福井康雄(名古屋大学)

超新星残骸(SNR)は衝撃波層の形成・伝播を通して、星間空間に多大な影響を与える。特に、衝撃波は分子雲の加熱や電離に本質的であると考えられているが、その具体的なメカニズムの解明には至っていない。そこで、我々は大マゼラン雲(LMC) SNR N63Aに着目した。N63AはX線シェル内部に $\sim 6 \text{ pc}$ の光学輝線星雲を持ち、付随する分子雲がALMA CO観測によって検出されている(Sano et al. 2019)。つまり、衝撃波に飲み込まれつつも分子雲が残存する稀な例であり、分子雲の加熱過程の探究に最適である。2024年秋季年会では、Sano et al. (2019)で用いた $^{12}\text{CO}(J=1-0)$ 輝線($\Delta\theta \sim 1.93'' \times 1.71''$)に加え、ALMA ACAで取得した $^{12}\text{CO}(J=3-2)$ および $^{13}\text{CO}(J=3-2)$ 輝線を用いてLVG解析($\Delta\theta \sim 4.23'' \times 3.57''$)を行い、電離ガスに富む領域の分子雲が $\sim 90 \text{ K}$ と高温で、衝撃波による加熱を受けていることを示した。今回、ALMA 12 mによる $^{12}\text{CO}(J=2-1)$ ($\Delta\theta \sim 1.16'' \times 0.92''$)および $^{13}\text{CO}(J=2-1)$ 輝線($\Delta\theta \sim 1.20'' \times 0.95''$)を新規取得し、従来の約2倍の角度分解能で分子雲の空間分布と物理状態を解析したので報告する(#2024.1.01135.S, PI: Y. Asano)。まず、N63Aの西部と北東部に付随する分子雲を計15個のclumpにまで分解した。一部のclumpは高い強度比 $R_{2-1/1-0} \sim 2.3$ を示し、視線速度 $\sim 15 \text{ km s}^{-1}$ にわたるwing成分を持つ。さらに、各clumpについてLVG解析を実施し、温度 $\sim 10-65 \text{ K}$ 、数密度 $\sim 1900-9000 \text{ cm}^{-3}$ と求めた。これらの結果は、分子雲が衝撃波によって加熱されたことを示唆する。また、北東部の分子雲でSNR動径方向の速度勾配が確認され、恒星風由来のガス加速を捉えている可能性がある。以上を踏まえ、本講演ではSNRに付随する分子雲の物理状態とその要因について議論する。

[スケジュール\(セッション毎\)に戻る](#)

[スケジュール\(全体\)に戻る](#)

[講演者索引 TOPに戻る](#)

Q16a A New Radio Continuum Study of the Large Magellanic Cloud Supernova Remnant MC SNR J0519–6902

Rami Alsaberi (Gifu Uni), Miroslav Filipović (WSU), Hidetoshi Sano (Gifu Uni), Shi Dai (CSIRO), Frank Habrel (Max Planck), Patrick Kavanagh (Moynooth Uni), and the J0519–6902 team

Supernova remnants (SNRs) play an essential role in the structure of galaxies, enriching the Interstellar Medium (ISM) as well as having a significant impact on the structure and physical properties of the ISM. MC SNR J0519–6902 (also known as LHG 26) is a young SNR, approximately 2700 years old, situated in the Large Magellanic Cloud. Previous radio continuum studies revealed an average linear polarisation across the remnant of $1.5 \pm 0.6\%$ and $4.1 \pm 0.6\%$ at 1472 and 2368 MHz. More recent measurements indicated average linear polarisation values of $\sim 2.2\%$ and $\sim 3.2\%$ at 5500 and 9000 MHz. Additionally, the overall rotation measure across the remnant was estimated to be around $\sim 10 \text{ rad m}^{-2}$. In this work, we present a new radio continuum study of MC SNR J0519–6902 (Alsaberi et al., 2025). With a diameter of $\sim 8 \text{ pc}$, this SNR shows a radio ring-like morphology with three bright regions toward the north, east, and south. Its linear polarisation is prominent with average values of $5 \pm 1\%$ and $6 \pm 1\%$ at 5500 and 9000 MHz, and we find a spectral index of -0.62 ± 0.02 , typical of a young SNR. The average rotation measure is estimated at $-124 \pm 83 \text{ rad m}^{-2}$ and the magnetic field strength at $\sim 11 \mu\text{G}$. We also estimate an equipartition magnetic field of $72 \pm 5 \mu\text{G}$ and minimum explosion energy of $E_{\min} = 2.6 \times 10^{48} \text{ erg}$. Finally, we identified an H I cloud that may be associated with this remnant, located in the southeastern part of the remnant, along with a potential wind-bubble cavity.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q17a ガンマ線天体 HESS J1023–575 に付随する分子雲ジェット

柘植紀節, G. R. Bhuvana, 佐野栄俊 (岐阜大学), 山田麟 (NAOJ), 福井康雄 (名古屋大学), 松元亮治 (千葉大学), 朝比奈雄太 (駒澤大学), 井上剛志 (甲南大学), Tim Lukas Holch, Emma de Oña Wilhelmi (DESY)

マイクロクエーサーは、相対論的ジェットの放出を通して、宇宙空間に莫大なエネルギーを供給する。特に、ジェットによる宇宙線加速や、原子ガスの圧縮による分子雲形成の観点から注目され、多くの理論的研究が展開されてきた。一方で、マイクロクエーサージェットと周辺環境・宇宙線加速との関連を観測的に精査した研究はほぼ皆無であり、ガンマ線ならびに電波輝線観測に基づく研究が急務である。HESS J1023–575 は、大質量星団 Westerlund 2 方向に発見された TeV ガンマ線源である (H.E.S.S. Collaboration 2007, 2011)。さらに、CO 輝線観測の結果、距離 $\sim 7.5 \text{ kpc}$ に位置する長さ $\sim 100 \text{ pc}$ のジェット状分子雲および直径 $\sim 50 \text{ pc}$ のアーク状分子雲の付随が明らかとなり、相対論的ジェットによる分子雲形成と宇宙線陽子加速が起きた可能性が示唆されている (Fukui et al. 2009; Furukawa et al. 2014)。一方、CO 輝線の角度分解能 $\sim 47''\text{--}90''$ ($\sim 1.7\text{--}3.3 \text{ pc}$) は数値計算で示唆される sub-pc スケールの構造との比較には不十分だった。そこで我々は、ALMA ACA を用いた $^{12}\text{CO}(J=1\text{--}0)$ 輝線観測 (分解能 $\sim 12''$ or $\sim 0.4 \text{ pc}$) を実施した (#2024.1.00579.S, PI: K. Tsuge)。その結果、フィラメント状分子雲がジェット軸にほぼ平行に多数整列している様子を捉えることに成功した。加えて、アーク状分子雲の内部にも同様にジェット軸と平行な多数のフィラメント構造と対となるジェット雲を検出した。典型的なフィラメントの幅は $\sim 0.6\text{--}0.8 \text{ pc}$ 、線質量は $\sim 20\text{--}40 M_{\odot}$ であった。本講演では以上の結果と、理論計算との比較から HESS J1023–575 に付随する分子雲ジェットの起源について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q18a Investigating Jet–ISM Interaction Signatures Around the Gamma–Ray Binary LMC P3

G. R. Bhuvana, K. Tsuge, H. Sano, R. Z. E. Alsaberi (Gifu Univ.), Y. Fukui (Nagoya Univ.)

The interaction between relativistic jets from compact objects and hydrogen gas in the interstellar medium (ISM) has been proposed as a potential mechanism for molecular cloud formation, though the underlying astrophysical processes remain poorly understood. In this work, we investigate such phenomena in the gamma-ray binary system LMC P3, containing an unidentified compact object within the supernova remnant DEM L241 located in Large Magellanic cloud. Notably, ALMA CO observation near the compact object has revealed a jet-like molecular cloud emerging in the northern direction. Meanwhile, the host SNR exhibits diffuse, extended X-ray emission, possibly indicating a common origin for both features. We examine the X-ray spectral properties of this extended emission using *XMM-Newton* observations which is found to be thermal with temperature $\sim 0.8 \text{ keV}$. The NuSTAR spectrum of compact object is found to be non-thermal powerlaw ($\Gamma = 1.3\text{--}1.5$), consistent with a neutron star/pulsar, further supported by ASKAP and MeerKAT radio continuum observation that shows a steep spectral index ($\Gamma = -0.81 \pm 0.05$). With the neutron-star identified as the likely engine, we examine the detailed physical properties of the jet-like molecular cloud (its mass, density, and kinetic temperature) and search for shock signatures using ALMA $^{12}\text{CO}(J=3\text{--}2)$ and $^{13}\text{CO}(J=3\text{--}2)$ observations. Combining X-ray and radio results, we aim to construct a coherent view of the jet-like molecular cloud in LMC P3, and its association with the high-energy emission from this gamma-ray binary system.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q19a ALMA による銀河系中心 Circumnuclear Disk 内外の低密度分子ガス降着の観測

田中邦彦 (慶応大・理工)

We present ALMA [CI] $^3P_1-^3P_0$ imaging of the central $6.6 \times 4.2 \text{ pc}^2$ region of the Galaxy encompassing the circumnuclear disk (CND). The data reveal low-density ($n_{\text{H}_2} \sim 10^3 \text{ cm}^{-3}$) molecular gas with inward motion, widespread both inside and outside the CND. The normalized [CI] to CS 7-6 intensity difference decreases inwardly from $R = 4$ to 1.7 pc and azimuthally along the CND rotation, likely tracing paths of low-density gas inflow. By projecting the [CI] spaxels into orbital coordinates under a velocity-field model, we identify four distinct kinematic features: a pair of spiral-shaped outer streamers toward the CND, inner streamers from the CND extending to 0.5 pc from Sgr A*, an outer disk at $R \sim 3-6 \text{ pc}$, and the CND ring. $P-V$ correlation between the inner streamers and H42 α indicates gas supply to the mini-spiral through the western arc (WA) and northern arm (NA). The total inflowing mass is $1.5 \times 10^4 M_{\odot}$, 1.7 times the CND mass. The identified flows can be organized into two main pathways connecting the CND exterior and the central cavity: “WA flow” feeding the mini-spiral WA via the CND, and “NA flow” directly feeding the NA bypassing the CND. The inflow rate along the former is approximately constant ($0.1 - 0.16 M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$), implying a CND dwelling time comparable to its orbital period and supporting CND’s transient nature. We also identify two [CI]-bright clumps (CBCs) lacking dense-gas counterparts near the contact point between the northern outer streamer and the CND. Being apparently intact against tidal disruption despite subcritical densities, CBCs may represent a chemically young phase shortly after formation in colliding flows.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q20a ALMA による超新星残骸 W44 超高速成分 Bullet の観測的研究 (II)

蒔田桃子、岡 朋治、辻本志保、小谷竜也 (慶應義塾大学)

超新星残骸 W44 は、太陽系から約 3 kpc の距離にある II 型超新星爆発の残骸であり、質量約 $3 \times 10^5 M_{\odot}$ の巨大分子雲と相互作用している。我々のグループは、この相互作用領域において、約 0.5 pc の大きさで 120 km s^{-1} もの極めて広い速度幅を有する成分 (Bullet) を発見した。この Bullet は、位置速度図上で特徴的な「Y 字構造」を呈し、高密度分子層への点状重力源の高速突入が起源と解釈された (Yamada et al. 2017)。この解釈は、後に行われた磁気流体シミュレーションの結果からも支持されている (Nomura et al. 2018)。さらに我々は、ALMA Cycle 4 において Bullet の CO $J=3-2$ 輝線観測を実施し、Bullet 本体周辺に 8 つの極めてコンパクトな広速度幅成分 (Petit-Bullets) を検出した (蒔田他、日本天文学会 2025 年春季年会 Q08a)。Petit-Bullets は、位置速度図上で「V 字状」の構造を呈し、これらも Bullet 同様に点状重力源の突入で形成されたものと推測される。このことは、突入天体が単独の点状重力源ではなく、複数の点状重力源から成る集団である可能性を強く示唆する。加えて、Bullet 本体の運動量評価からは、その形成に寄与した天体は孤立ブラックホールである可能性が指摘された。

今回我々は、Bullet 本体および各 Petit-Bullet に対して、速度チャンネル毎の強度分布に楕円フィッティングを行い、空間的な広がりや速度を評価するとともに、中心位置の変化から突入天体の固有速度ベクトルを評価した。その結果、固有速度の平均は南東方向に約 2 km s^{-1} 、分散は約 10 km s^{-1} と評価された。また、Y 字および V 字の先端速度から評価した視線速度の平均は約 -64 km s^{-1} 、分散は約 27 km s^{-1} となった。これらの速度分散と、Bullet+Petit-Bullets の空間的広がりから評価される Virial 質量は $1.9 \times 10^5 M_{\odot}$ であり、これは球状星団の質量範囲に整合する。本講演では、これらの運動解析結果に基づき、Bullet の起源について詳細に議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q21a A Chemical Peculiar Component around the Circumnuclear Disk

Masato Tsuboi (Meisei Univ.), Ryosuke Miyawaki (J. F. Oberlin Univ.), Takahiro Tsutsumi (NRAO), and Makoto Miyoshi (NAOJ)

The diverse chemical properties of the circumnuclear disk (CND) of the Milky Way galaxy and the surrounding molecular clouds are well known. Here, we analyzed these chemical properties of those using the ALMA Band 3 data (2012.1.00080.S., PI: M. Tsuboi).

We discovered that a compact molecular cloud is brightening in the $\text{C}_2\text{H } N=1-0 J=3/2-1/2 F=1-0$ and $N=1-0 J=3/2-1/2 F=2-1$, and $\text{c-C}_3\text{H}_2 J_{\text{Ka,Kc}}=2_{1,2}-1_{0,1}$ ortho emission lines near the negative galactic latitude side of the CND. These molecular emission lines are known as photon-dominated region (PDR) tracers. The brightness temperature ratio is $T_{\text{B}}(\text{C}_2\text{H})/T_{\text{B}}(\text{c-C}_3\text{H}_2) \sim 1.3$, differs from the ratio (~ 3) usually observed in PDRs in the disk region. This cloud is also bright in the $\text{H}^{13}\text{CO}^+ J=1-0$ and $\text{SiO } v=0 J=2-1$ emission lines. These indicate that the hydrogen molecule density of the cloud is as high as $n(\text{H}_2) \sim 10^5 \text{ cm}^{-3}$ and that a C-shock wave propagated through the cloud within $t \sim 10^5$ years. Since the cloud is not detected in the H42 α recombination line and 86 GHz continuum emission, it does not contain ionized gas. There are no other clouds with these properties around the CND.

It is unclear how the cloud relates to the known objects in this region. Since the LSR velocity of the cloud is consistent with that of the CND, the cloud may be a part of the CND or closely related to it.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q22a 落下する分子雲 [Kohno Clouds] 周囲の分子雲分布と巨大分子雲形成の可能性

福井康雄¹, 出町史夏¹, 立原研悟¹, 早川貴敬¹, 河野樹人², 山田麟^{3,4}, 佐野栄俊³, 柘植紀節³, 徳田一起⁵, 小林将人⁶, (1: 名古屋大学, 2: 名古屋市科学館, 3: 岐阜大学, 4: 国立天文台, 5: 香川大学, 6: ケルン大学)

河野他は、銀経 332 度方向の銀河面に方向にヘッドテイル状の分子雲を発見し、この分子雲 (Kohno Clouds “KC” と呼ぶ) が銀河面に落下衝突し、そのヘッド部分が超音速衝突による衝撃波加熱によって 30–50 度の高温を示すことを明らかにした (Kohno et al. 2025 in prep., 河野他 2023 年春季年会)。Kohno Clouds は、視線速度約 -35 km s^{-1} で距離 2.5 kpc に位置し、その質量は 5×10^3 太陽質量である。我々は、この発見を受けて同様の分子雲が相当数存在すれば、これらの分子雲の衝突合体によって巨大分子雲形成が起きる可能性があることに注目し、追跡研究を行っている。これは、Hayakawa & Fukui (2024) が提起した「中間速度水素雲 (IVC) が銀河系に落下合流する」というシナリオの観測的検証につながる。

KCs 周辺の 5 度平方の領域を NANTEN による広域 ^{12}CO データで調べたところ、10 個を超える分子雲がほぼ同じ視線速度で銀緯 1 度–4 度の範囲に分布することを見出した。これらの分子雲はヘッドテイル状と見られる特徴を示し、KC に類似の落下雲と解釈可能である。これらの分子雲の総質量は 1.3×10^5 太陽質量あり、相互の速度差は $2\text{--}3 \text{ km s}^{-1}$ 程度と小さく、これらが合体できれば束縛された巨大分子雲の形成が起ころう。

以上の結果は、従来の「閉じた銀河系」というパラダイムに対して、「開いた系としての銀河系」が外来水素ガスの流入に強く影響されて進化している可能性を示唆する。今後、NANTEN2/NASCO 受信機による CO ($J=2-1$), ($1-0$) 同時観測を遂行し銀緯 10 度の幅で広域観測を行なって、巨大分子雲形成を検証することが重要である。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q23a 落下分子雲の広域探索：HI ガスからの CO 雲形成と衝撃波加熱を追跡する

出町史夏¹, 福井康雄¹, 立原研悟¹, 早川貴敬¹, 河野樹人², 山田麟^{3,4}, 佐野栄俊³, 柘植紀節³, 徳田一起⁵, 小林将人⁶ (1: 名古屋大学, 2: 名古屋市科学館, 3: 岐阜大学, 4: 国立天文台, 5: 香川大学, 6: ケルン大学)

巨大分子雲 (GMC) の星形成は 10–20 Myr で進行する。銀河の星形成率を保つためには同等以上の効率で GMC を形成する必要があるが、GMC 形成機構は観測的には検証されていない。Hayakawa & Fukui 2024 は全天の 80% の HI データの解析から、銀河回転に対して $100\text{--}50 \text{ km s}^{-1}$ の速度をもつ中間速度雲 (IVC) は金属量が低く、銀河系外から飛来していることを示した。また、Kohno et al. 2025 in prep. は銀経 332 度方向の銀河面にヘッドテイル構造を持つ分子雲 (Kohno Clouds; KCs) を発見し、ヘッド部で $^{13}\text{CO}(2-1)/(1-0)$ の強度比 (R^{13}) が高いことを示した。これは落下する IVC が銀河面との衝撃波圧縮を受けて分子雲に変換され、さらに加熱されている可能性を示唆する。以上の成果を受けて、本研究は KCs を含む $l = 300^\circ\text{--}345^\circ$ の範囲において、NANTEN2 と HI4PI の $|b| < 9^\circ$ の $^{12}\text{CO}(J=1-0)$ および HI と、Mopra と APEX の $|b| < 0.5^\circ$ の $^{13}\text{CO}(J=1-0)$ と ($J=2-1$) を用いて、落下雲による分子雲形成過程の観測的検証を進めている。NANTEN2 のデータからは、銀河面に対して垂直な -20 から -50 km s^{-1} の分子雲が $|b| < 3^\circ$ に多数見られ、対応する HI の IVC と共存することを示す。ここで、HI と CO の質量の比 ($M_{\text{CO}}/M_{\text{HI}}$) は $|b| > 3^\circ$ では 0.1 以下である一方で、 $|b| < 3^\circ$ では 1.5 まで急増する。この傾向は、落下雲による GMC 形成・成長の描像と矛盾しない。また、 $|b| < 0.5^\circ$ では、KCs と同様の $^{12}\text{CO}(1-0)$ のピーク強度が 8 K 以上で $R^{13} > 0.8$ の約 90 個の分子雲が同定され、HI と相補的な分布を示すことがわかった。以上の特徴は、これらの分子雲が銀河面へ落下した IVC から形成された分子雲の有力な候補であることを示唆する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q24a NRO レガシープロジェクト FUGIN 再解析-I: ビーム間強度較正の影響

村瀬建, 石倉丈裕 (岐阜大学), 西潤弥, 笠井梨名 (鹿児島大学), 柴田洋佑 (名古屋大学/鹿児島大学), 松坂怜 (東京大学), 半田利弘 (鹿児島大学/工学院大学)

NRO のレガシープロジェクトの一つである FUGIN (FOREST unbiased Galactic plane imaging survey with the Nobeyama 45-m telescope) は、野辺山宇宙電波観測所の 45-m 望遠鏡に搭載された 2SB 4 ビーム両偏波受信機 FOREST を用いた、天の川銀河面における $\text{CO}(J=1-0)$ 同位体輝線の大規模サーベイである。本プロジェクトは、2014 年から 2017 年にかけて、総観測時間約 1100 時間を用いて実施され、観測範囲は銀経 $10^\circ\text{--}50^\circ$, $196^\circ\text{--}236^\circ$ 、銀緯 $\pm 1^\circ$ 以内の約 83% (130 平方度) をカバーする。45m 鏡を用いたことで、 $\text{CO}(J=1-0)$ 輝線を用いた銀河面サーベイとしては最も高い角分解能 ($\sim 20''$) を達成している。これにより、数十秒角から 1 度角スケールに及ぶ分子ガス構造を捉えると同時に、詳細な階層構造の把握が可能である。FUGIN の観測データは 2018 年に JVO (Japanese Virtual Observatory) を通じて公開された。星間物質研究にとどまらず、他波長データとの組み合わせによって多様なサイエンスを可能とする基盤データとして、国際的にも高く評価されている。しかしながら、JVO で公開されているデータには、OTF スキャン方向に沿った縞状構造が含まれており、本来の角分解能での分子ガスの空間構造 (大きさ・形態など) や内部構造の取得を妨げていることが指摘されてきた。我々はこの問題を解消するべく縞構造の原因解明とデータの再解析を行った。その結果、縞構造の主因は分光アレイ間の利得差であることが判明した。これを踏まえ、アレイ間の強度較正を最適化したところ、縞構造が大幅に軽減できることが確認できた。本講演では、FUGIN プロジェクトの観測および解析手法を概説するとともに、再解析の方針とその初期成果、そして今後の計画について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q25a NRO レガシープロジェクト FUGIN 再解析-II: スケーリングファクターの変動

石倉丈裕, 村瀬建 (岐阜大学), 西潤弥, 笠井梨名 (鹿児島大学), 柴田洋佑 (名古屋大学/鹿児島大学), 松坂怜 (東京大学), 半田利弘 (鹿児島大学/工学院大学)

FUGIN は、NRO レガシープロジェクトの一つであり、2014 年から 2017 年にかけて野辺山 45-m 望遠鏡を用いて実施された天の川銀河面サーベイである。2SB 型の 4 ビーム両偏波受信機 FOREST を用いることで、CO ($J=1-0$) 同位体 3 輝線の同時観測を可能とし、短期間で広範囲にわたる観測を実現した。本サーベイの観測データは JVO にて公開されているが、現行のデータには OTF スキャン方向に沿った縞構造が混入していることが指摘されてきた。我々は、この縞構造は主に分光アレイ間の利得差に起因することを突き止め、これを補正するためのスケーリングファクターを最適化することで、縞構造を効果的に軽減できることを確認した (村瀬他、本年会)。本講演では、FUGIN 第一象限 (銀経 $10^\circ - 50^\circ$ 、銀緯 $\pm 1^\circ$ 以内) の ^{12}CO と ^{13}CO データを対象とし、FUGIN 全観測期間にわたるスケーリングファクターの変動について報告する。スケーリングファクターは、標準天体として用いた W51 IRS 2 (W51 d) に対して各観測日に 1 回実施された $3' \times 3'$ のマッピング観測から導出した。この導出は、同一観測日における基準アレイに対する各アレイの強度相関と、同一アレイを用いた基準日に対する強度相関の二段階から成る手法によって行った。本解析では、ビーム 1 の水平偏波アレイを基準アレイとし、2015 年 12 月 28 日を基準日とした。解析の結果、ビーム 1 の水平偏波アレイにおける各観測シーズンのスケーリングファクターの変動は、 ^{12}CO 、 ^{13}CO ともにおおよそ 10% 程度であった。一方で、2015 年シーズンである 2015 年 12 月から 2016 年 6 月では、大きく変動する観測日が存在し、スケーリングファクターの最大値と最小値の変化率は約 80% を示した。以上を踏まえ、本講演では受信機の安定性とスケーリングファクターの変動について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q26a Physical properties of peculiar velocity structures in Aquila Rift identified using the Filfinder algorithm

李欣儒 (東京大学), 阪本成一 (国立天文台)

Stars form in molecular clouds, whose physical and kinematic conditions affect the initial mass function and the formation efficiency of stars. Physical and kinematic conditions are often influenced by perturbations such as outflows, stellar winds, supernova explosions, and cloud collisions, and the hints of such perturbations are often observed as peculiar velocity structures. In our last presentation, we unbiasedly analyzed the $1^\circ \times 1^\circ$ CO $J=1-0$ emission data cube of the Aquila Rift star-forming regions from the NRO Star Formation Legacy Project. By applying the FilFinder algorithm to the spatial median filtered position-velocity diagrams, we identified 51 groups of subparsec-scale peculiar velocity structures and classified them into several types, such as outflows and outflow-like features, isolated compact structures accelerated by expanding H II region shells, and compact structures that outline larger possible cloud interaction sites – Spatially Extended Moderately Broad Emission (SEMBE) and the 40 km s^{-1} cloud. We further obtained the physical properties of these types of peculiar velocity structures, including five new outflow candidates. Typical sizes, masses, peak CO brightnesses, line shapes and widths, kinetic energy, and dispersal timescales of individual types of peculiar velocity structures will be presented.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q27a HI 輝線データの相分離から探る CNM の乱流構造

松月大和, 山本宏昭, 立原研悟 (名古屋大学)

分子雲内部の運動は乱流に支配されており (Hennebelle & Falgarone 2012)、この起源は明らかになっていない。形成直後の低密度分子雲においても、その線幅はすでに熱的線幅より大きく、分子雲の形成母体である中性水素原子 (HI) 雲に乱流の起源がある可能性がある。HI 雲には、温度・密度の異なる複数の相が存在し、水素分子は低温・高密度の Cold Neutral Medium (CNM) 相の内部で形成されると考えられている。これまで、高銀緯雲 HLCG92-35 領域の Arecibo 望遠鏡による HI 輝線データに対し、マルチガウシアン分解アルゴリズム ROHSA (Marchal et al. 2019) を適用し、HI の相分離・CNM の性質の調査を行ってきた (松月他 2024 年秋季年会)。

今回、分離された CNM のスペクトル線幅の解析をした結果、吸収線観測や理論研究から予想される CNM の温度に基づいて導出される熱的線幅よりも有意に大きく、CNM 内部に乱流が存在する可能性が示唆された。また、なんてん望遠鏡による ^{12}CO ($J=1-0$) 輝線データを用いて、CNM と分子雲との対応関係を調査した結果、約半数の視線方向において、CNM と CO の中心速度差が 0.5 km s^{-1} 以上あることが確認された。この速度差は、今回分離された CNM 構造の内部にスケールが約 0.1 pc 未満の未分解の微小 CNM 構造が存在し、分子雲がこうした構造内で形成される可能性を示唆する。微小構造の存在は、衝撃波によって圧縮された HI 雲による分子雲形成のシミュレーション (例: Koyama & Inutsuka 2002) の結果と整合的である。このモデルでは、熱的不安定性による WNM から CNM への相転移の過程で、多数の小さな CNM および分子雲が形成されると予想されている。このような微小な CNM や分子雲は異なる視線速度を持つが、視線方向で重なりと個別の成分として区別されず、線幅の拡大として観測されると考えられる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q28a Mopra 南天銀河面 CO サーベイデータ を使用した銀河系円盤部における広速度幅分子ガス成分の探査

前田龍也、岡朋治、横塚弘樹、宇田川賢 (慶應義塾大学)

銀河系の中心領域では、高速度コンパクト雲 (high-velocity compact cloud; HVCC) と呼ばれる、異常に広い速度幅とコンパクトな空間サイズで特徴づけられる分子雲が約 200 個発見されている。HVCC の多くは明確な対応天体を持たず、そのエネルギー供給源は未解明である。我々のグループでは、このような特異分子雲の普遍性を確認するため、FUGIN サーベイの CO データを使用して銀河系円盤部における広速度幅分子雲 (broad-velocity-width feature; BVF) の探査を行った。その結果、エネルギー供給源が特定できない一つの BVF CO 16.134-0.553 を発見した。詳細な調査により、これは直径約 15 pc の膨張球殻構造の一部である事、銀河面の HI 分布においてこの位置に直径約 70 pc の「空洞」があること、そして銀河面下には長さ約 280 pc の HI フィラメントがあることが判明した。これらの事実から、銀河系ハロー部から落下してきた「バリオン物質を伴う暗黒物質サブハロー」が銀河系円盤部を貫通したことにより一連の構造を形成したというシナリオが提唱された (Yokozuka et al. 2024)。

今回我々は、先行研究とは異なる範囲において銀河系円盤部の BVF を探査するため、Mopra 望遠鏡による銀河面 CO サーベイデータを精査した。探査条件として、 $\Delta V \geq 5 \text{ km s}^{-1}$ および $d \leq 10 \text{ pc}$ を設定した。その結果、84 個の BVF を発見し、うち 65 個は赤外線対応天体を持つことが確認された。残る 19 個のうち 18 個は、明瞭な赤外線対応天体を持たないものの、既知の双極分子流の物理量範囲にあり、原始星起源と推定される。残る一つ、CO 337.750+0.223 は、他波長対応天体を持たず、際立って広い速度幅 ($\Delta V \simeq 45 \text{ km s}^{-1}$) とコンパクト ($d \simeq 1.2 \text{ pc}$) な空間サイズを有する。これは、CO 16.134-0.553 と同様の起源をもつ BVF である可能性が強く疑われる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q29a GeV ガンマ線・21cm 輝線・ダスト放射による近傍分子雲領域の宇宙線・星間ガスの研究 (2)

水野恒史、林克洋、越智日向子、I. V. Moskalenko, E. Orlando, A. W. Strong

宇宙 GeV ガンマ線は星間空間における宇宙線スペクトルを探る強力な手段だが、星間ガスの不定性が大きな課題であった。特に、「光学的に薄い原子ガス」を同定することが、星間ガスと宇宙線双方の定量において鍵を握る。我々は中性水素 21cm 線の輝線幅を用いた解析を初めて、MBM53-55 分子雲・Pegasus loop 領域のガンマ線データ解析に適用し、ガスを形態毎に分けると共に宇宙線スペクトルを精度よく導出することに成功した。具体的には、HI4PI サーベイのデータ、Planck 衛星のダスト放射モデル、そして Fermi-LAT のガンマ線データの相関を調べることで、光学的に薄い原子ガス・光学的に厚い原子ガス・CO 輝線の強い分子ガス・CO 輝線の弱い分子ガスに分解して各形態毎のガス密度を求め、光学的に薄い原子ガスのガンマ線放射から宇宙線スペクトルを導出した (Mizuno et al. 2022, ApJ 935, 97)。同様の手法を、さらに 4 つの近傍分子雲領域に適用し、宇宙線と星間ガスについて以下の知見を得た (Mizuno et al. 2025, PASJ accepted)。(1a) 従来指摘されていた、近傍星間空間の宇宙線強度と直接観測による宇宙線強度の間の 30% 程度のずれが解決される。(1b) 宇宙線強度は銀河中心から離れるにつれ緩やかに (500 pc で 10% 程度) 減少する。(2a) 電波輝線でトレースしきれない、いわゆる「dark gas」の主成分は CO 輝線の弱い分子ガス (CO-dark H₂) である。(2b) 小質量の分子雲領域ほど CO-dark H₂ の寄与が大きく、1000 太陽質量程度では CO-bright H₂ の 5-10 倍に達する。これらの結果の一部は前回の年会で報告をした。本講演で引き続き、得られた結果について報告と議論を行う。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q30a 超新星残骸 G1.9+0.3 における乱流磁場と分子雲相互作用

田尾萌梨、片岡淳 (早大理工)、田中孝明 (甲南大理工)、佐野栄俊 (岐阜大学)

銀河系内で最も若い超新星残骸 G1.9+0.3 は電波帯では北部が明るい構造 (電波リム) をしているが、X 線帯では SN1006 のような東西方向に双極的な構造 (X 線リム) をしている。この異なる構造の起源はいまだにわかっていない。またその衝撃波速度は電波リムと X 線リムで 2 倍以上異なるという非対称性も大きな特徴である。さらに Enokiya et al. (2023) は、G1.9+0.3 の北部、北東部、南西部付近に付随していると考えられる分子雲を発見した。そこで本研究では電波と X 線の異なる分布の起源を探るべく、分子雲の有無を考慮し、G1.9+0.3 を 6 つの領域にわけ Chandra 衛星のデータを使用しスペクトル解析を実施した。その結果、カットオフエネルギーは全領域で 1 keV 程度ということがわかった。放射スペクトルのカットオフエネルギーは衝撃波速度の二乗に比例し、ボーム因子 η に反比例することが知られている。超新星残骸の衝撃波における粒子加速において η の値が小さい (拡散係数が小さい) ということは磁場乱流が十分に大きく、加速効率が低いことを意味する。逆に η の値が大きい (拡散係数が大きい) ということは粒子を散乱させるのに十分な乱流磁場が存在しないことを意味する。衝撃波速度と今回得られたカットオフエネルギーからボーム因子 η を求めると、電波リムの方が X 線リムよりも 4 倍程度小さくなることがわかった。この結果は北部と北東部では磁場乱流が十分に大きく、南西部と南東部は比較的磁場乱流が小さいことを示唆する。ここから、北部と北東部での磁場乱流は分子雲との相互作用によるもので、南西部では相互作用は起こっていないというシナリオが考えられる。本講演では超新星残骸 G1.9+0.3 について分子雲との相互作用や衝撃波速度の違い、電波と X 線の異なる分布などについて議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q31a 軟 X 線偏光撮像観測衛星 IXPE の観測データ及びシミュレーションを用いた「かに星雲・パルサー」の West Bay の磁場評価

呉屋和保, 水野恒史 (広島大) 柴田晋平, 郡司修一, 渡邊瑛里 (山形大), 大野寛 (東北文教大), J. Wong (Stanford Univ.), N. Bucciantini (INAF), 他 IXPE 衛星チーム

「かに星雲・パルサー」は X 線偏光観測により粒子の加速領域付近の磁場情報を得ることができ、加速機構の解明を助けることが期待されている。IXPE (Imaging X-ray Polarimetry Explorer) は 2021 年 12 月に打ち上げられた、軟 X 線で偏光撮像同時観測を行う初めての衛星であり、打ち上げ後の 2022 年から毎年「かに星雲・パルサー」を観測している。「かに星雲・パルサー (PSR/PWN)」の第 2 回共同論文 (Wong et al 2024 ApJ 973 172) では、IXPE の長時間観測データを用いて、PSR と PWN の詳細な解析を初めて行った。PWN の解析で、偏光スペクトル同時解析の結果、西側は偏光度が低く、また他の領域と異なりスペクトルがハードであることがわかった。

この結果にもとづき、私たちは PWN 西側の「West Bay」(F. D. Seward et al 2006 ApJ 6521277) と呼ばれる構造における磁場の構造を詳しく調べている。トラスから west bay にかけて複数の領域に分けた偏光スペクトル同時解析により、偏光度が west bay 手前で減少し、west bay 付近で磁場方向が急激に変化して bay に沿った向きになることを確認した。更にこの結果をもとに、トラスによる幾何学的な偏光に west bay の構造を加えた偏光情報のモデルを作成し、IXPE 観測シミュレーションソフトウェア「ixpeobssim」を用いて IXPE の観測シミュレーションを行い、実際の観測データの解析結果を再現するような west bay の磁場構造を検証している。本講演では、おもにシミュレーションの詳細や得られた結果について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q32a X 線分光撮像衛星 XRISM 搭載軟 X 線分光装置 Resolve によるケプラー超新星残骸の親星調査

金丸善朗 (ISAS/JAXA), 勝田哲, 秋田桜佑 (埼玉大), 森浩二, 岳本廉央 (宮崎大), 大城勇憲 (理研), Shing-Chi Leung (ニューヨーク州立工科大), 佐藤寿紀 (明治大), 馬場彩, 市販いろは (東京大), Liyi Gu (SRON), 山田真也, 小湊菜央 (立教大), 内田裕之, 穴澤萌衣 (京大), Jacco Vink (アムステルダム大), 鈴木寛大 (宮崎大), 田中孝明 (甲南大), 田村啓輔 (メリーランド大), 常深博 (大阪大), 寺田幸功 (埼玉大), 廿日出勇 (宮崎大), F. Scott Porter (NASA/GSFC), Paul P. Plucinsky (CfA), 山内茂雄 (奈良女子大), Brian Williams (NASA/GSFC)

ケプラー超新星残骸は西暦 1604 年に観測された Ia 型超新星の残骸であり、高密度かつ窒素に富む星周物質を伴うことから、伴星からの質量降着で白色矮星が爆発する single degenerate (SD) 説の有力候補と考えられている。しかし、SD 説内でも爆発メカニズムや中心密度 ρ_c 、金属量 Z といった親星の初期条件は不確定のままだった。そこで我々は XRISM 衛星に搭載した軟 X 線分光装置 Resolve を用いて、性能検証期間中にケプラー超新星残骸を観測した。Resolve はこれまでの主力検出器である X 線 CCD より 1 桁高い分光能力と低バックグラウンド性能から Mn, Cr といった微弱な輝線を検出し、爆発メカニズムと親星に敏感な鉄族元素の元素組成比を精密に測定することが可能である。得られたスペクトルは 2 温度 NEI プラズマ成分と非熱的成分で再現でき、各元素の鉄に対する質量比は $\text{Cr}/\text{Fe} \lesssim 1$, $\text{Mn}/\text{Fe} > 1$, $\text{Ni}/\text{Fe} \sim 1$ と測定できた。これを複数の爆発モデルと比較した結果、中心密度 $\rho_c = 3 - 5 \times 10^9 \text{ g cm}^{-3}$ 、金属量 $Z = 1-3Z_\odot$ という近チャンドラセカール質量を持つ白色矮星の遅延爆轟モデルによって観測値が再現可能なことが分かった。本講演はこれら観測結果について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q33a XRISM/Resolve を用いた Kepler's SNR の膨張構造測定

市販いろは, 市橋正裕, 藤本源, 萩野浩一, 馬場彩 (東京大学), 秋田桜佑, 勝田哲 (埼玉大学), 金丸善朗 (ISAS/JAXA), ほか XRISM Kepler's SNR team

Ia 型超新星爆発は宇宙における鉄族元素の主要な供給源であり、その爆発機構の理解は宇宙化学進化の鍵となる。爆発は白色矮星の質量増加により引き起こされるが、その増加メカニズムは主に 2 つに分類される。1 つ目は伴星から白色矮星に質量降着が起きチャンドラセカール質量を超えて爆発する Single Degenerate (SD) モデル、2 つ目は白色矮星連星同士が合体して爆発する Double Degenerate (DD) モデルである。爆発機構の違いは残された超新星残骸の運動構造に影響を与えるため、速度分布の測定を行うことで爆発機構の識別に繋がる。

Kepler's SNR は、銀河系内で最後に観測された Ia 型超新星残骸であり、SD モデルによる爆発の候補とされている (Katsuda et al. 2015)。Kasuga et al. (2018, 2021) では、それぞれ *Chandra* 衛星および *XMM-Newton* 衛星による X 線観測データを用いて、Kepler's SNR の一部領域で鉄輝線のドップラー偏移および輝線幅を測定し、顕著な赤方偏移や青方偏移を見せる ejecta を発見した。

本研究では、XRISM 衛星の観測データを用いて、Kepler's SNR 全体のドップラー偏移および輝線幅のマッピングを初めて作成した。その結果、近接する一部のピクセル間でも赤方偏移および青方偏移の差が見られ、中心部付近のピクセルにおいて明瞭な差が確認された。また、中間領域の一部ピクセルでは、*Chandra* では確認されなかった 2 成分の存在を示唆する鉄輝線のプロファイルが観測された。これらの特徴は、同程度の年齢である Ia 型超新星残骸 Tycho's SNR (Hayato et al. 2010) が球対称的膨張を示すのとは対照的に、Kepler's SNR の非対称な膨張を示唆している。本講演では、これら解析結果の詳細と Kepler's SNR の爆発機構について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q34a XRISM 衛星を用いた Kepler's SNR の膨張速度の測定とそれに基づく距離推定

秋田桜佑、勝田哲 (埼玉大学)、寺田幸功 (埼玉大学、ISAS/JAXA)、馬場彩、市堰いろは (東京大学)、金丸善朗 (ISAS/JAXA)、森浩二 (宮崎大学)、山田真也 (立教大学)、ほか XRISM Kepler's SNR team

Ia 型超新星爆発は、白色矮星の核暴走によって引き起こされる現象であり、標準光源として距離測定に使用されることから宇宙論的に非常に重要な天文現象である。しかし、親星の正体や爆発時の質量、燃焼波の伝わり方など爆発メカニズムの詳細にはいまだ不明な点が多く残されており、爆発メカニズムの違いが爆発時の絶対光度に影響を与えていると考えられている。そのため、詳細観測が可能な銀河系内の Ia 型超新星残骸において、個々の超新星の絶対光度を推定することは個々の爆発メカニズムを解明する手段の一つになる。絶対光度の推定にあたって、前提となる超新星残骸までの距離を正確に知ることは非常に重要である。

本研究では、Ia 型超新星として知られる Kepler の超新星残骸の北部領域における、1.8-6.0 keV のスペクトルの輝線幅に着目し、膨張速度の測定、ならびに Kepler's SNR の固有運動を基に天体までの距離の推定を行った。観測には従来の X 線 CCD カメラよりも 20 倍優れたエネルギー分解能を有する X 線マイクロカロリメーターを搭載した XRISM/Resolve を用いた。輝線幅の評価にあたっては、膨張によるバルクな運動と熱ドップラーの効果の両方を考慮に入れた。爆発噴出物が球対称に広がっていると仮定し、解析に用いたスペクトル解析の領域が残骸の最外縁に位置することを考慮に入れた結果、膨張速度は 3080^{+720}_{-990} km/s となった。また、得られた膨張速度の結果と Chandra 衛星による北部領域における固有運動 (Vink 2008 ApJ 689 231) と組み合わせて距離を推定したところ、残骸までの距離として $5.6^{+1.4}_{-1.9}$ kpc を得た。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q35a XRISM 衛星による超新星残骸 N49 のプラズマ診断

天野 雄輝 (ISAS/JAXA)、成田 拓仁 (京都大学)、鈴木 寛大 (宮崎大学)、大城 勇憲 (理研)、福島 光太郎、園田 悠人、山口弘悦 (ISAS/JAXA)

近年の観測により、従来の超新星残骸 (SNR) の進化の描像に反する再結合が優勢な過電離プラズマが 10 個以上の SNR から見つかった (e.g., Yamaguchi 2020)。過電離プラズマの起源は、分子雲からの急冷却 (e.g., Okon et al. 2020) や SNR の断熱膨張に伴う急冷却 (e.g., Yamaguchi et al. 2018)、さらには近傍の大質量ブラックホールによる電離 (XRISM Collaboration 2025) など様々なメカニズムが提案されている。過電離プラズマの形成過程は SNR の進化のみならず、親星の爆発前の活動や周辺天体の活動を理解する手がかりとなると期待できる。

N49 は大マゼラン雲に位置する、年齢約 5000 年の重力崩壊型超新星残骸である (e.g., Park et al. 2012)。分子雲との衝突や (e.g., Yamane et al. 2018)、1979 年に巨大フレアを起こした軟ガンマ線リピーターとの関連が指摘されている (e.g., Mazets et al. 1979)。Suzaku 衛星による観測で、N49 が過電離状態にあり、過電離への遷移時に約 11 keV の電離平衡プラズマに相当する高い電離状態だったことが示唆された (Uchida et al. 2015)。我々は N49 の過電離プラズマの起源を解明するため、XRISM 衛星による約 230 キロ秒に及ぶ観測をおこなった。得られたスペクトルは、超新星残骸としては狭い輝線幅 (速度分散で ~ 300 km/s) を示し、He 様鉄の K 殻輝線の構造が分解できた。He 様輝線は強い禁制線を持つ一方で共鳴線は弱く、N49 が過電離状態にあることの強い証拠が得られた。また、N49 は XMM-Newton 衛星の回折格子スペクトルも得られており (Amano et al. 2020)、鉄の L 殻輝線も合わせたプラズマ診断が可能である。これにより、過電離遷移時のプラズマの温度など、これまで制約の難しかった物理量を制限できる。本講演では、プラズマ診断の結果や、その物理的な解釈について議論したい。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q36a XRISM 衛星を用いた超新星残骸 RCW86 における電子加熱効率の調査

岡田佳純 (青学大、ISAS/JAXA)、鈴木寛大 (宮崎大)、大城勇憲 (理研)、天野雄輝、山口弘悦 (ISAS/JAXA)、松田真宗 (京大)、寺田幸功、勝田哲 (埼玉大)、馬場彩 (東大)、佐野栄俊 (岐阜大)、Jacco Vink, Emanuele Greco, Manan Agarwal (University of Amsterdam)

超新星残骸のような希薄な環境では粒子種間の直接衝突がほとんど起こらないため、衝撃波加熱直後の電子・イオン温度比 $\beta \equiv (kT_e/kT_{ion})|_{t=0}$ は質量比程度になると予測される。しかし、実際にはより高い温度比が観測されており (e.g., Ghavamian et al., 2006; Yamaguchi et al., 2014)、衝撃波面近傍で電子の急激な加熱過程の存在が示唆される。この電子が急加熱される過程の理解には、初期温度比 β の定量的な評価が重要である。

RCW86 は、南西領域にて逆行衝撃波を受けた低電離鉄イオンからの内殻電離輝線 K α および K β が検出されている (Ueno et al. 2007)。これらの輝線が同時に観測されている事実は衝撃波通過直後の低電離プラズマに高温電子が存在することを示唆しており、初期温度比が高いことが指摘されている。本研究では、初期温度比 β を定量的に評価するため、RCW86 の南西領域に対して XRISM による鉄輝線の精密分光観測を行った。その結果、Fe K β /K α 比は $0.092^{+0.032}_{-0.016}$ 、Fe K α と K β の中心エネルギーはそれぞれ $6.393^{+0.002}_{-0.002}$ keV、 $7.094^{+0.012}_{-0.021}$ keV であった。これらの中心エネルギーは、数階電離した低電離な鉄のプラズマが ~ 300 km s $^{-1}$ で遠ざかっているとすれば説明できる。また、測定された輝線の幅は 125^{+5}_{-4} eV であり、鉄のイオン温度にして $\sim$ MeV に相当する。本発表では、観測された輝線の強度比、中心エネルギー、幅をもとに、それらを説明する電離度、衝撃波速度、および初期温度比 β を制約し、RCW86 における電子加熱効率と加熱機構について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q37a X線分光撮像衛星 XRISM 搭載 Xtend を用いた 2024 年 8 月磁気嵐時における太陽風電荷交換 X 線イベントの解析

菅野大二郎 (都立大), 伊師大貴 (ISAS/JAXA), 江副祐一郎, 石川久美, 沼澤正樹 (都立大), XRISM/SWCX Target Team

太陽風電荷交換反応 (SWCX: Solar Wind Charge eXchange) は、太陽風に含まれる高電離重イオンが地球磁気圏に侵入し、地球周辺に薄く広がる中性大気と電荷を交換する過程で、一時的に励起状態となったイオンが基底状態へ遷移する際に X 線を放出する現象である (Snowden et al. 2004, ApJ, 610 1182)。本放射は X 線観測における前景成分として重要であり (Ezoe et al. 2011, PASJ, 63, S691; Ishikawa et al. 2013, PASJ, 65, 63; Asakura et al. 2021, PASJ, 73, 504; Ishi et al. 2023, PASJ, 75, 128 など)、磁気圏構造の可視化にも有用である (江副 2018, 天文月報 など)。しかし、視野や軌道などの制約から、放射強度や空間分布は明確でない。また、1–2 keV における放射スペクトルの情報は感度の制約から報告が少ない。

X 線撮像分光衛星 XRISM 搭載の Xtend は、すざく衛星の約 4 倍の視野 (38×38 分角) と低バックグラウンドのため、広がった放射に対して世界最高の感度を持つ (Mori et al. 2022, SPIE, 12181, 121811)。本研究では、2024 年 8 月の磁気嵐 (Dst 指数約 -200 nT) に伴う発光イベントを解析した。観測後半に軟 X 線 (0.3–3 keV) の有意な増光が見られ、ACE 衛星による太陽風密度・速度データの時間平均と良い相関を示した。また、増光期間におけるスペクトルを複数ガウシアンモデルでフィットした結果、O VII や N VI などからの輝線が強い強度で検出されたのに加えて、1–2 keV において Mg XII や Si XIII などからの輝線が $> 8\sigma$ で検出された。本講演では電荷交換反応によるスペクトルモデルである Kronos などとの比較検証について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q38a XRISM を用いた Tycho の超新星残骸北西部におけるイオン温度分布解析

市橋正裕, 馬場彩, 萩野浩一 (東京大学), 他 XRISM Tycho チーム

宇宙空間を漂うプラズマは、無衝突衝撃波の通過によって粒子の質量に応じた温度へと加熱される。このため、衝撃波の通過直後のプラズマは粒子ごとに温度の異なる非平衡状態であり、その後は平衡状態に向けて質量の大きなイオンから質量の小さい電子への熱緩和が生じる。この熱緩和過程を明らかにしそのエネルギー収支を見積もることで、粒子加速の種粒子へのエネルギー供給量やその注入効率を制限することができる。

熱緩和過程の解明にはプラズマ中のイオン温度を調べることが重要だが、従来の観測衛星ではエネルギー分解能が不足しており、イオン温度の解析はほとんど行われてこなかった。イオン温度に関する数少ない先行研究である Miceli et al. 2019 では、Chandra の HETG を用いることで衝撃波通過後のイオン温度が質量に比例した分布であることを突き止めた。しかし、加熱後の熱緩和過程を評価することはできなかった。

2023 年 9 月に打ち上げられた X 線観測衛星 XRISM/Resolve はエネルギー分解能が ≤ 7 eV と優れた観測衛星で、X 線帯域の輝線のより詳細な構造が解析できるようになった。また、Resolve では視野を 0.5 分角のピクセル単位で分割することができ、高いエネルギー分解能を維持しながら輝線幅の空間変化を調べることが可能になった。本研究では、Resolve で観測された超新星残骸 Tycho の北西部の輝線幅を元にイオン温度を推定した。その結果、Si は 720–1200 keV・S は 1600–2400 keV・Ar は 2000–2800 keV と推定された。これらの値は、Uchida et al. 2024 で測定された衝撃波速度 $3600 - 3740 \text{ km s}^{-1}$ で理想気体を加熱した場合の温度に近い値である。本講演では、得られたイオン温度およびその分布をもとに、無衝突衝撃波通過後の熱緩和過程について議論を行う。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q39a XRISM 衛星の詳細分光観測による銀河系中心拡散 X 線の起源の調査

吉本愛使, 山内茂雄 (奈良女子大学), 信川正順 (奈良教育大学), 内山秀樹 (静岡大学), 信川久美子, 青木悠馬 (近畿大学), 他 XRISM 銀河中心チーム

銀河系中心には Galactic Center X-ray Emission (GCXE) と呼ばれる高温プラズマが広がっている (Koyama et al. 1989, Nature, 339, 6226, 603) が、その起源は未解明である。GCXE のスペクトルに Fe K α (6.4 keV)、Fe-He α (6.7 keV)、Fe-Ly α (6.97 keV) の強い鉄輝線が存在することが特徴である (Koyama et al. 1996, PASJ, 48, 249)。GCXE を担う点源として強磁場激変星、弱磁場激変星、活動連星の 3 種類の X 線活動星が挙げられる。GCXE のうち約 40% がこれら点源に分解されている (Revnivtsev et al. 2006, A&A, 452, 1, 169) が、残りの未分解成分は真に広がったプラズマからの放射である可能性が示唆されている。GCXE の起源を明らかにするためには、X 線活動星と広がったプラズマのスペクトルを定量的かつ詳細に調査することが必要がある。

X 線分光撮像衛星 XRISM は、初期性能確認期間に Sgr A* から東西に $9'$ 離れた 2 つの領域をそれぞれ約 100 ksec 観測した。Resolve 検出器で得られた 2 領域の X 線スペクトルに対して、すざく衛星で得られた 3 種類の X 線活動星モデル (e.g., Nobukawa et al. 2016, ApJ, 833, 2, 268) を適用したところ、Fe-He α と Fe-Ly α に残差が見られた。特に、X 線活動星成分のみでは Fe-He α の Intercombination line と Forbidden line の強度を説明できないことがわかった。本講演では、X 線活動星モデルを用いた GCXE のスペクトル解析結果を報告し、未分解成分について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q40a XRISM 衛星による天の川銀河中心領域の中性鉄輝線に付随する Compton shoulder の探査

岡田健太郎, 信川久実子, 青木悠馬 (近畿大学), 信川正順 (奈良教育大学), 山内茂雄 (奈良女子大学), 内山秀樹 (静岡大学), 小高裕和 (大阪大学), 他 XRISM 銀河中心チーム

天の川銀河の中心領域 (銀河中心) のスペクトルの特徴は、中性の鉄原子からの特性 X 線 (中性鉄輝線) である (Koyama et al. 1996, PASJ, 48, 249)。中性鉄輝線は分子雲と空間的に相関し、年スケールで時間変動することから、その主要な起源は超巨大ブラックホール Sgr A* の過去のフレアによる光電離と考えられている。中性鉄輝線が分子雲中でコンプトン散乱されると、散乱角に応じて中心エネルギーが減少し、散乱成分が中性鉄輝線に付随する肩のような構造 (Compton shoulder) を作ると考えられる (Sunyaev et al. 1996, AstL, 22, 648S)。Compton shoulder の形状と強度は、分子雲の密度、幾何学的構造、照射 X 線の時間経過を反映する。しかし従来の X 線 CCD による観測では、銀河中心の分子雲から Compton shoulder を検出することはできなかった。そこで我々は、銀河中心の分子雲において Sgr A* から東に 9' 離れた 2 領域と、Sgr B、Sgr C を加えた 4 領域を XRISM 衛星搭載の X 線マイクロカロリメータ Resolve を用いて超精密分光した。その結果、ある領域では Compton shoulder の兆候が見つかり、その強度を測定した。一方で別の領域では、Compton shoulder の強度の上限だけが制限できた。中性鉄輝線と Compton shoulder の強度比は領域間で異なる値であった。以上の結果から分子雲の密度や幾何学的構造を考察する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q41a XRISM 精密 X 線分光をもちいた超新星残骸 W49B における超熱的電子の探査

澤田真理 (立教大), Greg Brown (LLNL), Liyi Gu (SRON), XRISM W49B target team

超新星残骸の衝撃波面は粒子加速の現場と考えられ、これまでシンクロtron X 線や GeV–TeV γ 線をプローブとしてその観測証拠が次々示されてきた。理論的にはフェルミ加速によって説明されるが、熱的電子はジャイロ半径が小さいため衝撃波を横切れず、直接フェルミ加速に乗ることは難しい。フェルミ加速に注入される超熱的なエネルギーを持った電子がまず作られるはずだ。このような超熱的電子の熱的電子に対する存在比率などを観測的に制限できれば、その起源に迫ることができるかもしれない。しかしこれまで、超新星残骸での確実な観測例はほとんどなかった。

近年、NuSTAR 衛星は超新星残骸 W49B の硬 X 線スペクトルを測定し、 $\approx 10\text{--}20\text{ keV}$ 帯域に非熱的制動放射を発見した。光子エネルギーと同程度の超熱的エネルギーを持った電子の存在が示唆されるが、この放射の空間的な分布を明らかにするには至らず、超熱的電子が星間空間を進む順行衝撃波に付随するのか、あるいはイジェクタを加熱する逆行衝撃波に付随するのかも不明なままだった。

超熱的電子は周囲の物質に衝突してその原子を励起し、特定の輝線放射を強める可能性がある。W49B の X 線放射の大部分はイジェクタ起源である。超熱的電子が逆行衝撃波に付随する場合、高階電離イオン由来の明るい鉄輝線のうち、共鳴線がより明るくなる。それに対し二電子再結合による衛星線は高エネルギーの電子に感度を持たないので、これらの比較により超熱的電子の存在を検証できる。一方、超熱的電子が順行衝撃波に付随する場合、高密度分子雲との衝突による中性鉄輝線を放射すると期待される。そこでわれわれは XRISM 衛星による W49B の精密 X 線スペクトルをもちいて、超熱的電子に特有の輝線放射を探査した。その結果を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q42a マイクロクエーサー SS 433/W50 における X 線ノットの固有運動測定

辻直美 (東大宇宙線研), 井上芳幸, 藤原立貴 (大阪大学), Dmitry Khangulyan (IHEP)

本講演では、マイクロクエーサー SS 433 のジェットに駆動された、W50 の東西ローブ内に位置する X 線ノットについて、新たに取得されたチャンドラ X 線衛星の観測結果を報告する。これらのノットは、HAWC や H.E.S.S. によって検出された超高エネルギー ($E > 100\text{ GeV}$) ガンマ線放射の対応天体であると考えられている。さらに LHAASO により最近報告された 100 TeV 以上のガンマ線検出により、SS 433/W50 は、PeV 宇宙線の加速器候補天体として注目を集めている。X 線ノットはこれらのガンマ線放射を担う粒子の加速現場であると考えられている一方で、粒子加速のメカニズムは良く分かっていない。2023–2024 年に撮られた新しいチャンドラ衛星のデータおよびアーカイブデータを組み合わせることで、約 20 年に渡る X 線ノット構造の固有運動測定を行った。その結果、これらのノットは約 20 年間でほとんど動いていないことが明らかになった。天体までの距離を 5.5 kpc と仮定し、最も内側のノットにおける速度の上限は $0.02\text{--}0.03c$ であった。SS 433 本体から放出されるジェット速度は約 $0.26c$ であることが知られており、 $20\text{--}30\text{ pc}$ 離れたノットは有意に低い固有運動速度を持つことが分かった。最も内側のノットで衝撃波統計加速のような粒子加速が起きている場合、先行研究で得られたジェットのフロー速度と今回の結果を併せることで、衝撃波静止系における上流速度は数千 km/s 以上であるという制限を得た。これは、若い超新星残骸で見られるような効率的な粒子加速が起こっていることを示唆する。本講演では詳細な X 線データ解析と結果の解釈について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q43a PeVatron 候補天体 SS 433 Lepto-Hadronic 放射モデルの構築

藤原立貴, 井上芳幸 (大阪大学), 辻直美 (東大宇宙線研)

SS 433 は電波天体 W50 の中心に位置するマイクロエーサーであり、東西方向に数十 pc スケールのローブを有する。このローブには X 線ノットや衝撃波構造が確認されており (e.g., Safi-Harb et al., 2022)、さらに HAWC や H.E.S.S. によって、X 線ノット領域から超高エネルギーガンマ線が観測されている (Abeysekara et al., 2018; Alfaro et al., 2024; H.E.S.S. Collaboration, 2024)。これらの観測は、非熱的な相対論的電子の存在を示唆している。一方、LHAASO の観測により、ローブよりも内側の領域から 100 TeV を超えるガンマ線放射が検出され、PeV に到達する宇宙線陽子の存在も示唆されている (LHAASO Collaboration, 2024)。本研究では、Sudoh et al. (2020) の Leptonic 放射モデルに、最新の X 線・ガンマ線スペクトル観測、さらには Chandra による X 線ノットの固有運動の観測結果 (辻、W50/SS 433 研究会 2025) を反映させた SS 433 の Lepto-Hadronic 放射モデルを構築した。その結果、SS 433 は Bohm 極限に迫る効率的な粒子加速現場であることがわかった。本発表では、Sudoh et al. (2020) モデルからの更新内容と multi-zone モデルへの発展について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q44a 銀河系中心部の分子ループ 2 の S, T 領域の速度場解析

榎谷玲依, 町田真美 (NAOJ), 柿内健佑 (九産大), 福井康雄 (名大), 鈴木建 (東大), 松元亮治 (千葉大)

銀河系中心から約 300-700 pc の位置で銀河面から浮上する巨大な分子ループ 1, 2 は、その特徴的な空間・位置速度構造から、銀河系中心部の強い磁場によって誘発される Parker 不安定性が引き起こす磁気浮上によって形成された天体であると考えられている (e.g., Fukui et al. 2006)。分子ループの質量は、 $10^5 M_{\odot}$ と莫大で無視できないため、銀河系中心部のガス・磁場・星の進化を研究する上で重要な天体である。このことは、2000 年代初頭から認知されており、磁気流体シミュレーションを用いた研究により、磁場がガスを加速するメカニズムが明らかにされつつある (e.g., Suzuki et al. 2015)。本研究では、分子ループ 2 の頂上付近に存在し、特に $^{12}\text{CO}(J=3-2-1)$ 比が高い S, T 領域の速度場の解析を行ったので報告する。使用データは 2023 年に MeerKAT 望遠鏡を用いて観測した角度分解能 20 秒角の HI のデータと、先行研究にて ASTE 望遠鏡を用いて得られた角度分解能 22 秒角の $^{12}\text{CO}(J=3-2)$ のデータである。まず、 $^{12}\text{CO}(J=3-2)$ の分布を調べたところ、S, T 領域は分子ループ 2 に打ち込まれた楔状の分布をしており、各領域のガスはどちらも長さ ~ 20 pc の二つのフィラメント構造から成ることがわかった。これらのフィラメントは全てヘリカル状のガス分布を示しており、フィラメントに沿ってフィラメント垂直方向にスライスした位置速度図を作成したところ、フィラメントのヘリカル構造に合致した回転運動が見られたため、らせん運動をしていると考えられる。また、HI と CO の分布との比較から、ヘリカルフィラメントを取り囲むように周辺には、サイズ数 pc の HI 高密度クランプが存在することがわかった。以上より、S, T 領域は衝撃波圧縮により形成された高励起領域であり分子ループを通した磁気エネルギーの解放に関連した天体であるというモデルを提唱する。本講演では、太陽表面のコロナ質量放出とも関連づけて形成シナリオについて議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q45a Cosmic Ray Hydrodynamics による宇宙線伝播の理論研究

霜田治朗 (宇宙線研究所)

地球に降り注ぐ高エネルギー粒子である宇宙線は、その起源について 1912 年の発見以来 110 年間論争が続いている。主な争点は、源となる天体での粒子加速機構について、源から地球に届くまでの星間空間内での伝播についてである。前者は様々な効果を考慮した理論研究が詳細に行われており、超新星残骸などの候補天体での観測と併せて進行中である。伝播に関しての基本的な手がかりは地球で観測される宇宙線エネルギースペクトルと組成比であり、近年では宇宙ステーションに検出器を搭載して行われる AMS-02・CALET 実験や、史上初めて太陽系外に進出した Voyager I により良質な実験データが得られている。しかし一方で、伝播に関する理論研究は『宇宙線をテスト粒子として扱った』素朴なモデルに限られており、様々なシナリオが乱立するも、それらを区別することが出来ていない。近年では、特に銀河形成・進化についての研究分野においては、宇宙線が星形成を抑制するほど星間ガスに影響を与え得るという考えが世界標準となっており、テスト粒子近似の妥当性が疑われる。宇宙線と流体を同時に扱う理論は「Cosmic Ray Hydrodynamics (CR-hydro)」と呼ばれ、現在も盛んに研究されている。本研究では、宇宙線を流体近似で扱う標準的な CR-hydro を拡張し、宇宙線のエネルギースペクトル、ガスの輻射冷却、熱伝導を考慮した長時間・高解像度の 1 次元シミュレーションを行い、宇宙線が源で加速されてから星間空間に逃走するまでの 10 Myr の進化を追跡した。その結果、簡略化したセットアップではあるものの、AMS-02, CALET, Voyager I など得られた宇宙線エネルギースペクトルが太陽系近傍の Local bubble で説明され得る示唆を得た。本講演では、CR-hydro の基本的なレビューと共に結果について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q46a エネルギー損失の効果を考慮した因果律を保つ高エネルギー宇宙線の伝搬の定式化とその応用

川中 宣太 (東京都立大学), 高橋 労太 (国立高専機構苫小牧高専)

宇宙線粒子は星間空間ないしは銀河間空間中の乱れた磁場による散乱を受けながら伝搬し、その分布関数の時間発展はしばしば拡散方程式によって記述される。しかし、一般に拡散近似は情報の伝搬速度が光速を超えるという点で、因果律を満たす定式化ではない。この事実は特に宇宙線粒子のエネルギーが高く平均自由行程が長い場合に問題となり、近年の高エネルギーガンマ線観測の進展により注目を集めている PeV 宇宙線の起源 (PeVatron) 探索においては、矛盾なく宇宙線の伝搬を記述できる理論が求められている。

2024 年秋季年会では我々が構築した、因果律を保つ高エネルギー宇宙線の伝搬を記述する解析的な分布関数の表式を紹介し、従来の拡散近似を用いたときとどのような違いが現れるかを示した。本講演ではこの理論をさらに改良し、宇宙線が伝搬中に放射や物質との衝突によりエネルギーを失いながら伝搬する様子も記述できる分布関数を導出したので、その結果を紹介する。さらに、その応用例として高エネルギー宇宙線電子の伝搬とその観測的徴候についても紹介する予定である。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q47a 温度分布に基づく分子雲への星形成フィードバックの影響

笠井梨名, 竹葉理史, 天野諒, 池田智喜, 今井裕 (鹿児島大学), 半田利弘 (工学院大学), 柴田洋佑 (鹿児島大学/名古屋大学), 村瀬建 (岐阜大学), 松坂怜 (東京大学)

星間物質は、星形成活動に伴うフィードバックによって加熱されると考えられている。特に、大質量星からの紫外線放射や HII 領域の形成といった星形成活動は、周囲の星間物質に影響を与え、温度上昇などの物理量の変化を引き起こすと予想される。このような星形成フィードバックの影響は次世代の星形成にも関わり、星形成過程の包括的理解には定量的な評価が重要である。JCMT Gould Belt Survey の結果では、OB 型星による輻射フィードバックによって、中心から数 pc の範囲にあるダストが加熱されていることが示されている (Rumble et al. 2021)。そこで我々は、星間分子ガスの温度分布変化に着目し、分子雲の温度指標である NH₃ 分子輝線を用いたマッピング観測 (KAGONMA プロジェクト) を野辺山 45m 望遠鏡で実施した。その結果、コンパクト HII 領域を含む分子雲ではフィードバックの影響範囲が約 1 pc であることがわかった (e.g., Murase et al. 2022)。一方、竹葉ほか (2023 年春季年会) では、同プロジェクトの分子雲 4 天体を対象に解析を行い、加熱源から約 3 pc 以内で温度上昇が認められることを報告している。ただし、空間分解能の影響や求めた回転温度に対する誤差評価についての議論が十分ではなかった。そこで本研究では、新たに Green Bank Telescope で取得された 4 天体の NH₃ 分子輝線観測データを解析対象に加えた。さらに、乱数シミュレーションを用いて回転温度に対する誤差の評価も実施した。これらを考慮し、加熱範囲を再評価したところ、分解能依存性はなく、単一の加熱源による温度上昇の影響範囲は、やはり約 3 pc 程度に限定されることが確認された。これは、分子雲における星形成フィードバックの影響が、数 pc 程度の局所的な範囲にとどまることを強く示唆する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q48a 銀河系星形成史の鍵となる重力成層を為す高温ハローガスの熱不安定性

瀬野 泉美¹, 犬塚 修一郎¹, 霜田 治朗² (¹名古屋大学, ²宇宙線研究所)

銀河系円盤部における星の材料となるガスの総質量は $\sim 10^9 M_{\odot}$ であり、近年の星形成率は数 $M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ であることが観測的に分かっている。従って、円盤内のガスは 1 Gyr 以内に枯渇してしまい、星形成は持続できない。しかし、星形成は ~ 10 Gyr の間、現在と同程度の値で持続しており、なぜ星形成が長期間・定常的に持続できたのかは未解明である。近年の多波長観測によって、円盤から 100 kpc 以上離れた銀河ハローに、金属汚染された高温ガスが推定 $10^{10} M_{\odot}$ 以上存在することが明らかになった。これらの観測事実は、ハローから円盤へのガス流入が円盤ガスの枯渇を防ぎ長期間の星形成を支えていることを示唆している。しかし、ガス供給を支配する物理過程および具体的な質量供給率についての詳細な議論は、未だ為されていない。

本研究では、ハローに貯蔵された大量のガスが不安定性を通じて円盤へ供給されるシナリオに着目する。具体的には、流体力学、銀河系重力場、放射冷却、そして熱伝導を考慮し、静水圧平衡かつ熱平衡状態にある高温・低密度ガスに対して線形安定性解析を行う。その結果、対流的に安定な正のエントロピー勾配をもつ平衡構造が得られ、ガスが対流的に落下し円盤に供給されるという説は実現されないことが示された。さらに、詳細な線形安定性解析により、ハローガスは局所的な擾乱に対して熱的に不安定であり、ガス供給過程が駆動されることが明らかになった。本発表では、主に (1) 重力構造を考慮した場合に熱不安定性がどのように修正されるか、(2) 線形段階から見積もられるガス供給のタイムスケールと質量供給率、について議論を展開する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q49a 銀河ハローの多相乱流構造における宇宙線加速

稲元燎平, 霜田治朗, 浅野勝晃 (宇宙線研究所)

銀河ハローのガスは、円盤の星形成活動に起因する銀河風によって供給されており、銀河進化を反映する重要な要素と言える。近年、この銀河ハローにおいて注目されているのが、2010 年に天の川銀河の円盤上空に観測された巨大なガンマ線放射構造、「Fermi バブル」である (Su et al.2010)。さらに、2020 年には、Fermi バブルを覆うような熱的 X 線放射構造、「eROSITA バブル」が発見された (Predehl et al.2020)。本研究は、これら二つのバブル構造をガスと宇宙線の相互作用により無矛盾に説明することを目的とする。物理過程として、まず、ガスが宇宙線に加熱され、銀河風として高温を保ったままハロー上空に運ばれる。この高温を維持したガスがX線を放ち、eROSITA バブルを形成すると期待される。また、バブル領域は、一部の濃いガスが冷却することに伴う降着流が混在する乱流領域となる。このような乱流領域で宇宙線を再加速し、宇宙線起源のガンマ線が Fermi バブルとして観測されると考えられる。しかし先行研究では、上記の宇宙線とガスの相互作用が整合的に取り扱われていない。そこで発表者は、宇宙線と流体の相互作用、宇宙線のエネルギー分布を解く数値計算コードを開発することにした。本講演では、コードの開発状況を報告し、テスト計算の結果について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)
[スケジュール \(全体\) に戻る](#)
[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q50a パルサー星雲の乱流加速モデル: 若いパルサー星雲への適用

田中周太 (青山学院大学)

パルサー星雲は、大きな回転光度を持つパルサーの周りに形成される天体で、電波から高エネルギーガンマ線に渡ってパルサーから供給された相対論的電子陽電子プラズマによる非熱的放射で輝いている。その電波帯域のスペクトルはパルサー星雲を持たない通常の超新星残骸に比べて硬く、星間物質由来の粒子で電波放射するとされる通常の超新星残骸と異なることが知られている。一方、パルサー星雲の電波放射を出す粒子はパルサーからの供給では賄いきれないことも指摘されている。我々はこれまでにこのパルサー星雲の電波放射の問題に関連して、乱流加速モデルを提案し、かに星雲へ適用して発展させてきた。このモデルではパルサー星雲の電波放射を担う粒子は超新星残骸から非相対論的粒子として供給されて、パルサー星雲中の乱流エネルギーで相対論的な非熱的粒子に粒子加速される。本研究では、乱流加速モデルをかに星雲と同程度の若いパルサー星雲へ適用した結果を議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)
[スケジュール \(全体\) に戻る](#)
[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q51a JWST で系外銀河に観測された円盤渦状腕バブル構造の理論モデル

小野川絢心 名古屋大学

近年、超新星残骸の衝撃波が星間ガスを繰り返し圧縮し、最終的に分子雲を形成するという「バブル・フィラメント・パラダイム」モデルが提唱された (Inutsuka+2015, Pineda+2023)。このモデルでは、分子雲が集中している銀河円盤の渦状腕が球殻状のバブル構造で満たされると予言されており、ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 (以下、JWST) による近傍銀河 NGC 628 の赤外線観測で、予言されたバブル構造が確認された (Watkins+2023)。しかし、観測されたバブル構造が、超新星残骸を起源とするのかは十分な議論がなされていない。そこで、観測されたバブル構造が超新星残骸であるかどうか数値的な手法を用いて検証する。本研究では、超新星残骸の膨張過程を冷却過程・熱伝導過程を考慮してシミュレーションを行い、超新星残骸が星間ガス中をどのように膨張するのかについて詳細な議論を行った。さらに、得られた数値解から銀河面の密度および、密度分布を仮定することで超新星残骸に由来する理論的なバブル構造のサイズヒストグラムモデルを作成した。講演では、シミュレーション結果および、観測結果から銀河円盤の物理的状態を定量的に評価する手法を提案する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)
[スケジュール \(全体\) に戻る](#)
[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q52a 銀河系中心領域の 3 次元的磁場構造の特徴と星間ガス分布との相関

柿内健佑 (九産大)、鈴木建 (東京大)、榎谷玲依 (国立天文台)、福井康雄 (名古屋大)、魚住光史 (岐阜大)、町田真美 (国立天文台)、松元亮治 (千葉大)

銀河系中心部数 100 パーセクの領域（以下、銀河系中心領域）では、磁場強度が数 $10\sim 100\mu\text{G}$ と銀河系円盤部より強く、その磁気エネルギーは星間ガスの熱・運動エネルギーに匹敵あるいは凌駕し、ガスの密度分布や運動構造に大きく影響すると考えられている。実際に磁場の影響である可能性が高い事例として、銀河面から銀緯方向に伸びるフィラメント状やアーチ状の特異な分子雲構造が観測されており (Fukui et al. 2006, Enokiya et al. 2014)、その形成機構と磁場との関連について理論的研究が進められてきた (Machida et al. 2009 他)。これらの特徴的な構造が銀河系中心領域では顕著に現れていることから、ガスと磁場の 3 次元的（特に鉛直方向を含む）構造を理解することが重要な課題となっている。我々は輻射冷却・加熱を考慮した大局的 MHD 数値シミュレーションを行い、銀河系中心領域、特に銀河面から 100pc 程度離れた円盤表層部において輻射冷却によって相対的に弱まったガス圧に対し、磁気圧優勢な領域が形成されることを明らかにした (Kakiuchi et al. 2024)。2024 年春季年会では、同数値計算データの再解析によって磁気圧優勢領域に周囲よりも高密度なスレッド状の構造が多数同定できることを報告した。これまでの結果に基づいて、我々は磁場構造と密度分布の相関について詳細な解析を行った。結果として、銀河面ではトロイダル磁場が顕著であるのに対し、銀河面から離れた磁気圧優勢領域ではポロイダル磁場が目立つようになることを突き止め、このようなポロイダル磁場が卓越する場所に付随する形でスレッド状の密度分布が励起されていることを確認した。本講演ではさらにガスの動力学的な観点も交えて、磁場構造と密度分布の相関性について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

R01a 高速電波バースト母銀河における分子ガスの性質

廿日出文洋 (国立天文台), 橋本哲也 (国立中興大學), 新納悠, 河野孝太郎, 江草美実 (東京大学), Tzu-Yin Hsu (國立清華大學)

高速電波バースト (Fast Radio Burst; FRB) は、マイクロ秒からミリ秒という短時間に強力な電波パルスを放つ現象であり、ほとんどが系外起源だと考えられている。2007 年の発見以来、800 を超える FRB (同一地点からの複数回の FRB を含めると数千例) が報告されているが、その起源天体や発生メカニズムには明らかになっていない。FRB の起源を解明するには、発生環境や母銀河の性質を詳細に調べることが不可欠である。FRB 発生環境における星形成活動の理解のため、FRB 母銀河における CO 輝線を用いた分子ガス観測が行われてきた。先行研究では 4 つの母銀河からの CO 検出が報告されている。FRB 母銀河における分子ガス量や星形成率との関係が、一般的な星形成銀河と異なるという示唆が得られているが、サンプル数が限られているため結論は出ていない。

そこで我々は、分光赤方偏移が求まっている $z < 0.15$ の 9 つの母銀河において、ALMA を用いて CO(1-0) および CO(2-1) 輝線の観測を行った (FRBs 20190608B, 20190611B, 20190714A, 20200430A, 20201124A, 20210410D, 20210807D, 20211127I, 20211212A)。その結果、6 つの母銀河 (FRBs 20190608B, 20201124A, 20210807D, 20211127I, 20211212A, 20190714A) において CO 輝線を検出することに成功した。これにより、CO が検出された母銀河の数はこれまでの 2 倍以上となった。新たに CO が検出された母銀河における分子ガス質量は $1.6 \times 10^8 - 2.9 \times 10^{10} M_{\odot}$ であり、母銀河は幅広い範囲の分子ガス消費時間 (0.06–16 Gyr) や分子ガス質量/星質量の比 (0.02–1.7) を持つことが分かった。これらの性質は、一般的な星形成銀河と比較して広い範囲に分布しており、FRB が星形成銀河に限らず多様な環境で発生することを補強する結果である。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

R02a GeV ガンマ線を用いた近傍の星形成銀河の宇宙線の研究

越智 日向子, 水野 恒史, 深沢 泰司 (広島大学), 岩切 渉, 井上 進 (千葉大学), BARNIER Samuel (大阪大学)

星形成銀河、特にスターバースト銀河は、星形成活動が活発であり宇宙線が数多く生成されると期待される。宇宙線は磁場によって曲げられるため直接観測は不可能であり、星間物質との相互作用を通して放射されるガンマ線を用いて間接的に観測できる。本研究では、ガンマ線で明るい近傍の星形成銀河である M82 や NGC253 など解析対象とし、そのスペクトルから当該銀河の宇宙線のエネルギー分布や、宇宙線陽子と電子の比を調べることを目的とする。宇宙線陽子は星間物質中の核子と衝突し、核反応で生じる π^0 の崩壊によりガンマ線を生成する。宇宙線電子は逆コンプトン散乱や制動放射でガンマ線を作り出す。これらのガンマ線のスペクトルは異なるエネルギー分布を持つため、広いエネルギー範囲で銀河からのガンマ線スペクトルを解析することで宇宙線陽子のべき指数や陽子と電子の比を調べることができる。

解析には Fermi 衛星の LAT 検出器による 15 年分のガンマ線観測データを用いた。LAT の角度分解能のエネルギー依存性を考慮し、各エネルギー帯で最適な PSF イベントタイプを用いた。そして、50 MeV–100 GeV の範囲でフィットを行い SED を評価した。モデルは PowerLaw 及び LogParabola を使用した。SED とモデルの比較から、M82 と NGC253 の双方で log Parabola のほうが適切であると分かった。得られた SED は緩やかにカーブしており、 π^0 崩壊だけでなく低エネルギー側で制動放射や逆コンプトン散乱といった電子の寄与も確認できた。今後更に詳細な解析や他の銀河についての解析を行う。本講演では得られた結果について報告と議論を行う。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

R03a ALMA ACA による棒渦巻銀河 M83 の [CI](1-0) マッピング

前田郁弥 (大阪電気通信大学), 原田ななせ (国立天文台), 江草美実 (東京大学), 幸田仁 (ニューヨーク州立大学)

中性炭素 ([CI]) は、CO の代替として分子ガス質量を示すトレーサーとして提案されており、特に高赤方偏移銀河や、光学的厚さが不明な outflow 領域などで有用とされる。しかし、[CI]/H₂ の存在比は乱流、宇宙線、UV 放射、密度などさまざまな要因に依存するため、まず物理条件がよく分かっている近傍銀河でその変化の仕組みを理解する必要がある。そこで我々は、近傍の棒渦巻銀河 M83 (4.5 Mpc) を対象に ALMA ACA の [CI](1-0) マッピング (空間分解能: 90 pc) を実施し、CO(1-0) (Koda et al. 2023) との比較から [CI]/CO 比 ($R_{\text{CI/CO}}$) を算出した。その結果、 $R_{\text{CI/CO}}$ は 0.05–0.15 の範囲でばらつくことが明らかとなり、その要因をさらに検討した。

まず、CO(2-1)/CO(1-0) 比 (R_{21}) と比較した結果、 R_{21} が 0.6 から 1.0 の領域では、 R_{21} が高くなるほど $R_{\text{CI/CO}}$ は 0.05 から 0.15 へと増加する傾向を示した。これは、高い R_{21} が高温かつ強い UV 放射や宇宙線の影響を受けている領域を示唆し、その結果 CO が解離され CI が増加している可能性を示している。一方、 R_{21} が 0.6 以下の領域では、 R_{21} が低いほど $R_{\text{CI/CO}}$ が高くなる傾向が見られた。これは、低い R_{21} が CO 励起が不十分な低温・低密度環境を反映しており、相対的に CI が多くなっている可能性を示す。さらに、赤外線と遠紫外線から推定した星形成率 (SFR) と $R_{\text{CI/CO}}$ を比較したところ、SFR が高い領域ほど $R_{\text{CI/CO}}$ が高くなる傾向が得られた。この傾向は、高 SFR 領域 (特に銀河中心部) において UV 放射や宇宙線によって CO の光解離が進み、CI が増加している描像を支持する。最後に、CO(1-0) 輝線の速度幅と $R_{\text{CI/CO}}$ との間には明確な相関は認められなかった。このことは、速度幅で代表される乱流の強さだけでは CI 存在量の制御要因として十分でない可能性を示している。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

R04a 棒渦巻銀河 M83 における ALMA 観測：高密度ガストレーサー N_2H^+ の検証

原田ななせ (国立天文台), 西村優里 (筑波大学), 斉藤俊貴 (静岡大学), 幸田仁 (Stony Brook 大学), 渡邊祥正 (芝浦工大), 坂本和 (ASIAA)

銀河系内の分子雲の観測から、 N_2H^+ は、系外銀河の研究で通常高密度ガスのトレーサーとして用いられる HCN や HCO^+ よりも、星形成を伴う高密度分子ガスをより効果的にトレースできることが知られている。本研究では、この傾向が近傍の星形成銀河 M83 においても当てはまるかを検証することを目的としている。私たちは、M83 の南西バー端領域において、 N_2H^+ および HCN の $J=1-0$ 輝線と、1 mm および 3 mm の連続波放射を観測し、48 pc の空間分解能を達成した。 N_2H^+ と HCN の間の関係はおおむね線形であり、HCN 輝線は高密度ガスの量を合理的に予測できることを示している。しかし、星形成率の高い領域ではこの関係が超線形となり、 N_2H^+ がそのような環境下でより効果的な高密度ガスのトレーサーであることが示唆される。

さらに、我々は、銀河系内の観測へのフィットから得られた柱密度の関数で表される輝線強度と柱密度確率分布関数 (N-PDF) を用いた輻射輸送モデルを行った。このモデルから、観測された線形から超線形への傾向が、対数正規分布と高密度側の power-law tail を持つ N-PDF によって説明可能であることがわかった。この高密度側の power-law tail は、星形成と密接に関係していると知られている。また、モデルから、 N_2H^+ は HCN よりもこの power-law tail により敏感に輝線強度が変わることがわかった。

これらの結果は、N-PDF の形状が比較的一様である場合には HCN が高密度ガス量のトレーサーとして依然として有効である一方で、N-PDF が大きく変化するような環境では、星形成に関わる高密度ガスのトレーサーとして N_2H^+ の観測が不可欠であることを示唆している。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

R05a ALMA ACA による Stephan's Quintet 全面 CO(1-0) マッピング

山本美咲¹, 前田郁弥², 村岡和幸¹, 小麥真也³, 江草美実⁴, 河野孝太郎⁴, 諸隈佳菜⁴, 辻田旭慶⁴, 松坂怜⁴, 太田耕司⁵, 浅田喜久⁶, 金子紘之⁷, 廿日出文洋⁸, 濤崎智佳⁹, 羽部朝男¹⁰, 小林将人^{11,8}, 小西亜侑¹, 中西康一郎⁸ (1: 大阪公立大学, 2: 大阪電気通信大学, 3: 工学院大学, 4: 東京大学, 5: 京都大学, 6: 早稲田大学, 7: 新潟大学, 8: 国立天文台, 9: 上越教育大学, 10: 北海道大学, 11: ケルン大学)

コンパクト銀河群は銀河が頻繁に衝突・相互作用しており、それらがガスのダイナミクスや星形成、銀河進化に及ぼす影響を研究するのに適した天体である。Stephan's Quintet (SQ, 89 Mpc) は NGC7319 など 5 つの銀河で構成されるコンパクト銀河群であり、過去複数回の銀河間相互作用に加え現在も衝突が進行していると考えられている。衝突によって銀河間には大規模な衝撃波構造や tidal tail が形成され、その中に新たな星形成領域も確認されている。2025 年春季年会では、ALMA Total Power による CO(1-0) マッピング観測によって SQ 全体としては星形成効率 (SFE) が低く、星形成が抑制傾向であることを報告した (前田ほか)。本講演では、7m array を加えたデータ (空間分解能 5.7 kpc) を用い、領域ごとに分子ガスの分布と SFE を解析した結果を報告する。

結果として、多様な領域に分子ガスが存在しその SFE に違いがあることを見出した。衝撃波構造に沿った一部の星形成領域では、SFE が $0.5 - 1.0 \text{ Gyr}^{-1}$ と、近傍銀河と同等の活発な星形成が進んでいることが明らかとなった。一方、衝撃波構造と NGC7319 の間に広がる、速度幅の広い成分 ($\sim 700 \text{ km/s}$) では SFE が $\leq 0.1 \text{ Gyr}^{-1}$ と低く、星形成は不活発であった。さらに我々は、tidal tail に沿って伸びる細長い分子ガス構造およびその北側に分布する複数の分子ガスクラump ($\sim 10^7 M_\odot$) を初めて発見した。これらの領域では速度幅が比較的狭く ($\sim 60 \text{ km/s}$)、近傍銀河と同等の活発な星形成が進行していることがわかった。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

R06a XMM-Newton CCD, RGS で探る M31 中心の重元素組成比

渡邊晶, 松下恭子, 小林翔悟 (東京理科大学)

アンドロメダ銀河 (M31) のバルジ領域からは広がった X 線が検出されている (Wang+12)。XMM 衛星搭載回折格子検出器 (RGS) により OVII 輝線の禁制線の超過が見られることから、この放射は衝突電離平衡にある高温プラズマの他に電荷交換反応や活動銀河核の影響 (Zhang et al. 19) などの寄与が議論されている。ただし、RGS 検出器の観測では天球上での位置とエネルギーに縮退が生じる。

そこで、我々は RGS のデータの再解析を行った。RGS は回折格子を利用し 0.45-1.6 keV において高いエネルギー分解能を持つ。M31 の中心領域を RGS の分散方向と垂直方向に北 (153 pc)、中心 (77 pc)、南 (153 pc)、に分け、スペクトルを作成した。北と中心は 0.2 keV と 0.4 keV の空間的に異なる 2 成分の衝突電離平衡プラズマと 0.8 keV の 3 成分で、南はそれに 0.1 keV 成分を追加して再現した結果、北と南の領域では OVII 禁制線超過の一部は高温プラズマの寄与で説明することができたものの、中心領域では禁制線の超過が見られた。次に、XMM 衛星搭載 CCD 検出器を用いて 0.45-8.0 keV の範囲でスペクトルを作成し、RGS と同じ温度モデルで再現した。そして、RGS と CCD を用いて高温プラズマの重元素組成比を求めたところ、O/Fe は $0.3 - 0.4 \text{ solar}$ 、Ne/Fe は $0.5 - 0.8 \text{ solar}$ 、N/Fe は $1-4 \text{ solar}$ に、Mg/Fe、Si/Fe は $0.3-0.7 \text{ solar}$ となった。N の超過は中間質量星からの質量放出で説明できる。この結果から M31 のバルジでは Ia 型超新星の寄与が大きいかもしれない。講演では禁制線超過の起源についても議論を行う。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

R07a 野辺山 45m 望遠鏡によるエッジオン銀河 NGC4565 の銀河面外分子ガス観測 2: 2024/2025 年シーズンに実施した広域・高感度 CO マッピングの結果

松坂怜, 江草美実, 河野孝太郎, 長田真季 (東京大学), 前田郁弥 (大阪電気通信大学), 藤本裕輔 (会津大学), 藤田真司 (統計数理研究所), 柴田洋佑 (鹿児島大学/名古屋大学), 半田利弘 (工学院大学)

銀河進化を理解するうえで、星形成を維持するためのガス供給メカニズムの解明は重要な課題である。星形成の維持には、銀河内外でのガス流入出という物質循環が重要とされている。これまでの研究では、ハローからの流入や、星形成・超新星爆発・活動銀河核 (AGN) によるフィードバックに伴う流出が報告されている。しかし、AGN 周辺を除けば、観測の多くは HI に限られ、円盤面外 ($z > 0.5-1$ kpc) における分子ガスの挙動は十分に明らかにされていない。最近では、face-on 銀河の視線速度情報から面外分子ガスの検出が報告され (Nagata+25)、円盤上において星形成の直接的材料の流入出が示唆されている。一方で、垂直方向の構造を直接捉えることができる edge-on 銀河では、面外分子ガスの観測例は限られており、存在量や空間分布は依然として不明である。

そこで我々は、近傍のエッジオン銀河 NGC 4565 (距離 11.9 Mpc) を対象として、野辺山 45m 望遠鏡による CO 輝線の観測を実施している (空間分解能 $\simeq 900$ pc)。2023/2024 シーズンにはダストレーン周辺で Position-Switch 観測を行い、 $z > 500$ pc の領域に分子ガスが存在することを示唆した (2024 年秋季年会, R13b)。続く 2024/2025 シーズンには、銀河全体での面外分子ガスの存在量と空間分布を明らかにするために、HI ディスク全体を含む広範囲 ($20' \times 4' \sim 70$ kpc $\times$ 14 kpc) を対象に On-The-Fly 観測を実施し、感度は $T_a^* < 8$ mK (10 km/s bin) を達成した。その結果、投影距離で z 方向に 500 pc まで分子ガスが検出され、一部の領域では約 1 kpc まで広がっていることが明らかとなった。本講演ではこれらが銀河面外に存在する分子ガスであるかどうかを詳しく議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

R08a 速度場の解析に基づく棒状渦巻銀河 NGC 253 の力学的パラメータの決定

平山 慶, 嶋田 理央, 柳澤 一輝, 岡 朋治 (慶應義塾大学)

NGC 253 は、天の川銀河から約 3.5 Mpc の距離に位置する棒状渦巻銀河である。NGC 253 の中心分子帯 (Central Molecular Zone; CMZ) は、銀河系の CMZ と同程度の大きさを有する一方で、分子ガス質量および星形成率は約 1 桁大きい。そのため、この NGC 253 の CMZ は、銀河中心部におけるスターバースト活動の誘引メカニズム、特に棒状構造との関係を調査する上で興味深い対象であり、これまでも様々な観測研究が展開されてきた。嶋田らによる先行研究では、ALMA cycle 3 で取得された CO $J=3-2$ データを解析し、NGC 253 CMZ 中の膨張シェル構造の空間分布と現在の星形成活動の関連を調査した (嶋田他、日本天文学会 2022 年秋季年会 R14a)。その過程において、NGC 253 CMZ のガスダイナミクスが、準解析的なモデルで良く再現できることが判明した。

本研究では、ALMA による CO $J=3-2$ データを再解析し、得られた分子ガスの速度場にモデルをフィットする事で、NGC 253 の棒状重力ポテンシャルのパラメータ決定を試みた。解析には、12m アレイおよび 7m アレイ双方のデータを用い、それぞれを CLEAN 処理した後、feathering 手法により結合した。最終的に得られたデータキューブの角分解能は $0.46'' \times 0.36''$ であり、空間分解能に換算すると 7.8 pc $\times$ 6.1 pc に相当する。既知のスーパーバブルをマスキングし、さらに低強度のピクセルをクリップした後、CMZ 全体の moment-1 マップを作成した。この速度マップに対して、Wada (1994) によるモデルをフィットすることにより、8 つの幾何学的・力学的パラメータを導出した。その結果、非軸対称成分の寄与は 0.05、棒構造のパターン速度は 58.7 ± 0.3 km s $^{-1}$ kpc $^{-1}$ 、減衰係数は 0.0377 ± 0.0005 と求められた。これらのパラメータを用いて数値シミュレーションを実施することにより、NGC 253 CMZ の形成・進化、およびスターバーストのサイクルについて理解が進むことが期待される。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

R09a 羊毛状渦巻銀河 M33 の渦状腕周辺におけるダイナミクスと分子雲進化 (2)

小西亜佑, 村岡和幸, 大西利和 (大阪公立大学), 徳田一起 (香川大学), 山田麟 (岐阜大学), 出町史夏, 立原研悟, 福井康雄 (名古屋大学)

渦状腕は円盤銀河における最も特徴的な構造の一つであり、その形成・維持メカニズムの解明は、銀河形態の多様性の起源を理解する上で重要である。これまでに、理論・数値シミュレーションに基づき渦状腕形成の有力説 (密度波理論、動的渦状腕理論) が提案され、その観測的検証が進められてきた。しかし、いずれの理論についても、それを支持する結果と整合しない結果の双方が報告されており、未だ決定的な結論には至っていない。

M33 のような不明瞭かつ複雑な渦状腕を持つ羊毛状銀河は、動的渦状腕理論で説明できる可能性が示唆されている (Wada et al.2011)。そこで我々は、ALMA 7m array により得られた M33 の CO ($J=2-1$) データ (空間分解能: 約 30 pc) を用い、恒星系渦状腕周辺における分子雲の進化および分子ガスの速度構造の定量的解析を行い、先行するシミュレーション研究との比較を進めている。腕構造が比較的に明瞭な南側の渦状腕では、腕の上流と下流の両側において、腕に近づくにつれて大質量星形成が活発な分子雲の割合が増加する傾向が見られ、このことは密度波理論とは整合しない (2024 年秋季年会 小西他)。一方、北側の腕ではこのような傾向は見られなかった。分子雲の質量は腕に近づくにつれてわずかに増加する傾向を示す (腕までの距離との相関係数の絶対値: 約 0.3) が、速度分散やピリアル比といった物理量には有意な変化は見られなかった。さらに、銀河円盤の長軸付近では、銀河の回転運動を差し引いた視線速度の残差が主に方位角方向の特異なガス運動 (方位角速度) を反映することを利用し、渦状腕周辺の分子ガスの方位角速度を調べた。その結果、方位角速度の絶対値は最大でも $10-15$ km s $^{-1}$ と小さく、羊毛状銀河における動的渦状腕のシミュレーション結果 (Pettitt et al.2020) と同程度の値を示した。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

R10b The diffuse extragalactic gamma-ray background radiation: star-forming galaxies are not the dominant component

Chen, Junling & Totani, Tomonori. Department of Astronomy, School of Science, the University of Tokyo

Star-forming galaxies (SFGs) are considered to be an important component of the diffuse extragalactic gamma-ray background (EGB) radiation observed in 0.1 – 820 GeV, but their quantitative contribution has not yet been precisely determined. In this study, we aim to provide the currently most reliable estimate of the contribution of SFGs based on careful calibration with γ -ray luminosities of nearby galaxies and physical quantities (star formation rate, stellar mass, and size) of galaxies observed by high-redshift galaxy surveys. Our calculations are based on the latest database of particle collision cross-sections and energy spectra of secondary particles, and take into account not only hadronic but also leptonic processes with various radiation fields in a galaxy. We find that SFGs are not the dominant component of the unresolved EGB measured by *Fermi*; the largest contribution is around 50% – 60% in the 1 – 10 GeV region, and the contribution falls rapidly in lower and higher energy ranges. This result appears to contradict a previous study, which claimed that SFGs are the dominant component of the unresolved EGB, and the origin of the discrepancy is examined. In calculations of cosmic-ray production, propagation, and interaction in a galaxy, we try models developed by two independent groups and find that they have little impact on EGB.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

R11b M83 棒状構造の高密度分子ガスにおける星形成効率抑制：雲衝突による力学擾乱の証拠

顧天奕, 渡邊祥正 (芝浦工業大学)

銀河の棒状構造領域における星形成効率 (SFE) の抑制は、銀河スケールの星形成の理解のために重要な課題である。本研究は、ガスに富む近傍棒渦巻銀河 M83 を対象に、ALMA を用いた高空間分解能観測による $^{13}\text{CO}(1-0)$ と $\text{HCN}(1-0)$ データ、および減光補正した $\text{H}\alpha$ を用い、棒領域での SFE 抑制を駆動する力学メカニズムの同定を目指した。棒状構造領域と渦状腕領域の定量的比較から以下の主要な結果を得た：1. 棒領域における SFE 抑制：棒状構造の SFE は渦状腕の平均値に対してが 0.72 倍であり、棒状構造での星形成抑制を示している。この結果は先行研究 Maeda et al. (2023) の統計的結果と整合的である。2. 高密度分子ガスの SFE ($\text{SFE}_{\text{dense}}$) の抑制：SFR を HCN から求めた高密度分子ガスの柱密度で割った $\text{SFE}_{\text{dense}}$ は、棒状構造において渦状腕の平均値に対して 0.58 であり、高密度ガスからの星形成も抑制されている可能性を示す。3. SFE と CO 速度線幅の負の相関：棒状構造全域において、SFE および $\text{SFE}_{\text{dense}}$ と CO 線幅の間に明確な負の相関が確認された。棒状構造における線幅は、渦状腕の平均値に対して約 1.6 倍大きい。さらに、高密度ガスの割合の指標である $\text{HCN}/^{13}\text{CO}$ 比は、棒状構造で (0.224 ± 0.006) と渦状腕領域で (0.177 ± 0.005) であり、大きな違いは見られなかった。以上の結果から、星形成の抑制メカニズムが高密度ガスそのものの形成の抑制ではなく、高密度分子ガスから星への変換効率に対して作用することを示唆する。これは、棒の非円運動による高速分子雲衝突が、高密度ガスを維持しつつ重力崩壊を妨げる「力学的抑制シナリオ」を支持する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

R12b 低金属矮小不規則銀河 NGC6822 における ALMA ACA を用いた $\text{CO}(1-0)$ 広域観測および ASTE/CAT8W を用いた $[\text{CI}](1-0) \cdot \text{CO}(4-3)$ 同時観測

藤田真司 (統計数理研究所), 濤崎智佳 (上越教育大学), 河野孝太郎, 江草美実, 辻田旭慶 (東京大学), 廿日出文洋 (国立天文台), 小宮山裕 (法政大学), 田中邦彦 (慶應義塾大学), 前田郁弥 (大阪電気通信大学)

低金属量の近傍銀河で分子雲を定量し星形成を研究することは銀河進化を理解する上で非常に重要であり、近年の観測機器の性能の向上に伴って増加の一途を辿る遠方銀河の観測的研究との親和性も高い。

我々は低金属矮小不規則銀河 NGC6822 (~ 474 kpc, $\sim 0.2 Z_{\odot}$) の $^{12}\text{CO}(1-0)$ 広域サーベ이를 ALMA ACA にて行った (角度分解能 約 17 秒角 = 39 pc). 結果として、同銀河の HI の分布 (e.g., de Blok et al. 2006a) と比較すると、分子ガスは非常に粒状で互いに孤立して分布しており、分子雲同定アルゴリズムの一つである *astrodendrogram* (Rosolowsky et al. 2008) により約 50 個の分子雲が検出された。それぞれの分子雲に対するビリアル質量と CO 積分強度の比較から、 CO-to-H_2 変換係数が銀河系での標準的な値よりも数倍大きいことがわかった。また、NGC6822 内の Hubble V, Hubble X, Spitzer I などといった代表的な星形成領域に位置する分子雲ごとに、CO と HI の強度比、 $\text{H}\alpha$ の強度、分子雲の密集度、YSO の密集度、などの性質やそれらの相関関係等を調べたところそれぞれの領域で大きな差が見られた。これらは領域の進化段階を示唆している可能性がある。講演では、ALMA ACA の結果のほか、2025 年 7 月から 10 月に予定されている ASTE 搭載 CAT8W 受信機を用いた $[\text{CI}](^3\text{P}_1-^3\text{P}_0)$ と $^{12}\text{CO}(4-3)$ の 2 輝線同時 OTF 観測や DASH345 受信機を使った $^{12}\text{CO}(3-2)$, $^{13}\text{CO}(3-2)$ の OTF 観測結果もあわせて報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

R13c 近傍銀河 NGC 7679 における広がった [C I] 放射の検出：ACA モザイク観測の重要性

道山知成 (周南公立大学), 齊藤俊貴 (静岡大学), 伊王野大介 (国立天文台), 中西康一郎 (国立天文台), 但木謙一 (北海学園大学)

近傍赤外線銀河 NGC 7679 において、Atacama Compact Array: ACA を用いた [C I](1-0) (492 GHz) 輝線のモザイク観測を実施し、これまで未検出とされていた空間的に広がった微弱放射の検出に成功した。本天体は、ALMA Cycle 6 で実施した [C I](1-0) および CO(4-3) 輝線のサーベイ観測の対象の一つであり、当時は単一視野・1 分程度の短時間積分であったため、[C I] 輝線は検出されず、CO 輝線との比 [C I]/CO が極端に低いという結果が得られていた。このことは本銀河の星間物質組成の特殊性を示唆するものとして注目されたが、十分な感度と uv カバレッジが確保されていなかった点が懸念として残っていた。これを踏まえて、Cycle 9 では 7 点モザイクによる合計 30 分程度の積分時間を確保した再観測を実施し、感度、 uv サンプリング、雑音均質性を大幅に改善した結果、NGC 7679 全体に広がる [C I] 放射が明瞭に検出された。Cycle 6 と Cycle 9 の両データを同一の uv 基線範囲、ビームサイズ、像合成処理で再解析し、比較可能な条件で解析を行った。結果として、Cycle 6 のような短時間・単一視野観測では、広がった放射成分が完全に見落とされることが明らかとなった。本件は空間的に広がった天体放射の干渉計による観測が容易ではないことを如実に示す事例である。今回の [C I] 検出により、過去に報告された [C I]/CO 比の評価にも再考の余地が生じており、U/LIRGs における星間物質の状態や分布の理解において、空間解像と感度のバランスを踏まえた干渉計観測戦略の重要性が改めて強調される。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

R14c 棒渦巻銀河におけるバーのパターン速度の測定

LIANG Shaohua, 久野成夫 (筑波大学)

バーのパターン速度 (Ω_{bar}) は、Lindblad 共鳴や共回転半径などに関係し、棒渦巻銀河におけるガスの分布と動力学を決定する最も重要なパラメータの一つである (Contopoulos & Papayannopoulos 1980)。リング状構造など銀河に見られる特徴的な構造は、このパターン速度によって決定される共鳴位置で形成されると考えられる。

これまで、 Ω_{bar} に関する研究は多数行われてきた。例えば、Tremaine & Weinberg (1984)、Rautiainen et al. (2008)、Font et al. (2011) などが挙げられる。しかし、これらの手法では仮定も多く、不定性が大きい (Olga et al. (2023)、田中 2020 (博士論文))。

Kuno et al. (2000) は、バーの非軸対称ポテンシャルによるガスの運動を考慮し、銀河の長軸とバーの長軸の位置角が一致している場合に、 Ω_{bar} を直接測定する手法を提案した。Hirota et al. (2009) は流体力学シミュレーションでこの手法の測定精度を評価し、特定条件下で誤差を 20 % 以内に抑えることを示した。本研究では、まず ALMA アーカイブデータと S⁴G プロジェクトを用いて銀河形態を選定し、条件を満たす銀河について Kuno et al. (2000) の手法を用いて、 Ω_{bar} を計算し、さらに共回転半径 (R_{CR}) を求めた。異なる銀河間で比較を行うため、無次元パラメータ $\mathcal{R} = R_{\text{CR}}/R_{\text{bar}}$ を導入して比較した。一般に $\mathcal{R} = 1.4$ を閾値として fast bar ($\mathcal{R} < 1.4$) と slow bar ($\mathcal{R} > 1.4$) に分類される (Debattista & Sellwood 2000)。 $\mathcal{R}$ と Hubble stage (T) の関係を調査したところ、晩期型銀河ほど $\mathcal{R}$ が大きい傾向が認められた。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

R15c 近傍通常渦状銀河における $^{12}\text{CO}(J=1-0)/^{13}\text{CO}(J=1-0)$ 輝線比と形態の相関に関する統計的解析

岩木鴻太, 久野成夫 (筑波大学), Baltasar Vila-Vilaro (JAO)

本研究では野辺山 45m 電波望遠鏡と 4 ビーム受信器 FOREST を用いて近傍渦状銀河の $^{12}\text{CO}(J=1-0)$ 及び $^{13}\text{CO}(J=1-0)$ 輝線のマッピング観測を行ない、統計的解析を実施した。本研究の対象となる天体は極端な星形成を行っていない渦状銀河 (ここでは通常渦状銀河と呼ぶ) である。先行研究 (Vila et al. 2015) では Kitt-Peak 12m 電波望遠鏡で分解能 56" であったが本研究では野辺山 45m 電波望遠鏡で 14.5" と向上し、FOREST 受信器によって 67 天体のマッピングデータを取得した。(内 48 天体は COMING データを利用) 先行サーベイでは平均輝線比が 10 程度と報告されているが、それが円盤全体で同じ比なのか、局所的に明るい部分が支配的になっているのかを低分解能のため議論することができなかった。加えて輝線比と Hubble 形態に対して傾向が表れることが報告されていたがその傾向の妥当性・原因も議論できなかった。本研究では FOREST による全面マッピングと半径方向・方位角方向に対する比の振る舞い、RADEX モデリングでこれらの課題にアプローチする。本発表においては観測された一部の結果 (特に典型的な Hubble 形態の天体) を紹介する。現在のところ銀河の腕部分のほうが腕間部分よりも比が高くなる傾向があることがわかってきた。今後は $^{12}\text{CO}(J=2-1)$ や $^{13}\text{CO}(J=2-1)$ 、H α 線などとの比較により通常渦状銀河の性質について探っていく。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

R16c 希少な CO 同位体を用いた近傍銀河 M51 の解析

菊田 諒 (筑波大学), 久野成夫 (筑波大学), Baltasar Vila-Vilaro(JAO)

分子雲における星形成活動を理解する上で、一酸化炭素 (CO) およびその同位体の輝線観測は非常に有効である。特に ^{13}CO や C^{18}O 、 C^{17}O といった希少同位体種は光学的に薄く、 ^{12}CO では捉えきれない分子雲内部の物理量や化学組成の情報を提供する。これらの同位体比は、星形成環境の物理状態や化学進化、さらには銀河全体の星形成史を反映する指標として注目されており、近年ではその環境依存性が議論されている (Stuber et al. 2025)。M51 は腕構造が明瞭で視線方向の傾きも小さく、密度波構造と星形成活動の関係や分子雲の環境依存性を調べるには理想的な対象である。先行研究 (Vila et al. 2008) は、M51 の中心 1kpc 領域において ^{13}CO 、 C^{18}O 、 C^{17}O (いずれも $J=1-0$) を観測し、同位体比や分子雲物理量に関する議論を行っているが、空間分解能には限界があり、構造的な多様性の詳細な検討には至っていなかった。

本研究では近傍銀河 M51 について、野辺山 45m 電波望遠鏡を用いて ^{13}CO 、 C^{18}O 、 C^{17}O (いずれも $J=1-0$) の三輝線を同時観測し、得られた生データに対して NEWSTAR を用いた一連のデータ解析を行った。観測では、M51 の中心 1kpc 領域において ^{12}CO が放射が特に強い渦状腕上の 7 領域 (全て $\sim 260\text{pc}$ スケール) を選定した。これらの領域について、輝線強度や同位体比の環境依存性を評価するため、非 LTE (非局所熱平衡) 輻射輸送コード RADEX を用いた LVG モデリングを実施した。学会発表までに詳細な物理量の解析を完了する予定であるが、少なくとも現時点で先行研究では明確にされてこなかった位置による輝線強度や同位体比の系統的な変動が示唆されており、本銀河における分子雲の構造的・化学的多様性を理解する上で重要な手がかりを提供する結果となっている。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

R17c Auriga シミュレーションを用いた模擬電波観測による銀河磁場探査

大前 陸人 (名古屋大学), 赤堀 卓也, 町田 真美 (国立天文台)

銀河磁場の進化を理解するためには、宇宙のさまざまな時代に存在する銀河の磁場を観測することが不可欠である。近年、重力レンズ効果を受けたクエーサーの偏波観測から、遠方銀河の磁場構造を検出可能であることが報告された (Mao ら 2017)。この手法は、従来の電波シンクロトロン放射の観測では困難だった銀河磁場の宇宙論的進化を探る、有望な手段として注目されている。現在、SKA の先行機を用いた偏波の全天サーベイが進行しており、重力レンズ効果を受けた偏波源の検出が期待されている。一方で、現行の SKA 先行機や先駆機の空間分解能では、レンズ効果によって生じる複数画像の分離は困難である。我々は、理想的なデータを仮定した場合には、空間分解能を下回るスケールにおいても、重力レンズ銀河を通過したファラデー回転量度 (RM) の平均および分散を切り分けて評価できることを示した (2023 年春季年会)。

本講演では、重力レンズ効果を受けた銀河における磁場構造の検出可能性をさらに評価するために、宇宙論的 MHD シミュレーションである Auriga プロジェクトを用いた模擬観測の結果を紹介する。このシミュレーションは、磁場の進化を含む天の川銀河質量程度の現実的な銀河磁場モデルを提供する。我々は、重力レンズ銀河を通過する偏波放射の伝播を再現し、そこから生じるファラデー回転効果を解析した。本研究は、理論的予測と今後の SKA 時代の観測とをつなぐ橋渡しとなるとともに、ファラデー・トモグラフィー技術の現実的な適用可能性を検証するものである。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

S01a IXPE 衛星とかなた望遠鏡を用いたブレーザーの多波長同時偏光観測

柄原淑慧, 深澤泰司, 今澤遼, 赤井嵩宙, 水野恒史, 中岡竜也 (広島大学)

活動銀河核には、中心から相対論的な速度を持ったプラズマの噴流であるジェットを持つものがある。その中でも特に、ジェットの噴出方向が視線方向とほぼ一致している天体をブレーザーという。ブレーザーはシンクロトロン放射をしており、電波および可視光で強い直線偏光を示す。この偏光の観測により、内部の磁場構造を推測することが可能である。2021 年の X 線偏光観測衛星 IXPE の打ち上げにより、これまで観測されてきた電波・可視光に加え、X 線の偏光情報も得られるようになった。そこで我々は、IXPE と広島大学の光学赤外線望遠鏡「かなた」を組み合わせた多波長同時偏光観測を実施している。ブレーザーの偏光を多波長観測することにより、波長ごとの放射領域や磁場構造に制限をかけることができる。これまで同時観測を行った 6 天体 (Mrk 421, Mrk 501, H 1426+428, 1ES 1101-232, 1ES 1959+650, 3C 273) のうち、最も近く ($z=0.031$) また X 線で明るいブレーザーの一つである Mrk 421 について、2024 年 4、5 月の 2 週間の観測で、X 線と可視光近赤外線と異なる偏光変動が確認された。X 線ではフラックスの増加に伴い、偏光度が 3.3% から 10.3% へと約 3 倍上昇したが、可視光近赤外では 2.6% から 0.9% へとわずかに減少した後にはほぼ一定となった。また、偏光方位角については、X 線では 60 - 70 度でおおよそ一定であったのに対し、可視光は観測期間の後半で最大 80 度の回転が見られた。加えて 6 天体全ての解析・多波長の比較から、いずれも可視光よりも X 線偏光度の方が数倍高いという結果が得られた。本講演では、これらの観測結果を報告するとともに、ジェットの放射領域や磁場構造について議論を行う。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#) [スケジュール \(全体\) に戻る](#) [講演者索引 TOP に戻る](#)

S02a 大口径望遠鏡初号機 LST-1 による活動銀河核の観測：遠方 FSRQ OP313 の VHE ガンマ線放射の発見 (2)

Joshua Ryo Baxter (東京大学), D. Morcuende, J. Otero-Santos (IAA-CSIC), M. Nievas Rosillo (IAC, Universidad de La Laguna), D. Sanchez (LAPP), S. Nozaki (東京大学), A. Arbet-Engels, L. Heckmann (MPP), F. Di Pierro, E. Visentin, R. de Menezes (INFN) 他 CTAO-LST Project

活動銀河核 (AGN) の一種である Flat Spectrum Radio Quasar (FSRQ) の VHE ガンマ線 ($E > 100\text{GeV}$) の観測・検出は、天体内部での光子-光子対生成による内部吸収や、外部光子場によるコンプトン冷却、宇宙論的距離における伝搬過程での銀河系外背景光 (Extragalactic Background Light, EBL) による吸収、という幾つもの吸収効果に阻まれる為に困難である。その中、次世代チェレンコフ望遠鏡アレイ (Cherenkov Telescope Array Observatory, CTAO) 計画における大口径望遠鏡初号機 LST-1 は、2023 年 12 月、 $z = 0.997$ の遠方 FSRQ OP 313 からの VHE ガンマ線を検出することに成功した。この成功は、LST-1 の優れた低エネルギー閾値の証左となるものであり、将来の CTAO が FSRQ の理解を深める上での高い可能性を示している。VHE ガンマ線で検出された OP 313 は、地上型チェレンコフ望遠鏡により検出された AGN の中で最も遠方な AGN であり、同エネルギー帯域で 10 番目に検出された FSRQ として数えられる。

前回の発表 (日本天文学会 2024 年秋季年会) では OP 313 の検出の報告に留まったが、本発表では LST-1 による OP 313 のスペクトルエネルギー分布および、そこから導かれる EBL への観測的制限等について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#) [スケジュール \(全体\) に戻る](#) [講演者索引 TOP に戻る](#)

S03a The central structure of Cen A (NGC 5128) from EHT2017 data

三好真 (国立天文台)、加藤成晃 (気象庁・理研)、牧野淳一郎 (神戸大)、坪井昌人 (明星大) 高橋芳太 (苫小牧高専)、堀内真司 (CSIRO)、高橋真聡 (愛教大)

Cen A (NGC5128) は宇宙ジェットをもち、最近距離 3.4 Mpc にある電波銀河である。中心に $(5.5 \pm 3.3) \times 10^7 M_{\odot}$ の SMBH を持つと考えられている。ただ南天に位置し ($\delta \sim -43^{\circ}$)、北半球の VLBA などからの観測は困難で、超高空間分解能の観測は TANAMI やスペース VLBI に限られる。一方、EHT は南極 SPT、ALMA などの南半球局を含み観測に適しており、2017 年に 228 GHz で観測されている。その論文 (Janssen et al., Nature Astronomy, 2021) では、長大なジェットではなく、両縁が明るくなったジェットとカウンタージェットを持つ 300 μs サイズの構造の検出報告がされている。この構造は、EHT アレイの Cen A に対する PSF (point spread function; ダーティビーム) 構造に似ており、EHTC の M 87 や Sgr A* のリング像報告と同様、PSF の影響を受けた不十分な像である可能性がある。24 年秋年会で報告したように我々はデータの再解析を行い、中心から約 2 mas までのジェット成分と、ジェットにほぼ垂直で、ジェット成分より明るいコア構造が見つけている。降着円盤かフローかもしれないと報告した。が、昨年段階の像はクロージャ位相残差が、Janssen の像のそれ同様に大きく (残差標準偏差 60 $\sim$ 70 $^{\circ}$)、十分信頼できるものではなかった。本講演では、その後の像解析の改良により見いだした、クロージャ位相残差標準偏差 30 $^{\circ}$ 台を達成した信頼できる像の報告を行う。構造は基本的に以前発表のものと同じだが、ジェット方向に対してほぼ直交する部分が明確になり、それは非等方円盤 (もしくはトーラス) 構造を示している。相対論的速度の回転によるドップラーブーストで非等方輝度分布 (Fukue&Yokoyama PASJ 40, 1988) が観測されているのではと考える。講演では、回転視線速度、本来の輝度分布復元結果などを説明したい。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#) [スケジュール \(全体\) に戻る](#) [講演者索引 TOP に戻る](#)

S04a X線と赤外線強度相関を使う新手法で解き明かす AGN トーラス構造

坂本雄哉、野田博文、山田智史 (東北大)、川室太希 (大阪大)、小久保充 (NAOJ)、峰崎岳夫 (東京大)

銀河の中心には超巨大ブラックホール (SMBH) が存在し、質量降着により誘発される SMBH の成長期である AGN では、一般にダストトーラスが形成される。統一描像では、全ての AGN が同一の構造を持つことが前提とされ、トーラスが中心を取り囲むことで、広輝線が見えるか否かで 1 型と 2 型に分類される (e.g., Antonucci 1993)。近年、赤外線干渉計で近傍の AGN でトーラス内縁部の空間分解が進みつつあるが (GRAVITY Collaboration 2022, 2024; Gámez Rosas et al. 2022)、1 型と 2 型で同一の構造を持つかどうかは未だによく分かっておらず、近傍の AGN に限定されずにトーラス構造を探ることができる手法が求められている。

本研究では、トーラス内縁部の構造を調べるためにダスト反響マッピングに着目する。従来では、この手法は降着円盤からの可視光が見える 1 型のみに用いられ、トーラスが可視光を吸収する 2 型には適用できなかった。そこで我々は、可視光と X 線の強度変動が同期することを考慮し、X 線と近赤外線の組み合わせを用いた。実際に、Noda et al. (2020) が 2 型の NGC 2110 に適用し、赤外線の時間遅延を決定した。本研究ではこの手法を複数の AGN に系統的に適用する。14–195 keV 帯域で明るい、20 個のセイファート銀河に対して、X 線全天観測装置 Swift/BAT、MAXI と赤外線全天観測装置 WISE のデータから光度曲線を作成した。相互相関解析を行った結果、NGC 4151 (1 型) で ~ 70 日、NGC 4388 (2 型) で ~ 100 日など 11 天体で時間遅延の測定に成功した。これにより、X 線と近赤外線の組み合わせがトーラス内縁の半径の測定に有効であることが確認できた。さらに、1 型を系統的に調べた Lyu et al. (2019) と比較した結果、赤外線の時間遅延と AGN 光度の関係は 1 型と 2 型で有意な差が見られなかった。これは、1 型と 2 型のトーラス内縁半径に大きな違いがないことを示唆する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

S05a 電波銀河 NGC1052 の SO 吸収線で調べるジェットとトーラスの衝突現場

澤田・佐藤 聡子 (大阪公立大)、亀野誠二 (NAOJ/JAO)、川勝望 (呉高専)、KVN チーム

NGC1052 は明るい双極ジェットを持つ近傍電波銀河で、その中心核領域には巨大ブラックホールを取り巻く分子ガスや電離ガスがトーラス状に分布することが報告されている。この銀河ではトーラスを構成する高密度物質がジェット幅の拡大を抑制し、このことがジェット収束機構に寄与していると推測されている。ALMA 観測により、NGC1052 中心部では硫黄化合物 SO や CS を含む多くの分子吸収線が検出されてきた。これらの硫黄化合物はダスト粒子表面で生成された後、トーラス表面の物質とジェット間の衝突に伴う加熱によってダストから蒸発し、吸収線として観測されると説明された (Kameno et al. 2023)。

本研究では、トーラス内の硫黄化合物蒸発の場所を特定するため、韓国 VLBI 観測網 KVN を用いて 129 GHz SO 吸収線の分布を 0.08 pc の空間分解能で調査した。観測の結果、約 700 km/s に及ぶ広い速度範囲内に 3 つの異なる速度成分を検出した。特に、銀河系統速度から約 400 km/s 青方偏移した速度成分は本観測により初めて確認された。また SO 吸収線の空間分布は遠ざかるジェットの根元に最も近い箇所に集中することが示された。このことは、SO 同様トーラスの構成物質である HCN 及び HCO⁺ 吸収線の空間分布 (Sawada-Satoh et al. 2016, 2019) とは異なる観測的特徴である。すなわち SO 分子はトーラス内においてジェットとの衝突の影響を受けやすい場所に付随し、遠ざかるジェットからの背景光を受ける箇所で SO 吸収線が観測されると解釈できる。加えて、SO 吸収線の幅広い速度範囲は、中心への降着やアウトフローなど複数の異なる運動がこの場所に存在することを示唆する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

S06a NGC 1275 中心 10 pc スケールでの分子ガス検出

小島諒也 (東京大学・国立天文台)、永井洋 (国立天文台)、藤田裕 (都立大)、川中宣太 (都立大)、中西康一郎 (国立天文台)、奥田武志 (国立天文台)、泉拓磨 (国立天文台)

活動銀河核 (AGN) は、その強い放射やジェットにより、周囲のガスを加熱して銀河進化を抑制する AGN フィードバックを引き起こす。そのエネルギー源は、ガス降着に伴う重力エネルギーの解放であり、AGN フィードバックの理解には、質量降着プロセスの解明が必要である。しかし、AGN における主要な燃料供給源が何であるかについては、依然として明らかになっていない。銀河団中心銀河では、従来、銀河団中に広がる高温プラズマガスの球対称定常な降着 (Bondi 降着) が主要な燃料供給源と考えられていた。しかし、近年の研究では、銀河団中心銀河において大量の分子ガスが検出されており、分子ガス降着の重要性が指摘されている。ペルセウス座銀河団中心に位置する NGC 1275 は、AGN を有する巨大楕円銀河であり、kpc スケールの分子ガスフィラメント (Lim et al. 2008) および、中心付近に存在する分子ガスの核周円盤が観測されている (Nagai et al. 2019)。さらに、これらの構造が力学的に接続されていることが確認されており、kpc スケールから 100 pc スケールに渡る分子ガスの供給が示唆されている (Oosterloo et al. 2023)。本研究では、同天体に対し、ALMA を用いて、高空間分解能 (~ 10 pc) で HCN(3–2)、HCO⁺(3–2) 輝線を観測し、中心ブラックホールの重力影響が強く及ぶ Bondi 半径内に分子ガスを検出することに成功した。その結果、分子ガスの質量は、同領域に存在する高温プラズマガスの質量に比べて少なくとも 10³ 倍多いことが明らかとなった。このことは、AGN への燃料供給において分子ガスが支配的な役割を果たしている可能性を示唆する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

S07a Resolving the parsec-scale radio structure and kinematics of NGC 1068 with EVN-MERLIN and ALMA

萩原喜昭 (東洋大学)、今西昌俊 (国立天文台)、Philip Diamond (SKAO Director-General)

活動銀河核 (AGN) は、超巨大ブラックホール (SMBH) への質量降着によって強い放射を放つ天体であり、AGN 統一モデルでは、その周囲を取り囲むトーラス状の高密度分子ガスや塵が、観測される性質の違いを統一的に説明するとされている。近傍の AGN である NGC 1068 (距離約 13.5 Mpc, 0.01 秒は約 0.65 pc に相当) は、統一モデル検証における代表的天体であり、AGN の中心核 (電波連続波源 S1) の周囲を取り囲む回転分子ガストーラスの存在が報告されている (Imanishi et al. 2018, 2020)。NGC 1068 の分子ガストーラスの 2pc より内側は、1pc スケール以下で分布する H₂O メーザーが示す回転ガス円盤と回転方向が一致しており、両者の連続性から、SMBH に物質が効率的に落ち込み、NGC 1068 が明るい AGN として観測される事実を説明する。S1 から北東約 0.3 秒角の位置にある電波ジェットの本質成分 C 付近では、OH と H₂O メーザーの存在が知られる。ALMA による約 0.02 秒の分解能で、成分 C にリング状に分布する HCO⁺(3-2) 輝線が撮像されており (Hagiwara et al. 2024)、ジェットと周囲の分子ガスとの相互作用によって励起された進行中の衝撃波構造をトレースしていると考えられる。我々は、European VLBI Network (EVN)-MERLIN による 1.7GHz 帯の約 0.02 秒分解能の観測により、中心核近傍の電波連続波源と C 付近の 1665/1667 MHz 帯 OH メーザーの撮像を行った。VLBI の空間分解能では初めて 1.7GHz 帯で検出された S1 が強い吸収を受けていること、C 付近の HCN(4-3) 輝線をより高い分解能 (約 0.015 秒) で ALMA で検出したこと、OH メーザーの解析結果に関して報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

S08a 超高光度赤外線銀河 (ULIRGs) の近赤外線放射時間変動の系統的探索

波多野駿 (総合研究大学院大学)、今西昌俊 (国立天文台)、桐原崇亘 (北見工業大学)、山本卓、仲宇星 (ZHONG Yuxing; 早稲田大学)、祝程浩 (ZHU Chenghao; 東京大学)

超高光度赤外線銀河 (ULIRGs) は、赤外線で極めて明るい (赤外線光度; $L_{\text{IR}} > 10^{12} L_{\odot}$) 天体であり、激しい星形成や活動銀河核 (AGN) がダストに覆われた天体だと考えられている。ULIRGs の熱いダストは撮像観測から $\lesssim 100$ pc のコンパクトな領域に分布することが示唆されていたものの (e.g., Soifer et al. 2000, Imanishi et al. 2011)、熱いダストの典型的な空間スケールは不明であった。

本研究では、WISE 衛星が取得した W1 バンド (3.4 μm) および W2 バンド (4.6 μm) バンドの時系列データを用い、ULIRGs カタログ (Nardini et al. 2010) に含まれる天体について光度変動を系統的に探索した。結果、 > 10 天体の ULIRGs で半年から数年スケールの時間変動を検出した。時間変動を示す ULIRGs は、その変動のタイムスケールから熱いダストが $\lesssim 1$ pc という極めてコンパクトな領域に分布していることが示された。さらに、変動を示した天体に対して可視光輝線診断による銀河分類を確認したところ、Seyfert 銀河に分類されるものがある一方で、H II 領域や LINER 銀河と分類される天体、IRAS 01003-2238 および UGC 05101、も存在することがわかった。この 2 つの天体は X 線観測や赤外線分光/撮像観測により埋もれた AGN の存在が示唆されている天体 (e.g., Imanishi et al. 2003, 2007; Nardini et al. 2010; Oda et al. 2017; Efstathiou et al. 2022) であり、近赤外線時間変動解析が、可視光輝線診断で見逃される埋もれた AGN を効率的に発見する手法となり得ることを示している。本講演では、時間変動を示す ULIRGs の割合についても議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

S09a アンテナ銀河におけるミリ波連続波の時間変動探索

小麦真也 (工学院大学)、斉藤俊貴 (静岡大学)、中西康一郎 (国立天文台)、前田郁弥 (大阪電気通信大学)、長嶋悠月 (総合研究大学院大学)、徳田一起 (香川大学)

銀河衝突では角運動量輸送を通したブラックホールへのガス供給によって、活動銀河核 (AGN) の発現が誘発されることが予想される。大規模なサーベイ観測からは、衝突銀河が孤立銀河より高い頻度で AGN を有することが知られている。一方で、衝突のどの段階で、どのような規模で通常の銀河核が AGN へ変貌するのかはほとんど知られていない。

アンテナ銀河 (NGC4038/9) は典型的な衝突中期の銀河であり、多くのガスが銀河核および衝突領域に分布し、スターバーストを起こしている。これまでの赤外分光、X 線を含めた多波長観測からは AGN は発見されていない。もし発現したばかりの AGN があるとすれば、Broad Line Region 近傍から発した電波連続波は短い (1 ~ sev100day) 時間変動を示すことが予想される。我々は ALMA の 3mm 帯を用いて、アンテナ銀河全体を ~ 10 pc の分解能で観測した (PI 斉藤)。観測は 2ヶ月半にわたって、ほぼ毎日行われた。このため、1日程度の時間分解能で連続波の時間変動を探ることが可能である。全データを execution ごとに解析した結果、各 execution のノイズは典型的には $10 - 20 \mu\text{Jy}/\text{beam}$ であり、各連続波源について S/N が 5 ~ 15 程度で時間変動を追うことができた。本講演では、衝突領域および南側銀河における 3mm 連続波の分布と、時間変動の兆候およびそこから見積もられる連続波源のサイズについて議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

S10b 自己相似磁気リコネクション・モデルの相対論化に向けて：状態方程式の影響

新田伸也 (筑波技大), 近藤光志 (愛媛大), 銭谷誠司 (オーストリア宇宙科学研究所)

磁気リコネクションは、プラズマ中での普遍的なエネルギー変換過程として広く受け入れられており、今日では多種多様な天体現象への応用が進められている。しかし、基礎となる理論モデルについては、半世紀以上前のリコネクション研究黎明期に提唱された Petschek モデルなどが未だ検討不十分なままに应用されているように見受けられる。講演者は、天体現象への応用に相応しい新たな磁気リコネクションモデル (自己相似モデル) の構築を進めてきた。非相対論モデルの構築は一定の目標達成を見た (Nitta+01, 02, 16, Nitta 04, 06, 07, 10, Nitta & Kondoh 19, 21, 22)。現在はブラックホール磁気圏への応用を目論見、相対論モデルへの拡張に挑戦している。

磁気リコネクション研究に於ける相対論化には複数の意味が含まれている: 1) プラズマ波動伝播の典型速度である Alfvén 速度が光速に近づく ($V_A \rightarrow c$, 強磁場極限に相当) 2) ポリトロープ指数 (比熱比) が $4/3$ に近づく ($\gamma: 5/3 \rightarrow 4/3$, 高温極限に相当)、など。今回は、ポリトロープ指数を小さくする場合の影響を OpenMHD コード (非相対論) でのシミュレーションにより重点的に調査したので報告する。

1) と 2) は別の極限であるので、それぞれの影響を分離して理解したい。今回は、Alfvén 速度は光速よりも十分小さいまま、ポリトロープ指数を非相対論極限の $5/3$ から漸減させる方針を採用する。しかし、シミュレーションに於いては、相対論コードで光速よりも十分小さな Alfvén 速度を扱うことは計算を困難にしてしまう。そこで、まず非相対論コードでポリトロープ指数を漸減させる。状態方程式を軟化させることでの磁気リコネクション・システムの構造とリコネクション率の変化に注目して議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

S11b 磁気流体乱流のシミュレーションに基づいた宇宙線伝播計算 (2)

石崎渉, 木村成生, 榎山和己 (東北大学)

我々は、活動銀河核の降着円盤における宇宙線生成の理解を目指して、乱流磁場中での宇宙線の伝搬を、降着円盤の MHD シミュレーションに基づいて計算する手法の開発に取り組んでいる。本講演は、その前段階として取り組んでいる、人工的に励起した乱流のボックスシミュレーションの結果を用いた宇宙線の伝搬計算に関する報告である。

乱れた磁場を伴うプラズマ中における非熱的荷電粒子、すなわち宇宙線の運動は、その伝搬過程のみならず加速過程および加速源からの逃走過程においても本質的である。宇宙線とプラズマ中の乱流の相互作用は、典型的に宇宙線の gyro 半径によって特徴づけられる。gyro 半径の大きさは粒子のエネルギーに比例し、磁場に反比例するため、宇宙線が相互作用するプラズマの乱流のスケールは、宇宙線のエネルギーとプラズマの磁場に依存する。したがって、MHD シミュレーションの結果を用いて宇宙線と乱流の相互作用を計算するためには、宇宙線のエネルギーごとに、シミュレーションのデータから gyro 半径程度のスケールの情報を適切に抜き出してモデル化するという必要がある。また、MHD シミュレーションは、計算機資源の有限性から、小スケールの構造の解像に限界がある。そのため、十分エネルギーの低い宇宙線に対しては、グリッドスケール以下の乱流の性質に対して、現象論的なサブグリッドモデルを構築する必要がある。本講演では、まずこれらの現象論的モデル化に関する具体的な定式化と計算手法について述べ、実際に宇宙線の伝搬計算を行った結果を報告する。さらに、今後の発展として、本現象論的モデルの較正法についても議論したい。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

S12c 高光度赤外線銀河 Zw049.057 が示す近赤外線放射時間変動の兆候

波多野駿 (総合研究大学院大学)

Zw049.057 は、赤外線で見える (赤外線光度; $L_{\text{IR}} = 10^{11.27} L_{\odot}$) 高光度赤外線銀河 (LIRG) である (Sanders et al. 2003)。LIRGs には活動銀河核 (AGN) の存在するものが知られており、Zw049.057 においても埋もれた AGN の存在する可能性が検討されているが、可視光輝線比と赤外線輝線の等価幅による輝線診断はどちらも Zw049.057 を星形成銀河と判定している (Veilleux et al. 1995; Imanishi 2006)。近年 Aalto et al. 2015 が ALMA の高分解能観測で、励起した分子輝線 (HCN-VIB 輝線) が $\lesssim 100$ pc のコンパクトな領域に分布することを示したが、与えた空間スケールの上限が弱いことが一因で、AGN の同定には至らなかった。

本研究では、Zw049.057 のコンパクトな赤外線放射領域の典型的な空間スケールにより強い制限を与えることを目的に、WISE 衛星 が 2010 年から 2024 年にわたって AllWISE と NEOWISE ミッションで取得した W1 バンド ($3.4 \mu\text{m}$) および W2 バンド ($4.6 \mu\text{m}$) の時系列測光データを用い、Zw049.057 の明るさの変動を年スケールで調べた。AllWISE と NEOWISE それぞれの single exposure (L1b) source table カタログから月や宇宙線等の影響を取り除いた測光値を 24 エポック分取得し、エポック間の測光値を比較した結果、W1 バンドと W2 バンドがそれぞれ約 14 年間で約 0.14 等と約 0.20 等減光している兆候を確認した (2.6σ と 4.4σ)。この減光の存在を仮定すると、コンパクトな赤外線放射領域の空間スケールは数 pc 以下であることが示唆される。ポスターでは、コンパクトな赤外線放射領域と広がった銀河成分を同時に考慮した測光の結果を報告し、Zw049.057 における近赤外線変動の検証とその物理的起源について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

S13a 近傍セイファート銀河におけるガンマ線放射への活動銀河核円盤風の寄与

坂井延行, 井上芳幸 (大阪大学)

Fermi 宇宙ガンマ線望遠鏡により、これまでに 3000 個を超える活動銀河核から GeV ガンマ線が検出されている (Abdollahi et al. 2022)。従来、これらのガンマ線は相対論的ジェットに起因すると考えられてきたが、近年では相対論的ジェットを持たないセイファート銀河からの検出も報告されている。とくに Ajello et al. (2021) によるスタッキング解析では、高速な円盤風 ($v \sim 0.1c$) を伴うセイファート銀河からの GeV ガンマ線放射が 5.1σ の有意性で検出され、円盤風が有力な放射機構である可能性が示唆されている。一方、母銀河における星形成活動や弱いジェット活動も放射に寄与しうするため、セイファート銀河における主な放射機構は依然として明らかではない。

本研究では、セイファート銀河におけるガンマ線放射が円盤風に由来するという仮説を理論的に検証する。我々は、円盤風と星間物質の相互作用に基づく多粒子放射モデルを構築しており、すでにセイファート銀河 GRS 1734-292 のスペクトルの再現に成功している (Sakai et al. 2025; 2024 年秋季年会 [W38a])。本研究ではこのモデルを GeV ガンマ線が検出されている近傍セイファートに拡張し、近傍セイファートのガンマ線放射を円盤風モデルで説明するために必要な運動エネルギー・磁場・年齢・ガス密度の詳細な解析について報告する。また本講演では、将来の高分解能電波望遠鏡による放射領域の空間分解、TeV ガンマ線および TeV-PeV ニュートリノ望遠鏡による検出可能性、さらに円盤風が宇宙背景放射に及ぼす寄与についても議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

S14a 活動銀河核観測に基づく超巨大ブラックホール連星系の重力波検出予測

草壁克典, 井上芳幸, 豊内大輔 (大阪大学)

将来的に Pulsar Timing Array (PTA) や Laser Interferometer Space Antenna (LISA) は、それぞれ nHz と mHz の周波数帯域において、個々の超巨大ブラックホール連星系 (SMBHB) からの重力波を検出すると期待されている。これらの検出率の予測は、観測計画の推進において重要な指標となるが、従来の推定は銀河合体に基づく準解析モデルや、宇宙論的シミュレーションによる合体頻度分布に依拠するものであった。しかし、これらのモデルは巨大ブラックホールが駆動する活動銀河核の観測に基づくものではなく、銀河形成に基づく間接的な推定に留まるという課題があった。

先の年会にて、我々は 2 つの活動銀河核が対をなすペア活動銀河核に対する最新の観測結果及び活動銀河核の X 線光度関数を統合した SMBHB の分布モデルを提案し、これに基づく背景重力波の評価を報告した (2024 年秋季年会 [S05a])。本研究では、前述の SMBHB 分布モデルに基づき、将来的な重力波観測機関における検出率の評価を新たに試みた。対象とした観測は Square Kilometre Array を用いた PTA (SKA-PTA) および LISA、TianQin、Taiji といった宇宙重力波干渉計であり、各観測機関の信号雑音比を評価することにより検出可能な SMBHB のサンプリングを行った。その結果、LISA などの干渉計では年間あたりおよそ $1-2 \text{ yr}^{-1}$ の検出率が期待される一方、SKA-PTA による約 10 年間の継続観測で $100-1000 \text{ yr}^{-1}$ 程度の検出率を見込むという示唆を得た。本講演では、我々のモデルに基づく予測と従来の検出率評価との比較を通じて、将来的な重力波観測の展望について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

S15a 多波長モニターおよびスペクトル解析によるブレーザー TON599 の変動メカニズム推定

赤井嵩由, 深澤泰司, 川端弘治, 中岡竜也, 今澤遼 (広島大学)

活動銀河核 (AGN) のうち、相対論的ジェットがほぼ視線方向を向いている天体はブレーザーと呼ばれる。ブレーザーは、電波からガンマ線に至る広範な波長帯で強い放射を示し、その時間変動はジェット内の衝撃波や磁気リコネクションなどの物理過程で説明されている。これらのモデルでは、ジェット内部の磁場構造の変化が放射特性に大きく影響すると考えられており、各波長帯における光度変動、偏光、スペクトルの時間的変化を比較・解析することは、変動の物理的起源を探る上で重要である。TON 599 は代表的なブレーザーの一つであり、過去の研究においてもガンマ線と可視光線との非線形な関係性が報告されている (Rajput et al. 2023)。

我々は、2023 年以降に活発な活動を示している TON 599 に対し、Fermi 衛星およびかなた望遠鏡を用いて、赤外線からガンマ線に至る多波長モニター観測を行った。2023 年 12 月から 2024 年 7 月にかけて取得したデータに基づき、変動の特徴に応じて観測期間を 4 つに分類し、それぞれの期間について詳細な解析を行った。その結果、A. 静穏期、B. ガンマ線の変動を伴わない可視光の単独増光 (同期間中における可視光の最大光度)、C. ガンマ線のみ顕著な増光 (ガンマ線での最高フラックス)、D. ガンマ線・X 線・可視光における同時増光、という 4 つの異なる変動パターンが明らかとなった。さらに、Fermi のスペクトル解析の結果、B の期間ではガンマ線スペクトルの軟化が確認され、広帯域スペクトルフィットからは、磁場の増強や電子エネルギー分布の軟化といったジェット環境の変化が関与している可能性が示唆された。本講演では、これらの変動の特徴と放射領域の物理環境との関係について、可視光偏光観測の結果も含めて議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

S16a アルフベン超放射による Blandford-Znajek エネルギーフラックスへの補正

野田宗佑 (都城工業高等専門学校), 高橋真聡 (愛知教育大学)

相対論的ジェットのエネルギー源として、ブラックホールの回転エネルギーが重要な役割を果たしていることが広く認識されている。特に Blandford-Znajek (BZ) 機構は、定常かつ軸対称な磁気圏においてブラックホールの回転エネルギーが磁場を通じて抽出される機構であり、ブラックホール磁気圏研究の中核をなすパラダイムである。しかし、現実のブラックホール磁気圏は定常とは限らず、数値シミュレーションが示すように、擾乱によって磁気圏内に波動が励起される。こうした波動がブラックホールの回転エネルギー抽出に与える影響、すなわち磁気超放射は、従来の BZ 機構に対する補正として無視できない可能性がある。

本研究では、電磁場が支配的でプラズマ慣性が近似的に無視できる Force-Free 近似のもと、ブラックホール磁気圏に線形摂動を与えて励起される波動の振る舞いを解析的に調べた。Force-Free 磁気圏には磁気音波とアルフベン波の2つの波動モードが存在する。本講演では、磁力線に沿って伝播するアルフベン波が、BZ 機構により記述される定常的エネルギーフラックスに補正を与えることを紹介する。得られたフラックスの表式は、BZ 機構とアルフベン波によるエネルギーフラックスが共通の係数でまとまった形をしており、両者が協働する条件が明らかになった。この結果により、従来別々に扱われてきた定常的な BZ 過程と、波動による動的なエネルギー抽出過程が統一的に理解できる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

S17a 磁場・電子密度の動径依存性を考慮した AGN コロナミリ波放射モデルの構築

浜本百夏, 井上芳幸 (大阪大学)

近年、活動銀河核 (AGN) の降着円盤上空に存在するコロナ (高温プラズマ領域) の物理状態を探る手段として、ミリ波帯における連続波観測を用いたコロナシンクロトロン放射の研究が進展している。これまでの研究では、one-zone 球対称構造を仮定し、コロナの非熱的電子の存在や磁場強度の推定が行われてきた。しかし、観測の進展に伴い、ミリ波帯でスペクトル指数 $\alpha = 0.5 \pm 1.2$ のフラットなスペクトルを示す AGN (例: Kawamuro et al. 2022) が確認されるようになり、従来の one-zone モデルでは再現が困難な事例が現れてきている。加えて、X 線偏光観測の最新結果から、球対称コロナという仮定そのものの再検討が求められており、より複雑な幾何構造を考慮したモデルの必要性が高まっている。本研究では、slab 型コロナ構造を採用し、磁場強度・電子密度・温度に動径方向依存性を導入した新たなモデルを構築した。そして、磁場強度・電子密度・温度のいずれもが動径 r に反比例する ($\propto r^{-1}$) と仮定した場合、各半径におけるシンクロトロン自己吸収の重ねあわせによって、観測されるフラットなスペクトルを再現できることを示した。本発表では、コロナ構造によるスペクトル形状の違いに関する理論的議論とともに、構築したモデルと実際の観測データとの比較結果について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

S18a 非等方な非熱電子モデルがもたらす Limb-brightening (縁部増光) ジェット

Yuh Tsunetoe, Dominic Pesce, Ramesh Narayan, Daniel Palumbo (Harvard University), Andrew Chael, Zachary Gelles, Eliot Quataert (Princeton University), Charles Gammie (University of Illinois)

M87をはじめとする活動銀河核ジェットの電波干渉計による観測では、ジェットの両端が明るく輝く「縁部増光 (limb-brightening)」という特徴が検出されている。一方で理論モデルはこの観測特徴の再現に難航しており、超大質量ブラックホール (BH) 直近から銀河外まで伸びるジェットをグローバルに説明可能な描像には至っていない。本研究はこの問題を解決するため、非等方性を組み込んだ非熱的シンクロトロン電子モデルを提案する。ここで我々は、プラズマ粒子シミュレーションから提示されるように、磁場に沿った向きに指向性を持つような速度分布を導入した。この電子分布に基づいたシンクロトロン輻射を一般相対論的磁気流体力学 (GRMHD) モデルと force-free 電磁気学 (GRFFE) モデルに実装し、様々なスケールと波長で輻射輸送計算を行った。ここでは Poynting フラックスに比例したエネルギーがジェット中の非熱電子に注入され、シンクロトロン冷却により屈折したべき乗分布が与えられる。M87 についての計算の結果、らせん状磁場に平行な向きの強いシンクロトロン放射が、BH 地平面付近から銀河外スケールまで limb-brightening ジェットを再現することがわかった。加えて我々は、ngEHT (next-generation Event Horizon Telescope) や BHEX (Black Hole Explorer) の将来計画に基づいた理論予測を行った。これらの観測においてはジェットの詳細構造が分解され、磁場構造や加速プロファイルから BH スピンの決定や Blandford-Znajek 機構の検証が期待される。さらに GRMHD/GRFFE のスケール不変性から、このモデルは多様な天体に応用可能であり、活動銀河核ジェットの統一描像の礎となることが期待できる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

S19a 3次元放射輸送計算による clumpy な超高速アウトフローのスペクトルモデルの構築

K. Fujikawa, K. Hagino, R. Sato, T. Iwata (U. of Tokyo), H. Odaka (Osaka U.), E. Behar (Technion), F. Tombesi (Tor Vergata U.), J. Reeves (Catholic U.), L. Gallo (Saint Mary's U.), M. Mizumoto (U. of Teacher Education Fukuoka), P. Condò (Tor Vergata U.), R. Boissay-Malaquin (UMBC, NASA/GSFC), Y. Xu (Saint Mary's U.), A. Bamba (U. of Tokyo)

ブラックホール (BH) と銀河の共進化を解明するためには、BH 降着円盤から放出される超高速アウトフロー (UFO) の幾何構造を理解し、UFO が銀河に供給するエネルギーを見積もることが重要である。これにより、UFO が銀河進化に与える影響を定量的に評価できる。2023 年に打ち上がった X 線観測衛星「XRISM」は、従来の衛星より高い分解能 (7 eV 程度) を誇り、クエーサー「PDS 456」の観測から、5 種類の速度を持つ clumpy な UFO の構造を明らかにした (XRISM collab., 2025)。ここで、従来使われてきた単純な 1 次元放射輸送計算では、clumpy な構造を持つ UFO において光子が複雑に相互作用を繰り返す過程を踏まえたスペクトルモデルを作成できない。このため、ベストフィットパラメータから、より詳しい幾何構造を正しく求められない。本研究では、モンテカルロ法に基づく 3 次元放射輸送計算コード「MONACO」(Odaka et al., 2011) を用いることで、clumpy な UFO の構造を反映した X 線スペクトルを計算した。我々は、XRISM による PDS 456 の観測データから得た推定結果を踏まえ、clump の直径 ($10 R_g$)、配置領域 (半径 $400 R_g$ – $600 R_g$ の半球上)、個数 (10 万個) を仮定し、 $0.2c$ – $0.3c$ 程度の 5 種類の速度を clump に設定した。計算の結果、観測データと同様の 5 つの吸収線を再現できた。本講演では、輝線構造の再現を目的としてより複雑なジオメトリを仮定した解析についても議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

S20a ドップラー効果を考慮した活動銀河核の X 線反射スペクトルモデルの開発

胡田蓮, 深澤泰司, 榎木大修 (広島大学), 小高裕和 (大阪大学)

2023 年 9 月に打ち上げられた X 線分光撮像衛星 XRISM に搭載されている Resolve 検出器はエネルギー分解能 ~ 5 eV と優れた性能を持ち、今後 X 線により活動銀河核周辺の状態を探る研究が活発化されることが予測される。活動銀河核の X 線放射はブラックホール周辺の降着円盤やトーラスによる吸収・反射の影響を受けるため、X 線スペクトル解析をする上で反射成分モデルが重要である。一方で MYTorus、XCLUMPY モデルなど既存の X 線反射成分モデルはジオメトリがある程度固定されている、ドップラー速度情報が入っていないなどの問題があった。また、近年活動銀河核トーラスはすり鉢型を持っているのではと考えられている (Kawaguchi & Mori 2010)。このような現状から本研究ではモンテカルロシミュレーションコード MONACO (Odaka et al. 2010) を用いて、ドップラー速度を念頭に入れつつ諸々の形状の反射体を考慮した活動銀河核 X 線反射モデルを構築して降着円盤やトーラスの物理状態を探ることを目的としている。

最初のステップとして、ドーナツ状のトーラスについて MONACO を用いて速度情報も入れて反射成分モデルの開発を進めている。これまでの X 線反射成分モデルは反射物質のジオメトリに関係なく輝線の幅を広げていたため、解析によって得られる速度の情報と反射物質の形状に整合性がなかった。そのため本研究ではシミュレーションにおいて反射物質上で光子が反応している位置からドップラー効果を自然幅とともにモデルに組み込む。また、モデルスペクトルのエネルギーのビン幅を Resolve 検出器のエネルギー分解能よりも細かくしつつファイルのサイズを抑えるため、輝線成分のみを取り出してエネルギーのビン幅が 1 eV のモデルスペクトルを開発する。本講演では、モデル開発の状況および活動銀河核の X 線スペクトルに適用した結果について報告を行う。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

S21a Sgr A* ミリ波帯周期的光度変動の強重力場輻射輸送モデルによる解釈

柳澤一輝, 岡 朋治, 有山 諒 (慶應義塾大学), 岩田悠平 (国立天文台), 高橋幹弥 (東京工業高等専門学校)

Sgr A* は、銀河系の中心核に位置する点状電波源であり、 $4 \times 10^6 M_\odot$ の超大質量ブラックホール (SMBH) が付随していると考えられている。これは、電波から X 線に渡って激しい光度変動を示し、特に赤外線および X 線で観測される数十分程度の継続時間を持つフレアは、SMBH 極近傍で発生する現象と推測されている。実際、VLTI/GRAVITY を用いた Sgr A* 赤外線フレア観測では、約 45 分の周期で数シュバルツシルト半径を周回運動するホットスポットが検出された。静穏時においても、ALMA による 230 GHz 光度に約 30 分の周期的変動が検出され、公転するホットスポットによるドップラービーミングに起因すると解釈されている (岩田他、日本天文学会 2020 年春季年会 S10a)。さらに我々は、ALMA Cycle 8 で取得されたデータから、230 GHz 光度に周期 52 分の鮮明な正弦波振動を検出した (柳澤他、日本天文学会 2025 年春季年会 S34a)。この正弦波振動を、SMBH を公転するホットスポットで解釈するならば、輻射輸送における相対論的效果は極めて小さいものと推測される。

今回我々は、観測された正弦波振動に特殊相対論的なドップラービーミングの公式をフィティングすることで得られたパラメータを用いて、SMBH を公転するホットスポットからの放射について一般相対論的輻射輸送計算を行い、光度曲線の再現を試みた。軌道傾斜角を 172° 、軌道半径を $4.1 r_g$ に固定し、ブラックホールのスピン及びホットスポット半径を想定される範囲で変化させた結果、いずれの場合でも正弦波からの乖離は非常に小さいことが分かった。この事は、 $4 \times 10^6 M_\odot$ の SMBH を 52 分で周回する円軌道にあるホットスポットについては、光度曲線に一般相対論的な効果がほぼ顕在化しないことを示唆している。本講演では、シミュレーションで再現された光度曲線と観測された正弦波を比較することで、ホットスポットモデルの妥当性について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

S22a 輻射圧優勢円盤の不安定性はコロナにより抑制されるか？

古野雅之 (京都大学), 川中宣太 (東京都立大学), 嶺重慎

標準円盤モデル (Shakura & Sunyaev, 1973) によれば降着円盤は質量降着率が大きくなると輻射圧優勢になり、熱不安定や粘性不安定を引き起こすことが知られている。一方、活動銀河核 (AGN) のスペクトルには降着円盤の熱放射に由来する成分とは別に冪型 X 線成分が存在することが知られ、これらの観測結果を説明するものとして円盤とコロナが層状に併存するモデルが考えられている。では、コロナが存在するとこの不安定性は抑制されるか、逆に強められるか？この問いに答えるため、我々は Liu et al. 2003 のコロナモデルを元に降着円盤の安定性を調べた。この先行研究は円盤で解放されたエネルギーがコロナまで輸送されそこで散逸すると考え、円盤-コロナ系のスペクトルエネルギー分布を求めたものである。今回の研究では、この相互作用を仮定して円盤の表面温度 T_{eff} を求め、その温度を再現するような円盤面密度 Σ を計算し、熱平衡曲線を描いた。

その結果、不安定となる降着率 $\dot{m}_{\text{crit}} (L_{\text{Edd}}/c^2$ で規格化、 L_{Edd} はエディントン光度) の値がブラックホール近傍で 1.8 倍程度高くなることが分かった。これは円盤に比べてコロナのエネルギー散逸率が著しく大きいので、円盤本体の温度の上昇が抑えられ、より高い降着率でも輻射圧が大きくなりすぎないためである。しかし円盤-コロナ系において $\dot{m}_{\text{crit}} \propto R^{0.23}$ (R は円盤半径) となり、標準モデルに対して R 依存性が低く、外側では逆により不安定となることが分かった。 $\dot{m}_{\text{crit}}$ の R 依存性が弱まる理由は、コロナへのエネルギー供給率が円盤のガス圧で制限されているためと推測される。以上より、コロナがあると不安定性はある程度抑制されるものの、円盤全体が完全に安定化するには至らないことが分かった。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

S23a コクーン力学から探る 3C 84 ミニジェットのプラズマ組成とその起源

川勝望 (呉高専), 紀基樹 (工学院大学/国立天文台)

活動銀河核 (AGN) から噴出する相対論的ジェットのパワーやプラズマ組成といった根本的な問題は未だ良く分かっていない。この問題はブラックホール極近傍での磁場強度や粒子加速の問題とも密接に関係する。最近、RadioAstron を用いた 5GHz の電波観測により、ペルセウス銀河団中心の 3C84 に付随したパーセクスケールの中心核から噴出するミニジェットとその先端のホットスポット全体を包み込むミニコクーン成分が初めて検出された (Savolainen et al. 2021)。2024 秋の年会の講演 (S06a) では、コクーン膨張力学に基づく方法 (e.g., Kino and Kawakatu 2005) に加えて、コクーン膨張速度が亜音速になる条件を考慮して、3C84 のミニジェットのパワーと周辺密度をそれぞれ評価した。これにより、コクーン内の全圧力に制限を付けることができた。

今回、我々はコクーン内での各成分 (電子、陽電子、陽子) の分圧から相対論的ジェットの組成に制限をつける方法 (Kawakatu, Kino, Takahara 2016) を 3C 84 のミニジェットに適用し、ジェットの陽子と電子数密度の比 (η) について調べた。結果として、 $\eta < 5 \times 10^{-3}$ となり、陽子と電子のみで構成される通常のプラズマジェットの可能性は排除され、大量の陽電子の混入が必要不可欠であることが分かった。さらに、ミニジェットからコクーンに定常的にプラズマが注入されることを考慮し、ブラックホール極近傍でのプラズマ数密度を見積もったところ、ジェット根元でのプラズマのペア数密度は $10^5 - 10^7 \text{ cm}^{-3}$ となった。本講演では、このような膨大な量のペアプラズマが生成される物理過程についても議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

S24a NANOGrav データに基づく M87 の仮想的第 2 ブラックホールの質量制限

紀基樹 (工学院大/国立天文台), 長島雅裕 (文教大), H. Ro (韓国天文研究院), Y. Cui (華中師範大学), 秦和弘 (名古屋市立大), J. Park (慶熙大)

2023 年 6 月、NANOGrav コラボレーションは、パルサータイミングアレイによる 15 年分の観測データから、背景重力波の存在を示唆する証拠を発表した。背景重力波の起源として有力視されているのが、巨大連星ブラックホール系による低周波重力波放射である。銀河の合体と進化に関する理論モデルによれば、近傍の巨大連星ブラックホールの方が、遠方のものよりも背景重力波への寄与が大きいことが示唆されている (例えば Enoki et al. 2004)。興味深いことに、近傍の超巨大ブラックホールとして知られる M87 において、東アジア VLBI ネットワーク (EAVN) による長期観測から、M87 ジェットの噴出方向が約 11 年周期で変化する歳差運動が発見された (Cui et al. 2023, Nature)。さらに、EAVN の観測データから、約 0.9 年周期の横方向の振動運動も報告されている (Ro et al. 2023, Galaxies)。

そこで本研究では、これらの周期運動が連星ブラックホール系の公転運動に起因していると仮定し、第 2 ブラックホールの質量が取り得る範囲について検討を行った。M87 の仮想ブラックホール連星系が満たすべき基本的な条件として、(1) M87 起源の重力波が NANOGrav で検出された背景重力波の強度を超えないこと、(2) ブラックホール同士がまだ合体していないこと、(3) 第 1 ブラックホールの軌道半径がその重力半径よりも大きいこと、の 3 点を設定した。これらの条件を考慮した結果、第 2 ブラックホールの質量は、第 1 ブラックホール質量 (約 6.5 億太陽質量) に対して、11 年の公転周期を仮定した場合で 0.7 % から 4.2 %、0.9 年の公転周期の場合で 3.7 % から 100 % の範囲となることが示された (Kino et al. 2025, ApJ)。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

S25a 固有運動で頻発するクェーサーマイクロレンズ現象

米原厚憲 (京都産業大学)

手前の銀河による強い重力レンズ効果を受けたクェーサーは多重像として観測されるが、個々の像では手前の銀河 (レンズ銀河) 内の恒星状天体 (レンズ天体) によるマイクロレンズ現象が起きる。この多重像クェーサーにおけるマイクロレンズ現象は、銀河系内のマイクロレンズ現象と比べて桁違いに遠方で起きるため観測的特徴が大きく異なり、マイクロレンズ現象の発生頻度が極めて高く、また増光の空間パターンは複雑である。期待される現象の増光の大きさやタイムスケールは様々であるため、観測結果は数値計算結果をもとに統計的に解釈することとなる。この時、時間変動の原因となるクェーサーとレンズ天体の相対運動は通常、クェーサーとレンズ銀河の相対速度のみを考慮し、レンズ天体の固有運動は無視するか、あるいは過去の研究に基づき相対速度を大きくすることで実効的に恒星の固有運動を取り入れるだけである。

本研究では、レンズ天体の固有運動を考慮したマイクロレンズ現象による増光の空間パターンの数値計算を網羅的に実行し、レンズ天体の固有運動の影響について再考を行った。その結果、クェーサーとレンズ銀河の相対速度を単純に増加するだけでは、増光の空間パターンのダイナミックな変形が適切に考慮されておらず、取扱いとして不十分であることを示す結果を得た。増光が大きくタイムスケールが長い、相対的に頻度の小さな現象では概ね従来の理解で正しいが、増光が小さくタイムスケールが短い現象の頻度が従来の予想と比べて大幅に増加すること、そして、固有運動を考慮した場合の違いは、実際の多重像クェーサーで期待されるようなレンズ天体の面密度において顕著になるほか、光源天体のサイズにも依存することが明かになった。これらの結果を紹介するとともに、従来の関連する観測結果の解釈に与える影響についても議論を行う予定である。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

S26a 単純アルベン波非線形効果によるプラズマ加熱における相対論的效果

小出眞路, 椎葉健登 (熊本大理)

太陽を含む G 型主系列星について星の放射照度と磁束のスケーリング則 (Toriumi and Airapetian 2022) は、太陽を含む G 型主系列星のコロナ加熱機構の共通性を示唆する。共通する加熱機構を考えるとすれば、星表面の詳しい状況に依存しない単純な機構であることが好ましい。日本天文学会 2024 年春季年会において、最も単純なアルベン波の非線形効果によるプラズマ加熱を理想電磁流体力学 (MHD) 数値計算の結果にもとづいて提案した。この数値計算により単純なアルベン波の非線形効果で自然と中間衝撃波が形成されプラズマが加熱されることを示した (小出、椎葉 2024)。これは散逸 MHD 数値計算により示されていた単純アルベン波の中間衝撃波の形成とプラズマ加熱 (Wu 1987) のような散逸機構を必要とせず、より広範囲に起こると考えられる。すなわち、この現象は太陽や星のコロナばかりではなく、ブラックホール周りの降着円盤のコロナでも起こる可能性がある。ブラックホールの近くでは磁場は非常に強くアルベン速度が光速に近くなっている場合が考えられ、相対論的效果が重要になってくる。

今回、相対論的理想 MHD 数値計算コードを用いて、相対論的に強い磁場 (プラズマの静止質量エネルギー密度が磁気エネルギー密度を超える場合) 中を伝わる単純アルベン波の伝播の非線形現象の相対論効果を調べた。ここで数値計算は HLL 法とラックス・ヴェンドロフ (LW) 法を用いた (LW 法には HLL 法にはない優れた点がある)。アルベン波の相対論的效果の強さに関わらず、中間衝撃波が形成されアルベン波による加熱が起こることが確認された。その熱化効率相対論的效果が影響することが数値計算により示唆される。本講演では、単純アルベン波による中間衝撃波プラズマ加熱の相対論的な効果について詳しく述べる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)S27a UNIONS Optical Identifications for VLASS Radio Sources in the Euclid Sky (UN-VEIL) I. A Catalog of $\sim 146,000$ Radio Galaxies up to $z \sim 5$

Yuxing Zhong, Ichikawa Kohei (Waseda U.), Hendrik Hildebrandt (Ruhr University Bochum), Stephen Gwyn (NRC-CNRC), Akio K. Inoue, Masafusa Onoue (Waseda U.), Masatoshi Imanishi (NAOJ), Taketo Yoshida (Ehime U.), Martin Kilbinger (CNRS) Thomas de Boer, Gregory S. H. Paek (U. of Hawaii), Yoshiki Matsuoka, Tohru Nagao (Ehime U.), Yoshiki Toba (Ritsumeikan U.)

We present the results of optical identifications for Very Large Array Sky Survey (VLASS) radio sources employing the Ultraviolet Near Infrared Optical Northern Survey (UNIONS). A cross-match between UNIONS and VLASS Epoch 2 catalogs yields 146,212 radio galaxies down to $r = 24.5$ mag over a wide area of $\sim 4,200 \text{ deg}^2$ in the northern hemisphere. We perform g -dropout selections and find $\gtrsim 200$ sources at $z \sim 4$ optimistically. Of 63,019 sources with valid photometric redshifts, 8,692 are at $z_{\text{photo}} \geq 1$ and 1,171 are at $z_{\text{photo}} \geq 2$. Based on spectral luminosities at 1.4 and 3 GHz using the valid UNIONS photo- z , we identify $\sim 49,000$ radio-loud AGNs (RLAGNs) with $L_{1.4\text{GHz}} > 10^{24} \text{ W Hz}^{-1}$, and all radio galaxies at $z \geq 1$ are RL. Adopting radio loudness instead, 138,266 out of 146,212 UNIONS-VLASS radio galaxies are RL. Thus, our catalog greatly increases the number counts of RLAGNs at $z > 1$. We further cross-match the UNIONS-VLASS catalog with Low-Frequency ARray Two-metre Sky Survey (LoTSS) at 144 MHz and Faint Images of the Radio Sky at Twenty-cm (FIRST) at 1.4 GHz, yielding 101,671 UNIONS-VLASS-LoTSS, 79,638 -FIRST, and 64,672 -LoTSS-FIRST sources, respectively. This multifrequency radio dataset reveals sources of various spectral shapes, including the steep spectrum of aged populations, the peaked spectrum of young populations, and the upturned spectrum that might be associated with transient sources. The UNIONS-VLASS radio galaxy candidates will be covered by the Euclid wide survey, bringing about legacy values to benefit multi-faceted studies related to radio galaxies and beyond.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

S28a Constraints on VHE gamma-ray emission of Flat Spectrum Radio Quasars with the MAGIC telescopes

Habib Ahammad Mondal (ICRR, The University of Tokyo), Pawel Gliwny (The University of Lodz), Giacomo Principe (INFN Trieste) et. al. on behalf of the MAGIC Collaboration

Blazars are a class of active galactic nuclei (AGN) where the relativistic jet is pointed towards the observer. They are powerful sources of non-thermal radiation from radio to Very high energy (VHE) gamma-rays. Flat Spectrum Radio Quasars (FSRQs) are a subclass of blazars where there are broad absorption or emission lines present in the optical spectra. The observed properties of FSRQs are strongly affected by the magnetic field in the accretion disk which changes the UV emission of Broad Line Region (BLR) and infrared emission from the Dusty Torus. While many (774 as reported in 4FGL-DR2 catalogue) FSRQs have been detected at high energies ($E > 100$ MeV), only a few (10 as of now) could be detected at very-high energies (> 100 GeV). In this work, we present observations of nine FSRQs performed by the MAGIC telescopes between 2008 and 2020 with a total observation time being 174 hours. For two of the sources, CTA102 and B2 2234+28A, we include observations from the *Fermi*-LAT, *Swift*-UVOT, *Swift*-XRT and KVA (Kungliga Vetenskapsakademien). The multi-wavelength spectra for these sources show hints of absorption. We also modelled the broadband emission of the sources to look for signatures of absorption of VHE gamma-ray emission in the BLR region.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

S29a Study of Active Galactic Nuclei using Water Vapor Masers

Deepshikha, Naomasa Nakai, Masumichi Seta (Kwansei Gakuin University), Madoka Yamazaki (University of Tsukuba), Aya Yamauchi (National Astronomical Observatory of Japan), Jean-Marc Hure (Universite de Bordeaux, France)

Water vapor megamasers at 22 GHz provide a unique opportunity to probe the dynamics of circumnuclear disks in active galactic nuclei (AGNs) at sub-parsec scales. We present a uniform analysis of 23 megamaser-hosting AGNs using high-resolution VLBI data from the literature. These maser systems exhibit spectrally and spatially resolved emission from nearly edge-on disks, enabling precise modeling of their rotation curves. To disentangle the gravitational effects of the central black hole from the surrounding molecular disk, we employ a two-component mass model, an extension of the Keplerian model by adding a disk term with a Mestel surface density profile. By fitting position-velocity diagrams with this model, we derive updated black hole and disk masses for all sources. Our results show that while some AGN disks closely follow Keplerian motion, others exhibit sub-Keplerian rotation, indicating non-negligible disk mass contributions. For these systems, we find significant deviations between our black hole mass estimates and previously reported enclosed masses, demonstrating the importance of accounting for extended mass distributions. We also examine the structural properties of the maser disks, including surface density profiles, scale heights, and Toomre Q stability parameters. This study provides revised black hole masses and insights into disk stability, contributing to a deeper understanding of AGN central engines and the conditions that support maser emission.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

S30a 中心性極端 2 重星型超巨大ブラックホールの Jet 形成機構—M87 銀河の場合

大家 寛 (東北大)

AGN に関する Jet 形成の研究史に於いて、基本的概念は単独の超巨大 BH の自転とそのエネルギーを発生源とされてきた。本研究は天の川銀河中心 BH が中心性極端 2 重星型超巨大 BH (ECB-SMBH) である観測結果 (2019, doi. 10.33140/EESRR.05.04.05) を出発点として、M87*においても、観測電波像、(Miyoshi et al.(2022), ApJ, 933,36 及び Lu et al.(2023),Nature, 616, 686) から ECB-SMBH の存在を結論して来た (Oya,2024, doi.10.33140/ATCP.07.02.11)。それは、42 億倍 (A) と 22 億倍 (B) 太陽質量を持つ SMBH より成り、周期 133.8 日で周回し合っていて、BH (B) は半径 9.67×10^{15} cm の軌道を速度 0.15c で運航し、降着円盤の外縁となる進行フロントにはバイナリーの共通降着円盤との間で衝撃波を形成する。この衝撃波フロントを滝状に流れ下るイオン流に主導されて生ずる下降電流帯では、接する共通降着円盤側に強い誘導電場が作用し、一帯から Jet 状にプラズマが噴射される。噴射プラズマは発射点の軌道運行速度成分とともに、垂直速度成分を得て、斜め方向に直線放射運動を初めるが、形成される Jet は発射源座標の円軌道を反映し、半径が時間経過に比例して拡大するスパイラルとして観測される。本研究では、Jet を構成するイオン流に主導されて起こるプラズマ中電流を主体に発生する局所磁場と、ローレンツ力を擁する電磁力学系を考慮し Jet 形態の変遷を追跡した。M87Jet の円筒型・円縁高輝現象が説明されると共に、最も特徴は円筒状 Jet 軸に鋭角方向に形どられる縞模様の間隔は ECB-SMBH の公転周期 134 日を直接反映している事が確認された。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

S31a AGN ポーラダストからの反射 X 線スペクトルモデルの作成、および NGC 4388 への適用

藤原寛太, 上田佳宏 (京都大学), 小川翔司 (ASAS/JAXA), 中谷友哉, 植松亮祐 (京都大学)

活動銀河核 (Active Galactic Nuclei; AGN) は超大質量ブラックホールと母銀河との共進化の謎を解明する鍵である。従来から AGN はダストを多く含むトーラスを持つことが示唆されてきたが、近年では、中間赤外線を用いた観測により、トーラスの垂直方向に、ガスと大量のダストを含むポーラダストと呼ばれる構造の存在が明らかになった。ポーラダストは赤外線や X 線のスペクトルに影響を及ぼすことから、従来のトーラスのみを考慮したモデル (e.g. CLUMPY, XCLUMPY) のアップデートが必要となっている。ダストのみの分布を反映する赤外線スペクトルモデルのアップデートは行われた (Ogawa et al. in prep.) が、ガスとダストを含む全物質の分布を反映する X 線スペクトルモデルのアップデートは発展途上である。

そこで我々は、モンテカルロ輻射輸送計算コード SKIRT を用いて、クランプ状トーラスにポーラダストを加えた構造からの反射 X 線スペクトルを計算し、新たなモデル (IMPACTX) を構築した。このモデルを、ポーラダストの存在が確認されている近傍の 2 型セイファート銀河 NGC 4388 に適用し、赤外線 SED および X 線スペクトルの双方を整合的に説明可能なモデルパラメータの制約を行った。本講演では、本モデルの構築手法の詳細を紹介するとともに、トーラスのみを考慮した XCLUMPY モデルとの比較を通じて、AGN の X 線スペクトル解析におけるポーラダスト成分の影響について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

S32a XRISM 衛星観測による Centaurus A の電離風解析

榎木 大修, 深澤 泰司 (広島大学), Junjie Mao (Tsinghua University, 広島大学), Jon M. Miller (The University of Michigan), on behalf of the XRISM Centaurus A team

活動銀河核 (AGN) には中心に巨大質量ブラックホール (SMBH) が存在すると考えられており、SMBH への質量の流入があると考えられている。その様な質量の流入がある一方で、ジェットや円盤風といった質量の流出があると考えられている。ジェットは光速の 99% に及ぶ流出速度を持っており、細く絞られ遠くまで伸びている。それに対して、円盤風は広い開口角を持っており、高い電離度と高い水素柱密度を持つ Ultra-fast outflow (UFO) などがある。UFO は主に 6-8 keV で、光速の 10% 以上の流出速度の blue-shift した吸収線として X 線スペクトル上に現れる。AGN の一種である電波銀河はジェットと円盤成分の両方が観測されうる天体であり、ジェットと円盤風の関係を調べるのに適した天体である。本研究では、XRISM 衛星による Centaurus A (Cen A) の高分解能 X 線スペクトルの解析結果を報告する。Cen A は最近傍の電波銀河であり、XRISM 衛星の PV 観測ターゲットの一つである。XRISM/Resolve のスペクトルでは、6 keV 以上のエネルギー帯域で、強い中性鉄輝線の他に、いくつかの電離輝線と吸収線が観測された。6.4-7.0 keV の帯域で、広がった輝線 (3000 km/s) と狭い輝線 (600 km/s) が見られた。これらの電離輝線は Fe XXV と Fe XXVI であり、2 成分の光電離輝線モデルでフィットできる。さらに、7.1 keV と 10.6 keV に吸収線構造が見られる。これらの吸収線は、それぞれ光速の 6% と 43% の流出速度を持つ 2 つの UFO として説明できる。本講演では、XRISM 衛星の観測により Cen A で見つかった光電離物質の物理的性質について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

S33a Resolving the Multiple Component Outflow in PG 1211+143 by XRISM

Misaki Mizumoto (UTEF), James N. Reeves (Catholic U.), Valentina Braitto (INAF), Chris Done (Durham U.), Kouichi Hagino (U. of Tokyo), Steven B. Kraemer (Catholic U.), Gabriele Matzeu (ESA), Hirofumi Noda (Tohoku U.), Mariko Nomura (Hirosaki U.), Shoji Ogawa (ISAS), Ken Ohsuga (U. of Tsukuba), Atsushi Tanimoto (Kagoshima U.), Tracey J. Turner (Eureka Scientific, Inc.), Yoshihiro Ueda (Kyoto U.), Satoshi Yamada (Tohoku U.)

Recent observations of the nearby quasar PDS 456 with the XRISM satellite have revealed that the absorption feature previously interpreted as a single broad line due to an ultra-fast outflow (UFO) is, in fact, a superposition of multiple narrow absorption lines with distinct velocities (XRISM collaboration 2025, Nature). This finding indicates the presence of a so-called “UFO forest” structure and suggests that the UFO exhibits a clumpy, inhomogeneous nature. In this study, we conducted XRISM observations of another nearby quasar, PG 1211+143, which similarly exhibits prominent UFO absorption features. Our analysis demonstrates that PG 1211+143 also has a UFO forest structure, analogous to that observed in PDS 456. Furthermore, simultaneous observations with XMM-Newton have revealed the presence of comparable UFO forest features in the soft X-ray band. In addition, the detected UFO components can be broadly categorized into two velocity groups, approximately 0.1c and 0.3c. In this talk, we discuss the implications of these results for the structure and launching mechanisms of AGN disk winds.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

T01a X線天文衛星「すざく」のデータを用いた Abell 399/401 銀河団間のフィラメント構造の解明

尾崎朝世, 山内茂雄 (奈良女子大学), 赤松弘規 (QUP/KEK&SRON)

銀河団は、数十から数千の銀河が重力的に束縛された、宇宙最大の緩和系である。その形成過程では、銀河群やサブ銀河団との衝突・合体によって衝撃波が形成され、重力エネルギーが熱的エネルギーへと変換される。このエネルギー変換機構としての衝撃波の理解は、銀河団の熱的進化を明らかにする上で不可欠である。衝撃波には、内部から外縁方向へ広がる赤道面衝撃波 (equatorial shock)、および外部から物質が流入する際に形成される降着衝撃波 (accretion shock) など複数のシナリオが存在し (Ha et al. 2018, ApJ, 857, 1, 26, Gu et al. 2019, Nature Astronomy, 3, 838)、それぞれ異なる物理条件と観測的特徴を示す。

本研究では、比較的近傍に位置し、衝突初期段階にあるとされる銀河団ペア Abell 399/401 を対象に、X線天文衛星「すざく」の観測データを用いて、日本天文学会 2025 春季年会 T07a 講演で報告した温度分布等に加え、新たに密度・圧力・エントロピーのプロファイルを導出した。その結果、中心から外縁にかけて温度が先に低下し、フラックスが後から減衰する空間構造が確認された。具体的には、衝撃波前後で温度は約 6keV から約 4keV へと低下、フラックスは最大値から 30~50% 程度の低下を示した。

本講演では、これらの解析結果に基づき、銀河団を結ぶフィラメント構造の起源について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

T02a 近傍銀河団を用いた Resolve と Xtend のレスポンスの軌道上校正

轟 潤奇, 須田 一功, 相原 樹, 松下 恭子, 小林 翔悟 (東京理科大), XRISM ペルセウスチーム, Abell 2319 チーム, PKS 0745-19 チーム

銀河団は宇宙で最も質量が大きいかつ重力的に緩和するシステムであり、その高温ガスからのX線放射は時間的に安定のため、衛星装置間のクロスキャリブレーションにおいては理想的な天体である。特に銀河団の温度決定は装置の有効面積に強く依存し、異なる装置間で温度の整合性を検証することは測定結果の信頼性を評価する上で重要である。そこで我々は XRISM 衛星に搭載された高エネルギー分解能を有するマイクロカロリメーター Resolve (<7 eV@6 keV) および広視野 CCD カメラ Xtend (視野: 38' × 38') を用いて、ペルセウス座銀河団、Abell 2319、Abell 3571、PKS 0745-19 の4つの近傍銀河団に対するクロスキャリブレーション研究を行った。

解析には、Resolve の視野 (3' × 3') 全体、中心 4 ピクセルとその周辺 31 ピクセルの領域について Resolve と Xtend のスペクトルを抽出した。2-15 keV のエネルギー範囲では Xtend と Resolve から求まる温度は 20 % 以内、3-15 keV では 10 % 以内で一致した。一方、Xtend の 0.5-15 keV のエネルギー範囲のスペクトルフィットからは 3-15 keV のフィットに比べ 10-20 % 高い温度が得られた。6-7 keV のエネルギー範囲のスペクトルフィットや鉄の He α の禁制線と Ly α 輝線の強度比から温度を測定したところ、3-15 keV のフィット結果と 10 % 以内で一致した。なお重元素量の比較では、2-15 keV で $\pm 30\%$ 、3-15 keV で $\pm 20\%$ の差にとどまり、6-7 keV では一部の領域以外に概ね 1 σ に収まった。本講演では、これらの解析結果の詳細に加え、Suzaku 衛星の検出器との比較検討についても議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

T03a XRISM 衛星による Abell 754 銀河団の観測成果

大宮 悠希 (名古屋大学), 岡部 信広 (広島大学), 中澤 知洋 (名古屋大学), 一戸 悠人 (理研), 太田 直美 (奈良女子大学), 上田 周太郎 (金沢大学)

Abell 754 は、 $z = 0.054$ に位置する近傍の衝突銀河団であり、その銀河団ガスは全体として 8~10 keV と非常に高温である。東側には、半径約 200 kpc にわたって湾曲した 5~6 keV の低温かつ高密度な構造が存在しており、コールドフロントが確認されている (Markevitch et al. 2003)。また、東西方向に約 1 Mpc 離れた位置に 2 つの BCG が確認されており速度差はおおよそ 160 km s⁻¹ である。すばるによる弱重力レンズ解析では、各 BCG を中心とする投影質量比は 0.52 ± 0.27 であり、東側が主銀河団であることを示唆している (Okabe in prep)。さらに最近、MeerKAT は、銀河団全体を覆う電波ハローを検出し、高い角分解能で詳細な構造を明らかにしている。これらより Abell 754 は、複数の波長帯で衝突・合体の痕跡が捉えられている貴重な衝突銀河団であると言える。

我々は Abell 754 におけるガスの乱流構造および力学的挙動を詳細に解明することを目的として、XRISM 衛星の AO1 期において、主銀河団中心領域 (M: 約 100 ks) および主銀河団から 270 kpc (~4'.5) 離れた副銀河団との中間領域 (S: 約 200 ks) に対する観測を実施した。視線方向の速度分散は、S 観測で 190 ± 25 km s⁻¹ と Coma と同程度の大きさであった一方で、M 観測は 280 ± 25 km s⁻¹ と有意に大きな値を示した。バルク速度は主銀河団の BCG の可視光速度と比較して、M 観測が $+220$ km s⁻¹、S 観測は -440 km s⁻¹ で赤方偏移している。また、各視野内では顕著なバルク速度勾配は確認されなかった。2 つの BCG には速度差がほぼないにも関わらず、天球面上で 270 kpc 離れた ICM に $600-700$ km s⁻¹ の速度差が観測された。本講演では、これらの結果を元に衝突描像を考察するとともに、輝線スペクトルの形状や強度を詳細に解析して銀河団ガスの状態について議論を行う。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

T04a XRISM で探る Ophiuchus 銀河団中心部の速度構造

藤田裕 (東京都立大学)、福島光太郎 (ISAS)、佐藤浩介 (京都産業大学)、深澤泰司 (広島大学)、近藤麻里恵 (埼玉大学)

Ophiuchus 銀河団は近傍 ($z = 0.0296$) の銀河団で、高温 ($kT \sim 9$ keV) の銀河団にしては珍しく cool core を持つ。これまでの Chandra による観測では cool core 内に複数の cold front が観測されており、何らかのガスの運動が予想されていた (Werner et al. 2016)。また、この銀河団の中心では過去に銀河団最大級の AGN 活動があったという電波観測の報告もある (Giacintucci et al. 2020)。今回我々はこの銀河団の cool core を XRISM に搭載されている Resolve で観測したので、その結果について報告する。

観測は 2025 年 4 月に行われ、観測時間は 220 ks であった。本研究では中心から $r \lesssim 25$ kpc の内部領域と $25 \lesssim r \lesssim 50$ kpc の外部領域の詳細なスペクトル解析を行った。その結果、内部領域 ($kT = 5.5 \pm 0.1$ keV) の乱流速度 (速度分散) は 115 ± 7 km s⁻¹ に過ぎないことがわかった。その運動エネルギーはガスの熱エネルギーの 1.5% に過ぎず、XRISM でこれまで観測された銀河団の中でも最も小さい部類に属する。中心銀河に対するバルク速度も $+7 \pm 7$ km s⁻¹ (赤方偏移) で、ほぼ静止しているといえる。外部領域 ($kT = 8.7 \pm 0.2$ keV) の乱流速度は 186 ± 9 km s⁻¹ で、その運動エネルギーはガスの熱エネルギーの 2.4%、中心銀河に対するバルク速度は -103 ± 9 km s⁻¹ (青方偏移) であった。これも他の銀河団と比べて大きい値ではない。以上の結果は、たとえみかけ上複雑な構造をしていても、あるいは過去に大規模な AGN 活動があったとしても、cool core でガスが激しく運動しているとは限らないことを示している。さらに、現在 cool core が sloshing の転向点付近にいることや、ガスの加熱と冷却が釣り合っていないことを示しているのかもしれない。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

T05a XRISM 衛星による Abell 3571 銀河団中心部の速度構造

相原樹, 松下恭子, 小林翔悟, 須田一功 (東京理科大), 佐藤浩介 (京都産業大), 福島光太郎 (ISAS), 近藤麻里恵 (埼玉大), Irina Zhuravleva, Hannah McCall, Congyao Zhang, Annie Heinrich, Daniele Rogantini (Univ. of Chicago), William Forman, Christine Jones (Harvard CfA), Ildar Khabibullin (Ludwig-Maximilians-universität münchen), Eugene Churazov (Max-Planck-Institut für Astronomie)

銀河団中心部の近くを小銀河団が落下すると、スロッシング現象が起こり、中心部の渦巻状構造が形成されることがある。Abell 3571 銀河団は $z = 0.04$ に位置する、6 番目に明るい銀河団である。電波レリックスや大規模な合体の証拠は見つかっておらず、コアの外側では X 線の輝度分布は楕円形であり、温度や密度分布はペルセウス座銀河団と類似しているが、クールコアが存在しない。A 3571 の南方約 1.6 Mpc の位置に Abell 3572 銀河団が存在しており、ROSAT 衛星による観測では X 線放射が弱く、既にガスを失っていることが示唆される。従って、A 3571 では A 3572 によって引き起こされたスロッシングにより中心部の冷却が抑制されている可能性がある。

我々は昨年 12 月から、XRISM 衛星で A 3571 のコア領域を 300 kpc にわたって 4 回、合計で約 575 ks 観測した。銀河団中心銀河に対する視線速度差は、北西では手前向きで最大 100 km s⁻¹、南東では奥向きで 200 km s⁻¹ 程度であり、北西から南東にかけて連続的に値が変化していた。すなわち、スロッシングの渦巻き構造を水平に近い方向から見ていると考えられる。また、銀河団ガスの速度分散は西側で 50-150 km s⁻¹ 程度、東側で最大 250 km s⁻¹ 程度であった。速度分散が特に高い領域は青方偏移から赤方偏移への境界面に存在しており、スロッシングにより対行するガス流の干渉や、剪断的な運動が起きている可能性がある。本講演では、A 3571 におけるスロッシングの形態について議論し、温度・重元素量分布と速度構造を比較する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

T06a XRISM/Resolve による M87 の ICM 温度、速度構造の精密分光観測

伊藤大将 (名大), Hannah McCall (U. Chicago), Aurora Simionescu (SRON), Caroline Kilbourne (NASA/GSFC), 中澤知洋 (Nagoya U.), Mikey Anderson Jennings (U. Nottingham), Neo Dizdar (U. Waterloo), 江副祐一郎 (都立大), 藤本龍一 (JAXA), 藤田将 (埼玉大), 福島光太郎 (ISAS/JAXA), Liyi Gu (SRON), Edmund Hodges-Kluck, Maurice Leutenegger (NASA/GSFC), 一戸悠斗 (理研), 北本俊二 (立教大), Maurice Leutenegger (NASA/GSFC), Mike Loewestein (NASA/GSFC; U. Maryland), Jessica Martin (SRON), Francois Mernier (NASA/GSFC; U. Maryland), Brian McNamara (U. Waterloo), 三石郁之 (名大), Eric Miller (MIT), Anna Ogorzalek (NASA/GSFC/UMD), Helen Russell (U. Nottingham), 佐藤浩介 (京産大), Andrew Szymkowiak (Yale U.), Aysegül Tümer (NASA/GSFC), 山口弘悦 (ISAS/JAXA), Irina Zhuravleva (U. Chicago)

M87 は近傍 ($z = 0.00436$) に位置するおとめ座銀河団の中心銀河である。有名なクールコアを持ち、AGN-ICM 相互作用が示唆される (e.g., Fabian 1994, Werner et al. 2010)。これらの AGN フィードバックによるガスの運動を直接測定するために、X 線天文衛星 XRISM は M87 中心と北西、東/南西を計 ~600 ks 観測した。

中心および北西領域の Resolve の X 線スペクトルを解析した結果、速度分散は中心付近で約 260 km s⁻¹ ほどあるが、中心を外れると急激に低下することがわかった。特に AGN 電波ローブから離れた中心から北西 20 kpc ほどでは 100 km/s を下回る。また、この方向のバルク速度は全ての領域で M87 の運動と一致し、外縁へ向かうほどわずかに blue shift する傾向を捉えた (XRISM Collaboration, 2025 in prep)。本講演では、これら Resolve の観測結果を示し、AGN フィードバックのモデルと比較する。また、東と南西領域の結果も併せて報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

T07a XRISM 衛星による衝突銀河団 Abell 2319 中のガスの運動について

内田悠介 (東理大), 大宮悠希, 中澤知洋 (名古屋大), Frederick S. Porter (NASA/GSFC), Dominique Eckert (U. Geneva), 廿日出 勇 (宮崎大), 林克洋 (ISAS/JAXA), 一戸悠人 (理研), 石崎欣尚 (都立大), Caroline Kilbourne (NASA/GSFC), Maurice Leutenegger (NASA/GSFC), Maxim Markevitch (NASA/GSFC), 松下恭子 (東理大), Jon M. Miller (U. Michigan), 森浩二 (宮崎大), 佐藤浩介 (京産大), Riccardo Seppi (U. Geneva), Aurora Simionescu (SRON), 山田真也 (立教大), Tahir Yaqoob (UMBC, NASA/GSFC), Irina Zhuravleva (U. Chicago), and the XRISM team

銀河団は宇宙の大規模構造の根幹をなす重要な天体であり、衝突合体を繰り返して成長している。衝突によって銀河団ガス (ICM) に重力エネルギーの一部が散逸され、乱流や加熱といった非熱的な現象が生じる。非熱的現象を定量的に測ることで進化の過程を解明することで、宇宙進化への理解が深まる。

Abell 2319 (A2319) は近傍で明るい銀河団の一つであり、8 keV を超える高温な ICM をもつ。A2319 は衝突中の銀河団としてもよく知られており、電波ハローが中心に存在する。Chandra による X 線観測から、ICM 中に反時計回りに渦巻くスロッシング構造や南の領域にコールドフロントが生じていることが発見された。

本講演では XRISM 衛星の Resolve 検出器で観測された銀河団 A2319 の中心付近におけるガスの運動の様子について報告する。XRISM 衛星 Resolve 検出器による中心領域の 2 観測について領域を分割し、スロッシングによるガスの運動の様子を捉えた。分割した領域において、その赤方偏移は BCG に対して $\pm 30 \text{ km s}^{-1}$ で一致し平面内での運動していることが示唆された。また、コールドフロント付近で $> 300 \text{ km s}^{-1}$ に達する乱流速度となる結果を得られた。その起源を含めガスの運動について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

T08a XRISM 衛星による静穏な銀河団 Abell2029 の速度観測

斉藤結菜, 内田悠介 (東京理科大), 太田直美 (奈良女子大), Eric Miller (MIT), Dominique Eckert (U. Geneva), Tommaso Bartalesi, Stefano Ettori (INAF), Richard Kelley, Caroline Kilbourne, Roman Kosarzewski (NASA/GSFC), Lorenzo Lovisari (CfA), Maxim Markevitch (GSFC), Brian McNamara, Thomas Rose (U. Waterloo), Arnab Sarkar (MIT), Ming Sun (U. of Alabama), Andrew Szymkowiak (Yale U.), Prathamesh Tamhane (U. of Alabama), Congyao Zhang, Irina Zhuravleva (U. Chicago), 幸村孝由 (東京理科大), and the XRISM team

銀河団は宇宙年齢にわたり進化してきた宇宙最大の自己重力天体であり、その形成・進化は宇宙全体の構造形成と密接に関係する。現在、銀河団質量の推定には静水圧平衡の仮定が広く使われているが、実際には数十%程度の非熱的圧力が存在し質量の過小評価が懸念される。A2029 ($z = 0.077$) は近傍宇宙で最も緩和が進んだ銀河団の一つであり、Chandra 衛星の X 線画像では中心から約 400 kpc にわたるスロッシング構造が確認されている。スロッシングは代表的な非熱的運動であり、XRISM/Resolve の初期観測では A2029 中心において乱流速度 $169 \pm 10 \text{ km/s}$ 、非熱的圧力の寄与 $2.6 \pm 0.3 \%$ が報告されている。(XRISM Collaboration 2025)

本研究ではスロッシングにより領域ごとに異なる速度構造が生じると考え、Resolve による A2029 中心領域の観測データを中心 4 ピクセルとその周囲 (NE, NW, SE, SW) の計 5 領域に分割して解析した。その結果、ガスが中心銀河に対して北側は青方偏移し南側は赤方偏移する立体的な速度構造と、中心～北側で非熱的圧力の寄与が大きい分布が示された。本講演では、A2029 中心領域を 5 分割して得られた速度および非熱的圧力の空間分布の解析結果を報告し、スロッシングに起因するガス運動について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

T09a X 線天文衛星 XRISM の精密分光による銀河団ガスの Ni 組成比測定

福島光太郎 (ISAS), Eric Miller (MIT), 藤田裕 (都立大), Arnab Sarkar (MKI), 太田直美 (奈良女子大), 内田悠介, 松下恭子 (理科大), Irina Zhuravleva, Hannah McCall (U. of Chicago), 深澤泰司 (広島大), 佐藤浩介 (京産大)

白色矮星起源の Ia 型超新星は宇宙において Fe や Ni の主要供給源だが、詳細な爆発メカニズムや親星質量分布は未解明である。そこで、生成量が爆発時の中心密度に強く依存する Ni は、ばらまかれた元素の組成比から親星の性質を制限する重要なプローブのひとつである。観測的には天の川銀河の恒星の Ni/Fe 比が太陽組成比とよく一致するが (e.g., Gratton+03)、系外宇宙 (おもに銀河団) の Ni/Fe 比は、Hitomi による Perseus の X 線観測 (1 solar, Simionescu+19) を除きロバストな測定結果には乏しかった。銀河団の Ni/Fe 比測定が高温ガスからの Fe He α と Ni He α 強度に基き、従来の X 線 CCD で Ni He α と Fe Ly β を分離できなかったことが大きい。

今回、2023 年 9 月に運用を開始した XRISM による 3 銀河団 (Ophiuchus, A1795, A3571) 中心部の観測データを用い、軌道上で 5 eV のエネルギー分解能を実現した Resolve の精密分光スペクトルを解析した。一天体あたり $< 300 \text{ ks}$ のデータから 8-20% の精度で Ni/Fe 比が決定でき、その値はどの銀河団でもほぼ太陽組成比に一致していた (c.f., CCD では 44 天体 4.5 Ms 平均で 8%, Mernier+18)。もっとも大きな Ni/Fe 比を示したのは Ophiuchus で、Ni/Fe $\sim 1.4 \text{ solar}$ であった。この結果は、ガス温度 4-8 keV の範囲にもおよぶこれらの銀河団において、Ia 型超新星の寄与や平均的な性質が天の川銀河および太陽系を作ったそれと大きくずれていないことを示す。講演では、さらにデータとの比較から現在よく用いられてる超新星元素合成モデルの評価も行ない、精密分光データを利用した XRISM 時代の組成比測定と化学進化の議論の展望を概観したい。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

T10a XRISM/Resolve による銀河団ガスの精密 X 線分光観測で明らかになった鉄 K 殻輝線の強度比異常の解明に向けたプラズマ診断

平田 玲央 (東京大, ISAS/JAXA), 福島 光太郎, 山口 弘悦 (ISAS/JAXA), 松下 恭子, 相原 樹 (東京理科大), 佐藤 浩介 (京都産業大), 近藤 麻里恵 (埼玉大), Irina Zhuravleva, Hannah McCall, Congyao Zhang, Annie Heinrich, Daniele Rogantini (U. of Chicago), William Forman, Christine Jones (CfA), Ildar Khabibullin (LMU München), Eugene Churazov (MPIA)

XRISM 衛星では、銀河団中心部でのガスの熱力学的構造の解明などを目的に多数の銀河団が観測されている。搭載検出器 Resolve の非常に高い分光性能 ($E/\Delta E > 1200$) により従来は困難だった鉄 K 殻輝線などの微細構造が分離され、これらを利用したガスの運動速度・温度・金属量の精密測定が可能になった (e.g., XRISM Collab. 2025b)。銀河団ガスの X 線放射は一般に衝突電離平衡モデルで説明されるが、A2029 や Coma 銀河団では、鉄の $\text{He}\alpha_{x,y}$ や $\text{Ly}\alpha_{1,2}$ 輝線にモデルとの不一致が報告されており (XRISM Collab. 2025a,c)、原因は未解明である。

クールコアを持たない A3571 では、中心部まで高いガス温度 ($\sim 7 \text{ keV}$) が維持されていて高階電離した鉄からの K 殻輝線が顕著であり、温度構造が複雑なクールコア銀河団と異なり単純なスペクトル形が予想される。我々は XRISM による A3571 中心領域の観測で、上述した A2029 などと報告されているのと同様の鉄 K 殻輝線の強度比異常を発見した。複数領域に分割したスペクトル解析では、多くの領域で $\text{Ly}\alpha_2/\alpha_1$ 比が統計重率の単純な比にあたる $1/2$ より大きくなる傾向が見られ、ズレの程度が領域ごとに異なっていた。このような線比異常の解明には原子過程の正しい理解が重要になる。本講演では、銀河団ガスの鉄 K 殻輝線強度比に注目したプラズマ診断の結果を報告し、線比異常が見られる領域間の共通点の有無や、温度・金属量測定に与える影響について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

T11a 活動銀河核ジェットのシミュレーションと XRISM 模擬観測

白鳥希拓, 藤田裕 (東京都立大学)

活動銀河核 (AGN) は強力なジェットを噴出し、周囲に存在する高温プラズマである銀河団ガス (ICM) を押し出し加熱していると考えられる。ひとみ衛星で観測された Perseus cluster を除き、従来の観測では ICM のバルク速度や乱流の速度分散を正確に測定できなかったため、ICM の動力学的性質を検証することが難しかったが、XRISM Resolve は高い分光性能によりそれを可能にした。

我々は中心に強力なジェットを持つ銀河団である Cygnus A をモデルとした流体シミュレーションを行い、それを XRISM Resolve で模擬観測することで、ジェットと ICM の相互作用がどのように観測されるか検討した。Cygnus A では 2 つの逆方向を向くジェットが ICM を押し出すことで、衝撃波とそれに囲まれた低密度の cocoon が形成されている。ICM は球対称ではなく、ジェット方向に伸びながら広がるため、ジェットの向きで観測される速度分散が変化すると予想される。そこで我々はジェットの向きにどの程度速度分散が依存するのか検証するために、複数の視線方向から模擬観測を行った。ジェットが形成する衝撃波や cocoon は Resolve の視野内に入るの、Resolve では cocoon のバルクの膨張とそれに伴う乱流運動が速度分散として観測される。

模擬観測の結果、最も cocoon の膨張速度が大きいジェット平行方向から観測した場合に最も速度分散が小さいことがわかった。これは直観に反するが、高速で伸びているジェット先端部が高温低密度のために X 線でほとんど見えず観測できないためである。このことは Resolve の観測結果を解釈する場合には、衝撃波や cocoon の温度密度構造を考慮する必要があることを示している。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

T12b 銀河団中の AGN ジェットと銀河団磁場の相互作用の解明に向けた熱伝導入り電磁流体計算

松野なな (総合研究大学院大学 / 国立天文台), 横山央明 (京都大学), 町田真美 (国立天文台/総合研究大学院大学)

銀河団の推定磁場強度はおおよそ $0.1 - 1 \mu\text{G}$ 程度であるが、銀河団同士の衝突によって局所的に磁場が増幅されることが知られている。この磁場はプラズマの運動を制御し、銀河団の進化に大きな影響を与えるため、その強度と構造の理解は不可欠である。衝突によって増幅された磁場は、温度・密度の不連続面、すなわちコールドフロント面上に存在することが、X 線観測により示唆されてきた (Vikhlinin et al., 2001 など)。さらに近年の電波観測では、活動銀河核 (AGN) ジェットがその磁場によって折れ曲がる様子が捉えられ、コールドフロント面上に強く整列した磁場が存在することを支持する観測的証拠が得られている (Chibueze, Sakemi, Ohmura et al., 2021, 以下 C21)。一方、銀河団のような高温・低密度環境では、磁力線に沿った熱伝導によるエネルギー輸送が卓越し、磁場の圧縮や乱流の抑制に影響を与えるが、先行研究 (C21) では熱伝導の影響について議論が行われていない。AGN ジェットとの相互作用は、磁場の構造や強度の変化を捉える重要な観測手段であり、衝突前後の磁場進化を理解するには、熱伝導を含めた包括的な解析が必要である。本研究では、先行研究 (C21) で実施された揃った銀河団磁場に対して AGN ジェットを衝突させる電磁流体計算に対して、熱伝導項を新たに導入した二次元計算を行い、熱伝導がジェットの形状および磁場強度に与える影響を調べた。その結果、磁力線に沿って熱が効率的に伝搬されることで、ジェットの形状が変化するとともに、銀河団磁場の強度が 1.5 倍以上に増幅されることが明らかとなった。本講演では、熱伝導効率を変化させた場合の磁場増幅への影響についても議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

U01a 再イオン化時代の 21cm 線で探る対消滅ダークマターモデルへの制限

西澤 淳 (岐阜聖徳学園大/名古屋大), Pravin Kumar Natwariya (HIAS-UCAS, ICTP-AP), Kenji Kadota (HIAS-UCAS, ICTP-AP)

ダークマターは宇宙全体に広く分布し、宇宙の全エネルギー密度の約 26% を占めることが明らかとなっているが、その素粒子論的性質については未だ決定的な結論が得られていない。これまでに様々な理論モデルが提案されてきたが、本研究では、WIMP に代表されるような、ダークマター粒子が対消滅を通じて通常の素粒子（光子や電子・陽電子対など）を生成するモデルに着目する。この種のモデルでは、対消滅の発生頻度がダークマター密度の二乗に比例することから、近傍宇宙における高密度領域、特に矮小銀河や銀河中心領域での観測がこれまで主な制限手段とされてきた。一方で、遠方宇宙、特に宇宙再電離期においても、同様の物理的影響が期待される。宇宙再電離期には中性水素が銀河間空間に広く存在しており、次世代観測装置である SKA などを用いて、その 21cm 線放射を観測することが可能である。この時代にダークマターの対消滅が生じると、生成される高エネルギー光子により中性水素の電離状態が変化し、21cm 線信号に影響を及ぼす。本研究では、21cm 線観測を模擬した 21cmFAST シミュレーションを用いて、ダークマター対消滅によって生成される γ 線が宇宙再電離に与える影響を数値的に評価した。そのうえで、得られた 21cm 線マップに対し、パワースペクトル解析および畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を適用することで、ダークマターモデルの選別可能性について検討する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

U02a 銀河系矮小楕円体銀河を用いた Self-interacting Dark Matter 理論への制限

林航平 (仙台高専), 安藤真一郎 (アムステルダム大学/ 東京大学 Kavli IPMU), 堀米俊一 (東北大学), 伊部昌宏 (東京大学 ICRR), 白井智 (東京大学 Kavli IPMU)

Self-interacting dark matter (SIDM) 理論は冷たいダークマター理論におけるいわゆる「小スケール問題」を解決するモデルの 1 つとして注目されている。本研究では、重力熱的コア崩壊の効果を考慮した準解析的サブハロー進化モデルである “SASHIMI-SIDM” を用いて、矮小楕円体銀河に属する恒星の動力学解析を行い、SIDM 理論において最も重要なパラメータである単位質量あたりの自己相互作用断面積 (σ/m) に新たな制限を与えた。

銀河系矮小楕円体銀河は、ダークマターが支配的な恒星系であるため、ダークマターの基本的性質を調べるうえで最適な天体とされている。本研究では銀河系の付随する 31 個の矮小楕円体銀河に対して、それらの恒星の視線速度データに対して動力学解析を実施した。この解析では、ダークマターハローの内部構造パラメータ（密度やスケール半径など）に関して、SASHIMI-SIDM の解析結果に基づいて各パラメータの事前分布を構築し、 σ/m のベイズ推定を行った。その結果、超低輝度矮小楕円体銀河においては、 σ/m に対して小さい値と大きい値の双方に支持が見られる一方、明るい矮小楕円体銀河では σ/m が大きくなるにつれて SIDM モデルを統計的に棄却する傾向が確認された。これらの矮小楕円体銀河を全て組み合わせた解析を行った結果、速度依存しない自己相互作用断面積を仮定した場合、 $\sigma/m \gtrsim 0.2 \text{ cm}^2/\text{g}$ の SIDM 理論は有意に棄却されることが示された。

本講演では、SIDM 理論の概要と動力学解析手法の詳細について述べるとともに、得られた結果とそれに基づいた SIDM 理論の現状について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

U03a 統計的非等方性のある宇宙における大質量ハローの形状と配向

水口由莉乃 (名古屋大学), 嵯峨承平 (名古屋大学), 正木彰伍 (中京大学), 横山修一郎 (名古屋大学/Kavli IPMU)

統計的等方性は、宇宙論における基本的な仮定の一つである。近年の宇宙マイクロ波背景放射や銀河分布の観測により、この仮定はおおむね支持されている。一方で、非等方インフレーションなどベクトル場が存在するような初期宇宙モデルでは初期密度揺らぎに統計的非等方性が現れる可能性が指摘されている。このように、初期宇宙の物理を探る上でも、統計的非等方性の検証は重要な課題である。

本研究では、物質分布中の四重極型の統計的非等方性に注目し、それが銀河団サイズのハローの形状や配向に与える影響について調査した。統計的非等方性を取り込んだ宇宙論的 N 体シミュレーションを用いて解析を行った結果、3 次元的なハローの形状パラメータは統計的非等方性に対しては有意な依存性は確認できなかったが、ハローの主軸が非等方性の指向軸に対して並行もしくは垂直に揃う傾向が認められた。特に、より大質量ハローにおいてこのアライメント効果はより顕著であることが示された。本研究の結果は、例えば銀河団- 銀河レンズ効果を通じた射影されたハローの形状測定など、観測的手法による統計的非等方性の新たな検証手段を提供する可能性を示唆している。本講演では、これらの結果について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

U04a 暗黒エネルギー異方性を探るための観測量の理論予言

南岳 (Yue Nan)(徳山工業高等専門学校)

近年、宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) や大規模構造 (LSS) に見られる双極子分布などの宇宙論的アノマリーや、観測から得られる H_0 および S_8 のいわゆるテンション問題は、暗黒エネルギーが空間的に非一様である可能性を示唆する重要な手がかりとなっています。ランダムゆらぎを伴う暗黒エネルギー摂動の先行研究を踏まえ、本講演では暗黒エネルギー異方性モデルをレビューし、非常に軽いスカラー場の異方性に基づいた暗黒エネルギーの異方性がどのように宇宙論的観測に影響を与えるかを探ります。具体例として、CMB 異方性や LSS の統計量、光度距離推定に与える影響、さらにバルサータイミングアレイを用いた暗黒エネルギー異方性の検出可能性について議論し、また暗黒エネルギー異方性と原始ブラックホール生成シナリオとの繋がりについても触れます。本講演では暗黒エネルギー異方性に関する観測量について理論モデリング、予言、そして検出可能性における近年の進展を概観します。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

U05a Lyth Bound and Swampland Distance Conjecture constrain on Inflation model

古田悠真 (総合研究大学院大学/KEK)、郡和範 (国立天文台)、濱田雄太 (KEK)

従来宇宙はビッグバンの火の玉宇宙から始まったと考えられてきたが、horizon problem や flatness problem に代表されるような問題点が指摘されている。その解決策としてインフレーションとよばれる宇宙初期に指数関数的に時空が膨張するフェーズが提案され、現在広く受け入れられている。しかしインフレーションの具体的なメカニズムは様々提案されているものの完全には明らかになっておらず、これらは宇宙の始まりの解明において重要である。

本研究では Swampland Distance Conjecture および Lyth Bound から具体的なインフレーションモデルに対し制限を課した。large field model の際、場の距離 $\Delta\phi$ と tensor to scalar ratio r の間に大小関係が定まる。これらの上に特定のインフレーションモデルについて場の距離 $\Delta\phi$ と tensor to scalar ratio r の関係を e-folding 数を 47 から 62 まで走らせプロットした。KK tower に対応するような、Swampland Distance Conjecture のパラメータ λ_{dc} が 1 をこえる場合、結果として Planck のデータより厳しい制限が得られた。さらに r が小さい範囲では、Hilltop インフレーションが Lyth Bound を破る領域が見つかり制限が得られた。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

U06a Extracting parity-violating gravitational waves from projected tidal force tensor

Teppey Okumura (ASIAA / Kavli IPMU), Misao Sasaki (Kavli IPMU / APCTP)

Gravitational waves (GWs) may be produced by various mechanisms in the early universe. In particular, if parity is violated, it may lead to the production of parity-violating GWs. In this talk, we focus on GWs on the scale of the large-scale structure. Since GWs induce tidal deformations of the shape of galaxies, one can extract such GW signals by observing images of galaxies in galaxy surveys. Conventionally the detection of such signals is discussed by considering the three-dimensional power spectra of the E/B-modes. Here, we develop a complementary new technique to estimate the contribution of GWs to the tidal force tensor field projected on the celestial sphere, which is a directly observable quantity. We introduce two two-dimensional vector fields constructed by taking the divergence and curl of the projected tidal field in three dimensions. Their auto-correlation functions naturally contain contributions of the scalar-type tidal field. However, we find that the divergence of the curl of the projected tidal field, which is a pseudo-scalar quantity, is free from the scalar contribution and thus enables us to extract GW signals. We also find that we can detect parity-violating signals in the GWs by observing the nonzero cross-correlation between the divergence of the projected tidal field and the curl of it. It roughly corresponds to measuring the cross-power spectrum of E and B-modes, but these are complementary to each other in the sense that our estimator can be naturally defined locally in position space. Finally, we present expressions of the correlation functions in the form of Fourier integrals and discuss the properties of the kernels specific to the GW case, namely the overlap reduction function.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

U07a Optimal delensing method for improving constraints on primordial gravitational waves for LiteBIRD

Hanchun Jiang (The University of Tokyo), Toshiya Namikawa (Kavli IPMU/DAMTP/KICC)

Detecting the primordial B-mode polarization of the cosmic microwave background (CMB) induced by inflationary gravitational waves is a key observational target for ongoing and future CMB experiments. However, gravitational lensing by large-scale structure generates B-mode contamination at the level of $r \simeq 0.01$ at the recombination bump and could dominate the primordial signal at the targeted sensitivity of next-generation experiments such as LiteBIRD ($\sigma(r) < 0.001$). To address this, we present a new delensing approach that employs pixel-weighted subtraction of lensing templates constructed from multi-tracer combinations of CMB and large-scale structure data. The weighting scheme optimally accounts for inhomogeneous noise and lensing cosmic variance across the sky while avoiding computationally prohibitive covariance modeling. This technique enhances the capability to constrain r from wide-sky surveys, and lays a key groundwork for science goals of LiteBIRD and future CMB missions targeting the inflationary epoch.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

U08a ヘリカル原始磁場によるパリティ対称性を破るトリスpekトルの解析

由良海翔 (名古屋大学), 嵯峨承平 (名古屋大学), 白石希典 (諏訪東京理科大学), 横山修一郎 (名古屋大学/Kavli IPMU)

宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) や宇宙の大規模構造の近年の観測において、パリティ対称性の破れを示唆する兆候が報告されている。将来の宇宙論的観測からこれらのシグナルを正確に抽出するためには、パリティ対称性の破れに起因する高次統計量の詳細な解析や関連モデルの探求が重要である。本講演では、パリティ対称性の破れを探る手段として4点相関関数 (およびそのフーリエ空間での対応量であるトリスpekトル) に着目し、その解析手法と結果について報告する。特に、パリティ対称性の破れの起源として、インフレーション期に生成された原始磁場、中でもヘリカル成分を持つ原始磁場に焦点を当てる。原始磁場は、銀河や銀河間領域で観測されている大規模な宇宙磁場の起源の候補としても関心が高まっており、CMB や銀河サーベイで観測される密度ゆらぎを通じて宇宙論的観測に痕跡を残すと考えられている。本研究では、原始磁場が生成する曲率ゆらぎであるパッシブモードのトリスpekトルを、pole 近似を用いて解析的に導出し、数値積分による結果と比較することでその妥当性を検証した。また、トリスpekトルのシグナルのパラメータ空間における形状を数値的に解析し、CMB のトリスpekトルに基づいてヘリカル原始磁場の振幅の制限を与えた。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

U09a クェーサー吸収線を使用した $z = 0.89$ における宇宙マイクロ波背景放射温度の計測 (IV)

小谷竜也, 岡 朋治, 柳原一輝, 金子美由起, 有山 諒 (慶應義塾大学), 榎谷玲依 (国立天文台)

宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) の温度は宇宙年齢と共に変化し、標準宇宙モデルでは現在値 $T_0 = 2.73 \text{ K}$ と赤方偏移 z を用いて $T_{\text{CMB}}(z) = T_0(1+z)$ と表されることが知られている。このことは、遠方銀河での T_{CMB} 測定により宇宙モデルが検証できることを意味する。我々は、ALMA で観測されたこの天体のミリ波帯データから、HCN $J=2 \leftarrow 1$, $J=3 \leftarrow 2$, $J=4 \leftarrow 3$, $J=5 \leftarrow 4$ 回転遷移の吸収スペクトルを取得した。輻射励起が支配的という仮定に基づき、吸収線強度から $z=0.89$ における CMB 温度を計算したところ、 $T_{\text{CMB}}(z=0.89) = 5.17 \pm 0.04 \text{ K}$ を得た (2025 年春季年会 U07a)。この値は、標準宇宙モデルが予言する値 (5.14 K) と矛盾しない。

励起温度 (=CMB 温度) を正確に評価するためには、吸収雲による遮蔽率の不定性のみならず、柱密度の非一様性も考慮する必要がある。前回の報告では前者のみを評価していたが、今回は後者の効果も考慮した詳細な検討を行った。具体的には、吸収雲の柱密度が対数正規分布に従うと仮定し、大きなビームで観測される見かけの光学的厚み τ_{obs} と、実際の平均された光学的厚み τ_{real} の関係を補正因子として導出した。対数正規分布のパラメータとしては、吸収雲と同程度の平均柱密度を持つ Orion A 分子雲のものを採用した。様々な不確定要素を考慮した結果、 $V_{\text{rad}} = -18.3 \sim +12.5 \text{ km s}^{-1}$ において励起温度の不確かさが極めて小さい事が判明した。この速度範囲の加重平均を取ることにより、 $T_{\text{CMB}}(z=0.89) = 5.13 \pm 0.03 \text{ K}$ を得た。本講演では、B0218+357 における $z=0.68$ 吸収線系についても同様の解析結果を紹介し、宇宙モデルに与える制約について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

U10a

角度方向の系統誤差の影響を抑えた BOSS DR12 の銀河パワースペクトルの解析

中野新太朗（東京大学, Kavli IPMU）, 高田昌広（Kavli IPMU）, 栗田智貴（MPA）, 寺澤凌（東京大学, Kavli IPMU）

銀河パワースペクトルは、分光銀河サーベイから得られる宇宙論的情報を豊富に持つ統計量であり、特に原始非ガウス性の探査において強力な手法になる。局所原始非ガウス性は、線形領域の長波長スケールにおいても k^{-2} に比例するスケール依存性を持つ線形銀河バイアスを生じさせるため、線形スケールの銀河パワースペクトルの解析から探ることができる。最も単純な単一場インフレーションモデルは検出可能な局所的原始非ガウス性を予言しないため、観測データから検出されれば、単一場インフレーションのシナリオを棄却することに繋がり、そのインパクトは大きい。

しかし実際の観測データは、天の川銀河内の星の銀河サンプルへの紛れ込みやダスト減光など、正確なモデル化が難しい系統誤差によって、天球面上での銀河分布が歪められているという問題がある。本研究では、天の川銀河起源の系統誤差の影響など、天球面上の銀河分布の歪みの影響を抑えることで、線形領域の銀河パワースペクトルを測定するための手法を開発している。

本講演では、銀河赤方偏移サーベイ BOSS の模擬銀河カタログを用いた有効性の評価と、観測データを解析した結果について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)
[スケジュール \(全体\) に戻る](#)
[講演者索引 TOP に戻る](#)

U11b

Ia 型超新星に対する前景銀河による赤化の検出の試み

松本佳祐, 井上昭雄（早稲田大学）, 鈴木尚孝（フロリダ州立大学）

Ia 型超新星 (SNe Ia) は最大光度時の絶対等級がほぼ一定であるため、宇宙論的距離測定における標準光源として広く用いられてきた。しかし、SALT2 などの光度曲線フィッティング手法により distance modulus を推定する際、得られるカラー項 (c パラメータ) には超新星自身の固有色に加え、前景銀河およびホスト銀河のダストの影響が含まれていると考えられる。この二つのダストの影響を理解することは、Ia 型超新星を標準光源として利用する際に本質的に重要である。なぜなら、前景銀河とホスト銀河ではダストの物理的性質や赤方偏移依存性が異なる可能性があり、それらを切り分けずに解析を行うと、遠方超新星の距離推定において総合的な赤化量を見誤る恐れがあるためである。近年、ホスト銀河由来のダストによる効果が赤方偏移によって変化することが指摘されており (Popovic et al. 2025)、前景銀河ダストの寄与を正確に評価するためには、ホスト銀河ダストの影響を分離する必要がある。

本研究では、以前の発表で示した赤方偏移によらない単純な前景銀河有無での分類を行う前に、赤方偏移ごとにサンプルを bin 分けすることで赤化の検出を試みた。これにより、各赤方偏移 bin 内でホスト銀河ダスト由来の影響を相対的に揃えた上で、前景銀河ダスト成分による赤化の有無を検証した。そして、各 bin において、前景銀河の有無による赤化量を評価した結果、赤方偏移 bin を設けることで一部の bin で赤化量の値が正になるなど、赤化の傾向が確認された。しかし、bin ごとのサンプル数が減少することで統計的な有意性は十分に得られなかった。本講演では、赤方偏移ごとに bin 分けした解析手法とその結果を示す。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)
[スケジュール \(全体\) に戻る](#)
[講演者索引 TOP に戻る](#)

U12c

宇宙のダークマターはキャッチ不能

犬山文孝 元 九州電力

欧州宇宙機関等によると宇宙にはダークエネルギー DE・ダークマター DM・バリオン Ba が存在するものの、DM 等の実体は不明であるので、宇宙創世の 3 元時空を提唱する。そのモデルとして、3 重構成の鶏卵のように「宇宙創成期に系 1 時空 (卵黄) がその光速 U で系 2 時空 (卵白) の中で移動し、系 2 時空はその光速 V で光速 W の系 3 時空 (卵殻体) の中で移動する。系 1, 2, 3 時空は独自の光速 U, V, W を保有する。」超宇宙的稀有で系 1, 2, 3 時空が同時に点接触した時空場において、点接触の足元位置で一般相対論は特殊相対論に帰着し、ミンコフスキー時空が成立する。a 特殊相対論の速度合成則, b 相対速度の運動質量, c 最小作用原理を適用すると、全てが集中する点時空場で、系 1 時空の物体 (Ba) 速度 u は時空速度 U との合成速度で移動するので、特殊相対論によって質量が増大し、系 2 時空に $Ba + DE$, 系 3 時空に $Ba + DE + DM$ の運動質量が発生する。なお、系 4 時空の存在は数理的に否定される。この結果、 $Ba \cdot DE \cdot DM$ は現世の系 3 時空に共存するが、Ba は発生過程の異なる DE, DM の一部 (光速素粒子を含む) を自己のものとしてキャッチ不能である。しかし $Ba + DE + DM$ による系 3 時空場の歪である重力は存在し Ba に作用する。web HP 参照

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)
[スケジュール \(全体\) に戻る](#)
[講演者索引 TOP に戻る](#)

U13c 泡宇宙創生シナリオにおけるビッグバン元素合成

上田 和茂 (徳山高専), 土肥 明 (理化学研究所), 古賀 一成 (Proxima Technology Inc.)

ビッグバン開始から 20 分以内に宇宙初期に Li までの軽元素が生成されたと考えられているが、一部の元素組成に関して、標準理論によって観測を説明することが困難であることが知られている。特に近年、 ^4He の観測量が、標準理論の予言値と比べて少ないという問題が報告されている (^4He アノマリー)。そのため、軽元素観測の不一致を解消しうる宇宙初期の“新物理”の存在が期待されている。

これまで、いくつかの候補となる新物理が提案されてきたが、我々は、宇宙が 5 次元 AdS ブラックホールの触媒効果による真空崩壊で誕生したとする“泡宇宙創生シナリオ”を提案する。このシナリオは、5 次元の AdS 時空内で真空崩壊現象が発生し、その真空崩壊面 (4 次元) として我々の初期宇宙が創発されたとするものである。5 次元 AdS 時空における真空崩壊面を考慮することにより、自然に加速膨張する初期宇宙の状態を再現することができる。また、真空崩壊を触発するブラックホールの質量や角運動量を考慮することにより、導出されるフリードマン方程式に補正項を加えることができる。この補正項は、宇宙初期の時間発展 (膨張率) を変化させるため、現在の軽元素の組成の理論予測を更新する可能性がある。

本講演では、5 次元宇宙における真空崩壊現象の触媒となるブラックホールの質量と回転の影響について議論し、本シナリオによる ^4He アノマリーの解決の可能性を検討する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

U14a 現象論的な重力理論検証に向けた COCOA パイプラインの開発

谷田幸貴 (名古屋大学), 宮武広直 (名古屋大学), 横山修一郎 (名古屋大学), 新居舜 (名古屋大学), 杉山素直 (University of Pennsylvania), Elisabeth Krause (The University of Arizona), Tim Eifler (The University of Arizona), Vivian Miranda (Stony Brook University), HSC collaboration

現在の標準宇宙モデルである ΛCDM 模型は、宇宙の幾何学的・構造的進化を記述でき、大規模構造を含む様々な宇宙論的観測によって支持されてきた。しかし ΛCDM 模型は、天体形成の重力源となる未知の物質 (暗黒物質) や、加速膨張の源となる未知のエネルギー (宇宙定数、あるいは暗黒エネルギー) の存在を仮定する必要がある。 ΛCDM 模型では、重力相互作用は一般相対性理論 (General Relativity; GR) によって記述されるが、宇宙論スケールにおける重力理論を GR から変更することで暗黒エネルギーを導入せずに加速膨張を説明しようとする試みも行われている。これが「修正重力理論」である。近年、観測精度の向上により、大規模構造測定から ΛCDM 模型の破れを示唆する結果も得られている。今後は Nancy Grace Roman 宇宙望遠鏡 (以下 Roman) などの将来サーベイにより、宇宙論スケールでの修正重力理論の検証が一層進むと期待されている。

我々は、Roman 向けに開発中の宇宙論解析パイプライン COCOA に、修正重力理論に対応したパワースペクトル計算を可能にするボルツマンコード MGCAMB を実装した。さらに、先んじてする望遠鏡 HSC の最終データを解析し、重力理論の検証を行うことを目指している。MGCAMB は、特定の理論に依存せず、非相対論的／相対論的成分が感じる重力の修正を現象論的パラメータ (μ - Σ パラメータ) として取り扱うことができる。

本発表では、MGCAMB を組み込んだ COCOA を用いた宇宙論的パラメータ制限の予測結果と、修正重力理論の制約に向けた展望について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

U15a 重力赤方偏移の検出に向けた N 体シミュレーション解析：銀河二点相関関数の奇数次モーメントの測定と系統効果

井上拓也 (京都大学基礎物理学研究所), 樽家篤史 (京都大学基礎物理学研究所), 田中賢 (一橋大学), 嵯峨承平 (名古屋大学), 奥村哲平 (中央研究院天文及天文物理研究所), 西道啓博 (京都産業大学)

現在の宇宙論モデルの根幹を成す一般相対性理論の基盤であるアインシュタインの等価原理 (EEP) を、宇宙論的な空間・時間スケールで検証することは、宇宙の加速膨張の起源を探る上で重要な課題である。特に、EEP の構成要素の一つである局所位置不変性 (LPI) の破れは、重力理論の修正を示唆するだけでなく、微細構造定数などの時空変化に対する制限とも密接に関連し、広範な物理的意義を持つ。

近年の大規模銀河サーベイによって有意な検出が期待されている重力赤方偏移効果は、LPI の宇宙論的検証に向けた重要な観測の手がかりである。この効果は、銀河やハローの 2 点相関関数の奇数次モーメント (双極子や八極子等) に現れることが理論的に示されており、これら奇数次モーメントを用いた Fisher 解析により LPI の破れに対する上限も報告されている (Saga et al. 2023; Inoue et al. 2025)。

本研究では、N 体シミュレーションを用いて、ハロー間の 2 点相関関数に現れる奇数次モーメント成分を測定し、重力赤方偏移効果のシグネチャーを探索するとともに、既存の理論モデルとの整合性を検証する。また、サブハロー内のランダム運動に起因して小スケールで顕著となる Finger-of-God 効果にも着目し、この効果が奇数次モーメントに及ぼす系統的影響について定量的に評価を行う。本講演では、これらの解析を通じて得られた重力赤方偏移効果に関する最新の結果を報告するとともに、宇宙論的スケールにおける等価原理の検証に向けた今後の展望とその重要性について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

U16a コスミックシアと銀河クラスタリングのパワースペクトルによる宇宙論解析

浜名崇 (国立天文台)

コスミックシアパワースペクトルは比較的近傍宇宙の大規模構造の情報から宇宙論パラメーターを推定する手法であり、特に密度パラメーター Ω_m と密度揺らぎの振幅パラメータ σ_8 の組み合わせである $S_8 = \sigma_8 \sqrt{\Omega_m/0.3}$ に対して有用な制限を与えている。しかし、HSC サーベイ 3 年データによるコスミックシア宇宙論解析では、コスミックシアを測定する銀河の赤方偏移の不定性が宇宙論パラメータ推定の精度に影響を与えており、この不定性の低減あるいは不定性を回避した解析法の開発が求められている。本研究では、コスミックシアを測定する銀河の天空分布から得られる銀河の 2 次元クラスタリングパワースペクトルと銀河分布とコスミックシアの相互パワースペクトル（いわゆる銀河－銀河レンジング）に着目した。これらはともに銀河の赤方偏移分布に依存するためコスミックシア宇宙論解析に組み合わせることで赤方偏移不定性の影響を低減させる効果が期待される。HSC サーベイ 3 年データとそれの擬似カタログを用いてこのコスミックシアと銀河クラスタリングの 2 次元パワースペクトルによる統合宇宙論解析の検証を行った結果を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)
[スケジュール \(全体\) に戻る](#)
[講演者索引 TOP に戻る](#)

U17a 観測領域の形状に左右されないコズミックシア・バイスペクトルの推定法

手良脇大誠 (東京大学/Kavli IPMU), 高田昌広 (Kavli IPMU), 谷口貴紀 (東京大学/Kavli IPMU)

観測される銀河像の形状は、光路上の物質分布が引き起こす弱重力レンズ効果によって歪められている（コズミックシア）。この歪みはダークマターの分布や大規模構造の進化を反映しているため、宇宙論における重要な観測量の一つである。現在の弱重力レンズ宇宙論解析において主流となっている統計量は、二点相関関数やそのフーリエ成分であるパワースペクトルなどの二点統計量である。しかし、大規模構造が非線形な重力進化を経ていることから、宇宙論的な情報は二点統計量に留まらず、バイスペクトル（三点相関関数のフーリエ成分）を始めとする高次の三点統計量にまで及んでいる。そのため、コズミックシア・バイスペクトルを用いた宇宙論解析が行えるようになれば、従来のパワースペクトルと組み合わせることで宇宙論パラメタのより強い制限が可能になる他、宇宙におけるパリティ対称性の新たな検証を行うことができるようになる。

しかし、実データに単純なフーリエ解析を行うと、明るい星の影響でデータが無い領域（マスク領域）や、観測領域の形状自体の複雑さの影響の畳み込みが生じる（Window 効果）。この影響は異なるフーリエモードを混合し、シアの E/B モード分解を阻害するため、得られるバイスペクトルの理論的解釈が困難になってしまう。そこで本研究では、銀河クラスタリングや CMB の分野で知られている最尤法に基づく手法を応用することで、Window 効果の影響のないコズミックシア・バイスペクトルの推定法開発を行った。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)
[スケジュール \(全体\) に戻る](#)
[講演者索引 TOP に戻る](#)

U18a 電波銀河の形状を用いた弱重力レンズ効果の測定について

新居 舜 (名古屋大学), 大前陸人 (名古屋大学)、加納龍生 (名古屋大学)、竹内努 (名古屋大学、統計数理研究所)

宇宙論的重力レンズ効果は、宇宙の大規模構造がつくる非一様な重力場により、光源から放たれた光子の測地線が歪曲する現象である。とりわけ、銀河の形状は、コズミックシアと呼ばれる 2 次元の楕円変換を通じて大規模構造に依存して系統的に歪む。近年、コズミックシアは銀河の可視光画像を通じて検出され、信号と予言を比較することで宇宙論や基礎物理が検証できるようになった。我々は、電波銀河の画像に対してコズミックシアの検出を行う手法について、先行研究で行われていた古典的な shapelet 解析 (P.Patel *et al.* 2014) を、ノイズや Point Spread Function に対して頑健な測定方法: Fourier Power Fourier Shapelet (FPFS) (X.Li *et al.* 2018) に更新した新たな測定法を整備する。本講演では、楕円銀河からのシンクロトン放射の簡易な解析モデル (e.g. Y. F.Jiang *et al.* 2009) で作成した模擬銀河カタログに弱重力レンズ効果による楕円変換を施した人工データに対して、Square Kilometre Array Observatory (SKAO) による SKA1-MID の模擬観測で得られた電波銀河画像を FPFS の解析ソフトウェア AnaCal(X. Li *et al.* 2024) を用いてスタッキング解析した結果を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)
[スケジュール \(全体\) に戻る](#)
[講演者索引 TOP に戻る](#)

U19a 拡散モデルを用いた重力レンズ収束場マップのノイズ除去

青山翔平 (千葉大学), 大里健 (千葉大学), 白崎正人 (国立天文台・統計数理研究所)

宇宙大規模構造の質量分布は、背景銀河の形状に弱重力レンズ効果を通じて系統的な歪みを生じさせる。この歪みを多数の銀河について観測することで、宇宙大規模構造の質量分布（質量マップ）を再構築できる。このような質量マップからは、宇宙の進化に関わるパラメータや、ダークマターハローの探査など、宇宙論的情報を得ることが可能である。しかし、観測される銀河形状には、銀河の固有の形状に起因するノイズが含まれるため、再構築された質量マップから宇宙論的情報を抽出することは困難である。したがって、情報を高精度に抽出するには、ノイズの軽減が不可欠であり、ガウシアン平滑化や Wiener フィルタなどの手法が用いられてきた。この課題に対するアプローチとして、深層学習を用いた敵対的生成ネットワーク (GAN) によるノイズ除去手法が提案された (Shirasaki et al. 2019)。この先行研究では、質量マップの 1 点確率密度関数 (PDF) は良好に再現されたものの、パワースペクトルの再現性には改善の余地があった。そこで本研究では、画像生成タスクで GAN を凌駕する性能が報告されている拡散モデルを質量マップのノイズ除去に適用し、GAN を用いた場合との性能を比較した。具体的には、IllustrisTNG シミュレーションから得られた模擬観測質量マップと真の質量マップを用いて両モデルにノイズ除去を学習させ、生成されたマップのパワースペクトルや高次統計量を評価した。その結果、拡散モデルは GAN と比較して、より小さなスケールまでパワースペクトルを再現できることを示した。さらに、その他多くの高次統計量においても、拡散モデルは GAN を上回る性能を示した。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

U20a 連星ブラックホール合体の空間分布の角度相関関数を用いたレンズ収束場の分散の制限

中馬史博 (千葉大学), 大栗真宗 (千葉大学)

コンパクト連星が放出する重力波は光度距離の直接測定が可能であり、高赤方偏移宇宙の強力な探査ツールである。標準音源として宇宙論パラメータを制限することに加えて、重力レンズ効果由来の距離と赤方偏移の関係の分散を測定することで、小スケールの物質密度ゆらぎの制限を行うことができる。しかし、現在までの観測結果でも明らかに重力波源のほとんどが電磁波対応天体が伴わず、赤方偏移の情報を得ることができない。重力波の宇宙論への応用の可能性を広めるためにも、赤方偏移を使わずに重力波から宇宙論的情報を引き出す手法の考案が必要である。

本研究では、赤方偏移の情報を使わない手法として、重力波源の空間分布の角度相関関数を用いて小スケールの物質密度揺らぎを制限する新しい手法を提案する。重力波は小スケールのダークマター分布から重力レンズ効果を受けることで、重力波の角度分布は変化する。我々は重力波源の角度分布の自己相関は、視線方向の物質密度ゆらぎの積分量であるレンズ収束場の分散の減少関数であることを発見し、重力波の自己相関が次世代観測器によって十分な信号対雑音比で観測できることを確認した。しかし、同時に重力レンズ効果と重力波源の線形バイアスには強い縮退が存在することが明らかになった。本講演では、本手法の詳細と分光銀河と重力波源の相互相関も組み合わせた Joint 解析によって、一部縮退を解き、レンズ収束場の分散の制限が改善されることを示す。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

U21a すばる HSC データを用いた弱重力レンズ効果による近傍銀河団の質量推定

田中英由子 (名古屋大学), 宮武広直 (名古屋大学), Ian Dell' Antonio (ブラウン大学), Shenming Fu (SLAC)

宇宙初期の密度揺らぎは、暗黒物質による重力相互作用と暗黒エネルギーによる加速膨張のせめぎ合いの中で成長し、銀河や銀河団などの天体が形成される。特に銀河団は、主に熱いガスと暗黒物質で構成される宇宙最大の自己重力系であり、その全質量は、背景銀河から来た光が手前の銀河団の重力によって曲げられる「弱重力レンズ効果」を用いて測定できる。銀河団の数密度を質量の関数として表したものを質量関数と呼び、質量関数は物質のエネルギー密度 Ω_m や物質の密度揺らぎの振幅 σ_8 などの宇宙論パラメータに感度を持つ。一般に銀河団は X 線光度や Sunyaev-Zel'dovich 信号、銀河の空間的集中度などを用いて検出される。質量関数とこれらの観測量を結びつけるためには質量-観測量関係の構築が必須である。本研究では、X 線で検出された X 線高輝度近傍銀河団に着目し、精密な質量-X 線光度関係を構築することを目指す。現在、赤方偏移 $0.03 < z < 0.12$ における X 線輝度が高い 144 個の銀河団 ($0.1 \sim 2.4[\text{keV}]$) を、すばる望遠鏡 Hyper Suprime-Cam (HSC) と Blanco 望遠鏡 Dark Energy Camera (DECam) によって観測するサーベイ「LoVoCCS」が行われている。これまでに HSC の g,r,i,z のフィルターで約 20 個の銀河団の観測が行われた。このデータを用いて、測光的赤方偏移で背景銀河を選び出し、弱重力レンズ効果を測定、質量推定を行った。本講演では、その結果を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

U22a JWST 観測による銀河団 Abell 370 の重力レンズ質量モデル

西田峻, 大栗真宗, 札本佳伸 (千葉大学), 他 MAGNIF collaboration

銀河団 Abell 370 ($z = 0.375$) は、強い重力レンズの代表的な例であり、背景銀河が大きく歪み巨大な円弧として観測されている。Abell 370 は、重力レンズ観測の歴史において強い重力レンズ効果による巨大円弧が初めて観測された例の一つであり、この円弧は「ドラゴンアーク」とも呼ばれている。JWST による最新の研究では、ドラゴンアークの銀河内部で 40 個以上の重力マイクロレンズ効果を受けた恒星が観測されるなど (Fudamoto et al. 2025) 近年注目が集まっており、今後 JWST のサイクル 4 において更なる観測が予定されている。

本研究では JWST の最新観測データに基づいてドラゴンアーク付近での複数像候補を探索し、レンズ天体である銀河団の質量モデルのアップデートを行った。レンズ天体の質量モデルのモデルフィットに用いる複数像候補の増加によって、制約を強めてより正確な質量モデルを構築することを目指した。構築したモデルの妥当性の検証には、以前我々が提案した Jackknife 法 (Nishida et al. 2025) を用いてモデルの予言能力をチェックした。この Jackknife 法では、モデルフィットに用いない複数像をどれほど正確に予言できるかという判断基準でモデルの正しさを判定する。臨界曲線周辺の重力レンズ効果を受けた恒星の位置の分布はダークマターモデルの有力なプローブとして知られており (e.g., Abe et al. 2024; Broadhurst et al. 2025)、本研究の結果をもとに、ダークマターモデルへの示唆を議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

U23a Understanding the star formation rate-weighted galaxy power spectrum: halo exclusion, scale-dependent shot noise, and secondary bias

Rui Lan Jun (UTokyo), Tom Theuns (ICC, Durham), Kana Moriwaki (UTokyo), Sownak Bose (ICC, Durham)

We present a physically motivated model for the power spectrum of galaxies weighted by their star formation rates (SFR), decomposing it into a 1-halo and 2-halo term while incorporating key effects such as scale-dependent shot noise and halo exclusion. This framework is directly applicable to line-intensity mapping (LIM) experiments, which typically target emission lines that are closely linked to star formation activity. Our model reproduces the IllustrisTNG power spectrum to within a few percent across all scales. We find that omitting satellite galaxies leads to an underestimation of the large-scale bias and the mean intensity by approximately 30% each at $z \sim 1.5$. Additionally, we investigate the impact of secondary bias – the correlation of SFR with halo bias at fixed halo mass – revealing systematic errors of $\sim 5\%$ in the 2-halo term and $\sim 10\%$ in the 1-halo term. These results highlight the importance of properly modelling halo-scale physics for accurate large-scale structure analyses in LIM surveys.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

U24a Mucho-Uchuu simulations: 大規模宇宙論的シミュレーション群によるハロー質量関数の精密測定

石山智明 (千葉大学), Francisco Prada (Instituto de Astrofísica de Andalucía), Anatoly A. Klypin (New Mexico State University / University of Virginia), and the Mucho-Uchuu collaboration

近未来の大規模広天域銀河サーベイ観測では数百万から数十億個の銀河のデータが得られる見込みであり、宇宙論モデルがより強固に制限されると考えられる。一方、大規模サーベイといえども、観測できるのは宇宙の限られた部分であり、得られた銀河分布はさまざまな統計誤差を含んでいる。そのため、理論モデルに基づき、銀河の数密度やクラスタリングの平均シグナルと共分散行列などのさまざまな統計量を精密に評価する必要がある。それには宇宙論的シミュレーションを多数行い、銀河模擬カタログを生成しこれらの統計量を得るのが直接的である。しかし、従来のものはラン数、もしくは分解能が不足しており、近未来のサーベイとの比較は困難であった。

本研究ではスーパーコンピュータ「富岳」を活用し、これらの統計量の計算を可能にするシミュレーション群、Mucho-Uchuu を構築した。具体的には、大質量銀河を解像する $N = 6144^3$ 、一辺 $6 h^{-1} \text{Gpc}$ のシミュレーションと、輝線銀河を解像する $N = 4096^3$ 、一辺 $1 h^{-1} \text{Gpc}$ のシミュレーションを 100 ランずつ行った。後者は最終的には 1000 ランを目指しており現在もランが進行中である。そしてハロー質量関数を評価した。ラン間の平均を取ることでコズミックバリエーションの影響を抑制でき、特に従来は統計が不足していたハロー質量関数の大質量側を精密に評価できる。その結果、広く使われている経験的モデルによる予測は概ね本シミュレーション群の 2σ 以内に存在するものの、平均からは 10~40% 程度のずれを示すことがわかった。従来モデルは一辺 $1 \sim 2 h^{-1} \text{Gpc}$ の少数のシミュレーションを用いてキャリブレーションしており、大質量側ほど統計が不足していたためと考えられる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

U25a Dark Quest: 全天光円錐出力シミュレーションコードの概要

田中賢 (一橋大学), 石川将吾 (日本大学), 大里健 (千葉大学), 西道啓博 (京都産業大学)

すばる望遠鏡の HSC や PFS、Euclid 衛星に代表される近年の観測技術の飛躍的進展は、理論モデルにも広視野・高赤方偏移・高解像度を同時に満たす精密さを求めている。観測との直接的な比較を可能にする N 体シミュレーションベースの疑似カタログ生成が不可欠だが、全天光円錐出力を伴う高解像度・高赤方偏移のデータ生成は、計算資源・ストレージの面で大きな制約がある。

光円錐出力にはいくつかの手法があるが、例えば、全ダークマター粒子を保存して後処理する方法では連続性は保てるものの、データ量が膨大となり解像度や高赤方偏移の情報を維持するのが困難になる。一方で、複数のスナップショットやボックスを接続して構成する方法ではデータ量は抑えられるが、時間的・空間的な不連続性が避けられない。本研究では、これらの課題を解決すべく、高効率 N 体コード GINKAKU を基盤とした新しい光円錐出力フレームワークを開発した。本手法では、シミュレーション中に球殻状の時空スライスごとにハロー同定・密度場や速度場の全天球グリッド (Healpix 形式) への割り当てを行い、不要になった時点でダークマター粒子の逐次消去を行う。これにより、広視野・高赤方偏移・高解像度と連続性を保ちつつデータ量を大幅に抑制することに成功した。

本講演ではコードの概要だけでなく、従来手法との比較を行うことにより我々のアプローチの有効性と利点を示す。また、本コードを基盤とした最新の大規模モック観測プロジェクトについても紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

U26a 大質量ハロー周辺領域のマスクによる弱重力レンズ観測量におけるバリオン効果の抑制

寺澤凌 (東京大学, Kavli IPMU), 高田昌広 (Kavli IPMU), Bhuvnesh Jain (University of Pennsylvania), 大里健 (千葉大学), 田中賢 (一橋大学), Minh Nguyen (Kavli IPMU)

銀河弱重力レンズ解析で用いる小角度スケールの弱重力レンズ信号には、銀河団が中心に存在するような高密度領域 (ハロー) が大きく寄与する。この銀河団の中心に存在する活動銀河核や超新星爆発の影響により、ガスがハローの外に押し出されて物質密度が小さくなり、小スケールの弱重力レンズ信号は減少する。しかし、この一連のバリオン物理は第一原理的な計算が困難で、その影響の強さには依然として不定性がある。

我々は、大質量ハロー周辺領域を測定から除外 (マスク) することにより、バリオン物理の影響を抑えられるかどうかを調べた。まず、弱重力レンズ効果をシミュレーションした模擬データにおいて、Baryon Correction Model (Schneider et al. 2019) と呼ばれる準解析的なモデルを用いてバリオン効果を実装した。大規模構造が暗黒物質のみで構成されると仮定したバリオン効果を含まない模擬データと、バリオンの効果を考慮した模擬データのそれぞれにおいて、銀河団に対応する質量の大きいハローが存在する天域を除いた後に重力レンズ信号の角度パワースペクトルを測定、比較したところ、天域を除くことでバリオンの効果が抑えられることがわかった。本講演では、上記のシミュレーションを用いたバリオン効果抑制の検証と、大質量ハローを除外した場合の観測量に対する理論モデルについて述べる。最後に、実データへの適用を念頭に、直接の観測量である Sunyaev-Zel'dovich 効果 (銀河団内の電子により CMB 光子が散乱され温度異方性が生じる現象) とハロー質量の関係について述べる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

U27a 21cm の森推定の精密化と輻射による影響

成瀬元希 (名古屋大学), Emanuele Maria Ventura (University of Melbourne), Yuxiang Qin (Australian National University), 長谷川賢二 (鈴鹿工業高等専門学校), 市来淨與 (名古屋大学)

現在の宇宙論研究では、およそ 100kpc よりも小スケールで密度ゆらぎパワースペクトル観測の制限が十分になされておらず、CDM モデルを超えた DM モデルの可能性が残されている。このスケールの密度ゆらぎ構造やその進化の情報を得るには、再電離期以前の宇宙において多量に存在するミニハローを、21cm 吸収線により観測することが有望である。将来予定される観測に対する 21cm 吸収線の推定はこれまでの研究でもシミュレーションを駆使してなされてきたが、いずれもミニハロー解像度の不充足やミニハロー形成時の輻射効果の有無の点で不確定性が残されている。

本研究では、これまでの先行研究よりも質量解像度が良い準解析的シミュレーション MERAXES を用いて 21cm 吸収線スペクトル (21cm の森) を解析的に推定し、吸収線存在量を評価した。その結果、将来観測 SKA1 で到達しうる 5.4kHz の解像度では、 $z \sim 10$ で $\tau \sim 10^{-2} - 10^{-1}$ の光学的深さの吸収線が $\mathcal{O}(10^{-2})$ 程度であることが分かった。加えて本発表では、ミニハロー形成時期に取り巻く輻射場の効果についても輻射流体シミュレーションを用いて調べ、輻射によるミニハロー内部の密度プロファイル等の変化がどのように 21cm 吸収線に寄与するかを議論する予定である。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

U28a 中性水素 21cm 線グローバルシグナル観測による初代星性質の制限可能性

鵜飼祥 (名古屋大学), 島袋隼士 (雲南大学), 長谷川賢二 (鈴鹿高専), 市来淨興 (名古屋大学)

宇宙の初代星は金属を含まないガス中で形成されるため、その質量などの性質は現在の星とは異なると考えられているが、理論的にも観測的にも明らかになっていない。初代星の性質を観測的に制限する手法として、初代星形成期の銀河間物質中に豊富に存在する中性水素 21cm 線の観測が注目されている。21cm 線は、宇宙マイクロ波背景放射に対する吸収線または輝線として観測され、その強度は中性水素のスピン温度や電離率に依存する。初代星からの放射はこれらの物理量に影響を及ぼすため、初代星の性質が 21cm 線シグナルの形状に反映されると期待される。

本研究では、21cm 線シミュレーションコード 21cmFAST(Mesinger et al. 2010) に初代星の星形成効率および典型的質量を考慮できるよう改良を加えたコード (Tanaka & Hasegawa, 2021) を用いて、21cm 線の空間平均であるグローバルシグナルを複数のパラメータの値に対して計算し、前景放射を考慮に入れた上で、将来の 21cm 線観測によってこれらのパラメータがどの程度制限可能かをフィッシャー解析により予測した。その結果、前景放射が $1/10^4$ 程度まで除去できれば、21cm グローバルシグナルの観測によって、初代星の星形成効率を 0.001 程度、典型的質量を $22 M_{\odot}$ 程度の精度で制限できることが明らかになった。また、観測時間や前景放射の除去精度による制限精度の変化についても議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)
[スケジュール \(全体\) に戻る](#)
[講演者索引 TOP に戻る](#)

U29a ゲインスムージングによる 21cm 線検出に向けたキャリブレーション誤差の緩和とスカイモデルの精度要件

伊東拓実 (熊本大学), 吉浦伸太郎 (国立天文台), 高橋慶太郎 (熊本大学)

宇宙再電離期および宇宙の夜明け期における中性水素 21cm 線の検出は、宇宙初期の構造形成や天体形成過程を明らかにする上で重要である。しかし、21cm 線の信号は極めて微弱であり、精度の良い前景放射の除去や回避が重要となる。前景放射の処理においては、前景放射が 21cm 線と比べ周波数的に滑らかであるという性質が利用されるが、ゲインの誤差によって周波数方向に構造が生じることで前景放射処理の精度が損なわれていることが報告されている (N Barry et al 2016)。本研究では、Murchison Widefield Array (MWA) のドリフトスキャン観測を用いて、ゲインの時間変動に対するスムージング処理がゲイン誤差を低減させることにより前景放射の処理精度を向上できることを示す。さらに、シミュレーションを用いてゲイン誤差の原因の一因とされるスカイモデルの不完全性について定量的な評価を行い、未モデリング天体や、カタログ中のフラックス・位置精度の誤差がキャリブレーションに与える影響を評価するとともに、さらに、それらの誤差がもたらす影響を、ゲインスムージングによって抑制できる可能性についても評価する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)
[スケジュール \(全体\) に戻る](#)
[講演者索引 TOP に戻る](#)

U30a Measuring an angular cross-correlation between the cosmological dispersion measure and the thermal Sunyaev–Zeldovich effect

高橋龍一 (弘前大理工), 井岡邦仁 (京大基研)

高速電波バースト (FRB:Fast Radio Burst) は電波で輝く突発天体 (継続時間ミリ秒) である。2007 年に最初の事例が報告され (Lorimer et al. 2007)、母銀河が特定されたイベントが現在までに 100 例を超えており、銀河系外から来ていることも確認されている。多波長で電波信号の到着時間のずれを測定することにより、DM (Dispersion Measure; 自由電子の柱密度に対応) を直接測ることができる。現在の宇宙では 8 割以上のバリオン物質はイオン化したガスとして分布しており、DM からバリオンの存在量や空間分布を直接知ることができる。

熱的スニヤエフ・ゼルドビッチ (tSZ; thermal Sunyaev–Zeldovich) 効果は宇宙背景放射の光子が伝播途中で高温ガスを通過する際に、逆コンプトン効果により自由電子からエネルギーを得る効果である。輻射スペクトルがプランク分布からずれることにより、視線方向の自由電子の圧力 (=密度 × 温度) を測ることができる。特に tSZ 効果の大きさを表す量としてコンプトン y パラメータ (自由電子の圧力に比例) が用いられる。

我々は DM と y の角度相関を測定した。まず、理論模型 (halo model) を用いて角度相関の定式化を行い、宇宙論パラメータ等の依存性を調べた。次に、120 個の FRB と Planck 衛星及び ACT (the Atacama Cosmology Telescope) 実験による y マップとの相関を測定した。その結果、理論模型の予言と Planck 衛星及び ACT 実験の測定値が良い一致を示すことを確認した。また相関の振幅からガス温度の推定も行い 10^7 K 程度の結果を得た。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)
[スケジュール \(全体\) に戻る](#)
[講演者索引 TOP に戻る](#)

U31a 紫外敏感性を低減した宇宙の大規模構造の摂動論的格子計算手法

樽家篤史 (基礎物理学研究所), 西道啓博 (京都産業大学), 大里健 (千葉大学)

銀河サーベイをはじめとする宇宙の大規模構造観測では、密度場の情報が取得される。これらは本来ランダムな分布であり、宇宙論パラメータの推定には、パワースペクトルなどの要約統計量の測定を介して行うのが一般的である。この方法は、密度場がガウス統計に従う場合は最適だが、重力進化などによって非ガウス性が発達すると、パワースペクトルのみでは情報を十分に引き出せなくなる。こうした情報損失を補うため、バイスペクトルなどの高次の要約統計量を用いるアプローチが取られてきた。

近年では、要約統計量を用いず、密度場そのもの (field) を直接用いて宇宙論パラメータを推定する手法が注目されている。フィールドレベル推定と呼ばれるアプローチの鍵となるのが、初期条件から非線形に進化した密度場を高速に生成する順方向モデリングである。我々は、標準摂動論にもとづき、格子上で密度場を高速に計算する手法を開発した (Taruya et al. 2018)。この順方向モデリングをもとに、共分散行列の高次摂動計算 (Taruya et al. 2021) や、フィールドレベル推定に対応した新しい理論予言の提案 (Wang et al. 2023, 2024) を行ってきた。

本講演では、我々の格子計算コード GridSPT に実装した、紫外 (UV) 敏感性を低減する新しい取り扱いとそのパフォーマンスについて報告する。標準摂動論をベースとする計算手法では、重力非線形性由来するモードカップリングを通じて、小スケールのゆらぎが大スケールに強く影響することが知られている。ごく最近、有効場理論とは一線を画した紫外敏感性を低減する手法が提案され、パワースペクトルの理論予言が劇的に改善されることが示された。本講演では、この手法を格子計算コードに組み込み、フィールドレベルでの理論予測や推定精度の向上について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

U32a ニューラルネットワークを用いたすばる超広視野分光観測におけるイメージング系統誤差の補正

山田祐佳 (東京大学)

すばる超広視野分光観測 (Prime Focus Spectrograph, PFS) の主な科学目標のひとつは、銀河の大規模構造を利用したクラスタリング解析による精密宇宙論である。PFS では、事前に撮像観測で得られた銀河の等級や色の情報をもとにターゲットを選定し、それらを分光観測することで赤方偏移を測定し、銀河の三次元分布を特定する。

しかし、これらの等級・色の情報は元の撮像観測に依存しており、大気の状態、前景星の密度、天の川銀河内のダスト吸光といった観測条件の違いによって系統的なばらつきを受ける。その結果、領域ごとに見かけ上のターゲット銀河の密度が変化し、本来の宇宙論的密度揺らぎとは無関係な系統誤差が銀河分布に入り込む。特に、これらの効果は大スケールでのクラスタリング振幅に強く影響するため、PFS が掲げる数 % レベルでの宇宙論パラメータ制限には大きな障壁となる。

本研究では、こうした撮像条件に起因する系統誤差を軽減するため、観測条件 (撮像時の大気の状態、前景星密度、ダスト吸光など) を入力としてターゲット密度に与える影響を出力するモデルを構築し、これを用いてターゲット銀河の密度変動に対する補正を行った。補正モデルとして、線形回帰、2 次回帰、ニューラルネットワークを用い、それぞれの手法の有効性を、ターゲット銀河密度と撮像条件とのクロスパワースペクトルを用いて評価した。その結果、特にニューラルネットワークを用いた場合には、相関を 2 桁程度低減することに成功し、撮像条件による系統効果の有効な補正が可能であることを示した。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)U33a すばる HSC-SSP による $z \sim 4$ の LBG と ACT による CMB lensing マップを用いたフリー空間でのパワースペクトル解析と σ_8 への制限

佐々木大地 (東京大学), 松本明訓 (東京大学), 新居舜 (名古屋大学), 宮武広直 (名古屋大学), Gerrit Farren (LBNL), Frank Qu (SLAC)

物質密度揺らぎの振幅パラメータ $S_8 \equiv \sigma_8 (\Omega_m / 0.3)^{0.5}$ について、近傍宇宙の観測から推定された値と、CMB の観測から標準宇宙論を仮定して推定した値の間に統計誤差を超えたずれがあることが近年指摘されており、標準宇宙論を超えた様々な新物理の可能性も考えられる。これまで近傍宇宙での観測は主に $z \leq 1$ の宇宙に限られてきたため、より高赤方偏移の観測から制限を与えることは、初期宇宙と近傍宇宙の観測結果の橋渡しとなり、新たな理論モデルに制限を与える上で非常に重要である。そこで我々は、すばる HSC 戦略撮像プログラム (HSC-SSP) で得られたデータからライマンブレイク法を用いて $z \sim 4$ という高赤方偏移で約 200 万天体からなるライマンブレイク銀河 (LBG) カタログを作成した。我々は LBG について、マスクや観測深さなどによる系統誤差の影響を詳細に解析・補正し、実空間解析と相補的になる、フリー空間での自己パワースペクトルを計算した。さらに、高感度の ACT CMB マップから再構成された重力レンズマップ (κ マップ) を用い、LBG との相互パワースペクトルを解析することで、銀河バイアスと初期密度揺らぎ振幅との縮退を解き、 $z \sim 4$ での σ_8 への制限を与えることができる。相補的本講演ではこれらの解析と σ_8 への制限の現状について紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

U34a すばる HSC-SSP データを用いた $z \sim 4$ の LBG の自己相関関数と CMB レンズシグナルとの相互相関関数による σ_8 への制限

松本明訓 (東京大学), 大内正己 (国立天文台/東京大学), 宮武広直 (名古屋大学), 播金優一 (東京大学), 新居舜 (名古屋大学), 西澤淳 (岐阜聖徳学園大学/名古屋大学), 小野宜昭 (東京大学), 佐々木大地 (東京大学), Gerrit Farren(LBNL), Frank Qu (SLAC)

近年、近傍宇宙の観測から推定された物質密度揺らぎの振幅パラメタ $S_8 \equiv \sigma_8 (\Omega_m/0.3)^{0.5}$ の値と CMB などの初期宇宙の観測から標準宇宙論を仮定して推定した S_8 の間にずれがあることが指摘されており、標準宇宙論を超えた様々な新物理の可能性も考えられる。これまで近傍宇宙での観測は主に $z \lesssim 1$ の宇宙に限られてきたため、より高赤方偏移の観測から制限を与えることは、初期宇宙と近傍宇宙の観測結果の橋渡しとなり、新たな理論モデルに制限を与える上で非常に重要である。そこで我々は、すばる HSC 戦略枠観測プログラム (HSC-SSP) で得られたデータからライマンブレイク法を用いて高赤方偏移 ($z \sim 4$) における ~ 200 万個のライマンブレイク銀河 (LBG) からなるカタログを作成した。我々はこれらの LBG の自己相関関数を計算し、さらに Planck 衛星による CMB レンズマップと LBG の相互相関を合わせることで σ_8 と銀河バイアスの縮退を解き、 $z \sim 4$ で σ_8 へ制限を与えた。本研究では、さらに Atacama Cosmology Telescope (ACT) の CMB マップを用いた解析も行っている。高感度の ACT のデータにより、LBG との相互相関の解析においてダークマタープロファイルなどの小スケールの情報の重要性が示唆されつつある。本講演では Planck のデータを用いた結果に加え、ACT の CMB マップを用いた解析の現状についても紹介する予定である。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V101a The Next Generation Very Large Array - Autumn 2025

泉拓磨 (NAOJ/東京大), 百瀬宗武 (茨城大), 井口聖, 深川美里, 廿日出文洋, 伊王野大介, 片岡章雅, 永井洋, 長谷川哲夫, 西村淳 (NAOJ), 坂井南美 (理化学研究所), 秦和弘 (名古屋市立大), 奥住聡, 田中圭 (Science Tokyo), 大屋瑠子 (京都大), 立原研悟 (名古屋大), 佐野栄俊 (岐阜大), 竹川俊也 (神奈川大), 新沼浩太郎 (山口大)

We present progresses of the Next Generation Very Large Array (ngVLA) project in Japan. The ngVLA, led by NRAO, will be operated at frequencies from 1.2 to 116 GHz. The ngVLA consists of three arrays: the Main Array (214×18 -m antennas with baselines up to 1000 km), the Short Baseline Array (19×6 -m antennas and 4×18 -m single dish), and the Long Baseline Array (30×18 -m antennas with the longest baseline of 8860 km). The ngVLA will achieve $10\times$ higher sensitivity and $>10\times$ higher resolution than the current VLA and ALMA, which will revolutionize our understandings on various aspects of the universe. In this presentation, we will first report the completion of the construction of the first prototype antenna in the US. Given this, we will explain (1) how the antenna construction plan and timeline in Japan align well with the US's plan, with a particular emphasis on the Long Baseline Array. Progress of the FY2024's designing and experiments of the domestic antenna panel will be highlighted. Recent progress of (2) on-site experiments of the time/frequency reference signal distribution systems, which successfully passed the NRAO's conceptual design review, as well as (3) re-activated designing and experiments of receiver components, will also be introduced. Lastly, we will announce the international ngVLA science workshop to be held in Japan in 2026.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V102a Geometrical algorithm to flag outlier pointing data in ALMA Total Power observation

中里剛, 江澤元, 杉本香菜子, 島田和彦, 吉野彰, Ihor Ihnatiev, 谷口琴美 (国立天文台), Karl Torstensson, Laura Gómez, Andres Guzman, Chin-Shin Chang (JAO)

In ALMA observations, control software of the antenna sets a flag when antenna pointing deviates from pre-defined trajectory so that downstream data processing using ALMA Pipeline can exclude such data. However, some rare cases were reported where spectral data associated with deviant pointing direction weren't flagged properly. In terms of data processing, those unflagged outlier data are harmful since resulting image cube including the outlier data often becomes too large and they cannot be handled with the current data processing machine. Once it happens, ALMA Pipeline either hangs-up or fails after days of data processing, which requires manual intervention and leads to significant delay of data delivery to the user. Although its occurrence is relatively low (a few instances per year), the impact to the telescope operation is not negligible.

To overcome this issue, we developed a geometrical algorithm to flag outlier pointing data without knowing the extent of the observing region specified by the user. The algorithm estimates the radius of a circle that encompasses the valid data while expels outlier data out of it. Despite its simplicity, the algorithm works efficiently when it is applied to the data taken by the on-the-fly raster-scan observation. In this talk, we will outline the algorithm and show the result for the simulated data. We will also demonstrate that the ALMA Single-Dish Pipeline with this new algorithm can successfully detect and flag outlier data automatically.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V103a スパースモデリングを用いた ALMA3 次元画像再構成ツールの開発

塚越崇 (足利大学), 池田思朗 (統計数理研究所), 中里剛 (NAOJ)

電波干渉計による観測では、天体輝度分布の空間周波数成分の一部のみが取得されるため、得られる画像は天体輝度分布と合成ビームの畳み込みとなる。そのため、観測量であるビジビリティから画像を得るには、デコンボリューション処理が必要となる。従来は CLEAN と呼ばれる画像再構成法が広く用いられてきたが、近年ではスパース性などの制約項を導入し、最適化によって画像を再構成する手法が着目されている。日本グループが開発をしている priism をはじめ、複数の同様の手法が提案されているが、主に空間 2 次元の画像作成が対象となっており、3 次元データへの展開は今後の課題とされていた。

我々は、空間 2 次元・周波数 1 次元の ALMA3 次元データを対象に、スパースモデリングに基づく画像作成ツールの開発を進めてきた。3 次元すべての方向に対し LASSO 型の制約と全変動も導入し、空間およびチャンネル方向のスパース性と滑らかさを、制約項パラメータにより制御可能としている。また、計算コストの削減のため、CASA の msuvbin タスクによるビジビリティのリグリッドを事前に行うことで、データ量を大幅に削減させている。ツールは全て Python で記述しているが、jax パッケージを利用することで、GPU を活用した高速な計算処理も可能としている。ALMA の模擬観測データを用意し、 $256 \times 256 \times 50$ の画像作成を行ったところ、開発環境において数秒程度でチャンネルマップが作成された。さらに、最適な制約項パラメータの探索として、マルコフ連鎖モンテカルロ法を用いた方法を取り入れている。観測ビジビリティとの残差に加え、uv 平面に対する画像のパワーの集中度を尤度関数に取り入れることで、画像のオーバーフィッティングを抑えたパラメータ探索が行えることが分かった。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V104a アルマバンド 8v2 受信機プロジェクトにおける光学系試作品の評価

坂井了, 今田大皓, 安達尚季, 金子慶子, 永井誠, 増井翔, 上水和典, 小川康徳, 他 Band8v2 開発チーム

国立天文台では、アルマ望遠鏡のさらなる機能強化を目指す「アルマ 2」計画の一環として、バンド 8 受信機 (観測周波数: 385 – 500 GHz) のアップグレードを進めている。本開発では、現行の中間周波数 (IF) 帯域 4 – 8 GHz を 2 倍以上に広帯域化するとともに、受信機システムの大幅な高感度化を重要な開発項目として掲げている。4K ステージ上の構成部品の変更に伴い、機械設計の観点から伝送光学系にも設計変更が必要となっている。また、既存のバンド 8 受信機の光学系には、光学性能の観点から改善の余地がいくつかあることが指摘されている (今田ほか, 2024 年春季年会 V120a)。これらの理由から、IF 帯域の広帯域化および高感度化に対応した光学系設計の検討を進めている。

前回の年会では、偏波分離方式と中間焦点の有無の構成に基づき、複数の伝送光学系およびコルゲートホーンアンテナの設計解を示し、設計上の制約条件やアルマ望遠鏡で規定された性能指標等を満たすことを確認した (今田ほか, 2025 年春季年会 V124a)。今回は、その設計解に基づきコルゲートホーンアンテナおよびテーブルトップ型伝送光学系の試作と評価を実施した。本講演では、伝送光学系および光学系構成部品の、実測結果に基づく検証について紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#) [スケジュール \(全体\) に戻る](#) [講演者索引 TOP に戻る](#)

V105a ALMA Band 2 受信機光学系評価のためのビーム測定系の系統誤差評価

永井 誠, 金子 慶子, 坂井 了, 今田 大皓 (国立天文台), 他 Band 2 受信機開発チーム

欧州南天天文台 (ESO) の主導により ALMA Band 2 受信機 (観測周波数 67–116 GHz) の開発が進められており、すでに量産段階に入ってる。国立天文台では受信機光学系の製造・評価を担当している。導波管部品であるコルゲートホーンと直交偏波分離器 (OMT) は、単体評価の後、円形-方形導波管変換器を介して組み立てたフィード OMT アセンブリとして、ビーム試験を経て国立天文台から ESO へ出荷する。この試験に用いる Band 2 用ビーム測定系は、4 軸ステージにプローブホーンを取り付けた送信部と、試験対象のフィード OMT アセンブリを接続する受信部からなる。バックエンドは 2 台のロックインアンプで、OMT によって分離された両直線偏波の出力信号の振幅・位相を同時に測定できる。2025 年 3 月までに延べ 70 回を超す量産品フィード OMT アセンブリのビーム試験を行なった。

ビーム試験の結果を保証するためには、直接の測定値である近傍界の電場の値や評価に用いる偏波能率の値 (要求 > 99.5%) について、不確かさを把握しておく必要がある。そこで、Band 2 用ビーム測定系の系統誤差評価を、別途開発が進められている Band 8 バージョン 2 受信機光学系のビーム測定と連携しながら進めた。雑音特性や安定性、オフセットを含めた応答性の測定などに加えて、定在波の影響を評価するための光軸方向 1 次元スキャンを行なったところ、得られた信号を RF 基本波の正奇数倍の減衰波から成るモデルで当てはめることができ、定在波補正で生じる系統誤差を詳細に評価することに成功した。この結果を含め、本講演では Band 2 用ビーム測定系の系統誤差評価について、その方法と結果を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#) [スケジュール \(全体\) に戻る](#) [講演者索引 TOP に戻る](#)

V106a ASTE 望遠鏡の運用 (8)

阪本成一, 南谷哲宏, 鎌崎剛, 榎谷玲依, 藤井泰範, 西谷洋之, 木挽俊彦, Javier Aguilera, Javier Zenteno, 他 ASTE 運用チーム (国立天文台他)

本講演では、チリのアタカマ高地で運用中の口径 10 m の ASTE (Atacama Submillimeter Telescope Experiment) サブミリ波望遠鏡の運用状況と今後の計画について報告する。

2025 年 2 月にメーカー技術者による AZ-B トルクリミッターの交換を終えたのち、3 月から 4 月にかけて国立天文台職員によるアンテナの定期保守を実施し、5 月末までに 3 つの ALMA カートリッジ型ヘテロダイン受信機 (DASH345/CAT8W/CAT10) と、4 つの 2.5 GHz の IF 帯域をカバーする XFFTS 分光器の搭載・調整・科学評価をほぼ完了した。DASH345 は ALMA バンド 7 (321–376 GHz) をカバーする 2 偏波 2SB 受信機であり、CAT8W は ALMA バンド 8 (387–498 GHz) をカバーする 2 偏波 2SB 受信機で、広い IF 帯域を持つため [CI] と CO J=4–3 の同時観測が可能である。また CAT10 は ALMA バンド 10 (787–950 GHz) をカバーする 2 偏波 DSB 受信機である。2025 年度には DASH345 と CAT8W を使い、2020 年度に未実施の共同利用観測プログラムと、競争的資金を用いた観測プログラムの実施を予定している。これらの装置は、2024 年度に試験観測が実施された DESHIMA 2.0 の後継機として開発されている超広帯域イメージング分光器 TIFUUN (Terahertz Integral Field Unit with Universal Nanotechnology) が 2027 年初頭に ASTE 望遠鏡に搭載されるまで使用される。

加えて、2024 年 3 月に行われた国際外部評価での指摘を受けて、科学運用の早期再開はもとより、観測者向け情報の拡充、JVO によるデータアーカイブの準備、他の電波観測所との運用保守連携、有償観測時間の検討などを順次進めている。また 2028 年以降の運用継続に向けて国立天文台科学ロードマップへの趣意書が提出された。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#) [スケジュール \(全体\) に戻る](#) [講演者索引 TOP に戻る](#)

V107a ビーム伝送系内における電波望遠鏡・主鏡鏡面誤差の補正: 鏡面調査

杉本正宏, 南谷哲宏, 齋藤正雄, 阪本成一 (国立天文台), 榊原大貴, 田村陽一 (名古屋大学)

熱や風・重力変形による電波望遠鏡の主鏡面の劣化を焦点面などのビーム伝送系内において補正することを目的とした研究課題を開始した。焦点面に設置するコンパクトな位相補正装置が実現できれば、主鏡や副鏡で補正する場合の懸念事項(アクチュエーターの信頼性など)が回避できる。本研究課題は、先行研究が未着手の領域かつ、重要な要素技術の実証・開発となる次の2点に注力する: (1) 既存単一電波望遠鏡を用いた焦点面における位相補正の実証および、(2) ミリ波/サブミリ波帯・形状可変鏡の設計を実施する。本講演では上記研究課題の概要を述べるほか、特に(1)の進捗を中心に報告する。

焦点面における位相補正の基礎実証は ASTE 望遠鏡を用いる予定で、過去に実施したホログラフィー測定から明らかとなっている熱変形を補正の対象とする。まず今年度は、天体を用いたアンテナ放射形状測定および Phase retrieval (位相回復, PR) 法を用いて鏡面誤差を測定し、過去の測定と同じ結果が得られることを確認することを目標としている。この準備の一環として、計算で求めた放射形状を用い PR 法のシミュレーションを実施した。信号対雑音比 (SN) に対する鏡面誤差決定精度の予測結果を紹介するとともに、位相を推定する別の手法: Out of focus 法 (oof) との比較結果も合わせて紹介する。シミュレーション結果では、SN100 以上において鏡面誤差 $40\ \mu\text{m rms}$ の低空間周波数成分の変形を優位に検出できることが確認できており、ASTE 望遠鏡を用いたサブミリ波帯 PR 法による鏡面誤差推定が十分行える見通を得ている。また、ヘテロダイン受信機を用いた鏡面測定の準備状況についても合わせて報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

V108a 南極 30cm サブミリ波望遠鏡 – ドームふじ観測拠点 II でのサイト立ち上げと国内望遠鏡開発の現状

本多俊介, 瀧口風太, 柴野比里菜, 山崎豪, 橋本拓也, 久野成夫, 岩田将輝 (筑波大学), 瀬田益道, 中井直正 (関西学院大学), 半田宙也, 齋藤碩人, Dragan SALAK, 徂徠和夫 (北海道大学), 小嶋崇文, 石井峻, 鶴澤佳徳, 松尾宏 (国立天文台), 櫻井由国 (有限会社よしくに), 他南極天文コンソーシアムメンバー

南極内陸部の標高 3,810 m に位置するドームふじ観測拠点 II は、水蒸気が少なく気温が低いため、地上で最もサブミリ波の大気透過率の良く、天文観測に最良のサイトである。筑波大学を中心とする南極天文コンソーシアムでは、ドームふじ観測拠点 II で観測するための 30cm サブミリ波望遠鏡の開発を進めている。受信機には SIS ミキサーを搭載し、500 GHz 帯域の二輝線 $\text{CO}(J=4-3)$ と $[\text{CI}](^3P_1 - ^3P_0)$ を同時に銀河面サーベイする。

2024 年 10 月から 2025 年 2 月までの期間で、第 66 次南極地域観測隊として 2 名を派遣し、ドームふじ観測拠点 II で望遠鏡運用のため、観測ポイントの決定に加え、望遠鏡の設置台や電源システムの構築を実施した。まず、雪上車や発電機からの排煙を避けるため、生活拠点から風上方面に 250 m ほど電源ケーブルを雪中に敷設し、その末端に観測ポイントを設置した。観測ポイントでの望遠鏡の設置台や電源システム筐体には、夏季でも平均気温 -20°C となる低温環境に耐える発泡スチロールブロックと木材を組み合わせた。

また、今年の南極観測隊での望遠鏡輸送に向けて、SIS ミキサーや読み出し系などの受信機系を中心に国内での望遠鏡開発も進めている。本講演では、ドームふじ観測拠点 II での現地立ち上げ作業に加え、国内の評価試験の進捗を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

V109a 強度干渉計を用いた画像合成に向けた光学試験

小関知宏 (筑波大学), 江澤元, 松尾宏 (国立天文台), 井上翔太郎, 清野哲三朗 (東邦大学),

我々は強度干渉計による画像合成を実験室内の 2 素子干渉計を模擬した光学システムを用いて実証試験を行うための開発を進めている。強度干渉計による画像合成では、光子バンチが引き起こす強度揺らぎの相関から遅延時間を用いて、位相情報を補完することが重要である。

本研究では、強度の揺らぎをとらえるために光に対して応答の速い SIS 光子検出器を採用している。SIS 光子検出器は低リーク電流を実現するため 0.8 K 以下に冷却する必要がある。また、検出信号が高いダイナミックインピーダンスを持つため、高速読み出しを実現するには SIS 光子検出器の直後で低インピーダンスへ変換することが求められる。そのため、我々は SIS 光子検出器の隣に低雑音かつ低消費電力 100 μW の GaAs JFET を用いたソースフォロワ回路を搭載することで、0.8 K に冷却したままインピーダンス変換を実現する。

SIS 光子検出器と GaAs JFET のソースフォロワ回路を接続し、SIS 光子検出器の評価と光電流の読み出しに組み組んでおり、2 素子干渉計用の光学システムを通して 1200 K と 300 K の黒体から光を交互に入射し、黒体の温度が上昇すると光電流が上昇することを確認できた。今後は、高速読み出しの実現に向けて 4 K ステージ上にさらに 1 つソースフォロワ回路を設け、低雑音アンプと接続することを予定している。

本講演では、強度の揺らぎから遅延時間を決定するために開発した GaAs JFET を用いた高速読み出し回路と SIS 検出器の組み合わせによる光学実験の成果について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

V110b Update on ALMA Operations and Development Program - Fall 2025

M. Fukagawa, S. Iguchi, B. Hatsukade, S. Ishii, K. Kikuchi, G. Kosugi, S. Sakamoto, K. Sugimoto (NAOJ), and the ALMA Project team

This presentation provides an update on ALMA operations and development overview since the previous ASJ meeting in March 2025. The Cycle 11 observing season, which began in October 2024, has been progressing smoothly, with both observations and data delivery to PIs proceeding well, including through the automated system. The Call for Proposals for Cycle 12 closed as planned on April 24, again with a large number of proposals received. New capabilities to be introduced in Cycle 12 include full polarization in Band 1 on the 7-m Array and Band-to-Band calibration for Large Programs.

Preparations for the Wideband Sensitivity Upgrade (WSU) are also progressing. This major upgrade includes replacing hardware components such as receivers, digitizers, data transmission systems, a correlator, and a spectrometer. In addition, the observational and data analysis software are being updated for operations of the integrated WSU system. The overall system design and its staged implementation plan are being actively developed by teams from software/computing, science operations as well as development and engineering. This effort has brought the project to the point where it is ready for external reviews scheduled for the summer and fall of 2025. Regarding the development led by East Asia, design studies for the Total Power GPU spectrometer and the new Band 8v2 receivers are underway. The Data Transmission System, which passed its Preliminary Design Review in 2024, is currently undergoing prototyping.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V111b P バンド VLBI 観測における東北大学の研究・開発状況

土屋史紀 (東北大), 三澤浩昭 (東北大), 北元 (東北工大), 佐藤慎也 (東北大), 岳藤一宏 (JAXA), 岩井一正 (名古屋大 ISEE), 藤沢健太 (山口大), 吉浦伸太郎 (NAOJ), 小林秀行 (NARIT)

東北大学惑星プラズマ・大気研究センターは、福島県飯館観測所にて物理開口面積 1023m^2 のメートル波帯電波望遠鏡 IPRT を運用している¹。IPRT は、中心周波数 325MHz ・帯域幅約 10MHz の P バンド受信機と、広帯域スペクトル偏波計 AMATERAS($150\text{--}500\text{MHz}$) を持ち、木星シンクロトロン放射、パルサー、太陽電波バーストなどの観測を実施している。一方、SKA LOW との VLBI 観測研究に向けた準備を進めることが期待されており、IPRT を P バンドを含む低周波 VLBI 局として活用する試みを進めている。低周波数帯の VLBI 観測の狙いは、EoR 観測研究、パルサータイミングアレイの観測研究の他、惑星のオーロラ電波放射を系外天体において検出し、高精度アストロメトリ観測を行うことが挙げられる。低周波数帯での電離圏遅延の補正技術の獲得も研究課題となる。このような目的のもと、P バンド受信機の IF 出力および AMATERAS の RF 出力をベースバンドに変換する受信機を内製し、VSSP32/64 によりサンプリングするシステムを IPRT に設置した。これまでにインドの Ooty および GMRT との間の VLBI 観測でフリンジ検出に成功し、MWA との間でも 200MHz 帯の VLBI 実験を試行している。P バンド VLBI 観測を国内で実施する体制も整備を進めており、IPRT と同様の受信系を東北大学蔵王観測所の P バンド八木アンテナ (27 素子 8 スタック)、および名古屋大学宇宙地球環境研究所・豊川局に設置した。蔵王局との VLBI 観測は、受信システムの健全性確認と、電離層遅延補正の基礎技術の獲得を目的としたもので、これまでに豊川局を含めた VLBI 観測でコンパクト電波源のフリンジ検出に成功している。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V112b 飯館惑星電波望遠鏡 IPRT の広帯域系開発・更新状況

三澤浩昭, 土屋史紀, 山口洋成 (東北大), 桑山陽次 (総務省, 東北大), 北元 (東北工大), 氏原秀樹 (立命館大), 佐藤慎也 (東北大)

東北大学では物理開口面積が 1000m^2 強のメートル波帯電波観測用の飯館惑星電波望遠鏡 IPRT (Iitate Planetary Radio Telescope) を運用してきたが、現在、近未来の広帯域・高感度・高分解計測に向けて、フィード系の開発と分光系の開発・更新を進めている。現行の IPRT の受信系は、 325MHz 中心の狭帯域高感度系と $150\text{--}500\text{MHz}$ 帯用の広帯域分光系をフィード系も含めて独立して備えているが、特に後者では計測帯域平均の開口効率 η が 0.2 程で感度面で弱点があった。近年は低周波数域での大型電波観測装置の更新や開発 (μGMRT や SKA 等) が進み、IPRT をペア局とした国際 VLBI プロジェクトも始動しており、IPRT の一層の貢献に向け、広帯域系の高効率化が重要になっている。そこで、当グループでは、高感度系と広帯域系を統合、且つ、広帯域化・高開口効率化を目指す、新たな $100\text{--}700\text{MHz}$ 帯用フィード系と分光系の開発に着手している (目標: 全計測帯域で $\eta > 0.4$)。

フィード系については、これまで角錐型 Sinuous アンテナを候補として電磁界解析ソフト Feko での設計検討を行い、一つの設計解について小スケールモデルの製作と IPRT へ搭載した特性評価を行い、全計測帯域で $\eta > 0.5$ が実現可能であることを確認した。現在、実機に求められる耐久性と、高 η 実現に必須となる後段の信号増幅系との高インピーダンス適合性の実現を目指し、更に検討を進めている。一方、分光系については、 $100\text{--}700\text{MHz}$ 帯の 2 偏波 (水平・垂直偏波 または 右旋・左旋偏波) を、時間分解能 10msec 、周波数分解能 75KHz で実時間連続計測可能な分光系の実現を目指し、受信計のハードウェアと分光計のソフトウェア開発を進めている。講演では、何れも 2025 年度内の実現を目標としている両系について、開発・更新の詳細と進捗状況について紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V113b 1.85 m 電波望遠鏡 3 帯域同時観測に向けた受信システムの開発進捗

山下晃矢, 河本琉風, 岡本結人, 角越仰, 宮崎正成, 小川英夫, 大西利和 (大阪公立大学), 山崎康正 (国立天文台)

星形成を理解するためには、その元となる分子雲の物理状態を詳しく知る必要がある。そのためには、CO 分子の複数の同位体や異なる回転遷移 (115 GHz 帯、230 GHz 帯、345 GHz 帯) の輝線を同時に観測し、ガスの密度や温度、運動の違いを比較することが有効である。我々は野辺山宇宙電波観測所に設置した 1.85 m 電波望遠鏡 (Onishi et al. 2013) を用いて、これまで 230 GHz 帯と 345 GHz 帯の 2 帯域同時観測システムを開発・運用してきた (Masui et al. 2021, Yamasaki et al. 2021)。現在は、さらに 115 GHz 帯も加えた 3 帯域 (115/230/345 GHz) 同時観測システムの開発を進めている。

この同時観測システムの周波数帯域は導波管帯域を超えてしまう点が大きな課題である。そこで本システムでは、115 GHz 帯と 230/345 GHz 帯を効率的に分離するため、準光学フィルター (河本他, 本年会) を Dewar (冷却容器) 内に配置する設計とした。準光学フィルターの透過損失は約 0.5 dB で、常温では約 30 K の雑音温度寄与となるが、冷却運用によってこれを数 K まで低減できる。これにより、従来システムと比べて大幅な感度向上が期待できる。現在は、まず 115 GHz 帯と 230 GHz 帯による 2 帯域同時観測の実現を目指し、新たに開発したフィルターや 115 GHz 帯受信機部品を Dewar 内に搭載している。物理的な配置や光路への影響は CAD による詳細な設計で対応しているほか、115 GHz 帯用ホーンの作成や、実機を用いた性能評価も進めている。

本発表では、この新しい 3 帯域同時観測受信機システムの概要、開発上の工夫と課題、今後の展望について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V114b 高萩・日立 32 m 電波望遠鏡の整備・運用状況 2025B

米倉寛則, 森泉怜, Sahlan Ramadhan, 松島瑞樹, 村田千和, 稲村仁, 沖原一輝, 百瀬宗武 (茨城大), 小川英夫 (大阪大), 田辺義浩, 元木業人, 新沼浩太郎, 藤沢健太 (山口大), 佐野栄俊, 村瀬建 (岐阜大), 久野成夫 (筑波大), 中川亜紀治, 今井裕 (鹿児島大), 本間希樹 (国立天文台), 他 JVN 関係者

茨城大学が運用する国立天文台水沢 VLBI 観測所茨城観測局 (日立 32-m アンテナ、高萩 32-m アンテナ) では、東アジア VLBI 観測網 (EAVN) の共同利用観測や VERA 大型共同観測プログラム (VLCOP) の VLBI イメージング観測を 6.7, 22 GHz において実施するとともに、6.7, 8.4 GHz においては山口 32-m アンテナ、山口 34-m アンテナとともに少数基線 VLBI 観測によりコンパクトな連続波源の高感度観測を実施している。また、6.7, 12.2, 19.9, 23.1 GHz 等のメタノールメーザー源の単一鏡モニター観測を毎日実施している。

2021–2024 年にかけて、山口 32-m アンテナおよび茨城 32-m アンテナにおいて受信機の広帯域化 (6.5–7.1, 8.0–8.8 GHz → 6.5–12.5 GHz)、サイドバンド分離型 (受信周波数可変) IF 系の整備を行い、大質量星の形成過程における「アクリションバースト」の発生時においてのみ検出例のあるメタノールメーザー (7.6, 7.8 GHz など) と通常時から検出されている 6.7, 12.2 GHz の同時観測に即応できるようした。また、2025 年 3 月 26 日に山口 32-m アンテナと日立 32-m との間でフリンジ試験を実施し、12 GHz 帯において無事フリンジを検出した。

さらに、RFI 調査に着手した。12 GHz 帯では平均して 1 時間に 1 回程度、通常時 +10 dB 以上の人工的な電波 (継続時間は 1 秒以下) が混入している事が明らかとなり、現在混信源の特定を行っているところである。

本研究は、国立天文台大学間連携プロジェクト「国内 VLBI ネットワーク事業 (JVN)」, JSPS 科研費 JP21H01120, 23K20861 の助成を受けた。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V115b オンチップフィルターと結合した 150 GHz 帯 MKID の光学応答

宇野慎介 (理化学研究所), 渡邊一輝 (総合研究大学院大学), 井上修平 (東京大学), 竹腰達哉 (北見工業大学), 大島泰 (国立天文台)

我々は、グリーンランド 12 m 望遠鏡に搭載して銀河団のスニヤエフ・ゼルドビッチ効果の測定やサブミリ波銀河の探索を行うための広帯域ミリ波サブミリ波多色カメラ GLTCAM を開発している。この GLTCAM の焦点面検出器アレイでは、超伝導集積回路上の平面アンテナで受けた広帯域信号をオンチップバンドパスフィルターで周波数弁別し、更に後段のマイクロ波力学インダクタンス検出器 (MKID) で読み出すことにより各画素で 3 色 (ミリ波帯 150/220/270 GHz、サブミリ波帯 350/400/650 GHz) を同時測光する。これまでに我々は、8 画素の 150 GHz 帯 MKID アレイ試作チップを用いた極低温評価を進めてきた (渡邊他, 2024 年春季年会 V129a)。温度可変な黒体校正光源を用いて入射光に対する MKID の応答を測定したところ、平面アンテナを介して光学的に結合している MKID のみならず、平面アンテナを持たない参照用ダーク MKID までもが黒体温度に対して応答しており、無視できないバックグラウンドが存在していることが判明した。このバックグラウンドの寄与の少なくとも一部はオンチップフィルターをバイパスして MKID で吸収された迷光成分であると考えられる。実際、迷光対策として MKID チップの入射面側にミリ波吸収体薄膜を配置したところ、相対的にバックグラウンドが抑制されることを確認した。本講演では以上の光学試験の詳細について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V116a 100 GHz 導波管型周波数可変フィルタによる局部発振器雑音低減効果の検証

中島 拓, 高橋 靖 (公立諏訪東京理科大学), 小林 和宏, 加藤 渉, 西村 良太 (名古屋大学), 新沼 浩太郎 (山口大学)

ミリ波・サブミリ波望遠鏡では、受信機の高感度化は最も重要な研究課題の一つである。ヘテロダイン受信機の局部発振器 (以下 LO) 系の雑音成分が受信機システム全体の雑音を上昇させ、観測データの S/N 比を悪化させることが知られている。特に、原振のマイクロ波帯信号発生器や、その後段に配置される能動周波数倍倍器で発生する振幅雑音の寄与が大きいたことが分かっている (Fujii et al. 2017 など)。この LO 系の振幅雑音は、周波数的には主信号の両側に広がるサイドバンド雑音であるため、主信号のみを通すような狭帯域のバンドパスフィルタ (以下 BPF) を用いると、低減できることが確認されている (入山 2020; 横山 2021)。

我々は、共同利用観測などにおいて任意の LO 周波数に設定できるように、通過帯域の周波数が広帯域に渡って連続的に可変な導波管型 BPF を提案し、まずは 100 GHz 帯受信機向けに試作と評価を行ってきた。その結果、75–115 GHz の範囲でサイドバンド雑音の遮断特性が 20 dB 以上となるような可変 BPF の開発に成功した (堀 2023; 谷川 2025)。今回、この可変 BPF を野辺山 45 m ミリ波望遠鏡に搭載された HINOTORI プロジェクトの 86 GHz 受信機システムに使用し、受信機雑音温度の低減に効果があるかを検証した。同受信機の LO 系で発振可能な 85–115 GHz において、BPF の有無による受信機雑音温度の変化を調べたところ、周波数の依存性はあったものの、ほぼ全ての周波数で雑音が低減した。例えば、LO 周波数 115 GHz ではフィルタ無しの雑音温度が 97.6 K であったのに対し、フィルタを使用するとほぼ半分の 50.1 K となった。講演では、他の周波数も含めた測定データを報告するとともに、実機搭載で明らかとなった可変フィルタの課題についても述べる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V117a 1.85m 電波望遠鏡による多周波同時観測用 準光学周波数フィルターの開発

河本琉風, 山下晃矢, 角越仰, 宮崎正成, 岡本結人, 小川英夫, 大西利和 (大阪公立大学), 山崎康正 (国立天文台)

我々は、国立天文台野辺山に 1.85 m 電波望遠鏡を設置し、開発・運用を行ってきた (Onishi et al. 2013)。現在、CO ($J = 1-0$, $2-1$, $3-2$) 輝線を同時観測するため、既存の観測周波数帯域 (ALMA Band 6,7、以下 Band 6,7) に加え、84–116 GHz (ALMA Band 3、以下 Band 3) を取り入れた 3 帯域の同時観測実現を目指している。

しかし、導波管の比帯域限界によりこの 3 帯域を 1 つのフィードで供給することは難しい。そのため 3 帯域の同時観測には準光学系を用いて、自由空間中で周波数を分離する必要がある。これを達成するためには、Band3 (比帯域 32%) に渡って透過率を高めるような比較的広帯域な設計が要求される。六角形パターンとその相補構造を交互に重ねた 3 層構造により広帯域特性を実現し、フレキシブルプリント基板技術で製作できるような設計を目指した。同様の技術により設計した 40 GHz 帯フィルターについては、2023 年秋季年会で報告済みである (野曾原他)。これを基に、誘電率固定や最小線幅 $50\ \mu\text{m}$ といった制約を考慮し、電磁界シミュレーションにより 100GHz 帯向けに最適化を行った。その結果、比帯域 30% 以上で高い透過率を持つフィルターの設計解をシミュレーション上で見つけた。その後、試作品の周波数特性を測定し、これまでに設計パラメータの異なる 3 種類の試作品を製作した。第 1 版は層の厚みに製作誤差が生じ、シミュレーションと一致しなかった。そこで第 2 版では層構造を単純化して誤差を抑え、一致度が大幅に改善された。第 3 版ではパターン寸法を大きくして製作誤差の低減を図った。本講演では 3 つの試作品の測定結果をシミュレーションと比較しながら議論し、今後の展望について報告する。なお、本測定は国立天文台先端技術センターにて行った。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V118a 新制御システム NECST v4 を搭載した 1.85m 電波望遠鏡の性能評価

岡本結人, 角越仰, 藤本湧大, 宮崎正成, 山下晃矢, 山本美咲, 河本琉風, 小西亜侑, 松本健, 小川英夫, 大西利和 (大阪公立大学), 加藤正博, 齋藤洗花, 伊藤拓冬, 出町史夏, 立原研悟 (名古屋大学), 柴田洋佑 (鹿児島大学/名古屋大学), 多田輝太 (岐阜大学), 山田麟 (国立天文台/岐阜大学), 西村淳 (国立天文台)

大阪公立大学が国立天文台野辺山に設置している 1.85m 電波望遠鏡および名古屋大学の NANTEN2 望遠鏡の制御システムとして、我々は New Control System for Telescope (NECST) の開発を進めている。NECST は、多数の機器による通信などの課題を解決するために、ロボット分野などで広く利用されているミドルウェア Robot Operating System (ROS) を利用して通信を行っている。前システムである NECST v3 では ROS1 をベースとしていたが、よりリアルタイム性と拡張性が高い ROS2 がリリースされたことに伴い、ROS2 ベースに更新し、より高い拡張性を実現した (高山他 2025 春季年会)。

今回、NECST v4 を搭載した 1.85m 電波望遠鏡で性能評価を行い、新制御システムが実際の観測要求を満たしているか調査したため、その結果について報告する。アンテナの駆動試験では、駆動速度 150–600 秒角/s における指令値とエンコーダ値との差の RMS 誤差は Az 方向では 3.5 秒角、El 方向では 8.42 秒角であった。また、指向誤差を補正する光学ポインティングを行った結果は RMS 誤差は 7.5 秒角となった。その後、太陽を用いた電波ポインティングの結果は、RMS 誤差が約 11 秒角となった。これは、230 GHz 帯の分解能である 180 秒角に対して 10% 程度の範囲である。試験観測としてポジションスイッチ観測を行い、Orion KL および Serpens South 領域で ^{12}CO ($J = 2-1$) のスペクトルを正常に取得することができた。本講演では、掃天観測の自動化など NECST v4 で新たに開発する追加機能についても紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V119a DESHIMA 2.0 を用いたアウトオブフォーカスホログラフィーによる ASTE 望遠鏡の鏡面誤差測定

榊原大貴, 田村陽一 (名古屋大学), 杉本正宏 (国立天文台), 谷口暁星, 竹腰達哉 (北見工業大学), 西村優里, 河野孝太郎 (東京大学), 藤田真司 (統計数理研究所), 唐津謙一 (SRON), Arend Moerman, 遠藤光 (TU Delft)

ミリ波サブミリ波のような高周波数で観測を行う地上の大型電波望遠鏡の感度は、主鏡の理想的な鏡面形状からのズレである鏡面誤差に支配されている。したがって、高周波数で高感度の観測を実現するためには、重力変形や望遠鏡構造の温度変化による熱変形、風による変形、経年劣化による変形を測定し、補正することが重要である。ASTE 望遠鏡では、2024 年に実施した DESHIMA 2.0 の性能評価・科学観測 (西村他 2025 年春季年会) における開口能率測定の結果、運用開始当初より大きな $\sim 40 \mu\text{m r.m.s}$ 以上の鏡面誤差の存在が判明している。

本研究では、通常の科学観測と同条件で実施可能なアウトオブフォーカスホログラフィーという鏡面誤差測定手法を用いて、鏡面精度の低下を再検証し、要因の特定を試みた。副鏡が焦点にある状態と焦点から光軸方向に $\pm 1\text{mm}$ ズれた状態で火星を広帯域分光撮像観測して得られた計 3 つのパワーパターンに対して、モデルパワーパターンをフィッティングし、開口面の位相分布を推定する解析を日時の異なる複数の観測データに対して行った。その結果、仰角 ~ 40 度で $\sim 45 \mu\text{m r.m.s}$ の鏡面誤差が存在することを示した。また、日の出時刻前後に連続して取得した観測データからは、重力変形または経年変化による望遠鏡構造の伸縮とみられる左右対称な変形を捉えた。日の出時刻後に取得した観測データからは、熱変形とみられる左右非対称な変形を捉えた。同一の観測データから異なる周波数範囲を取り出して比較することで、位相分布が周波数に依らず概ね一致することも確認した。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V120a The Most Sensitive Millimeter and Submillimeter Heterodyne Receiver System in the Northern Hemisphere LMT-FINER IX: Development Status of FINER Band 6+7 Receiver

Author: Haoran Kang, Takafumi Kojima, Shun Ishii, Sho Masui, Tai Oshima (NAOJ), Yoichi Tamura, Masato Hagimoto, Masato Kato (Nagoya University), Takeshi Sakai, Airi Tetsuka (UEC), Akio Taniguchi, Tatsuya Takekoshi (Kitami Institute of Technology), Tac Nakajima (Suwa University of Science), Issei Watanabe (NICT)

To efficiently identify high-redshift galaxy candidates at $z > 8$, the LMT-FINER project is developing two wideband, dual-polarization, sideband-separating (2SB) heterodyne receivers covering 120–210 GHz and 210–360 GHz frequency ranges for the Large Millimeter Telescope (LMT) in Mexico. These receivers are designed to provide an intermediate frequency (IF) of 3–21 GHz per sideband and per polarization. With 40% of ALMA's light-collecting area and a similar atmospheric transmission of LMT, they will offer the highest spectral scanning capability in the northern hemisphere. For the 210–360 GHz receiver, key components such as SIS mixer, corrugated horn, orthomode transducer, and 2SB unit have been developed and characterized. Currently, the sideband-separating receiver has been tested with single-polarization and LO frequencies up to around 310 GHz. The measured receiver noise temperature is approximately 100 K, but the analog sideband rejection ratio is still limited to below 10 dB at some frequencies, indicating the need for further optimization. In this presentation, we report recent progress focusing on the 210–360 GHz receiver test for LMT-FINER.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V121a 北半球最高感度ミリ波サブミリ波ヘテロダイン受信システム LMT-FINER X. FINER Band 6+7 受信機での広帯域にわたるデジタルサイドバンド分離の実証

加藤 大翔 (名古屋大学), 谷口 暁星 (北見工業大学), 萩本 将都, 田村 陽一 (名古屋大学), 康 浩然, 小嶋 崇文, 石井 峻, 川邊 良平 (国立天文台), 酒井 剛 (電気通信大学), 中島 拓 (公立諏訪東京理科大学)

我々は現在、メキシコの大型ミリ波望遠鏡 LMT (口径 50 m) と 120–360 GHz 帯ヘテロダイン受信機 FINER を組み合わせ、ALMA と同等の効率で北天の赤方偏移 $z > 8$ の銀河候補天体を分光探査する「LMT-FINER 計画」を推進している (田村他 2024)。受信システムの開発においては、イメージサイドバンドの大気吸収の影響を避けることが難しい広帯域観測でも、帯域内で均一な感度を達成することが課題である。この課題の克服は、高感度かつ高効率な観測を実現する上で不可欠となる。2SB 受信機では、2 系統のアナログ経路間で生じる信号の振幅および位相のインバランスによって、典型的なサイドバンド分離比 (SRR) が 10–20 dB 程度に制限される。そのため、これらを後段のデジタル分光計の信号処理によって改善するデジタルサイドバンド分離 (DSBS) の実現が鍵となる。そこで、10.24 GHz デジタル分光計の開発では、周波数応答や線形性などの基本的な性能評価 (萩本他 2024) に加え、DSBS 機能の実証も行っている。これまでに、3 mm 帯の受信機を用いた評価試験で特定の周波数帯において DSBS の実証に成功し、十分な時間安定性を確認した (加藤他 2025 年春季年会)。

本研究では、分光計に搭載された DSBS 機能の実証を、FINER Band 6+7 受信機 (康他本年会) と組み合わせ、40 GHz にわたる広い周波数帯域幅 (LO 230 GHz, RF 210–250 GHz) で行った。実証実験の結果、DSBS によって 40 GHz もの広帯域で SRR が 5–20 dB 程度改善され、帯域内で $\text{SRR} \gtrsim 20\text{dB}$ を達成した。この結果から、FINER Band 6+7 受信機系において DSBS が実用的に機能することが示された。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V122a Comparison of LO Distribution Schemes for Multi-Beam Heterodyne Receivers Using Y-Junction, Branch-Line Coupler, and Magic-T

Wenlei Shan(NAOJ), Doug Henke(NRC, HAA)

We are investigating a compact and robust LO distribution network for multi-beam heterodyne receivers, achieved by embedding cascaded waveguide power dividers directly into the mixer holder. Such receivers are essential for next-generation wide field-of-view radio astronomical observations at millimeter and submillimeter wavelengths. We experimentally evaluated three fundamental waveguide power divider types, namely Y-junction, branch-line coupler, and magic-T—as building blocks for binary-tree distribution networks. Measurements at 2 mm wavelengths were performed using SIS junctions as power detectors. The Y-junction exhibited significant cross-polarization due to poor isolation between output ports. The branch-line coupler offered improved isolation but suffered from limited bandwidth. In contrast, the magic-T provided the best overall performance, demonstrating superior uniformity, high isolation, and broad bandwidth.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V123a 機械学習を用いた次世代太陽風観測装置用アナログ系の異常検知システムの開発

竹原大智, 岩井一正 (名古屋大学)

名古屋大学では国内3か所に設置された大型電波望遠鏡を用いて、327MHz帯で太陽風研究を行っている。現状では、平均して1日に約70天体を観測しているがより多くの観測データが求められている。そこで現在、最大1024chのアナログ入力を持ち、物理開口面積4000平方メートルの次世代太陽風観測装置(次世代機)の開発が進められている。次世代機は強力なデジタル信号処理能力を持ち、最大16,384本のダイポールアンテナを用いた2次元デジタルフェイズドアレイにマルチビーム機能が実装された次世代電波望遠鏡である。アナログ系では16本の信号を1つの信号に合成し、その出力がデジタルバックエンドの1つのchに入力される。フェイズドアレイシステムにおいて、アンテナ素子の故障は振幅減衰を引き起こし合成ビームの品質低下をもたらす。次世代機の保守性を向上し、安定して高品質な観測を実現するためには、多数のアンテナ素子の中から故障したアンテナ素子を自動的かつ正確に検出しなければならない。

本研究では、データ数の急増やシステムの複雑化に対応するため、データ駆動型の高精度なアナログ系異常検知システムを開発・実装した。本システムでは、まず1024chのうち8chのみでモデルを学習する。次に学習したモデルを順次他のchに適用することで全てのchの異常の有無を調査できる。モデルの学習と評価には100セットのデータを使用し、5回の交差検証を行った。実証実験では、先行して開発された64ch分のデジタルバックエンドを用いて、3dBの減衰器がランダムに追加されたchを擬似的に異常のあるchとした。教師あり学習の1つであるロジスティック回帰モデルを用いて、異常のあるchを100%の精度で検出できた。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V124a 次世代太陽風観測装置の開発状況：327MHz帯域フェーズドアレイアンテナ

岩井一正, 藤木謙一, 竹原大智 (名古屋大学)

太陽風中のプラズマ擾乱は電波を散乱する性質があり、電波天体の観測において惑星間空間シンチレーション(IPS)現象として検出される。地上の電波望遠鏡を用いたIPS観測はグローバルな太陽圏構造の研究や宇宙天気予報の高精度化に貢献してきた。名古屋大学ではIPS観測の高度化を目的として、次世代太陽風観測装置プロジェクトを進めている。本計画では、国内3箇所に約4000平方メートルの物理開口面積を持ち、327MHzに感度を有する2次元フェーズドアレイアンテナを建設し、そこにデジタルフェーズドアレイ装置を搭載することで、多数の方向を同時に観測できる次世代太陽風観測装置を開発する。これを用いた太陽風の多方向同時観測で、既存装置の10倍の太陽風観測を実現する。本計画は2024年度に基盤研究(S)に採択され、建設に向けて大きく前進した。現在Phase-IIプロジェクトとして最初の基地局となる富士観測所に計画の約30%に相当する規模のアレイの開発を行っており、本発表ではその進捗を報告する。

アレイは金属平面上に設置する。金属平面は大きさ約2m x 約1m、ピッチ約3cmの金属メッシュが地上高約1mになるようタイルを設計し、ステンレスを用いて試作した。多数のタイルを連結することで目標の面積を達成するように構成する。構成するアンテナエレメントにはダイポールアンテナを選定し、観測帯域である327MHzに最適化したアンテナを試作した。アンテナエレメントは16本をアナログ系で合成し、増幅する。そのための低雑音な受信系を検討し、試作を行った。合成信号はアナログ受信系の近くでADCにてデジタル化し、デジタル信号は光ファイバーでFPGAで構成された信号処理装置に伝送され、8ビームが同時に合成される。較正信号を用いた実験では信号処理装置が適切に動作することが分かり、現在量産に向けた準備を進めている。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V125a 臼田 64m と美笹 54m をもちいた電波ホログラフィ測定について

岳藤一宏 (JAXA 臼田)

臼田 64m アンテナは 1984 年の開所当時から、深宇宙探査機の運用や電波天文においても国内で最初の FRB 現象の発見などで活躍してきた。その観測周波数は現状 L 帯 (1.4GHz)、3.3GHz 帯、S/X (2/8GHz) である。また、6.5 から 12.5GHz の広帯域受信機を搭載すべく現在開発を進めている。美笹 54m は 2021 年の運用開始から、主にはやぶさ 2 の運用を支えている。観測周波数は X、Ka (32GHz)、19-27GHz である。ところで、臼田 64m アンテナは建設後 40 年になるが、これまでアンテナ鏡面を電波ホログラフィや写真測量等で測定したことはなかった。一方、美笹 54m は写真測量を建設時に実施している。電波ホログラフィでは強烈な信号を放射している静止衛星を測定対象となるアンテナとリファレンスアンテナ (衛星方向に固定) の 2 台で同時に観測し、2 台の干渉波から測定対象のアンテナの鏡面の強度分布や変位情報が得られる。しかしながら、衛星を受信するための受信機を別途必要となるため簡単ではない。そこで、われわれは臼田 64m と美笹 54m の共通する X バンドで、強い電波天体である 3C84 や Cygnus-A を VLBI 実験 (基線長は約 1.4km) することで電波ホログラフィ測定を行った。測定によると臼田 64m アンテナの鏡面精度は $1.640 \pm 0.021 \text{mm}$ であった。本公演ではその測定手法やデータ処理、結果について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V126b 臼田宇宙空間観測所将来計画: 6-12 GHz 帯広帯域受信機の開発

○岡田 望, 岳藤 一宏, 木村 公洋 (宇宙航空研究開発機構)

臼田宇宙空間観測所 64 m アンテナは昨年開所より 40 周年を迎えた。アンテナが長寿命であればあるほど、アンテナ鏡面精度の劣化は避けがたく、探査機運用を継続する上でもアンテナ鏡面精度の測定方法を確立することは重要である。また深宇宙探査用アンテナである臼田 64 m アンテナは定期的な測地 VLBI 観測による局位置決定を実施しているが、S/X 帯を用いた測地観測は近年 RFI の影響増大に伴い、より外来ノイズの影響の少ない周波数帯を用いた観測への対応も取り組むべき課題の一つとなっている。

そこで我々は、将来の深宇宙探査局への技術適応も視野に入れた、アンテナ性能評価方法の向上を図る為の研究開発を 2024 年度より 2028 年度末までの五年計画で進めている。本研究で、臼田 64 m アンテナへ搭載する 6-12 GHz 帯広帯域アンテナを開発し、電波ホログラフィ法を用いた精密測定によるアンテナ性能測定 (12 GHz 帯) や現行の S/X 帯より広帯域化した測地 VLBI (6-12GHz 帯) 等の実現を目指す。

開発する受信機は、臼田 64m アンテナ第五ホーンから導かれた RF 信号を円偏波分離器で偏波分離したのち初段低雑音増幅器 (LNA) で増幅し、出力には二段の常温 Amp. で信号増幅およびアップコン+ダウンコンする ADS3000 + 入力モードと常温 Amp. 一段でのみ増幅するダイレクトサンプリングモードを用意する構成とした。今回、円偏波分離器として茨城局へ搭載した広帯域 CX 帯円偏波分離器 (知念他、2022 年春季年会) を採用することで、開発期間の短縮を行う計画とした。研究初期に常温受信機を用いた試験等を実施後、円偏波分離器および初段 LNA の冷却化を予定しており、常温時の受信機雑音温度 T_{RX} が約 55 K、冷却時が約 15 K とする設計およびコンポーネント選定を行った。本講演では研究計画の概要と 6-12 GHz 帯広帯域受信機の開発進捗を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V127b 野辺山 45m 鏡の運用状況: 2025 年秋

西村淳, 宮澤千栄子, 高橋敏一, 半田一幸, 倉上富夫, 宮澤和彦, 神澤富雄, 岩下浩幸, 西谷洋之, 衣笠健三, 星見まどか (国立天文台), 宮戸健 (電気通信大学), 中島圭佑 (鹿児島大学)

野辺山 45m 鏡は世界最大級の口径を誇るミリ波望遠鏡であり、有料望遠鏡時間制度による運用が行われている。2025 年度は、開発プログラム向け CSV と研究室向け観測実習を対象とした秋時間 (10 月) に約 550 時間、科学観測を対象とした冬-春時間 (11 月-3 月) に約 3400 時間を提供する予定である。受信機は、FOREST (80-116 GHz)、Z45 (42-46 GHz)、H40 (42.5-44.5 GHz)、H22 (20-25 GHz) を提供中で、HINOTORI フィルタによる H22/H40、H22/Z45 の同時観測モードが利用可能である。さらに、進行中の開発プログラムとして、7BEE (70-116 GHz)、eQ (30-50 GHz)、H22/H40/TZ 同時観測モードの立ち上げが進められているほか、合計 11 件の開発プログラムが受理されて大学研究室等により推進されている。

2024 年度は、SAM45 電波分光計の大規模障害が発生し、2024/11/9 から 2024/12/20 にかけて科学運用の中断を余儀なくされた。最終的に、ALMA プロジェクトの協力の下、22% の分光計ボードを交換することにより完全復旧し、その後はトラブル無く稼働している。影響を受けた科学観測は全て補填され、シーズン内に観測を完了した。VLBI 観測モードは水素メーザー時計の故障により、2023 年度より提供を停止しているが、水沢 VLBI 観測所主導の下、電源を修理することで復旧し、フリンジも確認できた。2025 年シーズンは VLBI 観測が再開される見通しである。本講演では、これら野辺山 45m 鏡の最新の運用状況を報告するとともに、各種プログラム (開発プログラム、観測実習プログラム、学生向け無料観測時間枠、など) のアクティビティや、本年度の広報業務の状況についても紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V128b 行列分解による野辺山 45m 望遠鏡ポジションスイッチ観測の高感度化

谷口暁星 (北見工業大学), 前田郁弥 (大阪電気通信大学), 松坂怜 (東京大学), 安藤誠, 西村淳 (国立天文台), 池田思朗 (統計数理研究所), 久野成夫, 橋本拓也, 本多俊介 (筑波大学), 山田麟 (岐阜大学)

我々は、行列分解に基づく大気放射・天体信号分離により、ミリ波サブミリ波単一鏡ポジションスイッチ観測をデータ解析の面から高感度化する手法を開発・提案している (Taniguchi et al. 2021)。提案手法は、ポジションスイッチ観測時にスイッチング周波数 (10^{-1} – 10^0 Hz) より高周波 (10^0 – 10^1 Hz) な時系列分光データ (時間 × 周波数の行列) を取得することで、観測感度を制限する最大の要因である大気放射等の相関雑音成分を、低ランク行列として分離・除去するものである。一般的に熱雑音を含むスペクトル同士の減算で生じる $\sqrt{2}$ 倍の感度悪化と、減算の時間的・空間的インバランスで生じるベースラインのうねりによるデータ損失の双方を回避することで、追加の装置開発なしにゼロコストで感度向上が期待される。

本講演では、野辺山 45m 望遠鏡によるポジションスイッチ観測への提案手法の適用成果を報告する。同望遠鏡による通常のポジションスイッチ観測では、分光データはスイッチングごとに積分されてしまうため提案手法を適用できない。そこで、オンザフライマップ観測モードを流用し、長さゼロのスキャン 2 本をそれぞれオン点・オフ点とみなすことで時系列分光データの取得を実現した。アンテナ銀河の CO (1–0) 観測に適用した結果、同観測周波数で顕著なベースラインのうねりは相関成分として分離・除去できることが明らかになり、大気放射の除去と合わせて $\sqrt{2}$ 倍以上の感度向上を実証した。さらに、GALAXY CRUISE で見つかった衝突銀河の CO (1–0) 観測により、弱く (~ 10 mK) 線幅の広い ($\gtrsim 500$ km/s) 輝線観測への適用も可能であることが示された。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V129b SKA-Mid Band 6 に向けた 15–29 GHz 観測用フィードホーンの開発

宮崎正成, 角越仰, 亀山晃, 小川英夫, 大西利和 (大阪公立大学), 新沼浩太郎 (山口大学), 砂田和良, 山崎康正 (国立天文台), 小林秀行 (NARIT)

SKA-Mid の観測周波数は 350 MHz–15.4 GHz であり、Band 1 から Band 5b までの 6 つの周波数帯に分割されているが、まず Band 1, 2, 5a, 5b が優先的に実装される。一方で、将来観測周波数を 15 GHz 以上に広げることが期待されており、その周波数帯を Band 6 と呼ぶ。我々は SKA Band 6 に向けた 15–29 GHz (比帯域 64%) のフィードシステムの基礎研究を行ってきた。フィードホーンは 15–29 GHz にわたってビーム幅と位相中心が一定であり、交差偏波強度が低くなることが要求されている。我々は単純な構造を持ち製造が安易で優れたビーム対称性を持つ axially-corrugated horn を採用し、電磁界シミュレーションを用いて最適化を行った。その結果、15–29 GHz において開口能率 70%、反射損失 -20 dB を達成した (山崎 2023 春季年会)。本研究では設計されたホーンを再解析し、どのパラメータが性能に影響するかを調査した。設計されたホーンは溝の数が 8 つあり、それぞれの溝の深さや幅を変化させてシミュレーションを行った。解析の結果、導波管に近い溝は円形導波管とのインピーダンス整合へ影響することから反射損失の特性を決め、開口側の溝では開口面にて対称で低交差偏波を実現するためのモード変換を行っていることから開口能率の特性を決めるということがわかった。また、溝の幅と深さの公差が及ばず影響もシミュレーションで確かめた。100 μ m までの製作誤差の範囲では、開口能率は約 70% に対し 1–2% 程度、反射損失が約 -25 dB に対し 2–3 dB 程度の変化量に収まるということが確認できた。SKA の先行機である MeerKAT にも axially-corrugated horn が搭載されている。そこでは高次モードの発生がポインティングや交差偏波に影響を及ぼしていると報告されている (Mattieu S. et al. 2022)。この点についても調査する予定である。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V130c 岐阜大学 11-m 電波望遠鏡の運用状況 - V

村瀬建, 石倉丈裕, 青山和樹, 天野颯斗, 井ノ川純大, 浅野裕也, 井上陽登, 多田輝太, 秋山勇斗, 國定知明, 後藤優祈, 清水悠翔, 長崎宏祐, 柘植紀節, 佐野栄俊, 高羽浩, 若松謙一 (岐阜大学), 山田麟 (NAOJ/岐阜大学), 小川英夫 (大阪公立大), 須藤広志 (仙台高専), 元木業人, 原尻颯太 (山口大学)

岐阜大学 11-m 電波望遠鏡は、岐阜大学構内に設置され、同大学工学部宇宙科学研究室が運用する電波望遠鏡である。AGB 星や星形成領域に対する 22.235 GHz の H₂O メーザーを用いた単一鏡サーベイ観測や、23 GHz 帯の NH₃ 分子輝線のマッピング観測を実施している。また、大学 VLBI 連携観測事業 (JVN) の VLBI 1 局としても稼働させるために VLBI 観測モードの整備を進めている。IF 系について、村瀬他 2024 年春季年会にて報告したパワーディバイダーの不具合を解消するため、新規購入した素子に入れ替える作業を 2025 年 6 月に実施し復旧した。これによって、H₂O メーザーと NH₃ 分子輝線の 2 輝線同時観測を再開した。岐阜 11-m 望遠鏡を用いた進行中の観測計画について、AGB 星に対する水メーザーサーベイでは、2025 年 2 月から 6 月までに約 400 天体の観測を実施し、約 40 天体でメーザーを検出した。検出天体のうち 20 天体は初検出であった。超新星残骸 (SNR) を対象とした観測では、水メーザーカタログから SNR の電波シェル内部、およびシェルに沿うように分布しているメーザー源を選出し、2025 年 2 月からサーベイ観測を実施した。選出した 85 のメーザー源のうち 25 天体から検出でき、継続して強度モニター観測を行っている。若い大質量原始星 G353.2+0.6 に付随する水メーザーのモニター観測では、2025 年 2 月頃に -70 km s⁻¹ の成分において 5 倍程度 (~ 1000 Jy) の増光を確認した。同成分は 2025 年 6 月には増光前の強度以下に減衰した。また、2025 年 2 月から 3 月の期間では、 $+110$ km s⁻¹ のメーザーを新たに検出した。本講演では岐阜大学 11-m 鏡の整備状況、運用状況、および、今後の計画について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V131c 山口-茨城 大学干涉計アップグレード計画の検討

元木業人, 穂本正徳, 新沼浩太郎, 藤澤健太 (山口大), 米倉覚則, 百瀬宗武 (茨城大), 小川秀夫 (大阪公大), 岳藤一宏 (JAXA), 小山友明, 廣田朋也 (国立天文台)

2019 年に本格稼働した山口干涉計 (YI) は山口大学が運用する 30 m 級望遠鏡 2 つを組み合わせた 1 基線干涉計であり、1 mJy 程度の天体を検出可能な感度で銀河系内外の微弱電波源に対する探査や高頻度モニター観測を中心に星形成、AGN、コンパクト天体、突発現象観測等の分野において成果を上げてきた。さらに茨城大学の運用する日立 32m 望遠鏡を組み合わせた山口-茨城少数基線 VLBI の整備により、自由度の高い VLBI フォローアップ観測が可能となったことで、新検出電波源の起源特定や新検出超新星の電波モニター等で成果を上げている (e.g., Iwata et al. 2025, ApJ, 978, 138)。

本計画では山口および茨城の大学望遠鏡の機器更新を行うことで上記大学干涉計の感度を 3 倍程度まで引き上げ、300 μ Jy 程度の天体を検出可能とすることを目指す。更新は主に (1) 新広帯域受信機の導入、(2) 広帯域ダウンコンバータの新規開発、(3) 2 周波両偏波に対応したバックエンド/記録系の整備 の 3 項目に分けられ、これによって広帯域化 (512 MHz $\rightarrow$ 2 GHz) と左右両偏波の足し合わせを通じて 3 倍の感度向上を実現させる。すでに (1) については山口 32m 望遠鏡、日立 32m 望遠鏡において既に実装が進んでいる。これまで実施されてきた大学干涉計による電波源探査観測は数百天体規模であったが、本計画による感度向上によって検出可能天体数が現在の 5 倍程度 (1000 天体以上) になると期待される。またモニター観測においても現状では非検出となっている微弱なコンパクト天体の静穏期も検出可能となり、完全な光度曲線の取得が可能となる。本発表では大学干涉計アップグレード計画における整備計画と科学目標を紹介し、現在の整備状況について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V132c 次世代 VLBI 用超高速 >200 Gbps レコーダーの開発 I

小山友明, 山内彩, 鈴木駿策 (国立天文台)、今井裕 (鹿児島大学)、新沼浩太郎 (山口大学)、小林秀行 (タイ国立天文学研究所)

現在国立天文台 SKA1 サブプロジェクト室では、SKA1 への日本本格参加を目指し参加形態、サイエンスの検討、また実際に SRC 開発、AIV 活動への参加、R & D、関連試験等を行っている。その中で VLBI を通した SKA1 への貢献、また SKA 時代のグローバル VLBI 網構築の一環として飯館局、GMRT (インド)、MWA (オーストラリア) 等を用いた低周波 VLBI 試験、白田局、VERA 局等を用いた L-band VLBI 試験、超高速レコーダー開発などを開始している。SKA 時代の VLBI では SKA-LOW で 128 Gbps、MID では 800 Gbps を超える記録レートが要求されており、これらは現在の標準的な記録レートの 16–100 倍を超える記録速度である。この記録速度を達成するべく VERA、JVN 等で開発、運用されているソフトウェアレコーダー VSREC (Vdif Software RECorder) の技術を元に、国立天文台 SKA1 サブプロジェクト室では 100 GbE カードが搭載された汎用サーバーを用いた COTS (Commercial Off-The-Shelf) ベースの新型高速ソフトウェアレコーダー (VSREC2) の開発を 2023 年 1 月より開始している。現在 100 GbE カード間の TCP/IP 汎用パケット通信で約 180 Gbps の伝送、VERA、JVN、KVN 等で用いられている既存の VLBI 用超高速 A/D OCTAD の最高出力 32 Gbps の VDIF パケット記録に成功している。現在 64 Gbps 以上の記録速度を達成するべく、高速 (>100 Gbps) VDIF パケット出力シュミレーターの開発、また昨今 OS の改訂毎に増加しているセキュリティ負荷を軽減すべく SR-IOV (Single-Root I/O Virtualization) の導入を行っている。本発表では、上記進捗報告に加えて新型レコーダーに同時搭載される GPU 処理による分光計 (VSSPEC) 開発、低周波 VLBI 用相關器改修進捗についても合わせて報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V133a 月面天文台 TSUKUYOMI の実現に向けた概念設計検討 7

井口聖 (自然科学研究機構国立天文台)、山田亨 (JAXA 宇宙科学研究所)、山崎康正 (自然科学研究機構国立天文台)、山内大介 (岡山理科大学)、松本健、大西利和 (大阪公立大学)、土屋史紀 (東北大学)、高橋慶太郎 (熊本大学)、小杉城治、郡和範、平松正顕、倉崎高明 (自然科学研究機構国立天文台)、梶原翔 (明治大学)、磯部直樹、岩田隆浩、宇佐美尚人、関本裕太郎、宮崎康行、佐伯孝尚、森治、吉光徹雄 (JAXA 宇宙科学研究所)

我々はこれまで日本天文学会の年会などを通じて月面天文台構想に関する科学目的 (2022 年秋 U09a、2023 年秋 Z216b)、概念設計とフィジビリティ検討 (2022 年秋 V132a、V133a、2023 年春 V138a、2023 年秋 V141a、V142a、2024 年春 V107a、V108b、2024 年秋 V104a、2025 年春 V132a) について報告を行ってきた。特に複雑な星・銀河形成や宇宙再電離の影響を受けず純粋に宇宙論のみで決まるとされる「暗黒時代における 21cm 線グローバルシグナル (空間的な平均温度)」の検出を目指す検討を中心にシステム設計およびフィジビリティ検討を行ってきた。

プロトタイプ機では、着陸機から支柱が伸展され、支柱の先に設置されたユニット内に、コンパクトに収納された 5m のダイポールアンテナ及び低雑音増幅器やアナログフィルタ、AD 変換器を含む信号処理ユニットが収納される。ダイポールアンテナは支柱展開の後、自己展開する。アンテナで給電された信号の増幅、周波数フィルタリング、アナログデジタル変換を行うボードの概念検討、さらに、支柱に沿って着陸機までデジタル信号を伝送するハーネスやデジタル信号処理を行う FPGA ボードの概念検討も進んでいる。特に、着陸機内における機器からや地球からの電波ノイズの影響に対しては、デジタル分光器でのチャンネル間の漏れ込みを -100 dB 抑えられる Polyphase Filter Bank を導入することで解決を目指す (山崎ほか 本年会)。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V134a 宇宙暗黒時代からの中性水素 21cm 線グローバルシグナル検出を目指した前景放射モデルの開発 1

羽田弘臣（総合研究大学院大学/自然科学研究機構国立天文台）、山崎康正（自然科学研究機構国立天文台）、松本健（大阪公立大学）、井口聖（自然科学研究機構国立天文台）、磯部直樹（JAXA 宇宙科学研究所）

近年アメリカや中国などの様々な国で、月からのデカメートル波観測に向けたプロジェクトが進められている。例えば月面天文台 TSUKUYOMI 計画では、宇宙暗黒時代から放射された中性水素 21cm 線のグローバルシグナルの検出に向けて計画が進められている。このグローバルシグナルは宇宙マイクロ波背景放射に対する吸収プロファイルとして現れることが予想されているが、観測データからこれを検出するためには、観測装置に由来するノイズや、天の川銀河や他の電波銀河による前景放射への理解が重要となってくる。それらのノイズは、観測目標の吸収プロファイルよりもずっと大きいスケールを持つため、精度良く除去することが求められる。地上でのメートル波観測においてもこれらのノイズの除去について検討されており、特に前景放射のモデル開発が進んでいる。一方で、デカメートル波での前景放射のモデル開発はこれからである。

本講演ではデカメートル波の周波数帯で大きな放射強度を持つと考えられている天の川銀河を取り扱い、アンテナを月面に設置した時に、その放射強度そしてその周波数特性がどのように観測されるかについて議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V135a 月面天文台 TSUKUYOMI におけるアンテナ設置に伴う周波数特性への影響

松本健, 大西利和 (大阪公立大学), 井口聖, 山崎康正 (自然科学研究機構国立天文台), 羽田弘臣 (自然科学研究機構国立天文台/総合研究大学院大学), 月面天文台 TSUKUYOMI 検討グループ

地球の電離層や人工電波源の影響により、デカメートル波電波は地上では観測が困難である。月面天文台検討グループ TSUKUYOMI では、月面上で低周波電波観測を実現し、暗黒時代に相当する中性水素 21cm 線グローバルシグナルの検出に向けたシステム設計を推進している (本年会, 井口他)。

標準宇宙論モデルが示す CMB に対する約 40 mK のわずかな吸収量を検出するためには、1–50 MHz 帯の観測周波数が要求される (Iguchi et al. 2024 SPIE; 現在 55 MHz でも検討中)。現在、我々は月面から 7 m の地点に 5 m ダイポールアンテナを設置することを検討している (Yamasaki et al. 2024 SPIE)。

暗黒時代の中性水素 21 cm 線グローバルシグナルの観測において、観測システム全体の周波数特性を把握することは極めて重要である。松本他 2024 年秋季年会では、アンテナがもつリアクタンス成分との相互作用によって、アンテナ-プレアンプ間にあるわずかな回路容量が周波数特性を大きく揺るがすことを示した。アンテナインピーダンスはアンテナ形状だけでなく、周辺の構造体によって変化する。また、周辺の構造体はビームパターンにも影響を及ぼす。天の川銀河を主とする前景放射の空間分布とビームパターンの畳み込みが生み出す前景放射由来のアンテナ受信電力が本システムの受信電力に含まれる。観測量に含まれる前景放射由来の周波数応答の推定は、本科学目標においては必要不可欠である (本年会, 羽田他)。本講演では、アンテナ単体だけでなく、アンテナを支える支柱やユニット、ハーネスを含めた電磁界解析を行い、アンテナの傾きや高さなど設置時のわずかな誤差が生み出すビームパターンを含めた本システムの周波数特性への影響について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V136a 月面天文台 TSUKUYOMI に向けた Polyphase Filter Bank の設計

山崎康正、井口聖 (自然科学研究機構国立天文台)

月面天文台 TSUKUYOMI 計画では、「暗黒時代における 21cm 線グローバルシグナル (空間的な平均温度)」の検出を主要な科学目標の一つとして、地球の電離層や人工による電波干渉 (RFI) の影響により地上での観測が難しいデカメートル波を観測するシステム設計を推進している (井口ほか 本年会)。観測システムや着陸機の設計において機器由来の RFI を完全に抑圧することは難しく、また月の裏側で観測したとしてもわずかながら地球由来の RFI を受信することが KAGUYA からの観測により確認されている (Ono et al. 2010)。線幅の細かい RFI を受信した場合は混入した周波数チャンネルを除去することで対応する場合が多い。しかし、離散フーリエ変換においては周波数応答が Sinc 関数となり、サイドローブレベルが最大で -13 dB となることから、チャンネル間の漏れ込みによる高変調成分は発生することになる。そこで、チャンネル間の漏れ込み特性が非常に優れたアルゴリズム Polyphase Filter Bank (PFB) を実装することで、高変調成分を -100 dB 以下で抑圧することを目指す。タップ数 P の PFB を用いて N 点分光する場合、 $P \times N$ 点の入力信号に対して PFB 窓関数 h をかけて N 点ごとに足し合わせ、 N 点フーリエ変換を実行する。タップ数を増やすほど遮断特性が急峻となるが計算機のメモリを大量に消費するので、タップ数を抑えつつ漏れ込み特性が良い PFB 窓関数 h を設計する必要がある。従来、PFB 窓関数 h には Sinc 関数とサイドローブレベルやメインローブの平坦性を改善する代表的な窓関数 w (例えば、ハニング窓) をかけたものを用いてきた。本講演では、TSUKUYOMI のデジタル分光器での使用を想定した PFB の検討結果の詳細を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V137a SKA1 サブプロジェクト報告 2025 秋

赤堀卓也, 本間希樹, 町田真美 (国立天文台), 市来淨興 (名古屋大学), 新沼浩太郎 (山口大学), 他国立天文台水沢 VLBI 観測所 SKA1 サブプロジェクト

Square Kilometre Array 第一期 (SKA1) 計画の進捗を報告する。計画はアレイ AA*の達成に約 150M€ の予算不足にあったが、追加予算の拠出に目処が立った。多国間の条約にもとづいた強固な運営体制の良い面が出たといえるだろう。現在参加国は 12 ヶ国であり、フランス・スウェーデン・韓国が参加の手続き中である。初期アレイ AA0.5 の建設は、LOW では AIV チームによる 1 局の初観測、2 局の初フリンジ、そして 4 局での初イメージの達成がなされた。MID も 4 台のアンテナの組立と統合が進み、7 月以降に AIV チームが機能検証を始める予定である。10 年ぶりの SKA 科学白書の更新を本年末に控え、6 月にドイツにて科学国際会議が開催される。2020 年代後半以降を睨んだ科学テーマの幅広い更新が行われる。ユーザーにデータを届ける全地球規模の情報基盤 SKA Regional Centre Network (SRCNet) では、日本含む 7 ヶ国のノードで最初のリリース v0.1 の機能試験を進めている。日本が本格拠出を考える「AA*の次」についての機運も、2020 年代末に大型投資を考えるドイツや、これから参加を目指しているポーランドやアイルランドなどの複数の国と共に、急速に高まってきている。

日本国内では、名古屋大学が予算獲得と SRC、国立天文台が国際交渉と技術貢献を分担するという基本プランの下で、短期的には SRCNet への参加を堅持しながら、SKA 先行機を使った研究と奨励を大型競争的資金を獲得し進め、建設貢献への橋渡しをすることを目指している。日本が国際的に表明してきた AIV の活動がピークを迎えるため、2025 年 4 月より、従来の倍にあたる最低 3FTE を日本が AIV 活動に貢献するという新たな覚書を SKAO と国立天文台とで締結する合意が得られているところである。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V138a 次世代マイクロ波放射計兼広帯域 VLBI 受信システムの開発 (VIII)

氏原秀樹, 野坂秀之 (立命館大), 市川隆一, 関戸衛 (情報通信研究機構), 宗包浩志, 宮原伐折羅, 小林知勝 (国土地理院), 寺家孝明, 小山友明 (国立天文台), 竹内央 (JAXA), 今井裕 (鹿児島大), 米倉寛則 (茨城大)

野辺山 45m アンテナを利用して VLBI 観測と同時同一視線上の水蒸気量を測定できる広帯域フィードと受信機システムの開発をおこなっている。また、同様の構成で小型可搬局も開発中である (科研費 21H04524/23H00221)。これらは水蒸気の測定誤差となる雲中の水滴と酸素の放射も同時に計測して各成分を分離することで、測定誤差の低減を目指している。その反面、受信帯域は最低でも 18-58GHz となるのでスペアナは受信機に直結している。

京大屋上などでの試験を経て 2024 年 8 月から野辺山 45m に本システムを搭載し、静止衛星や水メーザでフィードの位置調整を行い、2025 年 3 月の K/Q 同時の VLBI 観測でフリンジを確認しファーストライトを迎えた。K バンドの相手局は茨城大高萩局、Q バンドは VERA であり、K/Q 同時受信は 45m のみである。常温受信機なので Q は無調整だが、気になる影響はなかった。2024 年秋までの実験では休日午後に強い混変調雑音が生じたことはあるが、他は静かであった。念のため鹿児島 34m アンテナ用の広帯域フィードのレンズとホーンを再利用してビームを絞り、電波吸収体をフィード開口面付近においてマルチパスでの RFI 入射を抑えるなどの対策は行なっている。強い RFI の原因が観光客なのか、海外製スマホなのか、受信機の問題なのかは継続的に調査したい。

簡素な構造と設計自由度の高いフィード構造の利点を活かしてまずは上限 100GHz、ゆくゆくは 200GHz を目標にフィードの高周波化・広帯域化と受信機回路の低損失化・小型化を進め、電波天文のみならず小型衛星でのリモートセンシングや成層圏プラットフォームでの B5G/6G 通信への応用も目指して開発していきたい。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V139a Optical system design for the 22, 43 and 86 GHz simultaneous observations on the Tianma 65 m radio telescope

Ko Sumikoshi, Ruka Komoto, Hideo Ogawa, Toshikazu Onishi (Osaka Metropolitan Univ.), Yamasaki Yamasaki (NAOJ), Jiang Wu, Zhong Weiye, Zhao Shan-Shan, Shen Zhi-Qiang, Ma Jia (SHAO), Hideyuki Kobayashi (NARIT)

Simultaneous multi-frequency VLBI observations above 22 GHz are gaining attention worldwide, including KVN (ST. Han et al. 2017) and SRT (A. Navarrini et al. 2022), for improving measurement accuracy, especially through using frequency phase transfer techniques, which enable correction of high-frequency phase fluctuations using low-frequency phase information. We present the optical system design developed in collaboration between Osaka Metropolitan Univ. and SHAO for the Tianma 65 m telescope, enabling simultaneous K (18–26 GHz), Q (33–50 GHz), and W (80–116 GHz) band observations.

The optical system employs two quasi-optical filters (Komoto et al. this ASJ) to separate the three bands. The mirror's focal lengths are optimized to achieve nearly collimated beams at the filter positions. Given the limited space of the dewar, the reflector size and Gaussian beam edge taper were carefully optimized using the quasi-optical equations to reduce the spillover at each reflector. Electromagnetic simulations, excluding mirror surface errors and sub-reflector blockage, yield aperture efficiencies of 71–84% for K-band, 71–85% for Q-band, and 77–80% for W-band. Further evaluation including the alignment tolerances is planned. And the three-band receiving system will be soon commissioned at Tianma telescope.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V140a VERA 86GHz スターリング冷却低雑音受信機の開発

向井一眞, 亀山晃, 近藤奨紀, 澤田-佐藤聡子, 岡田望, 小川英夫, 大西利和 (大阪公立大学)
秦和弘 (名古屋市立大学), 砂田和良, 小山友明, 上野祐治, 増井翔, 山崎康正, 本間希樹 (国立天文台)

活動銀河中心核に存在する巨大ブラックホール (SMBH) からは相対論的に加速されたジェットが噴出していることが知られているが、ジェットの駆動理論は未解明である。この謎に迫るには、SMBH とジェットを同時に捉えることが可能な 86GHz 帯が重要である。そこで我々は、East Asia VLBI Network を 86GHz 帯に拡張し、ジェットの高分解像度・高頻度観測を目指している。第 1 段階として VERA 水沢・石垣局に 86 GHz 帯常温受信機を搭載した (近藤, 亀山 他 2023 年秋季年会)。その後、2024 年 11 月に行った上記 2 局での観測の結果、86 GHz における国内初のフリンジ観測に成功した (近藤 他 2025 年春季年会)。

現在は、更なる観測効率向上のため、水沢の VERA20m 望遠鏡に搭載する 86 GHz 帯冷却受信機の開発を行っている。本受信機は、ホーン、円偏波分離器、RF 系の冷却 HEMT アンプ、アイソレータを冷却する。冷却方式は、限られた搭載スペースに対応するため、従来の GM 型ではなく、コンパクトなスターリング冷凍機を採用した。搭載予定の円偏波分離器は、Double-ridge 型と Corrugated 型の二つの異なる周波数特性を併せ持つ位相遅延器と直交偏波計を組み合わせたことで、より低損失で広帯域を実現するものである (亀山 他 2024 年秋季年会)。

本講演では、11 月に水沢局への搭載を目指している 86 GHz 帯冷却受信機的设计・製作、受信機雑音測定等の性能評価試験の結果について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V141a 宇宙マイクロ波背景放射の精密偏光観測に向けた crossed-Dragone 光学系の 6 K 環境下での位相復元近傍界アンテナパターン測定

高倉隼人 (宇宙航空研究開発機構), 高橋理音 (東京大学, 宇宙航空研究開発機構), 関本裕太郎, 小田切公秀, 松田フレドリック, 小栗秀悟 (宇宙航空研究開発機構)

宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) の大角度スケールの偏光観測によるインフレーション仮説の検証を目標として、アンテナ光学系全体を極低温に冷却し、焦点面に多数の超伝導ボロメータ検出器アレイを搭載する、極低温広視野望遠鏡の開発が進められてきた。他方で、観測精度の向上には、回折や迷光による銀河面からの偏光の漏れ込みといった系統誤差の低減が不可欠であり、望遠鏡のアンテナパターンの高精度測定が要求されている。

アンテナパターンを望遠鏡開口面での電場の振幅・位相測定から求める近傍界測定法は、測定時の可動箇所が小さく、安定したチェンバ内での光学試験に有利である。これまでに、*LiteBIRD* 宇宙望遠鏡への搭載を想定した crossed-Dragone 型光学系のスケールモデルを用いた実験により、 $18^\circ \times 9^\circ$ の視野の端でも広角サイドローブを -70 dB レベルまで測定できること (H. Takakura *et al*, *IEEE TST* 9, 6, 598, 2019) や、参照信号との干渉を利用し強度測定のみから位相を復元しても同等の精度が得られること (R. Nakano *et al*, *JATIS* 9, 2, 028003, 2023) を、室温にて実証済みである。さらに、真空環境で動作する可動熱シールド付きミリ波スキャナを低温真空チェンバ内に設置することで、開口部に大気窓を持たない *LiteBIRD* のような宇宙望遠鏡においても、これらの測定を極低温環境下で実現することが可能となった (2024 年秋季年会 V145a)。本講演では、6 K 環境下において位相復元近傍界測定を行った結果について、室温での測定結果や位相を直接測定した場合との比較を含めて報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V142a 広視野ミリ波望遠鏡光学特性測定におけるホログラフィ電場復元法の精度評価

高橋理音 (東京大学, JAXA), 高倉隼人 (JAXA), 関本裕太郎 (東京大学, JAXA), 稲谷順司 (JAXA), マツダフレドリック (JAXA), 小栗秀悟 (東京大学, JAXA)

宇宙マイクロ波背景放射の *B-mode* 偏光観測のために、数千個の超伝導転移端センサを搭載し、全体を 5 K に冷却して運用される広視野ミリ波望遠鏡の開発が進められている。このような望遠鏡では、それぞれの検出器に対してアンテナパターンの広角サイドローブを -60 dB で知ることが要求されており、低温真空環境でボロメータを用いた測定方法の開発が必要である。チェンバ内での望遠鏡光学測定は、装置全体が小さく、真空窓を用いる必要がない点から、開口面での振幅・位相測定を行うベクトル近傍界測定が有用である (H. Takakura *et al*, 2019, *IEEE TST* 9, 6, 598) が、ボロメータは位相に感度がなくこれを直接適用できない。これまでに、参照波との干渉縞の強度分布であるホログラムを用いる複素電場復元法を用いた望遠鏡の光学特性測定が開発されてきた。開口面強度の測定も行い、ホログラムから開口面強度のみと参照光のみの自己相関成分を取り除いた、修正ホログラムを求め、参照波の 1 回位相ステップや時間領域フィルタ (R. Nakano *et al*, 2023, *JATIS* 9, 2, 028003) により復元対象を分離する方法が提案されている。

本研究では参照波源と検出器の位置関係が変化しないことを用いた 2 回位相ステップ復元法を提案している。1 回の開口面スキャン中に 2 回の参照波位相ステップ行いながら焦点面にてホログラムを測定し、開口面の強度測定を省き、複素電場を復元する。この手法で得たアンテナパターンは -60 dB レベルにおいてベクトル近傍界測定で得た結果と一致することを実証している (R. Takahashi *et al*, 2024, *SPIE*)。本講演では本手法の復元精度を、修正ホログラムを利用する 1 回位相ステップ法、時間領域フィルタ法との比較試験の結果を用いて報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V201a ULTIMATE-START: トモグラフィー波面測定系の較正

秋山正幸, 田邊ひより, 高橋光明, 榎山愛乃(東北大), 大野良人, 美濃和陽典, 寺尾航暉, 大屋真(国立天文台), 大金原(オーストラリア国立大), 山室智康(オプトクラフト)

我々は ULTIMATE-START(Subaru Tomography Adaptive optics Research experimenT) としてすばる望遠鏡にレーザー トモグラフィー補償光学を実装する開発を進めている。ULTIMATE-START では 4 個のレーザーガイド星を生成し トモグラフィー手法を用いた波面推定を行うことで、単一のレーザーガイド星で問題となっていた円錐効果の影響を低減し補償性能を向上させることを目指している。20W のレーザー光源を 4 個に分岐して 4 個のレーザーガイド星を生成するレーザー送信系の開発、4 個のレーザーガイド星の光を 4 台のシャックハルトマン型波面センサーで測定する トモグラフィー波面測定の光学系および波面推定計算の開発、すばる望遠鏡既存の補償光学系 AO188 の可変形鏡を 3000 素子可変形鏡に更新する開発を進めてきた。現在、可変形鏡の更新および 4 個のレーザーガイド星の生成のオンスカイ試験までは完了しており、トモグラフィー波面測定系を山麓施設の実験室で測定性能評価を進めている段階である。2025 年後半には トモグラフィー波面測定系をすばる望遠鏡赤外ナスミス焦点に設置する予定である。

トモグラフィー波面測定系については、実験室に 4 個のレーザーガイド星および 1 個の自然ガイド星を模擬する光源系および大気揺らぎを模擬する位相板を設置したシミュレーション光学系を設置して、調整を進めてきた。本講演では開発の現状を紹介すると共に、シミュレーション光学系を用いたこれまでの調整に基づいて、トモグラフィー波面推定を行う上で必要となる波面測定系の較正過程についてまとめて報告する。

[スケジュール\(セッション毎\)に戻る](#)

[スケジュール\(全体\)に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V202a ULTIMATE-START: すばる望遠鏡レーザー トモグラフィー補償光学の トモグラフィー波面推定の性能評価

田邊ひより, 秋山正幸, 一ノ瀬将也, 高橋光明, 榎山愛乃(東北大学), 美濃和陽典, 大野良人, 寺尾航暉, 大屋真(国立天文台), 大金原(オーストラリア国立大学)

レーザー トモグラフィー補償光学 (LTAO) はコーン効果を減少させるために複数のレーザーガイド星を用いて測定を行い、高さ方向に分解した推定を行うことで、ターゲットに最適化した補償を実現することができる。ULTIMATE-START プロジェクトは、すばる望遠鏡に LTAO を実装し、可視光において回折限界を実現することを目的として波面センサーを含めた開発を進めている。

本研究では現在開発中の LTAO 波面センサーの光学実験で得られたデータを解析することで、実際の観測で想定される残留波面誤差を推定し定量的に評価することを目標としている。加えて、波面推定のシミュレーションを通じてアライメント時に生じる誤差要因を特定し、キャリブレーション手順への反映も行う。

解析では 2024 年に国立天文台ハワイ観測所実験室で LTAO 波面センサーに搭載されている 4 つの波面センサーと Truth-WFS unit に搭載されている 1 つの波面センサーにシミュレーション光源からの光を入れて大気揺らぎを測定したデータを使用している。位相板を用いて 4 つの LTAO 波面センサーの情報から波面の再構成を行い、Truth-WFS の波面を再構成した結果との比較を行なった。さらに、各高度における波面センサーの幾何学的な配置をずらした際の波面推定のシミュレーションも行なった。この解析により Truth-WFS と同様の波面揺らぎパターンが LTAO 波面センサーで推定され、この残留波面誤差の定量的評価を進めている。加えて、波面推定結果からアライメント誤差による補正精度への影響の評価やキャリブレーション手段についても議論も行う。

[スケジュール\(セッション毎\)に戻る](#)

[スケジュール\(全体\)に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V203a 波面揺らぎの移動を利用した LGS uplink jitter の変化の推定

米田隼, 峰崎岳夫(東京大学)

補償光学 (AO) では波面測定用光源としてレーザーガイド星 (LGS) が使用される。レーザーは地上からの送信時、観測望遠鏡の受信時の両方で同じ大気揺らぎを通るので、LGS を用いて測定する観測望遠鏡開口内の波面のうち、LGS 送信望遠鏡と同じ開口で観測される波面の傾き (tip-tilt) 成分は 0 になる。また他の部分でも tip-tilt 成分は送信時の tip-tilt (uplink tip-tilt) の影響を受ける。このため LGS では天体光の tip-tilt ゆらぎを測定することはできず、受信時の tip-tilt (downlink tip-tilt) は自然ガイド星 (NGS) で測定する必要がある。LGS の uplink tip-tilt を推定できれば NGS が不要となり、AO の Sky Coverage 向上、システムの簡略化、観測のオーバーヘッド削減を見込めるため、様々な推定手法が研究されている。例えば Reeves et al.(2016) は トモグラフィーを利用する手法を提案し、大気高層ほど uplink tip-tilt を精度よく推定できることをシミュレーションを用いて示した。

ここで我々は新手法を提案する。固定パターンの大気揺らぎが望遠鏡の開口を横切るという仮定の下では波面の tip-tilt を除いた 2 次以上のモードは形状を保って観測されるので、風上方向の波面揺らぎを遡って将来時間の uplink tip-tilt の時間変化を推定する手法である。uplink tip-tilt の変化がわかれば、観測望遠鏡で受信する LGS の波面から downlink tip-tilt の変化を取り出して tip-tilt 補正を行うことで焦点面での星像の動きを止められる。あとは tip-tilt 補正の制御原点を調整すれば星像を任意の位置に導入することができる。本手法に必要な大気揺らぎの移動方向と速度の情報は波面揺らぎの時空間相関解析や トモグラフィーから求められ、本手法は原理的に地表層の大気揺らぎに対しても効果がある。MATLAB の大気揺らぎのシミュレーションでこの手法を検証した結果、状況を単純化した 1 層の大気揺らぎで原理を確認した。

[スケジュール\(セッション毎\)に戻る](#)

[スケジュール\(全体\)に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V204a FPGAを用いた高速かつ多入出力な補償光学システムの開発

藤田直希, 入部正継 (大阪電気通信大), 山本広大 (京都大), 津久井遼 (ロジストラボ), 西川淳 (総研大), 米田謙太 (JAXA), 早野裕 (国立天文台)

地上での天体観測では観測の妨げになる大気ゆらぎを補正する補償光学 (Adaptive optics) が不可欠である。この補償光学を使用することにより観測光の波面の乱れを補正し、空間分解能を回折限界に近づけることが可能となる。ところで我々は京都大学 3.8 望遠鏡に搭載され、直接撮像装置で探る径外惑星サイエンス SEICA (Second-generation Exoplanet Imager with Coronagraphic Adaptive optics) で利用する装置である。

SEICA に搭載される補償光学系は、大気の揺らぎの空間周波数成分を Tip/Tilt, Woofer, Tweeter 3 種類の成分をそれぞれの補償光学装置に分担させる事で大気の揺らぎを補償し、これを極限補償光学と呼ばれている。その中でも高域波数である Tweeter システムの開発を行った。

Tweeter システムでは、大気のゆらぎを PDI 方式を利用した波面センサの情報を高速 CMOS カメラで撮像し、FPGA 用いた高速な実時間演算を用いて開口内の観測波面の位相情報を算出する。その位相情報にフィードバック演算を施した後、可変形鏡を用いて物理的に波面補償する。

このシステムでは一般的な補償光学システムと異なり、PDI 方式波面センサと FPGA を採用している。これにより、補償光学システムにおける制御系の実時間性を担保しつつ、578 入力 492 出力の多入出力な制御系を制御周期 250us 以下で動作させることに成功している。本講演では、この新しい補償光学系の制御実験の結果について述べる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V205a 衛星-地上間光通信のための NICT での補償光学実験 -BHEX を見据えて-

中村健太 (東京大学), 本間希樹 (国立天文台), 高見英樹 (情報通信研究機構, 国立天文台), 斉藤嘉彦, 六川慶美, 坂部健太, 宇佐美敬之, 中國純一 (情報通信研究機構)

BHEX (Black Hole EXplore) は、スペース VLBI 技術を用いた、これまでにない高分解能におけるブラックホールの観測的研究をおこなうプロジェクトであり、2030 年代前半の衛星打ち上げが見込まれている。BHEX では、衛星から地上局へのデータダウンリンク速度として 96 Gbps が目標とされており、この実現のために光空間通信が必要である。日本では、技術試験衛星 9 号機 (ETS-9) を用いて、情報通信研究機構 (NICT) などによる 10 Gbps の光空間通信実証実験が予定されている。これは、BHEX に向けた光ダウンリンク技術の検証になりうる。

衛星-地上間の光空間通信においては、大気の空間的な密度ムラによって生じる光波面の揺らぎが通信性能を劣化させる。補償光学 (AO) を用いることで、リアルタイムに波面揺らぎを補正し、通信効率を改善することができる。補償光学の性能は、設置場所でのシーイングや風速などの条件により左右されるため、様々な条件で性能評価を実施することが必要である。

現在、ETS-9 実験の準備として、NICT 小金井本部にある 2 つの光学望遠鏡を用いた対向実験を実施している。本実験では、口径 40 cm の望遠鏡から波長 1558 nm のレーザーを照射し、約 90 m 離れた位置にある口径 1 m の望遠鏡 (この内の直径 40 cm 部分を用いる) に搭載された ETS-9 実験に用いる AO を通して受信し、AO 補正性能および、ファイバーへの結像効率を評価する。また、補正前の波面誤差の大きさをもとに測定時のシーイングを推定する。これらを基に補償光学系の性能を調べ、ETS-9 実験に要求される性能と比較することができる。本講演では、この実験の進捗と現在得られている結果、および今後に向けた課題を発表する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V206a 1 次元回折限界コロナグラフとファイバーヌリングの組み合わせ：恒星光低減装置の直列接続の実験

伊藤 哲司 (名古屋大), 松尾 太郎 (大阪大/名古屋大), 小島 礼己 (名古屋大), 住 貴宏 (大阪大), 田村 元秀 (ABC/NAOJ)

系外惑星直接撮像のために、惑星光に比べて非常に明るい恒星からの光を選択的に低減させる装置の代表例が、リオコロナグラフである。1 次元回折限界コロナグラフ (1DDL) は、2020 年に提案されたリオコロナグラフの一種であり、以下の 2 つの有望な特徴、1) 線状の焦点面マスクパターンなので、多重星の光に対する低減装置として機能するという特徴、2) 特定の瞳形状において、軸上単色点光源を原理的に完全に除去可能、かつ、回折限界離角の惑星の光のうち約 50 パーセントを透過するという特徴、を持つ。ただし、スペクトル帯域幅の増加に対して、1DDL の性能は (恒星光リーク量の観点からは) 非常に敏感に劣化する。ところが、幸いなことに、その恒星光リークは、コロナグラフ入射前の軸上点光源と同じ光振幅プロファイルを保つ。したがって、1DDL 後に追加の恒星光低減装置を「直列に結合する」ことが有効である。本研究は、1DDL と、ファイバーヌラー (単モードファイバーの入射部を用いて恒星光のみを選択的に除去する構成) を組み合わせた「直列接続コロナグラフシステム」の最初の実験結果を報告する。本実験により、コロナグラフの設計中心波長から約 6 パーセントずれた波長でも、約 10 のマイナス 5 乗のコントラスト低減を確認した。(実験テストベッドにおける波面制御の欠如が現在のコントラスト性能を制限している。) この結果は、回折限界離角の系外惑星観測のための将来装置 (HWO 計画における近赤外コロナグラフなど) に向けて、1DDL と他の恒星光低減装置の組み合わせの有望さを示唆するものである。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V207a 将来スペースコロナグラフ観測を目指した分割位相マスクの開発状況

村上尚史 (ABC/NAOJ/総研大/北海道大), 西川淳 (NAOJ/総研大/ABC), 米田謙太 (宇宙科学研究所), 河内夏樹, 永木美帆, 畠山裕基 (東京農工大/NAOJ), 田中洋介 (東京農工大/ABC), 塩谷圭吾 (宇宙科学研究所)

ハビタブルゾーンに存在する地球型系外惑星の直接検出およびキャラクタリゼーションのためには、恒星光を広帯域で 10^{-10} オーダに除去し、恒星近傍の惑星を高スループットで検出できるコロナグラフが必要である。我々は、広帯域コロナグラフの実現を目指し、フォトニック結晶技術による分割位相マスクの開発を行っている。位相マスクは、放射状に $4N$ 分割された半波長板 (各セグメントで軸方位が異なる) で構成される。半波長板を広帯域化するため、3 層の異なる波長板を堆積させる製造アプローチを検討している。我々は最近、6 次の恒星光除去特性をもつ12 分割位相マスクの試作を新たに行った。リターダンスの中心波長を740 nm とし、波長域675-825 nm (帯域幅およそ20%) にわたり 10^{-10} のコントラストを目指した設計となっている。しかし、所望のコントラストを得るためには、マスクのセグメント間および層間のリターダンス誤差を極力小さくする必要がある。現在、NAOJ/ATCにおいて、分光エリプソメトリによる試作マスクのリターダンス評価などを実施している。

我々はまた、分割位相マスクコロナグラフの数値計算により、軸外惑星光のスループットの評価を行っている。これまでの計算の結果、位相マスクの特定の方位角において、恒星近傍で比較的高いスループットを期待できることが示唆されている (4 次マスクで $< 2\lambda/D$, 6 次マスクで $< 3\lambda/D$)。さらに、先行研究 (Mennesson et al. 2024, JATIS, 10, 035004) にもとづき、地球型惑星検出に必要な露光時間の見積もりなどを行っている。

本講演では、分割位相マスクの試作と評価試験、および数値計算による性能評価の現状について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V208a 岡山188cm 反射望遠鏡のファイバーフィード型高分散エシエル分光器 HIDES-F における超高波長分解能 ($R=3\times 10^5$) 分光機能の実装

泉浦秀行, 田實晃人 (国立天文台), 佐藤文衛 (東京科学大), 寶田拓也 (アストロバイオロジーセンター), 稲場肇, 大久保章 (産業技術総合研究所)

我々は太陽近傍にある太陽型星のまわりの温暖な地球型惑星をドップラー法で探索するため、可視光の広い波長範囲 (400-900nm) にあるスペクトル吸収線を超高波長分解能で総ざらいつに同時に観測し、その観測を密に繰り返し、一つ一つのスペクトル線について線輪郭や重心位置などあらゆる変動性を視線速度換算 10 cm s^{-1} の水準で明らかにすることを目指している。その第一歩として、国立天文台ハワイ観測所岡山分室188cm 反射望遠鏡のファイバーフィード型高分散エシエル分光器 HIDES-F において、波長範囲は $\sim 50\text{nm}$ 程度と限定的ながら、比波長分解能 $R(= \lambda/\Delta\lambda) = 3 \times 10^5$ (λ は波長) で波長500nm 付近の太陽型星のスペクトルを稠密に取得できる観測機能を実装したので報告する。この観測機能は HIDES-F の入射部に $40\mu\text{m}$ 幅のスリットを置き、かつ、検出器上でのスリット像幅 $\sim 10\mu\text{m}$ に合わせて $3.76\mu\text{m}$ ピッチで画素数 9576×6388 の大面積 CMOS カメラを導入して実現した。HIDES-F の光学系は近軸領域でその比波長分解能を達成し得る設計結像性能 (スポットサイズ $\sim 5\mu\text{m}$) を元来有していた。スリット幅を狭める影響で観測効率が従来の高効率モード (ピーク総合効率 $\sim 8\%$) の約 $1/7$ となるので、30 分積分で一次元化したスペクトルの連続光レベルで $S/N>100$ を達成できる観測対象は $m_v \leq \sim 3$ の天体に限定されるが、数個の太陽型星が観測可能である。これまでに Th-Ar ランプと HIDES-F 用レーザー周波数コム輝線ならびに太陽光のスペクトルを $R=3\times 10^5$ で取得できている。今後、太陽型星の観測へと進む予定である。年会では以上の結果やその後の進捗について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V209a ニュージーランド61cm 望遠鏡における紫外線・可視光・近赤外線同時撮像装置 ATEA の開発2

奥本祐生、鈴木大介、山響 (大阪大学)、都築俊宏 (国立天文台)

キロノバのような突発天体や重力マイクロレンズイベントの光度の時間変化を観測すること、またそれらを異なる波長帯で同時に観測することは時間軸天文学やマルチメッセンジャー天文学という観点において極めて重要である。しかし、日本の光赤外線コミュニティがアクセスできる南天の観測装置は限られているため、南天で発生した突発天体を観測することが困難である。また、我々の研究グループが南アフリカ共和国に建設した広視野近赤外線望遠鏡 PRIME (2025 春季年会 P321a) が発見するマイクロレンズイベントのフォローアップ観測が困難であるという問題もある。そこで、ニュージーランド・マウントジョン天文台にある B&C 61cm 望遠鏡に設置する紫外線・可視光・近赤外線同時撮像装置 ATEA (Aotearoa Triple-band Equipment for Astrophysics) の開発を進めている。

ATEA は、コンバージョンレンズとして2枚の球面レンズを導入することで視野を広くし、またその後段に2枚のダイクロイックミラーを導入することで、紫外線 (350-400nm)、可視光 (700-850nm)、近赤外線 (1170-1720nm) の3バンド同時観測を行うことができる。現在までに光学系の基本設計を完了し、各波長帯における公差解析結果から光学系の詳細設計と各光学素子、各ユニットの仕様を決定した。現在は実現に向けてユニットの製作を進めつつ、インストール時の光学調整方法等について検討を行っている。本発表では ATEA の開発状況と、2026 年2月頃に予定している現地インストール計画について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V210a 超低面輝度の可視光天体の探査による新たな高エネルギー天文学の開拓へむけて (2)

山崎了, 森田愛子, 荒木秀斗, 井出祥太郎, 大久保宏樹, 佐藤琴美, 鈴木雄斗, 野口実沙子, 平間至, 吉川慧, 田中周太, 坂本貴紀 (青山学院大), 藤田裕 (東京都立大), 太田耕司 (京都大), 川端弘治 (広島大)

可視光帯域で 30 mag/arcsec^2 程度よりも暗い超低面輝度の観測を、大学レベルの比較的規模の小さな望遠鏡を用いて行うことが可能となってきた。実際、米国の DragonFly 望遠鏡は、低面輝度の銀河観測を行い、銀河天文学の分野において次々と成果を挙げている (Abraham & van Dukkam 2004, PASP)。これを高エネルギー天文学にも展開し新たな分野の開拓を目指したい。そこで、超新星残骸での宇宙線加速過程を調べるために、若い超新星残骸 Tycho (SN1572) からの可視光シンクロトン放射を検出して宇宙線加速理論に制限をかけることを目指している。可視光帯域での広がった天体の観測は宇宙線研究ではほぼ未開拓であったが、本研究ではそこに目をつけ、可視光帯域の観測を充実させることで、当該分野の観測的進展を加速させることを目指している。これまでに我々は独自の望遠鏡 AGEHA (Aoyama Gakuin Explorer for High-energy Astrophysics) の設置を完了し、実際に運用を始め、観測を行っている。2024 年 12 月上旬から 2025 年 2 月上旬にかけて Tycho を、2025 年 4 月に近傍銀河 NGC4220 をそれぞれ観測した。本講演では、AGEHA 望遠鏡の仕様、観測運用の現状について紹介し、Tycho および NGC4220 の解析の現状と課題について発表する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V211b 超低面輝度の可視光天体の探査による新たな高エネルギー天文学の開拓へむけて (3)

森田愛子, 山崎了, 荒木秀斗, 井出祥太郎, 大久保宏樹, 佐藤琴美, 鈴木雄斗, 野口実沙子, 平間至, 吉川慧, 田中周太, 坂本貴紀 (青山学院大), 藤田裕 (東京都立大), 太田耕司 (京都大), 川端弘治 (広島大)

超新星残骸での宇宙線加速理論モデルの検証を目指し、青山学院大学に設置した可視光望遠鏡 AGEHA (Aoyama Gakuin Explorer for High-energy Astrophysics) を用いて可視光観測を行なっている。超新星残骸の衝撃波面で相対論的速度まで加速された電子はシンクロトン放射をするが、これまでの検出は主に電波および X 線帯域に限られており、可視光帯域での報告はない。宇宙線加速理論の検証に新たな観測的制限を与えるため、本研究では、AGEHA 望遠鏡を用いて Tycho の超新星残骸からの可視光シンクロトン放射の検出を試みている。これまで、観測に向けて望遠鏡のセットアップおよび継続的なメンテナンスを行ってきたが、準備が整い観測を開始することができた。AGEHA 望遠鏡システムでは、最も高い検出効率になる R-band の観測に専念している。Tycho からのシンクロトン放射の R-band での表面輝度の予想は $28\text{--}29 \text{ mag/arcsec}^2$ であり、カメラ 3 台を用いて S/N 比 4 で検出を達成するには約 $5 \times 10^5 \text{ sec}$ の積分時間が必要であると見積もっている。2024 年 12 月上旬から 2 月上旬にかけて一晩あたり平均 $1.7 \times 10^4 \text{ sec}$ 積分で、約 30 晩の観測をすることができた。検出精度向上、系統誤差の評価のために、Dark, Flat などの精度や、望遠鏡サイトでの夜空の明るさ、月明かりなどの影響についても調べている。また、AGEHA 望遠鏡の感度評価を実証するため、表面輝度が既知の NGC 4220 の観測も行なった。本講演では、Tycho および NGC 4220 のデータ解析の進捗を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V212b TMT 第一期観測装置 IRIS の開発 (熱構造光学解析)

清水莉沙, 田中陽子, 大淵喜之, 鈴木竜二 (国立天文台)

TMT の第一期観測装置の一つである IRIS は、補償光学系と組み合わせることで 30 m 望遠鏡の回折限界の空間分解能と感度を達成する観測装置であり、近赤外線波長域 $0.84\text{--}2.4 \mu\text{m}$ において撮像と面分光観測機能を提供する。IRIS はアメリカ、カナダ、日本の国際協力で開発が進められており、日本は国立天文台先端技術センターを中心として、2025 年の詳細設計審査に向けて撮像系部分の開発を行っている。

IRIS のユニークな性能である高精度アストロメトリと高い感度を実現するために、様々な熱的外乱を受けても検出器上の星像の位置が安定していることが求められている。具体的には、100 秒間で 16 マイクロ秒角、900 秒間で 100 マイクロ秒角の安定性が求められる。本発表では、熱的外乱として液体窒素による冷却及び再充填を扱う。IRIS はクライオスタット内部を液体窒素によって冷却するが、冷却開始から 8 日以内に光学系の位置変動が安定する必要がある。その後、液体窒素は一日に一度充填されるが、その際に液体窒素タンク内の圧力が高くなることで液体窒素の沸点が一時的に上昇する。これらの温度変化によって構造が熱膨張により変形し、光学素子の位置が変動し、検出器自体の熱膨張と合わせて、検出器上での星像位置が変動する。

我々は有限差分法による熱過渡解析と有限要素法による構造解析を組み合わせた熱変形解析によって、さまざまなケースにおける光学系の位置変動を時刻歴で計算した。その結果を光学設計ソフトに取り込むことで検出器上での星像の位置安定性を検証し、撮像系の熱設計が適切かどうかを調べた。本発表では、解析のフロー、FEA/FDA モデルの構築と検証、結果の解釈と妥当性について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V213b 広帯域にわたる高コントラスト観測を目指した波面制御技術 PCM の開発

佐藤 駿也 (北海道大), 村上 尚史 (アストロバイオロジーセンター/国立天文台/総研大/北海道大), 米田 謙太 (宇宙科学研究所), 西川 淳 (国立天文台/総研大/アストロバイオロジーセンター), 塩谷 圭吾 (宇宙科学研究所), 河原 創 (宇宙科学研究所)

系外惑星の観測的研究において、地球型惑星の直接検出およびキャラクタリゼーションは重要な目標の一つである。しかし、地球型系外惑星とその主星である恒星の強度比は 10^{10} 倍にも達すると言われており、広帯域にわたり恒星光を強力に除去するコロナグラフや波面制御技術が求められる。我々は、系外惑星の広帯域分光キャラクタリゼーションや、多バンド測光による惑星表面マッピングなどのサイエンスを目指し、広帯域にわたる波面制御のための新たな光学モジュール Planet Color Module (PCM) を提案し、開発を推進している。

本講演ではまず、PCM の実証実験について報告する。これまでに、PCM と位相マスクコロナグラフを組み合わせた実証実験が報告されている (浅野他, 2023 年秋季年会 V243a)。今回は別手法として、本質的に波長非依存な変形腫コロナグラフによる実証実験を、恒星モデルとして 2 波長 (波長 532 nm, 675 nm) のレーザー光源を用いて行った。その結果これまでに、2 波長それぞれで同時に 3.0×10^{-7} のコントラストを得ている。

次に、PCM の計算機シミュレーションについて報告する。この計算機シミュレーションは、PCM の原理検証を行うとともに、観測性能を高めるための方策 (観測および制御パラメータの選定など) を検討することを目的としており、現在 PCM の有無に対するコントラストの波長依存性について検証を行っている。本講演では、計算機シミュレーションの現状および今後の展望を示す。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V214b 6 次 24 分割位相マスクコロナグラフの超広帯域化

西川 淳 (国立天文台/総研大/Astrobiology Center(ABC)), 村上尚史 (ABC/国立天文台/総研大/北大), 米田謙太 (宇宙研), 田中洋介 (東京農工大/ABC), 河内夏樹, 永木美帆, 畠山裕基 (東京農工大/国立天文台), 塩谷圭吾 (宇宙研/総研大)

系外惑星の反射光スペクトル中のバイオシグナチャを調査することは、今後の大型望遠鏡計画のひとつの目標となっている。反射光での系外惑星の主星に対するコントラストは、 10^{-8} 乗 ~ 10^{-10} 乗である。我々は、大口径望遠鏡でも恒星回折光の消光性能の高い、6 次の 12 および 24 分割位相マスクコロナグラフの開発を進めており、セグメント化されたフォトリソニック結晶半波長板を用い、広帯域化のための 3 層積層が当面の課題である。NAOJ/ATC に構築したエリプソメーターによって、各セグメントの位相差を高精度で測定でき、OAP を用いた超広帯域対応のコロナグラフ実験系によって、532-1064nm で約 $1e-6$ (波面誤差限界) までのコントラストを評価できる。

2021 年度製作の 12 分割と 24 分割 3 層位相マスクは、600-1000nm の超広帯域を目指し、位相差は $180^\circ \pm 5^\circ$ の設計値に近かったが、コントラストは 3 層化の効果がなく狭帯域特性となり、原因は 3 層の間隔の問題と判明した。2024 年度には層間隔と波長板方位角を考慮して広帯域化の再設計を行った。24 分割では 600-950nm を目指した結果、層間隔 $550\mu\text{m}$ 、相対方位角 48° で第 2 回折リング位置でのコントラストは -4.6 乗が得られた (地上生コントラスト対応)。これまでに各層の製造が終わり、位相差の誤差の評価を行っており、今後接着作業に進む予定である。一方、12 分割は宇宙向けで、層間隔 $10\mu\text{m}$ 以下の直接積層法を必須とし、帯域を約 20% (675-825nm) に絞り、相対方位角 59° の位相マスクによるコントラストは約 -6 乗で、偏光子併用で -10 乗を目指せる設計とした (本年度、村上 他)。将来は補償光学を用いたダークホールコントラストの評価が必要である。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V215b 惑星モニター観測用多層共役補償光学系における補間による反応行列の評価

野田緋奈子, 渡邊誠 (岡山理科大), 大屋真 (国立天文台)

岡山理科大学では北海道大学 1.6 m ビリカ望遠鏡に搭載予定の太陽系惑星モニター観測用多層共役補償光学系 (MCAO) を開発中である。この MCAO は高度 0 km と 2.6 km にそれぞれに共役した 2 台の 140 素子 MEMS 型可変形鏡と 4 台の視野 $16'' \times 16''$ ($0.42''/\text{pixel}$) の 11×11 素子シャックハルトマン波面センサを持つ。波面補正に用いる制御行列は一般に可変形鏡の変形に対する波面センサの応答を表す反応行列から求めるが、MCAO ではそれらが波面測定用参照光源の視野位置に依存するため、本 MCAO では任意の視野位置に対する反応行列が必要である。そこで、我々は、較正光源を用いて視野上でグリッド状に並んだドット像 (直径 $1.38'' = 3.3 \text{ pixel}$ 、間隔 $2.68'' = 6.4 \text{ pixel}$) の位置に対する測定反応行列のデータセットを取得し、その補間による任意位置に対する反応行列の作成を検討している (2024 年秋季年会にて報告)。

今回は、前回報告時から測定データの処理方法を改良し、参照画像サイズを $7 \times 7 \text{ pixel}$ 、像ずれ量の計算方法を Square difference function 法と 2D Quadratic interpolation 法に変更した。その結果、印加電圧 30V で測定した反応行列要素値のランダム誤差は 0.00093 pixel/V 、系統誤差は 0.00097 pixel/V に改善した。この測定データを用いてグリッド点での反応行列をバイリニア補間により求めて実測と比較したところ、補間に用いる測定点の間隔が $5.36''$ の場合、値が応答最大値に近い 0.060 pixel/V 程度の要素では、実測と補間の差の大きさは平均 0.005 pixel/V 、最大で 0.013 pixel/V 、ばらつき (RMS) は 0.0005 pixel/V であった。また、補間値は実測より平均 7% 小さくなる傾向が見られた。補間値が実測からずれる原因の 1 つは視野位置に対する要素値の変化が非線形であるせいと考えられ、測定点間隔を小さくする、あるいは高次の補間により補間精度を改善できる可能性がある。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V216b 太陽 Shack-Hartmann センサへの CNN の導入の検討

照山玄太, 三浦則明, 堀口裕介, 松上正隆, 黒住健吾, 富樫誠, 桑村進 (北見工大), 上野悟 (京大), 一本潔 (立命館大)

我々は、飛騨天文台ドームレス太陽望遠鏡用の補償光学装置 (AO) の開発を行っている。太陽 AO では、基準となるサブアパーチャ (SA) の太陽像と対象となる SA の太陽像との相対的なずれ量を相関演算を用いて計測している。しかしながら、シーイングが悪い時や物体のコントラストが低い時にしばしば検出ミスを起こすことがわかっている。この問題に対処するため、相関演算の代わりに畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を用いることを検討している。

想定している CNN は参照 SA 及び対象 SA の画像をそれぞれ通常の畳み込み層で処理した後、各層からの出力を交差させるため新しく設計した層を通過させる。その後、そこからの出力を全結合層を通して出力するものである。学習時には、通常の CNN と同様に、出力と教師データとの誤差を逆伝搬する。

2024 年 3,9 月、2025 年 5 月に飛騨天文台 AO 装置の Shack-Hartmann 波面センサの画像を取得した。記録した画像を上述と同様な方法を用いて、各 SA における位置ずれ量を求めた。ここから明らかに検出ミスしているものを除いて学習用の教師データとした。現状はネットワークの構築がほぼ終了し、学習を始めたところである。詳細については当日報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V217c 太陽ナイフエッジ法による大気ゆらぎと AO 効果の連関性解析

黒住健吾, 三浦則明, 照山玄太, 松上正隆, 堀口祐介, 富樫誠, 桑村進 (北見工大) 上野悟 (京大), 一本潔 (立命館大)

地上から天体観測を行う際、大気ゆらぎによって観測像がぼやけるという問題があり、これに対処するための技術として、波面補償光学 (以下 AO) がある。しかし、我々が飛騨天文台に設置した AO システムでは、観測日や時間帯によって AO 効果が現れる場合とそうでない場合があり、その原因ははっきりしていない。そこで我々は、AO 動作時に画像データと同時に波面情報を取得することで AO 効果との関係を調査している。

空間スケールの小さなゆらぎの情報が取得可能で、かつデータ解析を容易にするために瞳面での波面位相を画像の強度分布として観測できる方法として、太陽ナイフエッジ法を開発した。太陽像面にスリットを設置し、それを通過した光をカメラレンズでコリメートして高速カメラで撮像する。こうすることで、結像される瞳共役面上にゆらぎの空間周波数に対応した明暗の模様が観測される。開口形状に対応する円環領域において横 1 ラインごとにパワースペクトルを算出し全ライン分を足し合わせ、全フレーム分積算することで空間スケールごとのパワースペクトルを求めた。およそ 10 秒間のデータ取得中、途中で AO を on から off に切り替えた。AO がある場合とない場合のパワースペクトルの比を導出した。

2024 年秋季年会では、2023 年 9 月の観測データ (250fps で取得) を用いた結果を報告した。パワースペクトル比が太陽像のコントラスト改善率と 0.8 程度の相関を持っていることが分かった。今回は、2024 年 9 月および 2025 年 5 月の観測データ (2000fps で取得) を用いた結果を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V218c 線形位相因子を含むウィーナーフィルタ処理による天体スペckル像再生

桑村 進 (北見工大)

天体スペckル像再生は、大気揺らぎで劣化した多数枚の狭帯域・短時間露光像 (スペckル像) から望遠鏡の回折限界像を再生することを目的とする。再生手法の部類として、スペckルフレームの平均パワースペckトル計算と位相回復処理による方法、シフトと加算処理による方法、脱畳み込み処理による方法が存在する。低光子数のスペckルフレームを処理する場合において、シフト加算法がそのアルゴリズムの単純さ故に統計雑音の影響を受けにくい、アルゴリズムの理論的根拠が弱いのが欠点となっている。

ウィーナーフィルタ処理による再生法は上記 3 つ目の部類に属する手法であるが、推定物体像と真の物体像との二乗誤差和の集合平均が最小となるようにフィルタが設計されるため雑音の影響は比較的受けにくい。Shi と Ward は、1992 年の論文 (J.Opt.Soc.Am.A, Vol.9, p.364) において、こうして設計されるフィルタには長時間露光像の伝達関数が含まれるため、高空間周波数成分が著しく劣化する可能性のあることを指摘している。そこで本研究では、ウィーナーフィルタに線形位相因子を陽に含めることによって、この問題を克服することを試みた。上記の二乗誤差和が最小となるようなフィルタの必要条件を求めた所、低空間周波数成分を抑制したスペckルフレーム間の相互相関を最大化する条件が導かれた。これは、シフト加算法のアルゴリズムを示唆するものであった。線形位相因子がフレームのシフトを意味することから当然の結論と言えるかも知れないが、シフト加算法のアルゴリズムに一定の理論的根拠を与えたとも言える。本講演では、こうして求めた必要条件をアルゴリズムとして実装し、模擬データを用いた実験によって本手法の有効性を示す予定である。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V219a 超精密フォーメーションフライト実証機 SILVIA の計画現状

和泉 究 (宇宙航空研究開発機構), SILVIA プリプロ候補準備チーム

SILVIA(Space Interferometer Laboratory Voyaging Towards Innovative Applications) は JAXA 公募型小型衛星の候補として 2020 年に Pre-phase A1b に進むことが承認された工学実証衛星計画で、100 m 離れた 3 機の衛星の超精密編隊飛行を軌道上実証するミッションである [1]。SILVIA は衛星バス系センサー、衛星間レーザー干渉計、ならびに精密推進系を協調動作させることで、衛星間の相対距離・姿勢をリアルタイム制御し、相対距離制御においてサブ μm の精度達成を目指している。編隊飛行の実証に適した軌道として地球周回低軌道を採用しており、相対軌道摂動と衝突リスクのいずれも抑えられ、かつコスト対効果に優れている。

本ミッションを実行することで、原始背景重力波の直接検出を目指す DECIGO といった重力波観測レーザー干渉計や、近傍の地球型惑星からの熱輻射の直接撮像を目指す LIFE といった高コントラストの赤外線ナノ干渉計など、将来の宇宙干渉計ミッションに向けて現存の技術ギャップを埋める。

本講演では SILVIA のミッションコンセプトとその主要技術を概説した上で、その計画の現状を報告する。

[1] T. Ito, *et al.*, arXiv:2504.05001 (2025):

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V220a 超精密編隊飛行実証機 SILVIA: レーザー干渉計の概念設計

阿久津 智忠, 都築 俊宏, 小原 直樹 (国立天文台), 和泉 究, 伊藤 琢博 (JAXA/ISAS), 小森 健太郎, 道村 唯太, 安東 正樹 (東大), 武者 満 (電通大), 佐藤 修一 (法政大)

SILVIA は、宇宙干渉計を用いた大型観測機器の構築に向け、その基礎となる超精密な編隊飛行 (formation flying) 技術の実証を目的とした宇宙機計画である。現在、本計画は JAXA 内で Pre-Phase A2 期 (ミッション定義フェーズ) に位置付けられている。SILVIA では、正三角形に配置した 3 機の宇宙機間の相対距離を段階的に制御し、最終的には宇宙機間に構築したレーザーリンクを利用した干渉計測により、サブミクロン精度での変位制御を目指している。日本はこれまでに、HTV や ETS-VII に代表されるような宇宙機間の相対制御技術を獲得しているが、前述のような精度を宇宙で実証した例は世界的にもない。一方、地上においては、重力波観測装置の開発分野において、すでに数 km 級の基線長の変位をナノメートル精度で制御できることが実証されている。我々はこのような既存の天文機器の技術と宇宙機制御の技術との融合によって、超精密編隊飛行の達成を目指す。本講演では、SILVIA への搭載を念頭にいたレーザー干渉計システムの概念設計について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V221a SOLAR-C 観測装置 EUVST の設計・開発状況 (2025 年秋)

原 弘久, 石川遼子, 浦口史寛, 岡本文典, 勝川行雄, 川畑佑典, 久保雅仁, 小原直樹, 篠田一也, 都築俊宏, 成典彰之, 光武正明 (国立天文台), 清水敏文, 内山瑞穂, 加藤秀樹, 末松芳法, 太刀川純孝, 田中寛人, 鳥海 森, 備後博生, 藤原正寛, 松崎恵一, 峯杉賢治, 三好航太, 山崎大輝, 宮崎英治, 山中理代 (JAXA), 今田晋亮 (東大), 渡邊恭子 (防衛大), 永田伸一 (京大), 檜崎翔太, 藤江彰裕, 三宅美咲, 木林優介, 藤原健吾, 赤楚晃一, 深作悠平, 杉野一樹 (三菱電機), 国際 SOLAR-C チーム

SOLAR-C 計画では、太陽の彩層やコロナの高温プラズマや太陽風がどのように形成されるのか、太陽フレアがいつどのように発生するのか、という謎に挑むため、17-122nm の 6 つの波長帯の多数の輝線を観測し、高い空間分解能 (0.4 秒角) をもつ高感度撮像分光観測装置 EUVST を国際協力で開発して JAXA の小型衛星に搭載する。分光器コンポーネントの開発を担う海外協力機関や衛星バスとのインターフェース設計を ICD にまとめ、国内で開発となる駆動装置付き主鏡部、鏡筒構造、駆動部制御装置の試験評価モデルの開発と試験準備を進めている。

本講演では、観測装置全体の開発状況と国内分担コンポーネントの機能・性能に係る要素の設計・開発・試験準備の進捗を報告する。開発モデルとしての主鏡は、形状加工・研磨・反射コーティング塗布や製作過程の光学測定を経て、支持構造や駆動機構への組み込みと光学性能試験、また駆動性能確認の終えた駆動部への組み込み後の環境試験に向けて準備が進められている。また、PFM 開発方式を採用して製造中の鏡筒構造について、汚染管理に向けた設計内容について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V222a SOLAR-C 高分解能達成のための光線微小角変位測定系の開発

吉田南 (東京大学, ISAS/JAXA), 川畑佑典, 小原直樹 (国立天文台), 内藤由浩 (総合研究大学院大学, 国立天文台), 勝川行雄 (国立天文台), 和泉究, 内山瑞穂, 清水敏文 (ISAS/JAXA)

SOLAR-C は 2028 年度打ち上げ予定の太陽観測衛星で、太陽から届く紫外線を分光観測することで、太陽大気を隙間なく観測する。高温な太陽コロナの加熱メカニズムや、フレアを起こす過程を解明するために、高空間 (0.4 秒角)・高時間 (1 秒) 分解能の観測が必須である。高精度な指向安定性を確保するため、ガイド望遠鏡で取得した太陽中心とのずれを、像補正とスキャン機能を持つ主鏡傾動機構に送り、tip-tilt 制御によって補正し、像の安定化 (3σ = 機械角 0.05 秒角以内) を図る。SOLAR-C 精度検証試験では、まず主鏡傾動機構単体での像安定度やステップ後の整定時間 (0.05 秒以内) を検証し、次に望遠鏡に組み上げた状態での傾動機構の性能試験、望遠鏡内の可動物起源の擾乱評価を行い、ガイド望遠鏡を含めた全系での結合動作試験にて性能評価を行う。全ての試験で共通して光学測定が用いられる; 光源からの光を測定対象で反射させ、Position sensitive detector (PSD) で検出される変位から、振動を評価する。要求値 0.05 秒角での測定実現には、測定対象から PSD まで大きな光路長 (15 m 程度) が必要であり、環境振動や空気ゆらぎの影響から測定精度達成は容易ではない。上記の試験の実現性を検証するための試験コンフィギュレーションの検討および検証実験を行った。試験段階に応じて主鏡として平面鏡と放物面鏡を使い分けるため、各模擬鏡を用いて測定精度の検証実験を行った。模擬平面鏡はビームリデューサを用いて測定可能角度を 3 倍拡大し、光学素子の支持機構を安定させることで、主鏡単体と結合動作試験の測定系にて十分な測定精度が得られた。一方、模擬放物面鏡は自身の振動や大気擾乱により測定系の精度検証が不十分であった。対策として、測定系上流への風防設置や、放物面鏡振動の独立した計測等が必要である。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V223a 紫外線宇宙望遠鏡 LOPYUTA 計画の検討状況 VII

土屋史紀 (東北大学), 村上豪 (ISAS), 山崎敦 (ISAS), 亀田真吾 (立教大学), 鍵谷将人 (東北大学), 吉岡和夫 (東京大学), 古賀亮一 (名古屋市立大学), 榎木谷海 (ISAS), 木村淳 (大阪大学), 木村智樹 (東京理科大学), 埜千尋 (NICT), 益永圭 (山形大学), 堺正太郎 (慶應大学), 中山 陽史 (立教大), 生駒大洋 (NAOJ), 成田憲保 (東京大学), 大内正己 (NAOJ/東京大学), 田中雅臣 (東北大学), 桑原正輝 (立教大学), 鳥海森 (ISAS), 野津 湧太 (コロラド大), 行方 宏介 (京都大学), LOPYUTA 検討チーム

LOPYUTA は、宇宙科学研究所・公募型小型計画のプリプロジェクト候補として検討を進めている紫外線宇宙望遠鏡計画で、宇宙の生命生存可能環境 (目標 1) と宇宙の構造と物質の起源 (目標 2) の理解を目指す。目標 1 では、多様な太陽系天体・系外惑星の外圏・電離大気を網羅的に観測し、太陽系内天体の理解の深化と系外惑星大気の特徴づけを行う。目標 2 では銀河周辺物質の構造の観測から、宇宙構造形成の枠組みで予言されたガスの流入による星形成を検証する。また、中性子星合体直後の高温ガスの観測から重元素合成過程を解明する。ミッション部は口径 60cm の主鏡を持つカセグレン望遠鏡と 4 つの焦点面装置、中分散分光器 MRS (分解能 $\sim 6,000$)、高分散分光器 HRS ($\sim 40,000$)、紫外スリットイメージャ UVSF、及び広視野ガイドカメラ FGS からなる。有効面積 350cm^2 と解像度 0.1 秒角を達成するため、紫外用ミラー成膜、大型高精度検出器、指向擾乱補正機能の 3 つのキー技術開発に加え、望遠鏡構造の概念検討を進めている。科学コミュニティに対する活動としては、関連する学協会のロードマップへの位置付けの議論への参加や海外コミュニティへの紹介を進めている。本講演では、これらの検討・開発の概要を紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V224a LOPYUTA 搭載用紫外線高反射ミラーの開発

榎木谷海, 村上豪, 山崎敦 (ISAS/JAXA), 田所彩華 (ISAS/JAXA, 東京理科大学), 亀田真吾 (立教大学), 鍵谷将人, 土屋史紀 (東北大学)

我々は、高精度紫外線宇宙望遠鏡 LOPYUTA の焦点面装置の検出効率向上に向けて、高反射ミラーの開発を行っている。従来、紫外線用のミラーは研磨したガラス基板上に紫外線領域において反射率が高いアルミニウム (Al) を真空蒸着して作成する。しかし、Al は大気中の酸素と反応して急速に表面の酸化が進み、反射率が低下する。そこで、酸化を防止するために Al の上にフッ化マグネシウム (MgF_2) コーティングを施す。LOPYUTA の観測ターゲットの 1 つである酸素原子輝線 130.4 nm における、Al + MgF_2 ミラーの反射率は、通常 85 % 程度に留まる。このままでは、反射面が 4 回あると検出効率が半分になるため、反射率の向上が必須である。そこで、本研究では様々な蒸着パラメータ (Al・ MgF_2 の膜厚、蒸着時の基板温度、蒸着時の真空度など) を制御してミラーを作成し、高い反射率を実現する最適な蒸着パラメータの決定に取り組んでいる。プロセスを改善した現状の最適蒸着パラメータでは、反射率 87.6 % に達している。

また、新しいコーティングプロセスにも着手している。近年、Al と MgF_2 の 2 回の蒸着の間に微量のフッ化キセノンを封入することで、Al が酸化するより先にフッ化し、反射率の低下を防ぐことができると報告された (Quijada et al., 2024)。このプロセスで作成したミラーの反射率は 90 % 以上である。我々はこのプロセスにおける最適蒸着パラメータを決定し、理論値の 95 % に近づく反射率を目指している。本発表では、このプロセスの準備状況も報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V225a 微細加工による紫外線望遠鏡分光器用のスリット開発

古賀亮一(名古屋市立大), 趙彪, 平原靖大(名古屋大・環境), 秦誠一, 葦刈佑季(名古屋大・工), 榎木谷海, 村上豪, 山崎敦 (ISAS/JAXA), 鍵谷将人, 土屋史紀(東北大)

太陽系内外の惑星、衛星における水素・酸素原子の発光や硫酸化物による吸収などを観測することによって大気の生成・散逸過程を明らかにすることができる。これらの観測を行う上で紫外線宇宙望遠鏡計画 LAPYUTA を始めとする日本独自の宇宙望遠鏡による分光撮像装置の開発の重要性は増している。その開発のキーとなる技術課題の一つにスリットの通過光を用いた分光と、スリット以外の反射面を用いた撮像を同時に行う精密スリットがあり、観測要求を満たすために約 10 μm の狭い幅の形状や任意形状への対応が求められる。これらの要求を満たすため名古屋大学の高度計測技術実践センター (AMTC) において試作検証を行っている。

これまで私たちは新規開発中の広帯域中間赤外イメージング分光器用の一次元多重スリットを Si 基板を用いた DRIE: Deep Reactive Ion Etching 技術 (Bosch Process) によって製作した。その結果、垂直な断面で透過幅: 遮光幅=23:23, 43:43, 68:68 μm の 3 種のマルチスリットの製作に成功し、この部品を用いて良好なインターフェログラムを取得することができた(趙彪他 本年会発表)。同様の技術基盤を用いて LAPYUTA のスリット反射鏡の製作に取り掛かる。入射光のケラレによる減光を抑止するため、両面にそれぞれ約 10 μm の狭い幅の垂直な掘削と 60° 以下の傾斜をつけた断面形状にする必要がある。この形状を実現させるため厚さ 100-200 μm で Si 基板と表面 Si 層の間に SiO₂ を挿入した SOI 基板の両面にそれぞれ Bosch Process、アルカリ液剤を用いた結晶異方性エッチング(傾斜 54.7°) によって掘削を行う。本発表ではその過程と加工が完了した部品の面精度検査の結果を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V226a CIB 観測ロケット実験 CIBER-2: 黄道光、銀河拡散光の評価

伊藤希美, 松浦周二, 橋本遼, 玉井桃子, 坂内峻真, 笹山涼, 高田真緒, 有本充希, 北川穂乃実, 高田悠太, 寺田拓洋 (関西学院大), 佐野圭, 中川俊輔 (九州工業大), 瀧本幸司 (ISAS/JAXA), 津村耕司 (東京都市大), Michael Zemcov (RIT), James Bock (Caltech/JPL), ほか CIBER-2 チーム

宇宙赤外線背景放射 (CIB: Cosmic Infrared Background) は、赤外線域で観測された空の明るさから銀河系内の前景放射を差し引いた残光成分であり、宇宙初期天体の検出において重要な観測量である。CIBER-2 (Cosmic Infrared Background Experiment 2) は、波長 0.5-2.0 μm の CIB の空間的ゆらぎと放射スペクトルの観測を目的とした国際共同ロケット実験であり、2024 年 5 月にアメリカの WSMR (White Sands Missile Range) にて第 3 回目の打ち上げを実施し、6 つの天域でのデータの取得に成功した (2025 年春季年会 松浦ら)。本研究では、観測画像内の撮像領域 (WPF) において、前景放射である ZL (黄道光: 太陽光が惑星間ダストによって散乱された光) との相関と、DGL (銀河拡散光: 星の光が星間ダストによって散乱された光) との相関を調べた。

まず WPF において、複数天域の観測画像の重ね合わせをスムージングすることで作成したフラット画像を用いて検出器による感度むらの補正を行った後、Gaia カタログを用いて 22 等級までの星をマスクする (本年会 坂内ら) ことで背景光を取り出した。COBE/DIRBE の観測データに基づく 1.25 μm での ZL モデルとの空間相関から、ZL 成分を抽出することができた。波長 0.6 μm では、太陽スペクトルによる ZL モデル外挿値に対して 10% 低いことがわかった。また、得られた ZL を差し引いた後、銀河系ダストの熱放射の空間分布と比較したところ、観測天域はダストが希薄で DGL が微弱であるにも関わらず有意な相関が認められた。これらは CIB の強度に制限をつけるために重要な結果である。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V227b CIB 観測ロケット実験 CIBER-2: 検出器感度の非線形性評価

笹山涼, 松浦周二, 橋本遼, 玉井桃子, 伊藤希美, 坂内峻真, 高田真緒, 有本充希, 北川穂乃実, 高田悠太, 寺田拓洋 (関西学院大), 佐野圭, 中川俊輔 (九州工業大), 瀧本幸司 (ISAS/JAXA), 津村耕司 (東京都市大), Michael Zemcov (RIT), James Bock (Caltech/JPL), ほか CIBER-2 チーム

CIBER-2 (Cosmic Infrared Background Experiment-2) は宇宙赤外線背景放射 (CIB - Cosmic Infrared Background) を観測する NASA の観測ロケット実験である。CIBER-2 では、CIB の非等方性とスペクトルを観測するため、2k × 2k の HgCdTe 検出器 (HAWAII-2RG) を用いて、0.5-2.0 μm の波長範囲で計 6 バンドによる撮像観測と波長分解能 $R(=\lambda/\Delta\lambda) \sim 20$ での分光観測を行った。2024 年 5 月 5 日にアメリカの White Sands Missile Range にて、CIBER-2 の第 3 回フライトが行われ、無事成功し良好な観測データを取得することができた。

CIBER-2 は空の絶対的な明るさの算出を目的とするため、感度較正を高い精度で行うことが必要である。本研究では地上での感度較正試験と観測データを用いた測光感度較正を行った。検出器は電荷積算型であるため、単位時間あたりに積算される電荷量から光電流を算出する。しかし、積算電荷量が大きくなるにつれて線形的に積算されず、光電流が実際より小さく見積もられることがある。このような非線形性を評価するため、打ち上げ前にハロゲンランプと積分球を用いた比較的暗い拡散光の長時間露光の測定を行った。感度較正における目標精度 (5%) より十分小さい 1% を非線形性の評価基準とし、この精度が保たれる最大電荷量を算出した。これを感度較正データおよび観測データに適用して非線形性の影響を評価したところ、両者において非線形性による影響は 1.5% 以下であることが確認された。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V228b CIB 観測ロケット実験 CIBER-2: 銀河系内恒星積算光の除去精度の評価

坂内峻真, 松浦周二, 橋本遼, 玉井桃子, 伊藤希美, 笹山涼, 高田真緒, 有本充希, 北川穂乃実, 高田悠太, 寺田拓洋 (関西学院大学), 佐野圭, 中川俊輔 (九工大), 瀧本幸司 (ISAS/JAXA), 津村耕司 (東京都市大), Michael Zemcov (RIT), James Bock (Caltech/JPL), ほか CIBER-2 チーム

宇宙赤外線背景放射 (CIB - Cosmic Infrared Background) は、銀河系外からのあらゆる天体の赤外域での放射を足し合わせた積算光であり、個別に検出することのできない宇宙初期の天体を研究するための重要な観測量である。CIBER-2 (Cosmic Infrared Background Experiment 2) は NASA の観測ロケットを用いて波長 $0.5\text{--}2.0\ \mu\text{m}$ の CIB 観測を行う国際共同ロケット実験である。CIBER-2 の第 3 回実験では、COSMOS および Lockman hole の天域で約 1 分間の観測をそれぞれ 4 回および 2 回、6 バンドでの撮像観測を行った。CIB の輝度を観測値から得るために、本研究では銀河系内の星の積算光 (ISL - Integrated StarLight) の寄与を評価した。

拡散放射成分を観測画像から取り出すために Gaia の星カタログを用いて星のマスキング (除去) をする。まず、星の明るさ (等級) に応じたマスキング半径を決定するために、拡散放射成分のゆらぎの標準偏差 σ_{sky} の 3 倍の値 $3\sigma_{\text{sky}}$ を閾値としてこの値より明るい領域を星とみなし、等級における開口半径を算出し両者の関係式を導出した。この関係式を用いて星をマスクすることで星の寄与を取り除いた。次に、星をマスクした後の背景光強度の等級依存性を Gaia の星カタログから求めた ISL と比較した。その結果、波長 $0.5\text{--}0.9\ \mu\text{m}$ においては観測画像から 17 等級より明るい星をマスクしたものと Gaia の星カタログから計算した ISL との比は約 10% で一致し、約 $1\ \text{nW m}^{-2}\ \text{sr}^{-1}$ の誤差で ISL を推定できた。この不定性は、CIB の輝度 ($> 10\ \text{nW m}^{-2}\ \text{sr}^{-1}$) に比べて十分小さい値である。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V229b CIB 観測ロケット実験 CIBER-2: 可視光域における黄道光の分光観測

玉井桃子, 松浦周二, 橋本遼, 伊藤希美, 坂内峻真, 笹山涼, 高田真緒, 有本充希, 北川穂乃実, 高田悠太, 寺田拓洋 (関西学院大), 佐野圭, 中川俊輔 (九州工業大), 瀧本幸司, 岩田隆浩 (ISAS/JAXA), 津村耕司 (東京都市大), Michael Zemcov (RIT), James Bock (Caltech/JPL), ほか CIBER-2 チーム

CIBER-2 (Cosmic Infrared Background Experiment - 2) は、NASA の観測ロケットを利用した日米韓台共同の国際プロジェクトであり、波長 $0.5\text{--}2.0\ \mu\text{m}$ の宇宙赤外線背景放射 (CIB: Cosmic Infrared Background) の観測を目的としている。CIB は我々の銀河系外から届く赤外域の放射をすべて足し合わせた積算光のことで、これを観測し前景光を差し引くことによって宇宙初期の天体を検出することが可能となる。2024 年 5 月 5 日、CIBER-2 第 3 回打ち上げが米国 White Sands Missile Range で行われ、実験は成功した。本講演では、黄道光の可視光スペクトルの導出に至るデータ解析手法について報告する。

CIBER-2 では、可視から近赤外における分光観測を行うため、線形可変フィルター (Linear Variable Filter: LVF) を検出器の一部に配置している。今回、LVF 領域を用いて得られた観測データから、銀河系拡散光と明るい星の寄与を差し引いた上で、黄道光寄与の大きい天域と小さい天域のスペクトルの差をとることにより、黄道光のスペクトルを導出した。この差分手法により、暗い星や系外銀河などに起因する等方的な背景放射成分を除去できる。ただし、観測データには残留大気や脱ガスに起因すると考えられる発光の寄与が顕著であり、全波長域にわたる解析には困難が伴う。そこで本研究では、これらの影響が比較的小さい可視光域の一部の波長帯に限定して解析を行った。さらに、得られた黄道光スペクトルと、これまでの観測データに基づく既存の黄道光モデルによる予測値を比較した結果、可視光全域では 10% 程度の精度で一致しているが、赤化の兆候も確認された。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V230b SOLAR-C 搭載超高精度太陽センサ UFSS のための測定系環境構築

近藤勇仁 (東京大学), 山崎大輝 (ISAS/JAXA), 吉田南 (東京大学), 鄭祥子 (国立天文台), 内山瑞穂, 清水敏文 (ISAS/JAXA)

SOLAR-C は高時空間分解能での極端紫外線分光観測を行う次期太陽観測衛星である。高時空間分解能でのスリット分光観測を実現するために望遠鏡内で tip-tilt 鏡制御による像安定化機能を持たせている。それを実現するために衛星バスの姿勢制御系により望遠鏡を太陽面上の観測目標に $1\ \text{arcsec}$ オーダーの安定度を保って指向させることが重要となる。SOLAR-C では姿勢制御系に太陽指向角度信号を入力する機器として、超高精度太陽センサ (Ultra Fine Sun Sensor, UFSS) を搭載する。UFSS は直交する二つの一次元 CCD センサから成り、各センサは複数のスリットで構成されているレチクルを通して作られる太陽光の明暗模様を検出する。CCD で得られた信号と UFSS 内の基準信号を比較することで太陽光の角度をリアルタイムに導出する。

これまでに我々は、UFSS ブレッドボードモデルについて、特徴付けされた系統誤差 (リニアリティ誤差) に対する要求 $< 2\ \text{arcsec (p-p)}$ の達成を評価するための $1\ \text{arcsec}$ 精度で UFSS の姿勢を制御可能な測定系を構築してきた (近藤他、天文学会 2024 年秋季年会 V256a)。本測定系は UFSS の姿勢を二方向に動かすことのできる二軸ジンバル、実太陽と同等の平行度を保つ擬似太陽光源、二軸ジンバルの指向方向をサブ秒角の精度で測定するレーザー干渉計にて構成されている。本研究では、レーザー干渉計の周辺環境温度の変化に対する、計測結果の安定性評価を実施した。その結果、レーザー干渉計の周辺環境温度 1 度の変化が、レーザー干渉計の出力値 $1\ \text{arcsec}$ 程度のドリフトをもたらすことがわかった。そこで、測定系に対して送風機と通風路を追加することで、レーザー干渉計の周辺環境温度変化を 1 度以下に保つことが可能であることを確認した。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V231b 高精度紫外線宇宙望遠鏡計画 LOPYUTA のミッション機器検討及びキー技術開発状況

村上豪 (JAXA/ISAS)、土屋史紀 (東北大)、山崎敦 (JAXA/ISAS)、鍵谷将人 (東北大)、榎木谷海 (JAXA/ISAS)、亀田真吾 (立教大)、吉岡和夫 (東大)、桑原正輝 (立教大)、木村智樹 (理科大)

高精度紫外線宇宙望遠鏡計画 LOPYUTA では、太陽系科学から系外惑星、天文学にまたがる幅広い観測対象に向けて、遠紫外域 (110-190 nm) での高感度・高空間分解能の分光・撮像観測を目指す。ミッション部は口径 60 cm の主鏡を持つカセグレン式望遠鏡と、焦点面に配置される中分散分光器、高分散分光器、スリットイメージャの紫外観測装置及び姿勢制御・決定用のファインガイドセンサで構成される。LOPYUTA が目指す高い感度 (有効面積 350 cm²) 及び空間分解能 (0.1 秒角) を実現するため、主要なキー技術として大型・高感度ファネル型マイクロチャンネルプレート、光ファイバを介した CMOS イメージセンサ読み出しによる光子計数システム、高効率ブレードホログラフィック回折格子、高反射 UV コーティングなどの開発を進めている。これらのキー技術は、Habitable Worlds Observatory (HWO) のような将来の国際旗艦ミッションにも応用を見込んでいる。本講演では、LOPYUTA ミッションの装置概要や、概念設計、主要なキー技術の開発状況について紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V232b 紫外線宇宙望遠鏡 LOPYUTA 計画に向けた高速データ処理手法の開発

清水里香 (総研大, ISAS/JAXA)、村上豪 (ISAS/JAXA)、土屋史紀、鍵谷将人 (東北大)、亀田真吾 (立教大)、榎木谷海、山崎敦、坂尾太郎 (ISAS/JAXA)

LOPYUTA は、宇宙科学研究所の公募型小型計画 6 号機候補として進められている紫外線宇宙望遠鏡計画である。本計画では、宇宙の生命生存可能環境の探査や、宇宙の構造と物質の起源の理解を目的とし、惑星科学から天文学にまたがる学際的な研究を推進する。観測対象は氷衛星や惑星・系外惑星などが想定され、水素・酸素・炭素の輝線を含む 110-190 nm の真空紫外波長域で、高い空間解像度と波長分解能の分光観測を目指す。

紫外線検出器として、マイクロチャンネルプレート (MCP)、光ファイバ、CMOS イメージセンサを組み合わせた新型検出器の開発が進められている。受光面および電子増倍部は従来構成を踏襲しつつ、電子雲を蛍光面に衝突させて可視光に変換し、汎用の可視光用 CMOS センサで読み出す構成を採用している。本方式で行う、光子一つひとつの検出時間・位置・信号値を取得する光子計測では、従来の読み出し方式に比べて位置分解能やダイナミックレンジの向上が期待される。

一方で、近年の可視光用 CMOS センサは読み出し高速化・高画素化が進み、高速連続撮像で得られるデータ量は膨大になるため、機上でのリアルタイム処理が必須となる。そこで我々は、FPGA を用いて光子の検出および重心演算が可能な高速データ処理ロジックの開発に取り組んでいる。検討中のものでは、50 fps の連続撮像において 1.2×10^4 count/image の処理が達成可能と見込まれる。現在さらなる高速・高効率な機上処理の実現を目指して評価・検証および実装を進めており、本発表では、LOPYUTA 搭載を想定した検出器データ処理系の開発状況と今後の展望について紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V233b 気球を用いたガンマ線バースト光学閃光観測計画 KaGErOFU に向けたプロトタイプシステム開発と地上撮像試験報告

宗像勇輔、澤野達哉、岡本奏歩 (金沢大学)、高田淳史 (京都大学)、水村好貴 (JAXA)

ガンマ線バースト (Gamma-Ray Burst: GRB) は、数秒の間に 10^{52} erg ものエネルギーをガンマ線で放出する、宇宙で最大の爆発現象である。GRB の初期放射中に稀に見られる光学閃光は、数秒スケールの光度変化 (ライトカーブ) を観測し、ガンマ線領域の初期放射と相関を見ることで、ジェットの放射モデルを同定できる極めて重要かつ、過去に数例のみ観測されている稀有な現象である。

KaGErOFU (Kanazawa University Gamma-ray Burst Explorer for Optical Flash Understanding) プロジェクトは、大気球に搭載したスターカメラで数秒以内のスケールで連続撮像し、光学閃光の観測を目指している。カメラ 1 台当たりの視野は全天の 0.75% 程度であるが、将来的には開発したカメラシステムをスーパープレッシャー気球に 10 台程度搭載し、全天の 5~10% 程度の広視野をカバーしつつ、長期観測を行うことで一か月に数例の光学閃光の観測を目標に開発を進めている。システムの目標性能は、気球高度において 7 等級以上の恒星を昼間でも認識できることと定めている。本研究では、夜間に限り上記要求を満たすプロトタイプシステムの開発および本システムを用いた地上撮像試験を行った。プロトタイプシステムは主に産業用モノクロカメラ、制御用マイコン RaspberryPi model 4B で構成されている。地上撮像試験では、露光時間や Gain を変化させながら限界等級や S/N 比を調べ、7 等級以上の星が撮像できる動作パラメータを調べた。さらに、青色で明るい夜光や市街光の影響を低減すべく、ロングパスフィルターを採用し、有効性を検証した。本発表では、プロトタイプシステムの詳細構成および、地上撮像試験の撮像性能の評価を発表する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V234b NASA 遠赤外線 Probe ミッション PRIMA の近況報告

稲見華恵 (広島大), 生田ちさと (ISAS/JAXA), 長尾透 (愛媛大), 中川貴雄 (東京都市大, ISAS/JAXA), 篠崎慶亮 (JAXA), 金田英宏 (名古屋大), 田村隆幸 (ISAS/JAXA), PRIMA-Japan チーム

PRIMA (the PRobe far-Infrared Mission for Astrophysics) は、NASA が主導する Probe クラスの次期遠赤外線宇宙望遠鏡であり、2031 年の打ち上げを目指し、現在 Phase A 活動にて科学と技術の検討・開発が進められている。PRIMA は $24\text{--}261\mu\text{m}$ において撮像・分光・偏光観測を可能にする観測装置を搭載した冷却望遠鏡 (4.5K) であり、星形成、銀河進化、惑星系形成など、宇宙の多様な物理現象に関する科学的課題に迫ることを目的としている。日本では、JAXA 宇宙科学研究所の戦略的海外共同計画の枠組みのもとで PRIMA へ参画することを検討している。

日本の主な技術的貢献候補としては、(1) 18K シールドの提供、(2) JAXA 美笹局でのデータ受信支援、(3) 冷却光学系試験・評価が挙げられる。18K シールドは JAXA で開発された高断熱技術をベースにしており、極低温 (4.5K) ステージの直前に設置され、ペイロードへの熱流入を制御する重要な役割を果たす。JAXA 美笹局では、NASA の受信局のみではカバーできない経度帯 (日本上空) で、PRIMA が取得する科学データを受信する計画である。また、日本が持つ冷却光学技術を活かし、分光観測装置の性能試験・評価に参加し、開発の確実性を向上させる。このような日本の貢献によって、PRIMA で実施される PI サイエンス立案への直接参加と PI 観測データへのアクセス (サイエンスリターン) が得られる見込みである。本発表では、PRIMA の概要および科学目標、日本が検討している技術貢献の内容を説明するとともに、プロジェクトの現状についても報告する。また、日本の科学コミュニティが本計画にどのように関与し得るかについて紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V235c 紫外宇宙望遠鏡 LAPYUTA の姿勢擾乱補正機能の検討

鍵谷 将人 (東北大学), 村上 豪 (ISAS/JAXA), 清水 里香 (総研大, ISAS/JAXA), 亀田 真吾 (立教大学), 榎木谷海 (ISAS/JAXA), 土屋 史紀 (東北大学), 山崎 敦 (ISAS/JAXA)

次世代紫外線宇宙望遠鏡計画 LAPYUTA では、波長 $110\text{--}160\text{ nm}$ の紫外帯域において波長分解能 0.02 nm 、空間分解能 $0.1''$ を満たす分光撮像性能が求められる。しかし衛星バス単体の指向・姿勢決定精度では $0.1''$ の要求を安定して保証できないため、ミッション専用の補償系が不可欠である。本ミッションでは振幅 5 秒角程度以下、周波数 100Hz 程度以下の姿勢擾乱を、分光器に搭載する 0 次光ガイドカメラを用いて検出し、この情報を用いて MCP と CMOS から成る紫外分光検出器上で“電子手ブレ補正”を行うことで、要求される空間・波長分解能の実現を目指す。本発表では、衛星の姿勢擾乱を測定する 0 次光カメラの変位計測アルゴリズムの比較検証結果について報告する。

姿勢擾乱補正に用いる対象は太陽系内惑星や小天体、複数の恒星を含む視野などを想定し、重心法や相互相関法、位相限定相関法など比較検証した。その結果、点光源に対して限られた範囲の擾乱において、重心法は高い S/N で対象変位が測定できた。一方で、惑星などの広がった対象や複数の点光源など、視野を超えて分布する対象において、位相限定相関法で計測される変位は系統的な誤差の生じない、有効な手法であることが確認された。発表ではこれらの結果に加えて、アルゴリズムを FPGA に実装して on-board で処理するにあたっての課題を整理し、その初期検討結果についても報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V236a 赤外線位置天文観測衛星 JASMINE の望遠鏡の熱構造成立性検討

磯部直樹, 白井文彦, 高橋葵, 鹿島伸悟, 片坐宏一, 近藤依央葉 (ISAS/JAXA), 大澤亮, 鹿野良平, 間瀬一郎 (国立天文台), 服部友哉, 武田晃一, 岡本健吾 (三菱電機), JASMINE チーム

赤外線位置天文観測衛星 JASMINE の検討状況について、望遠鏡部の熱構造成立性を中心に報告する。JASMINE は、「超高精度位置天文観測による天の川銀河とその中心核構造の解明」と「トランジット法による生命居住可能領域にある惑星の探査」を二大科学目標に掲げ、2032 年頃の軌道投入を目指して検討を進めている。科学目標の達成のために、JASMINE の望遠鏡部の熱構造には二つの重要な役割がある。一つ目は、望遠鏡本体を超高安定に保持することである。JASMINE の位置天文学では、軌道周回中の像の位置の変化を $10\text{ }\mu\text{arcsec}$ 程度に抑える必要がある。像位置の変化の主要原因として、周回中の衛星の熱環境の変化による熱変形が想定される。JASMINE では線膨張係数が $\sim 10^{-8}\text{ K}^{-1}$ クラスの超低膨張素材で望遠鏡本体を構成した上で、望遠鏡本体の軌道周回中の温度変化を $\Delta T < 0.1\text{ K}$ に抑えることで、熱変形を低減する。二つの目の役割は、望遠鏡本体に組み込んだ検出器ボックスユニットからの排熱である。望遠鏡部は、検出器ボックスユニット中の赤外線検出器とその冷却系で発生した熱を深宇宙に排熱するための放熱板を搭載している。科学観測の実施中は、放熱板の温度を 200 K 以下に保つことで、赤外線検出器を低ノイズな低温環境 (173 K 以下) で動作させる。これまで、より要求の厳しい位置天文観測の期間を主な対象に、JASMINE 望遠鏡部の熱構造の設計検討を進めてきた。その結果、望遠鏡の温度安定性については、成立解が見えつつある。一方、検出器ボックスユニットからの排熱については、地球からの入熱の影響で放熱板の温度が要求を満たさない季節があることが分かってきた。そこで、放熱板の形状や周囲の構造の修正、周回中の衛星の姿勢の最適化などを通じて、成立解を得ることを目指している。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V237a 赤外線位置天文観測衛星 JASMINE における STOP 解析

高橋葵, 磯部直樹, 鹿島伸悟, 片坐宏一, 白井文彦, 近藤依央葉 (ISAS/JAXA), 大澤亮, 鹿野良平, 和田武彦 (国立天文台), 山田良透 (京都大学), 服部友哉, 武田晃一, 有馬佑希那 (三菱電機)

JASMINE の科学目標の一つは、銀河系中心領域の恒星の位置変化を高精度に測定し、銀河系中心核の構造や進化過程を明らかにすることである。このため JASMINE では、銀河系中心方向を繰り返し撮像し、位置と運動が既に知られている近傍の基準星に対する相対的な星像位置を導出することで、その時間変動から年周視差および固有運動を決定する。ここで撮像画像内の歪曲収差が、基準星に対する相対的な星像位置に影響を及ぼすため、歪曲収差を抑えた光学設計とした上で解析段階で歪曲収差の補正を行う必要がある。JASMINE では地球半周回での観測中に恒星の位置が有意に変化しないことを利用し、その間に互いの約半分が重なるよう配置した4つの異なる視野を撮像する。地上でのデータ解析において、重複する領域に含まれる同一の恒星の位置を比較することで、歪曲収差を推定・補正する。ただしこの補正方法は、地球半周回の観測中に歪曲収差が一定であることを前提とする。熱環境が変動することで望遠鏡が熱変形を起こすと歪曲収差が時間変動してしまうため、望遠鏡の熱変形を抑えるための設計上の工夫をした上で、それでも残存する熱変形が歪曲収差に対して与える影響を評価することが不可欠である。そこで望遠鏡の熱変形に起因する歪曲収差の時間変動を評価するため Structure Thermal Optical Performance (STOP) 解析を実施した。望遠鏡の熱変形解析から得られた鏡面形状データをもとに、変形成分に対してゼルニケ関数フィットを行い、その変形を含んだ光学モデルを用いて多数の視野点に対する PSF の重心位置を計算することで、画像全体での歪曲収差とその時間変動を導出・評価した。本講演では、望遠鏡設計における STOP 解析の1つの適用事例として本研究の概要を紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V238a 系外惑星観測期間における JASMINE の望遠鏡の熱成立性の検討

近藤依央葉, 笠木結, 磯部直樹, 片坐宏一, 白井文彦 (ISAS/JAXA), 間瀬一郎 (国立天文台), 平出和広, 北嶋麻里絵 (三菱電機ソフトウェア), 岡本健吾, 有馬佑希那 (三菱電機), JASMINE チーム

赤外線位置天文観測衛星 JASMINE は銀河系中心方向の位置天文観測およびトランジット法による系外惑星観測を実施する計画である。超高精度な位置天文観測を達成するため、超高安定な望遠鏡光学系が要求される。望遠鏡に対しては以下の二つの目標がある。一つ目は、軌道周回中での望遠鏡の温度を一定に保つこと ($\Delta T < 0.1$ K) である。二つ目は、赤外線検出器の熱を輻射で逃がせるよう、放熱板を 200 K 以下に維持することである。これまで、位置天文観測の運用を想定して軌道周回中の望遠鏡の熱成立性が検討されてきた。しかし、銀河系中心方向のみを指向する位置天文観測とは異なり、観測候補が全天に分布している系外惑星観測では、衛星の姿勢や地球との位置関係が多様になることから熱成立性が実現できるかは自明ではない。本研究では、銀河系中心方向が観測できない夏・冬に予定される系外惑星観測の運用を想定した望遠鏡の熱成立性を検証するため、代表的な系外惑星観測候補と観測期間に対して、軌道上周回中の望遠鏡および放熱板の温度を評価した。その結果、望遠鏡温度については目標温度に対し安定していることを確認した。一方で、地球からの想定外の熱入力が発生しているため、放熱板温度については一部の系外惑星観測候補および観測期間で要求値を逸脱していることが判明した。これは軌道周回中の地球熱入力の平均を抑えることで放熱板温度の熱成立性を確保できる見込みである。従って、これまで想定していた系外惑星観測候補の visibility は理想的なものだったが、熱成立性を反映して修正が必要であることがわかった。今後は系外惑星観測候補と観測期間の選定、ならびに観測対象に応じた衛星の姿勢運用の最適化を行っていく予定である。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V239a JASMINE 搭載検出器の開発状況: 2Kx2K 画素素子の開発

和田武彦, 鹿野良平, 尾崎正伸, 細川晃 (NAOJ), 宮川浩平, 多田将太郎, 片坐宏一, 白井文彦, 近藤依央葉, 河原創, 笠木結 (ISAS/JAXA), 小谷隆行 (NAOJ/総研大/ABC), 坂元 祐志 (東京大学)

赤外線位置天文観測衛星 JASMINE では焦点面センサとして国産の $2K \times 2K$ InGaAs 近赤外線イメージセンサの搭載を予定している。本講演ではその開発検討状況について報告する。

2023 年度には、地上観測用として開発された $1.3K \times 1.3K$ センサ (Nakaya+20) と宇宙向けに開発した 128×128 センサ (Miyakawa+24) をベースに、 $2K \times 2K$ センサの試作を実施した。2024 年度には宇宙機搭載用のチップキャリアを開発し、それにマウントした $2K \times 2K$ センサの試作を行った。

2025 年度は性能試験と環境試験を行う予定である。これまでに、評価用制御電気系の開発を完了し、 $2K \times 2K$ センサの読出集積回路 (ROIC) の駆動に成功した。また、性能試験用のクライオスタットの改修を完了した。現在、性能評価試験と放射線耐性試験 (シングルイベントラッチアップ) が進行しており、平行して振動耐性試験の準備を進めている。さらに、それぞれ 2025 年度、2026 年度の試作を目指し、グローバルシャッター機能を付与した ROIC の開発と、宇宙線による蛍光の影響を低減しながら、可視光線には感度を持たない近赤外線検出素子の検討を行っている。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V240a 自由曲面を用いた広視野望遠鏡の開発

橋ヶ谷武志 (京大), 徳地研人 (京大), 栗田光樹夫 (京大, (株) ロジストラボ), 津久井遼 ((株) ロジストラボ), 高橋啓介 ((株) ロジストラボ)

自由曲面を用いた軸外し光学系は、既存の宇宙望遠鏡よりも広い視野を実現し、今後の天文学をより一層発展させる可能性を秘めている。実際、我々は 3 枚の自由曲面を用いた軸外し光学系を検討し、Roman, Euclid, GREX-PLUS より 7-30 倍広い視野を持つ設計解を得た (2023 年秋講演 V205a)。これらの 1m を超える口径の自由曲面を用いた望遠鏡の実現に向けて、我々は次の仕様を持つプロトタイプの開発を始めた。一口径 500 mm, F/6, 視野 Φ 4 度, エアリーディスクの第一暗環内のエンサークルドエナジー $> 65\%$ (観測波長 633 nm)―

上記の結像性能を実現するために必要な公差を見積もったところ、各鏡に必要な形状精度は 19 nm (RMS/組立で修正できる成分を除く)、各鏡と検出器に必要な調整分解能は 10 μ m であり、光学調整後の波面計測に必要な計測精度は 34 nm (RMS) となった。これらの公差の中で各種の誤差をランダムに与えたうえで、オートコリメーションによる光学調整をシミュレートしたモンテカルロ解析を行った。その結果、視野 80 % の範囲で目標結像性能を達成する確率が 85 % であり、実現可能性が十分に高い確率となった。上記の公差を目標に、現在は鏡の製造を進めている。研削により、すべての鏡を ~ 500 nm (RMS) の精度で加工しており、主鏡に関しては研磨によって 14 nm (RMS) の形状精度を達成した。なお、これに加えて 12 nm (RMS) の計測の不定性がある。本公演では、以上の開発の進捗状況を発表する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V241a 天文観測衛星「うみつばめ」搭載紫外線望遠鏡のフライト品性能評価

萩尾陽菜, 谷津陽一, 福田美実, 早津俊佑, 関響, 上嶋茂諒, 久保元由樹, 高橋一郎, 笹田真人, 渡邊奎, 小林大輝, 小林寛之 (東京科学大学), 江野口章人, 白旗麻衣, 武山芸英 (株式会社ジェネシア), うみつばめ開発チーム

超新星や中性子星連星合体といった突発天体は、その突発性のために発生前から観測することが困難である。そのメカニズムを理解するためには、発生直後にできるだけ早期の観測を行うことが不可欠であり、高温であると見込まれる初期段階には紫外線での観測が有効である。

我々は、広視野紫外線観測衛星「うみつばめ」を開発している。本衛星は、 $7.2\text{deg} \times 7.2\text{deg}$ の広視野を持つ紫外線望遠鏡を搭載しており、世界初の広視野・紫外線波長域 (約 250nm $\sim$ 300nm) での突発天体サーベイを実施する。衛星打ち上げ前に、天文観測に向けた性能評価として、望遠鏡に搭載する CMOS センサ単体および望遠鏡全体に対する試験を実施し、観測に必要な性能・機能を満たしていることを確認した。CMOS センサの性能評価では、フライト品の検出器部一式を用いて、ゲインや温度、露光時間などの条件を変化させ、紫外線および可視光の入射時、または無入射時における撮像実験を行った。その結果に基づき、ゲイン、読み出しノイズ、暗電流、出力の線形性、電子収量といった特性を評価した。暗電流値は -30°C で $0.48e^-/\text{s}$ であり、露光時間 8.5 分で限界等級 19 等を達成できることが確認された。さらに、検出器部・鏡筒部を合わせた望遠鏡全体の性能・機能確認も行った。focus 調整を始めた光学試験を実施し、画像内での focus ずれを最小限に抑えて、望遠鏡全体として必要な観測精度を満たしていることを確認した。本講演では、これらの試験で得られたデータに基づき、うみつばめ衛星に搭載する紫外線望遠鏡の性能評価結果について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V242a 紫外線宇宙望遠鏡うみつばめの画像解析パイプライン開発

久保元由樹, 谷津陽一, 福田美実, 関響, 上嶋茂諒, 萩尾陽菜, 高橋一郎, 笹田真人 (東京科学大学理学院), 庭野聖史 (国立天文台)

突発天体は超新星爆発の様な大規模な爆発に起因する天文現象である。爆発直後は極めて高温になり紫外線で明るく輝き数時間で急激に減光すると期待されている。しかしながら、この爆発直後の状態は観測が困難でありその物理は殆どが未知である。我々はこれを解明するために宇宙望遠鏡で突発天体を紫外線観測するうみつばめプロジェクトを進めている。うみつばめ衛星本体は計算資源に大きな制約がある。このため衛星本体では即応性が求められるタスクが優先される。よって、一次処理は衛星が観測した画像を地上に下ろしてから行う設計になっている。

本研究では一次処理パイプラインを実装するにあたって、うみつばめ衛星に搭載される CMOS センサのバイアス画像の解析を行った。バイアスの水平方向成分はランダムに最大 $1e^-$ 程変動する一方で、垂直方向成分には有意な変動は見られなかった。従来の CCD センサで用いられる一般的な一次処理では、バイアス減算を行う際にあらかじめ観測画像とは別に撮像しておいた参照用バイアス画像を使うかオーバーキャンを参照する方法が取られてきた。しかしながら、この方法では CMOS センサで撮像毎に変動する水平方向の成分を除去できず、系統誤差として残ってしまうことが判明した。そこで、本研究ではバイアス画像を別途撮像することなく、観測画像からバイアス+ダーク成分を同時に抽出するという新規手法を提案する。シミュレータで生成した擬似観測画像に対し新規手法、従来手法のそれぞれの方法で一次処理を施し測光することで性能の比較を行った。その結果、新規手法では従来手法に比べて特に低温下でより高い精度、確度で一次処理を行えることが明らかになった。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V243a ガンマ線バーストを用いた初期宇宙・極限時空探査計画 HiZ-GUNDAM の進捗 (2025b)

米徳大輔 (金沢大学), HiZ-GUNDAM チーム

HiZ-GUNDAM は、高感度の広視野 X 線モニターによる突発天体の発見と可視光・近赤外線望遠鏡による自律的な追観測を行なうことで、時間領域天文学を強力に推進する計画である。特に、(1) ガンマ線バースト (GRB) を背景光とした初期宇宙の物理状態の測定、特に宇宙再電離と元素合成の観測や第一世代星を起源とする GRB の探査 (2) 重力波や高エネルギーニュートリノと同期した突発天体の観測によるマルチメッセンジャー天文学・時間領域天文学の推進、の 2 つのミッションを主要課題としている。

突発天体を監視する広視野 X 線撮像検出器 (EAGLE) は、micro pore optics と呼ばれる X 線結像光学系と 2 次元イメージセンサを用いたシステムを検討している。0.4–4.0 keV のエネルギー帯域において、0.5 ステラジアン程度の広視野を、 10^{-10} erg/cm²/s @ 100 sec 程度の感度で監視する。突発天体を発見した後、300 秒以内に衛星姿勢を変更し、可視光・近赤外線望遠鏡 (MONSTER) で追観測を行なう。望遠鏡の口径は 30 cm で、0.5–2.5 μm の帯域において 5 バンドの同時測光観測を行い、マルチメッセンジャー天体や高赤方偏移 GRB を同定する。いずれの検出器も製造メーカとの概念検討と、チームとして実機モデル (BBM) の開発を進めている。本講演では、(1) HiZ-GUNDAM 衛星計画が目指す科学の中で初期宇宙観測で期待される成果の例、(2) 両ミッション機器の検討・BBM 開発の進捗、および (3) 計画全体の状況を紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V244a HiZ-GUNDAM/MONSTER 用ケスタープリズムの評価とホルダー製作

堀友哉, 川端弘治 (広島大), 津村耕司 (東京都市大), 米徳大輔 (金沢大), 松浦周二 (関学大), 松原英雄, 土居明広 (ISAS/JAXA), 秋田谷洋 (千葉工大), ほか HiZ-GUNDAM チーム

HiZ-GUNDAM 衛星の赤外線望遠鏡 MONSTER では波長 0.9–2.5 μm の近赤外線域 4 バンドを 1 つの近赤外線検出器で同時に撮像観測するため、ケスタープリズムを用いる。ケスタープリズムは、多層コートをした複数のプリズムを貼り合わせたビームスプリッターの一種であるが、天文学分野での利用実績は少なく、特に宇宙環境での運用実績は我々が知る限り無い。一部の面間では全反射をさせるため空隙を設けなければならない、打ち上げ時の振動・衝撃に加え低温環境に耐えるためには保持機構にも工夫を要する。

我々は、1 つの Teledyne H1RG 検出器 (18mm×18mm) 上に、視野 (12' × 12') を 4 バンドに分けて 2 行 2 列の配置で結像させるダブルケスタープリズムを試作した (2024 年秋季年会 V212b)。本講演ではさらにその評価とホルダーの製作を進めたので報告する。試作したケスタープリズムの入射面へほぼ垂直にモノクロメータの出射光を入れ、0.9–1.3 μm バンドと 1.3–1.7 μm バンドの透過率を求めたところ、両バンドともバンド幅の半分以上の波長域で 90% を超える高い透過率を有することを確認した。また、光学接着剤サンプルに 100MeV プロトンの照射試験を実施して放射線耐性を調べた。さらに、事前の簡易構造解析の結果を踏まえ、打ち上げ時の振動や上空での熱応力に対して十分な耐性を持つプリズムホルダーの設計、製作を進めた。このホルダーはプリズムのベースプレートにエポキシ系接着剤で接着したチタン製ピンを支持する構造になっているが、ピンの接着サンプルに対して 120K まで冷却後に昇温した後でプリズム質量の 100G 相当の荷重を掛けてもピンに不具合は発生しなかった。本年会においては、これらの詳細について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V245b HiZ-GUNDAM 衛星搭載の可視光・近赤外線望遠鏡の熱解析

影山璃音, 津村耕司, 宮坂明宏 (東京都市大), 松原英雄, 土居明広, 篠崎慶亮 (JAXA), 米徳大輔 (金沢大), ほか HiZ-GUNDAM チーム

HiZ-GUNDAM (High-z Gamma-ray bursts for Unravelling the Dark Ages Mission) は宇宙最大の爆発であるガンマ線バースト (GRB) の迅速な観測を通して、宇宙初期に形成された天体の探索や、重力波や中性子星合体に伴う現象を観測し、ブラックホールが誕生した極限時空周辺の物理現象を理解することを目的としている。本衛星搭載の可視光・近赤外線望遠鏡 (MONSTER) は広視野 X 線モニターが発見した GRB や X 線突発天体に対して 0.5–2.5 μm をカバーする 5 バンドの即時同時撮像観測を行い、測光赤方偏移の情報も付加して天文コミュニティに通知する。MONSTER は近赤外線で高い感度を得るために望遠鏡本体を 200K 以下、近赤外線検出器を 120K 以下に放射冷却のみで冷却する必要がある。MONSTER は常温で打ち上げられ、軌道上で冷却されるため、大きな温度変化があっても相似収縮により光学性能の劣化が軽減されるアサーマル設計を採用している。

我々はこのアサーマル設計というコンセプトを実証するために BBM を製造し、2026 年度から冷却光学試験を実施する計画である。この試験では金沢大学の熱真空チャンバーに BBM を設置し、光学窓を介して外から光を入射し、常温から低温まで温度勾配の有無を含めて様々な温度環境で結像性能を評価する。現在はその実施に向けて、メーカーを含めて BBM の設計などの検討を進めている。また、MONSTER の設計において重要な熱設計については、衛星がセーフホールドモード (緊急時の安全確保姿勢) に移行した際に地球光が長時間望遠鏡に入射するため、その場合の温度推移などを解析し、ミッションの実現性を向上させた。本発表では HiZ-GUNDAM 搭載の MONSTER の開発の現状、特に MONSTER の光学試験に向けた準備状況および熱検討について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V246b HiZ-GUNDAM 衛星における GRB 選定手法の開発

新沼通明 (山形大), 秋田谷洋 (千葉工業大), 板由房 (東北大), 郡司修一 (山形大), 津村耕司 (東京都市大), 松原英雄 (JAXA), 米徳大輔 (金沢大), ほか HiZ-GUNDAM チーム

ガンマ線バースト (GRB) は宇宙最大の爆発現象であり、その観測は初期宇宙の解明や重力波天文学の発展に寄与すると期待されている。しかし、GRB の発生検知から大型望遠鏡による観測開始までに約 1 日を要し、その間に残光が減光してしまう課題がある。High-z Gamma-ray bursts for Unraveling the Dark Ages Mission (HiZ-GUNDAM 衛星) は、GRB の検知と測光赤方偏移の測定を行い、GRB の発生から 1 時間程度で大型望遠鏡へ追観測を促すことを目指している。広視野 X 線望遠鏡で GRB を検出すると、オンボードで解析しその位置を 3 分角の精度で特定する。衛星はその方向に自律的に姿勢変更し、可視光・近赤外線望遠鏡による 2 分露光、5 フレームの追観測を実施する。この望遠鏡は、 $0.5\ \mu\text{m}$ – $2.5\ \mu\text{m}$ の波長帯を 5 分割し同時観測が可能である。

可視光・近赤外線望遠鏡の視野は約 15 分角であり、その視野には数千個の天体が含まれるが通信システムの制約により、すべての天体データを速報として地上に送信することはできない。そのため視野に入った多数の天体の中から GRB 候補天体を選定する機能が必要である。本研究では、GRB と他の天体を識別するための条件について検討した。GRB はその赤方偏移に応じて、ある波長より短波長側の光が大きく減衰するライマンドロップと呼ばれる現象を示す。この現象を利用し、各バンドの明るさを比較することで候補天体を選定できると考え、COSMOS2020 カタログのデータと GRB の予想光度曲線を決定木による分類器に入力し、選定条件の検討を行った。本講演では選定条件の検証結果と今後の展望について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V247b 多数回撮像データを用いた星像の高精度位置測定の実証実験

矢野太平, 浅利一善, 三好真 (国立天文台), ほか JASMINE チーム

JASMINE ではミッション期間中多数の画像データを取得し、そこから、画像自身の歪 (系統的誤差) を解くとともに、その系統誤差を補正をする事で高精度に星像位置を決定する。以上解析に関して、地上実験データを用いての実証を進めている。1 回の撮像により検出器上の 1 ピクセルの 100 分の 1 レベルの星像の位置決定が可能である事がすでに示されているが、こうした多数回の撮像データから系統誤差を検出し、補正する事により 10 万分の 1 ピクセルレベルの高精度星像位置測定を達成させる。その際、適切に系統誤差を検出できている事、またその系統誤差を補正する事により高精度な星像位置測定ができているという事を以下方法で実証する。

1 つ目の方法として、光学系レンズ位置を制御する事により焦点面上の星像間距離を制御し、変動を与える。そして、撮像データから導かれる系統誤差と比較し、人為的に与えた系統誤差と矛盾がない事を示す。別の 1 つはコントロールされた熱環境で生じる装置の変形から検出器上での星像間距離の影響を予想し、撮像データから得られる系統誤差と比較し、矛盾が無い事を示す。

これまで、実験装置の組み上げを行ってきた。疑似星像光源については、これまで光ファイバーを用いていたが、十分に光量が得られなかったり、星像位置が揺れる可能性があるなど、種々の問題があったため、ピンホールによる星像とする事とした。ピンホールによる星像で特に問題が無い事の確認作業を行い、基板の作成に取り組んだ。撮像試験を行い、疑似星像として使用できる事を確認した。本講演では実証方法の説明やこれまでの実験装置組上げの準備状況、撮像試験結果など、進捗報告を行う予定である。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V248a ひまわり 10 号搭載の静止軌道陽子線計測装置の開発

大辻 賢一, 滑川 拓, Park Inchun, 齊藤 慎司, 坂口 歌織 (情報通信研究機構), 三谷 烈史 (宇宙航空研究開発機構), 明午 伸一郎, 山口 雄司 (日本原子力研究開発機構)

情報通信研究機構 (NICT) では、2029 年運用開始予定の気象衛星ひまわり 10 号に搭載される宇宙環境計測装置 (RMS: Radiation Monitors for Space Weather) の開発を行っている。本装置が運用される際には、現代社会を支える様々なインフラの拠点となっている宇宙空間における放射線環境をより安定して監視することが可能となり、宇宙天気予報の高度化につながるものと期待される。RMS を構成する機器の中で、静止軌道上の陽子のエネルギーとフラックスを測定する装置を RMS-p と呼び、10 MeV から 1 GeV 以上の陽子線を測定可能である。RMS-p には、高エネルギー (RMS-p(hi)) と低エネルギー (RMS-p(lo)) の陽子を測定するため 2 つの検出器を備えている。RMS-p(lo) で測定できる陽子のエネルギー範囲は 10 MeV から約 500 MeV であり、入射陽子のエネルギーは 8 個のシリコン半導体検出器 (SSD) を積層したものを用いて測定される。一方で RMS-p(hi) は、シリコン半導体検出器とチェレンコフ光放射器を組み合わせることで、約 400 MeV から 1 GeV 以上のエネルギーを測定することが可能である。2025 年 1 月に RMS-p を日本原子力研究開発機構の J-PARC センターに設置し、400 MeV から 3 GeV までの陽子ビーム照射試験を実施した。その結果、照射された陽子のエネルギーが 450 MeV 以上において、RMS-p(hi) で陽子ビームエネルギーを測定できることが確認された。また、2025 年 6 月に行われた量子科学技術研究開発機構の HIMAC における陽子線照射試験の結果についても報告を行う。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V249a Si/Ge ヘテロ構造の二次元平面展開 BIB 型 Ge 検出器の光応答性能の評価

高間大輝 (総合研究大学院大学, 宇宙航空研究開発機構), 鈴木仁研 (宇宙航空研究開発機構), 和田武彦 (国立天文台), 金田英宏 (名古屋大学), 中岡俊裕 (上智大学), 大藪進喜 (徳島大学)

中間-遠赤外線波長帯 (30–200 μm) は、原子・分子ガス輝線や固体物質のバンド放射が豊富に存在し、星間空間の物理・化学状態を調べる上で重要である。この実現には高感度・高画素な中間-遠赤外線 Ge 系センサーが必須である。そこで、光検知部 (Ge 材) と極低温読出し集積回路部 (Si 材) を一体化したセンサーを開発する。しかし、冷却時の Ge 材と Si 材の熱膨張係数差による電気接続不良が生じるため、光検知部は Si/Ge ヘテロ構造を採用する。また、Ge 層に形成する検出器には先行研究で開発した二次元平面展開 BIB 型 Ge 検出器を適用する (2020 年春季年会, V238a)。以上から、要素開発として Si/Ge ヘテロ構造に検出器を形成し、その光応答性能を評価する。

常温ウエハ接合技術と半導体微細加工技術を用いて、Si/Ge ヘテロ構造に先行研究と同じ電極構造である検出器を形成した。検出器を温度 2 K に冷却し、検出器に黒体光を照射することで検出器バイアス電圧に対する光電流を測定した。また、赤外フーリエ分光器を用いることで波長感度特性を取得した。

光電流を入射光パワーで除算した絶対感度は、検出器バイアス電圧-35 mV において 5 A/W と先行研究と比べて ~ 2 倍高い。また、波長感度特性は波長 30–200 μm 帯に光感度があることを示し、特に、波長 ~ 40 μm 、120 μm 、150 μm 、180 μm の感度のローカルピークが観測された。

絶対感度の向上は、Si/Ge ヘテロ構造の冷却で Ge 層に加わった引張り応力によるキャリア移動度の増加に起因すると考えられる。また、波長 ~ 40 μm を除くローカルピークの起源は、引張り応力による不純物準位の分裂で凡そ説明できる。以上から、Si/Ge ヘテロ構造への検出器の形成により、光応答性能の向上を確認できた。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V250a NINJA 赤外線検出器サイエンスグレード H2RG 読み出し最適化結果

田中健翔 (東京大学), 柳澤顕史 (国立天文台), 鎌田有紀子 (国立天文台), 本原顕太郎 (東京大学・国立天文台), NINJA 開発チーム

観測装置 NINJA は、すばる望遠鏡のレーザートモグラフィ補償光学 (LTAO) に最適化された広帯域分光観測装置である。可視分光器 (0.3–0.8 μm) と近赤外線分光器 (0.8–2.5 μm) から構成されており、我々は現在、近赤外線分光器を先行開発している。近赤外線分光器の焦点面検出器には、Teledyne 社の HAWAII-2RG (H2RG) を採用した。H2RG の駆動には、冷却 ASIC である SIDE CAR (Teledyne 社) とその制御ボード MACIE (Markury Scientific 社) を用いる。

NINJA ではスリット幅を細く設定しているため、背景光の漏れ込みが抑えられ、観測限界は読み出しノイズリミットになる。ゆえに、読み出しノイズを極力低減させると共に、長時間露出において安定的な動作を確保するように、検出器読み出しシステムを構築しなければならない。

2025 年春季年会 (V209a) では、エンジニアリンググレードの H2RG を用い、主要な駆動パラメータ (検出器バイアス値、ゲイン設定、参照電圧) が読み出しノイズおよびダイナミックレンジへ及ぼす影響について報告した。これを踏まえ、NINJA 実機搭載予定のサイエンスグレードの H2RG を用いて、読み出しノイズを一層低減させるため、新たにプリアンプ構成やゲート電圧といった調整項目も加え、総合的なパラメータ最適化を行った。本講演では、これらの最適化によって最終的に達成された検出器システムの性能 (読み出しノイズ、暗電流、ゲイン、線形性など) に関する評価結果を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V251a GREX-PLUS/HRS: 分散素子の実証に向けた地上観測用分光装置の開発状況

馬場俊介¹, 中川貴雄^{1,2}, 松原英雄^{1,3}, 榎木谷海¹, 平原靖大⁴, 李源⁴, 趙彪⁴, 趙宸コウ⁴, 笹子宏史⁴, 古賀亮一⁵, 金田英宏⁴, 細島拓也^{6,7}, 海老塚昇⁶, 山形豊⁶, 中岡俊裕⁸, 鈴木仁研¹, 和田武彦^{3,9}, 野村英子⁹, 野津翔太⁷, 池田優二¹⁰ (¹ISAS/JAXA, ²東京都市大学, ³総合研究大学院大学, ⁴名古屋大学, ⁵名古屋市立大学, ⁶理化学研究所, ⁷東京大学, ⁸上智大学, ⁹国立天文台, ¹⁰フォトクロス)

我々は、惑星形成で重要な H₂O スノーラインを原始惑星系円盤で探査するために、計画中の赤外線宇宙望遠鏡 GREX-PLUS に、イメージンググレーティング (IG) を用いた分光装置 HRS (10–18 μm , $\lambda/\Delta\lambda \sim 30,000$) を搭載することを目指している。IG は回折面を高屈折率媒質中に持つエシェレル格子で、屈折率で光路差が伸びる分、高分散を小型の光学系で達成できる。既に IG 材料として CdZnTe (CZT) を選定し、屈折率・透過率の極低温測定、超精密加工の条件探索、表面反射防止の開発を進めている。以上をもとに、まず地上望遠鏡用の装置を製作し、CZT-IG による天文観測を実証する計画である。HRS と同等の波長分解能を N バンド (8–13 μm) で実現させ、宇宙研 1.3 m 望遠鏡のナスマス焦点に設置し、原始惑星系円盤表層から放射される H₂O 輝線を試験観測する。

本講演は実証分光装置の開発状況を総合的に報告する。CZT の透過率・屈折率測定のこれまでの結果から、高抵抗結晶 ($10^{10} \Omega\text{cm}$) ならば IG としての要件を満たすと明らかにできた。現在、極低温下の吸収係数の支配的要因の解明、光学設計の最適化のために、より多くの波長・温度で測定を継続している (本年会李ら、榎木谷ら)。また、屈折率の系統誤差を減らす新測定系も構築した (本年会趙彪ら)。反射防止は、当初から開発しているサブ波長構造方式に加え、誘電体多層膜によるものも試作した。その冷却耐性をイメージング分光計で評価予定である (本年会趙宸コウら)。今後は結晶の溝加工試験、詳細機械設計などを並行し、2026 年度の観測開始を目指す。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V252a GREX-PLUS 高分散分光器: イメージョン・グレーティング材料候補: 高抵抗 CdZnTe の極低温での精密な吸収係数の導出

李源、平原靖大 (名古屋大学)、古賀亮一 (名古屋市立大学)、馬場俊介、榎木谷海 (ISAS/JAXA)、松原英雄 (総研大、ISAS/JAXA)、中川貴雄 (東京都市大学、ISAS/JAXA)、和田武彦 (国立天文台)

我々は、原始惑星系円盤のスノーラインの探索を目指し、次世代赤外線天文衛星 GREX-PLUS に搭載可能な、波長 10–18 μm で高分散 $R = \lambda/\Delta\lambda \sim 30,000$ を実現するための、冷却イメージョン・グレーティング (IG) 分光器の開発を進めている。これまでに、最有力の IG 材料である高抵抗 CdZnTe 試料 ($\sim 10^{10} \Omega\text{cm}$) に対する、極低温での精密な透過率測定のための、コモンパス・ダブルビーム光学系の開発を進めてきた。そして、CdZnTe 両面研磨試料に対する透過率の測定結果と、プリズム試料に対する屈折率測定結果 (Enokidani et al. Ph.D. thesis) をもとに、無限回フレネル多重反射条件の下で、 $T=20 \text{ K}$ での吸収係数 α を波長 11, 15, 19 μm に対して導出した。そしてその全ての値が、IG の要求値: 0.01 cm^{-1} 以下であることを示した (Li et al., submitted to JATIS)。

この結果を受けて我々は、IG 材料としての信頼性の検証のために、異なる高抵抗 CdZnTe 試料 (母材のロットや厚さ) に対する透過率測定を継続している。厚さ $t=10 \text{ mm}$ の単一試料に対して導出された吸収係数を適用すると、 $t=1 \text{ mm}$ の試料に対する無限回多重反射透過率 $T^{(\infty)}$ は 15 μm において 0.663 と見積もられる。 $\alpha \cdot t \rightarrow 0$ での極限値は $T^{(\infty)} \rightarrow 2n/(n^2+1)=0.665$ であり、この薄い試料の透過率測定に対する要求精度は $<0.4\%$ である。測定装置の改良により、この精度で $t=1 \text{ mm}$ の試料の $T^{(\infty)}$ が測定できれば、 $T \leq 10 \text{ K}$ での透過率の急激な上昇の原因として考えられる、高抵抗 CdZnTe の中間赤外線吸収に寄与する“キャリアの凍結”の検証が可能である。講演では、その検証に対して重要な短波長域: 2.4, 4.3, 6.5, 8.7 μm での極低温透過率測定結果について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V253a GREX-PLUS/HRS: CdZnTe の屈折率精密測定用 2D FT-IR 分光器の開発

趙彪、平原靖大、秦誠一、葦刈佑季、根岸昌平、李源、趙シンコウ (名大)、古賀亮一 (名市大)、笠羽康正 (東北大)、松原英雄、馬場俊介、榎木谷海 (JAXA)、中川貴雄 (東京都市大、JAXA)、和田武彦 (NAOJ)

宇宙望遠鏡 GREX-PLUS 用高分散赤外分光装置 HRS ($\lambda = 10 - 18 \mu\text{m}$ 、分解能 $R \sim 30,000$) の実現には、イメージョングレーティングの材料である高抵抗 CdZnTe の低温 ($\sim 20 \text{ K}$) における屈折率の精密測定が必要である。現在、真空チャンバー内で冷却された CdZnTe プリズム試料に対してランプ光源からのコリメート赤外光を入射し、出射した屈折赤外光を Hollow core waveguide (HCW) とバンドパスフィルター (BPF) を介して液体窒素冷却 MCT 単素子検出器で検出することで最小偏角測定を行っている (榎木谷他 本年会発表)。しかしながらこの方法では長波長域での HCW の透過率が著しく低下するため、 $\lambda > 15 \mu\text{m}$ での屈折率の導出が困難である。

そこで我々は、HCW や BPF に依らずに連続的な赤外線波長域での最小偏角測定が可能な、准共通路波面分割型位相シフト干渉法に基づく広帯域 FT-IR イメージング分光器 (2D FT-IR、視野 6° 、F1.9、空間分解能 $34 \mu\text{m}$ 、 $\lambda = 4 - 20 \mu\text{m}$ で $R = 1000 - 200$) を独自に開発した。その光学系は色収差のない 3 つの自由曲面鏡 (直径 40–60 mm)、位相シフト干渉のための平面鏡駆動用ピエゾアクチュエータ (移動範囲 $\pm 1 \text{ mm}$)、及び入射結像面上のマルチスリットから構成される。本発表では、Si 基板への Deep Reactive Ion Etching 技術 (Bosch Process) によるマルチスリットの新規製作 (古賀他 本年会発表)、およびこれを用いた 2D FT-IR の分光撮像性能評価について報告する。透過幅: 遮光幅 = 23:23, 43:43, 68:68 μm の 3 種のマルチスリットを装着したところ、カメラ上での相消干渉が著しく抑制され、感度が向上した。また、市販の直径 1 インチ BPF 7 種 (中心波長: 4.2, 6.5, 8.6, 12, 15, 17, 19 μm) のスペクトルイメージの測定結果 (分光透過率の BPF 内空間分布) は各 BPF の校正データとよく一致した。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V254a GREX-PLUS/HRS: CdZnTe 表面反射防止コーティングの低温環境下における赤外線透過率評価

趙シンコウ、平原靖大、李源、趙彪、根岸昌平 (名古屋大)、古賀亮一 (名古屋市立大)、馬場俊介、榎木谷海、松原英雄 (ISAS/JAXA)、中川貴雄 (東京都市大、ISAS/JAXA)、和田武彦 (国立天文台)

高抵抗 CdZnTe は、次世代赤外線天文衛星 GREX-PLUS に搭載予定の高分散分光器 HRS におけるイメージョングレーティング (IG) 材料の最有力候補である。HRS の光学性能を最大限に引き出すには、10–18 μm にわたる広帯域で高効率な反射防止 (AR) コーティングの実現が重要な課題である。

従来の検討では、中間赤外線帯における誘電体多層膜 AR コーティングは、使用可能な膜材の選択肢が限られ、10 層以上の厚膜構造が必要となるため、熱膨張率の差による剥離の懸念がある。このため、冷却条件下での使用には適さないとされてきたが、近年の BaF_2 を利用した新たな設計により、わずか 3 層で十分な AR 性能を実現できる可能性が見出された。これが実用化されれば、CdZnTe IG における AR コーティングの選択肢が広がり、搭載機器の実現性向上に大きく貢献すると期待される。しかし、基板である CdZnTe と膜材とで熱膨張係数が依然として異なるため、冷却に対する耐性については、実験的な検証が不可欠である。

本研究では、日本真空光学社が成膜した $\text{ZnSe}/\text{BaF}_2/\text{ZnSe}$ の 3 層 AR 膜を対象に、名古屋大学で開発中の広帯域 FT-IR イメージング分光器 (趙彪他、本年会発表) と液体窒素冷却装置を用いて、極低温での透過特性と空間分布を評価する。これにより、AR 膜の性能が冷却サイクル中に維持されるかを評価し、変化があった場合にはその要因を検討する。本測定の結果は、CdZnTe 光学素子における AR 膜設計の信頼性向上に資する有用な知見を提供するとともに、中間赤外線における屈折型光学系の実用化に向けた AR 膜設計・試験への適用が期待される。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V255a Tomo-e Gozen データプラットフォームの開発 2

瀧田 怜, 酒向 重行, 森 由貴 (東京大学), 大澤 亮 (国立天文台), Tomo-e Gozen コラボレーション

東京大学木曽観測所では 105 cm シュミット望遠鏡に広視野動画カメラ Tomo-e Gozen を搭載し、2 fps の動画サーベイをもとに超新星等の突発天体や小惑星等の高速移動天体の探索を行っている。この動画データの生成レートは一晩あたり最大で約 30 TB に達するため、長期アーカイブとしては時間方向に圧縮した二次元画像データ (スタック画像) のみを保存している。しかしスタック画像であっても年間で 200 TB 弱のペースでデータが蓄積されるため、木曽観測所内でアーカイブし続けるのは困難な状況である。そこで我々は、東京大学 柏キャンパスに設置された「データ活用社会創成プラットフォーム mdx」に Tomo-e Gozen のデータプラットフォームを移設する計画を進めている。

2024 年度までは mdx 上で利用可能なストレージ容量の制限から、約一年分のスタック画像を利用してアーカイブシステムの構築・試験を行ってきた。しかし 2025 年度より mdx のストレージ容量の問題が解消されたことで、これまでに木曽観測所で蓄積したデータを転送し、データアーカイブの一般公開に向けた準備を進めている。また Tomo-e Gozen プロジェクトの新たな試みとして、一部の動画データについて長期アーカイブを行うことになった。これに対応するために、スタック画像をリアルタイムに mdx に転送するプログラムを修正し、動画データにも拡張した。これまでは動画データへのアクセスするためには観測所の計算機にログインする必要があったが、新アーカイブシステムではスタック画像と同様にウェブ上から取得できるようにした。本講演では新アーカイブシステムの準備状況や、その他データプラットフォーム開発の取り組みについて紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

V256b GREX-PLUS/HRS: CdZnTe の屈折率の波長・温度依存性

榎木谷海, 馬場俊介 (ISAS/JAXA), 松原英雄 (総合研究大学院大学, ISAS/JAXA), 中川貴雄 (東京都市大学, ISAS/JAXA), 平原靖大, 李源, 趙彪 (名古屋大学), 古賀亮一 (名古屋市立大学), 田中颯 (東京科学大学, ISAS/JAXA), 和田武彦 (国立天文台)

我々は中間赤外線高分散分光観測 (観測波長 10 ~ 18 μm , 波長分解能 $R = \lambda/\Delta\lambda \sim 30,000$) の実現のため、次世代赤外線天文衛星 GREX-PLUS への搭載を目指し、中間赤外線用イマージョン・グレーティング (IG) の開発を行なっている。IG は高屈折率 n の媒質中に光を通すことで、通常の回折格子に比べその大きさを $1/n$ 倍にでき、装置全体を小型化できる。現在は CdZnTe IG の実証に向けて、地上用の実証用分光装置 (N-band 用、HRS と同じ波長分解能) を設計している (本年会講演馬場ら)。分光装置を設計する上で目的の波長の回折効率を最大にするために、CdZnTe の屈折率を $\Delta n < 10^{-3}$ の精度で求める必要がある。

我々は、波長 10.6、11.4、14.5、17.0 μm における CdZnTe の屈折率を上記の要求を満たす精度で決定した。これらはバンドパスフィルタを使用した離散的な波長における屈折率の値であるため、GREX-PLUS の観測波長における連続的な屈折率の値を取得する必要がある。赤外域を含む広帯域の屈折率を波長依存で近似するための経験式である Herzberger Equation を CdZnTe の分光屈折率にフィッティングし、連続的に屈折率の値を決定する。近赤外域において、CdZnTe の屈折率は急激に上昇すると予想される。そこで、これまで搭載していた中間赤外域の 4 つのバンドパスフィルタに、新しく近赤外線 4 つのバンドパスフィルタ (~1 % の帯域幅) を加え、近赤外バンドにおける屈折率を決定し、精度良くフィッティングを行う。この測定系を用いて、1.5 ~ 17.0 μm における、CdZnTe の屈折率の波長・温度依存性を導出した結果について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

V257b モノリシック中間赤外線画像センサ「IR-SOIPIX」の原理実証

和田武彦 (NAOJ, 総研大), 中岡俊裕, 田中陽大 (上智大), 鈴木仁研 (宇宙航空研究開発機構)

世界初のモノリシック中間赤外線画像センサを目指して開発中の「IR-SOIPIX」の原理実証結果を報告する。IR-SOIPIX は、Silicon-on-Insulator(SOI) 基板上に形成された CMOS センサの一種である。表面の薄いシリコン層に読み出し集積回路 (ROIC) を、同じくシリコンでできた支持基板中に Blocked Impurity band(BIB) 構造をもつ外因性光伝導型中間赤外線検出器 (BIB 検出器) を形成することで、通常の CMOS 集積回路技術のみで中間赤外線画像センサを実現する。

IR-SOIPIX の最大の特徴は、従来のハイブリッド型中間赤外線センサと異なり、インジウム (In) バンプなどによる ROIC と検出器基板の張り合わせを不要としたモノリシック型センサである点にある。そのため、画素の小型化や電気容量の低減が可能となり、暗電流の低減や測定精度の向上が期待される。また、検出器部分と ROIC 部分がいずれもシリコンで構成されており、通常の CMOS 技術のみで製造可能なため、冷却サイクルに強く、大フォーマットのセンサを安価に実現できることが期待される。

SOI 基板を用いた検出器・ROIC 一体型画像センサの実現性については、KEK を中心に高エネルギー粒子や X 線光子検出用に開発された「SOIPIX」によりすでに実証されている。IR-SOIPIX の実現における鍵は、通常の CMOS 集積回路技術のみで製造された BIB 検出器が、中間赤外線に対して実際に感度を持ち、かつ低暗電流を実現できるかにあった。そこで、原理実証として、大きさ 40 μm $\times$ 40 μm の BIB 検出器素子を製作し、温度 4 K に冷却して測定を行った。その結果、波長 30 μm までの中間赤外線への光応答と暗電流の顕著な低減など BIB 検出器に特徴的な動作を確認することができた。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

V258b 可視光高速測光装置 IMONY の温度補償システムの開発

前城美羽, 中森健之, 佐藤杏樹, 佐藤知宙 (山形大学), 庄子正剛, 本多良太郎, 宮原正也 (KEK), 橋山和明 (国立天文台水沢 VLBI 観測所), 長谷部愛奈, 佐々木大翔 (山形大学), 川端弘治, 中岡竜也 (広島大学), 木野勝 (京都大学), 武井大 (Daiphys Tech/立教大学)

Crab パルサーでの巨大電波パルス (Giant Radio Pulse) や起源が不明な高速電波バースト (Fast Radio Burst) は、サブミリ秒スケールで発生する突発的な放射現象である。これらの放射機構は未解明であり、その解明には多波長帯域での同時観測が有効である。我々は、これらの突発現象の可視光帯域での高時間分解観測を目指している。そのため、高感度で高時間分解能な観測システム Imager of MPPC-based Optical photoN counter from Yamagata (IMONY) を開発した。IMONY は単光子の検出と 100 ns 単位での時刻付与が可能なシステムである。これまでの装置のアップデートで、装置の小型化を実現した。また、観測システムと別系統で行われていた温度測定を同一の系統で行えることができるようになった。IMONY はセンサからの信号が素粒子実験用に開発されたアナログ集積回路を搭載した基板と Field Programmable Gate Array (FPGA) 基板で処理され、Small Form factor Pluggable (SFP) 通信で PC にデータ転送を行うという仕組みである。センサにはガイガーアパランシェフォトダイオード (GAPD) アレイを用いている。GAPD は温度によって増倍率が変化するという特性があり、増倍率を一定に保つためには温度変化に対応した HV を印加する必要がある。IMONY にはセンサ付近に温湿度・気圧センサが搭載されており、FPGA で処理される。そのため、FPGA を用いた温度測定システムと測定温度を利用した温度補償システムの開発を行った。本講演では、これらの開発内容とその実証実験の結果について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V259b 岡山理科大学熱赤外線カメラ ONIcam の読み出し制御システムの開発

大島 修, 本田充彦 (岡山理科大学) 宮田隆志, 酒向重行, 上塚貴史, 左近樹 (東京大学), 片坐宏一 (ISAS/JAXA), 山下卓也, 寺田宏 (国立天文台)

我々は、日本国内での中間赤外線観測実現のため、岡山理科大学熱赤外線カメラ ONIcam を開発している。これは、国立天文台ハワイ観測所の使用済み検出器譲渡事業により貸与される小型観測装置 MIRTOS と、その中間赤外線検出器の 1 つである Raytheon 社製 Si:As 320x240 array を再利用するものであり、まずは撮像装置としての上げを目指す。ここでは現在新規開発中の同カメラの読み出し回路を中心としたシステムの概要を述べる。

ONIcam 読み出し制御部の最大の特徴は、Zynq デバイス (dual Arm-CPU + FPGA を 1 チップに収納) を使用した 125MHz16chADC である特殊電子回路社製 Cosmo-Z (DMA 転送 512MByte DDR3 SDRAM 内蔵) を中心にしたコンパクトなシステムを構成するという点にある。すなわち、ONIcam の基本的な開発要素としては、(1) ハードウェアとしてクロックパターン信号用レベルシフト回路とバイアス生成回路を載せた拡張ボード 1 枚を作り、(2) FPGA 部にクロックパターン生成 (CPG) プロセッサを、(3) Ubuntu-OS 制御下に制御ソフトおよび FITS 画像生成処理ソフトを開発することによりシステム一式を構築できる。

この構成のメリットは、ハードウェアの開発要素と収納空間を大幅に減らすだけでなく、別途制御用の WS/PC を用意する必要もなくなることである。以上のシステム 1 式は 90x200x280mm というコンパクトなケースに収められ、SSH でネットワーク越しに操作される。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V260b Daniel K. Inouye Solar Telescope (DKIST) 搭載用近赤外 Near Infrared Tunable Filter (NIRTF) の光学設計

永田伸一, 浅井歩, 上野悟, 横山央明 (京都大学), 池田優二 (フォトコーディング), NIRTF 検討 WG

我々は、米国 National Solar Observatory の DKIST の第二世代装置として、近赤外広視野偏光分光撮像装置 (Near Infrared Tunable Filter: NIRTF) の検討を行っている。科学要求の (1) Fe XIII 1074.7nm、He I 1083.0nm の線輪郭を分解できる $10^4 \sim 10^5$ の波長分解能、(2) 視野 $> 150''$ を確保する口径、(3) 現象に追従するための 100ms 以下の波長シフト、(4) 直交 2 偏光同時観測、を満たす狭帯域フィルターを検討している。狭帯域フィルターは干渉による波長選択を行うために、光線の入射角度により透過波長のシフトが生ずる。視野にわたって一様な波長特性を実現するためにフィルターを telecentric 配置で用いる場合、Helmholtz-Langrange の関係式よりフィルターの口径は視野と光線の F 値に比例して大きくなる。主案の Lyot/Michelson では、複屈折を利用した波長シフト低減化が可能のために F 値を 20 程度に抑えられる。このために、現有の口径 50mm のカルサイトを用了 Lyot フィルターにより $150''$ の視野の観測が可能である。Michelson フィルターでは、Lyot フィルターに対しても波長シフトの影響の低減が可能であるために、collimate 配置で有効口径をさらに縮小することが可能となる。替案の Fabry-Perot フィルターを、Telecentric で使用する場合、この策はとれず、480mm の口径が必要となる。現実的な最大口径は 120mm 程度となり、これを collimate で用いることを検討している。これらを考慮して、2 案に対する光学設計を実施した。主案では波長シフトは $30\text{m}\text{\AA}$ となるが、バックアップ案では $\sim 1\text{\AA}$ に達する。一方、Lyot/Michelson ではフィルター以降の光学系を 2 セット要するが、Fabry-Perot ではフィルターは 1 セットで済む。講演では、両案の光学系設計、開発規模、科学要求からの比較について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V261b 3次元面分光観測のための近赤外線波長走査型ファブリ・ペロー分光器の開発 II

高橋英則（東京大学）、NESUC-IIDA 分光器開発プロジェクトチーム（南信州・飯田産業センター）

この装置開発の第一の目的は、様々な天文学の研究分野から強い要請がある赤外線波長走査型フィルター（チューナブルフィルター：ファブリ・ペロー面（FP）分光器）を開発し、大口径望遠鏡の観測装置の前置光学モジュールとして搭載、その実用可能性を示すことである。さらに天文学的にはこの分光モジュールを用いることで、大規模星形成領域の物理状態を銀河系内の星団レベルから近傍・遠方銀河まで広い空間ダイナミックレンジで近赤外線波長全域に渡って連続的に高空間分解能の面分光観測を行い、星形成活動の物理過程を調査、大質量星や銀河の進化を解明することを目指す。

分光モジュールの開発要素として、近赤外線波長域に最適化された光学素子（エタロン）の設計・製作と波長走査のための駆動および測距機構、さらには制御系の開発が必須となる。これまでに微小距離を変位させるための駆動素子（ピエゾ素子）と変位量測距のための静電容量センサーを組み合わせた試作モデルの製作が進められ、これを用いた1軸での制御試験を行った。測定は温度変動による筐体の熱変形・変化を防ぐために温度管理された飯田工業技術試験研究所の恒温室で行われた。分光器の制御（光学素子の駆動）方法としてはセンサーの信号を基にしてアクチュエータを変位させるが、試験は駆動最適化のための制御パラメータサーチを中心に進められた。繰り返しの試験・調整の結果、分光器としての光学性能を達成するための駆動距離と精度（走査距離～1000nm、繰り返し精度～10nm）を達成した。上記結果を基に3次元制御へと拡張を進めており、本講演では3次元面分光器を見据えたプロトタイプモデルの駆動試験結果について光学的な点からFP分光器としての性能も報告する。

[スケジュール（セッション毎）に戻る](#)

[スケジュール（全体）に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V262b ダイクロイックミラーを用いた複眼望遠鏡の開発

石原稜也（兵庫県立大学）

大型反射望遠鏡は高い集光力を持つが、建造コストが非常に高い。この問題を克服するため「複眼望遠鏡」が提案された（宮脇 2008 神戸大学修士論文）。複眼望遠鏡は、複数の小型望遠鏡で対象天体を捉え、それぞれの望遠鏡からの光をファイバーを介して集め、分光する観測システムである。これにより、大口径望遠鏡と同等の集光力を確保しつつ、建造コストを大幅に抑えることができると考えられる。本研究では先行研究（松本 2011 神戸大学修士論文）の課題を解決し、実用化することを目的として、装置設計の改良を行った。

先行研究では、装置内に穴付きミラーを45°の角度で配置し、対象天体の光を穴を通してファイバーへ導き、それ以外の光を跳ね上げてガイドカメラに送るという構造を採用した。しかし、この方式ではファイバーに正確に光を導入できず、光量の損失が大きいう課題があった。そこで本研究では、穴付きミラーの代わりにダイクロイックミラーを採用した。対象天体の光のうち520–800 nmの波長は透過されてファイバーへ導かれ、380–490 nmの光は反射されてガイドカメラへ送られる。これにより、ミラーに穴を開ける必要がなくなり、より精度よく光を導入することが可能になる。

講演では、試作した装置を用いた室内実験および試験観測の結果について報告する。

[スケジュール（セッション毎）に戻る](#)

[スケジュール（全体）に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V263b すばる望遠鏡IRD, REACH 観測データの1次処理パイプライン PyIRD: 褐色矮星観測データへの応用

笠木結（宇宙研）、河原創（宇宙研/東大）、Ziying Gu（東大）、平野照幸、小谷隆行（ABC/NAOJ/総研大）、葛原昌幸（ABC/NAOJ）、増田賢人（大阪大）

我々は、すばる望遠鏡赤外ドップラー装置IRD（InfraRed Doppler）やREACHによる観測データを対象とした、Python ベースの解析パイプライン「PyIRD」を開発している。このパイプラインは、観測画像からスペクトルを抽出する1次処理を担い、特に褐色矮星や系外惑星などの暗い天体を対象とした場合でも、検出器面上のノイズの影響を抑えつつ信号を高精度に取り出すことを重視して開発されている。2023 年春季年会（P314a）では、初期実装段階におけるスペクトル抽出性能を報告したが、本発表では、その後の進展を報告する。最新のリリース（version 1.1）では、コード構造の整理、ドキュメントやサンプルの充実などを行い、ユーザーにとってより扱いやすい形となるよう改良を進めた。本パイプラインは現在 Journal of Open Source Software (JOSS) へ投稿中であり、すでに複数の観測データへの適用例も報告されている。本発表では、実際の使用方法やデモンストレーションを通して、PyIRD の機能とその利点も紹介する。今後は、スペクトル抽出後の処理として、暗い天体のIRD観測スペクトルに見られる夜光の除去や、周波数コムを用いた追加の波長較正などの機能の実装を予定している。本パイプラインは github 上でオープンソース (<https://github.com/prvjapan/pyird>) として公開されており、今後も共同開発を通じて広く活用されることを目指している。

[スケジュール（セッション毎）に戻る](#)

[スケジュール（全体）に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V264c Comprehensive Transient Flare Detection on Light Curves with a Lightweight Model

Noriaki Arima (Nihon University), Thanapol Phungtua-eng (Rajamangala University of Technology Tawan-ok) and Yoshitaka Yamamoto (Shizuoka University)

Time series anomaly detection (TSAD) aims to identify unexpected behaviors by comparing observed and predicted patterns. Many studies in TSAD with complex architectures, such as Transformer and Generative Pre-trained Transformer (GPT) models, often require substantial computational resources and high-end GPUs for training. Due to the high computational demands of Transformer- and GPT-based models, recent research has turned to lightweight or simplified architectures as an alternative solution. In this study, we propose a novel TSAD method based on a lightweight architecture using a single linear model. We conduct a comprehensive evaluation, comparing our proposed method with existing Transformer and GPT-based models for TSAD. Our experiments focus on detecting both synthetic Kepler flares and real M-dwarf flares in light curves captured by the Tomo-e Gozen camera mounted on the Kiso Schmidt telescope. To ensure a reliable and robust performance assessment, we utilized the Volume Under the Surface for Receiver Operating Characteristic (VUS-ROC) metric, rather than traditional metrics such as the F1-score or standard ROC curve. Results demonstrate that our method achieves competitive VUS-ROC performance while significantly reducing computational cost compared to existing methods, including Anomaly-Transformer and fine-tuned GPT-2 models.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V265c JVO 開発状況：VO クローラデータベースの拡張

白崎裕治, Christopher Zapart (国立天文台)

JVO 開発グループでは、国立天文台が保有するすばる望遠鏡や ALMA、野辺山望遠鏡の処理済みデータや、世界標準のアクセスインターフェイスを実装する Virtual Observatory (VO) サービスへの一元的なアクセスを提供する JVO portal (<http://jvo.nao.ac.jp/portal>) の開発を行っている。本講演では世界中の VO サービスから取得した観測メタデータの統合データベースである、VO クローラデータベースの開発状況について報告する。

VO クローラデータベースは 2019 年より JVO portal において検索サービスの公開を開始している。これまでは画像データに限ってそのメタデータの収集をおこなってきたが、2024 年度の開発においてスペクトルデータについてもそのメタデータの収集を開始した。これまでに 2 億件のスペクトルデータが VO を通じて収集され、JVO portal の VO クローラサービスより検索実行が可能となっている。波長毎の収集データ数の内訳は、可視光 1.4 億件、赤外 5 千万件、ミリ波 5 百万件、紫外 2 百万件、X 線 60 万件、電波 50 万件 等、となっている。

スペクトルデータの収集に加え、VO サービスごとに異なる名称でメタデータとして登録されている望遠鏡名を統一した名前に置き換えることで、望遠鏡名による検索が行いやすくなった。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V266a 宇宙可視光背景放射観測 6U 衛星 VERTECS：全体進捗状況

佐野圭 (九州工業大学), 中川貴雄 (東京都市大学, ISAS/JAXA), VERTECS collaboration

宇宙背景放射は、銀河系外の積算放射であり、暗い天体を含む天体形成史の全貌を解明するために重要な観測量である。これまでの観測の結果、近赤外線宇宙背景放射は系外銀河の積算光に比べて数倍明るいことが示されたが、その超過光の起源となる天体は未解明である。起源天体の候補として、宇宙初期の初代星や低赤方偏移の銀河ハロー浮遊星等が提案されている。これらの天体は可視光波長における放射スペクトルが異なることが予想されており、可視光における多色観測が超過成分の起源解明のために必要である。そこで我々は、6U サイズの超小型天文衛星 VERTECS (Visible Extragalactic background RadiaTion Exploration by CubeSat) の開発を進めている。本衛星は、JAXA-SMASH (JAXA-Small Satellite Rush) Programのもと、九州工業大学等の複数機関が共同で開発を進めている。衛星のミッション部は、宇宙背景放射の観測に特化した広視野レンズ光学系とパッフルおよび低暗電流の CMOS センサーから成り、バス部は、軌道上実績のある超小型衛星バスをもとに、新規要素である高精度姿勢制御ユニット、展開型太陽電池パドル等を搭載している。

2025 年度の初頭までに、エンジニアリングモデルを用いた衛星の機能・性能評価およびフライトモデルの組み立てを完了した。現在、今年度中の H3 ロケットによる打ち上げに向けて、フライトモデルの機能試験、環境試験に加え、衛星と地上局との通信適合試験等、打ち上げ前の最終試験を実施している。また、VERTECS の科学目的の達成するためには、宇宙背景放射の前景光である黄道光や銀河光を高い精度で評価する必要があり、全天の約 4 割の広域観測が要求される。ミッション達成のためのミッションシナリオの最適化および衛星運用計画の策定を進めている。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V267a 超小型衛星 VERTECS に搭載する可視光望遠鏡の最終性能実証

廣瀬優樹, 松浦周二, 橋本遼, 小鹿哲雅, 大原有稀, 津本明音, 夷子真生, 大藤勇亮, 廣瀬理紗 (関西学院大), 當銘優斗, 佐野圭, 中川俊輔 (九州工業大), 津村耕司 (東京都市大), 中川貴雄 (東京都市大, ISAS/JAXA), 瀧本幸司, 高橋葵, 田中颯 (ISAS/JAXA), VERTECS collaboration

超小型衛星 VERTECS は可視光域での背景放射の観測に挑む 6U サイズの天文観測衛星である。本衛星には観測機器として、3U サイズの領域に屈折式望遠鏡 ($f = 70 \text{ mm}$, F2.0) と CMOS センサー (SONY IMX533) を搭載している。本研究ではフライトモデルを対象に、検出器の感度評価を行うとともに、望遠鏡のピント調整を実施した。これにより、フライトモデルが微弱な背景放射を観測可能であることを最終確認する。

背景放射観測には低検出器ノイズが要求され、検出器ノイズには回路系での読み出しノイズと、暗電流によるショットノイズが含まれる。検出器を観測時と同様に衛星に組み込み、衛星バス機器を動作させて実施した検出器ノイズ評価の結果、読み出しノイズは 3 electrons、暗電流は観測時に予測される検出器の最高温度である 0°C で $0.01 \text{ electrons s}^{-1}$ であった。この測定から、 0°C 以下では検出器ノイズが支配的なフォトンノイズ源である黄道光ノイズ (3-8 electrons) と同等か小さく、検出器ノイズが観測に著しい影響を与えないことが判明した。

背景放射推定時に画像解析により十分暗い星まで除去するためには、約 50 arcsec 以下の望遠鏡の結像サイズが要求される。望遠鏡の結像位置は温度や気圧に依存するため、シムによるピント調整後に真空チャンバーにて軌道上の真空環境を再現し、温度による焦点位置の変化を測定した。測定の結果、望遠鏡温度が軌道上での温度範囲内 ($-3^\circ\text{C} \sim -23^\circ\text{C}$) で変化した際のピントのずれが焦点深度の範囲内であり、結像サイズは要求値以下であった。

以上の結果から、VERTECS のフライトモデルが背景放射観測に十分な性能を有することがわかった。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V268a 超小型衛星 VERTECS : 衛星システムの開発・評価状況の報告

橋本遼 (関西学院大学), 佐野圭 (九州工業大学), 中川貴雄 (東京都市大学, ISAS/JAXA), VERTECS collaboration

VERTECS (Visible Extragalactic Radiation background Exploration by CubeSat) は宇宙背景放射観測を行う屈折望遠鏡を搭載した 6U の超小型衛星である。人工衛星の打ち上げに向けて、いかなる状況でも衛星システムが安定稼働することを保証する必要がある。まず、打ち上げ時の激しい振動や衝撃に耐え、システムや機構が正常に作動しなければならない。また、真空・低温といった宇宙環境下でも衛星システム及び駆動機構含む各コンポーネントが正常に機能する必要がある。特に VERTECS では初期段階でのソーラーパネル展開が電源確保の前提であり、高い確実性が求められる。さらに、最大 2 年間のミッションに備え、模擬長期運用試験で発生する問題を洗い出すことが重要である。

これまでに Engineering Model を用いて各種試験を実施してきた。機械環境試験では、QT レベルの振動および衝撃試験を実施し、その後、ソーラーパネルの正常な展開を確認した。熱真空試験では、日照と日陰を模擬した温度サイクル環境下で、衛星全体の温度バランスを測定しつつ、宇宙環境において正常に稼働することを確認した。模擬長期運用試験では、打ち上げ初期から始まり、ミッション観測およびデータダウンリンクを繰り返し実行し、4 日間連続で各サブシステムが安定動作することを確認した。現在は 2025 年度の打ち上げに向けて Flight Model による試験を進行中であり、低温真空環境下でのソーラーパネル展開もすでに確認されている。本講演では、長期運用に向けた衛星システム仕様のほか、各環境試験の詳細とその結果について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V269a 宇宙可視光背景放射観測 6U 衛星 VERTECS : 姿勢制御系開発状況

中川貴雄 (東京都市大学, ISAS/JAXA), Jose Rodrigo Cordova-Alarcon, 池田明浩, Wenceslao Bejarano-Torres, Eliza Sapkota, 佐野圭 (九州工業大学), 田中颯 (東京科学大学, ISAS/JAXA), 軸屋一郎 (金沢大学), 五十里哲 (東京大学), 谷津陽一 (東京科学大学), VERTECS collaboration

宇宙における星形成史の解明を主目的として、可視光背景放射観測・超小型衛星 VERTECS (Visible Extragalactic Background Radiation Exploration by CubeSat) 計画を進めている (本年度、佐野ら)。背景放射光観測のためには、前景である星の光を効率良く除去することが必要である (本年度、小鹿ら)。そのために、最終的な星像を $50''$ 以下にすることが求められる (本年度、廣瀬ら)。この星像要求を満たすために、姿勢制御誤差による星像劣化を押さえる必要があり、そのために高い姿勢安定性 (誤差 $10'' \text{ min}^{-1}$ 以下) が求められる。これを実現するため、VERTECS には Blue Canyon Technologies 社の統合型姿勢制御装置 XACT-15 を搭載している。

本講演では、この姿勢制御要求を満たすことを地上で検証するための試験計画について議論する。試験は 3 段階で実施している。まずは (1) ソフトウェアによるシミュレーション試験である。ここでは、「i) 制御則」・「ii) 姿勢運動」・「iii) 軌道運動」全てをソフトウェアで模擬し、「設計としての妥当性」を検証した。次は (2) 衛星機上の制御系を用いたシミュレーション試験である。ここでは「i) 制御則」については機上の制御系を用い、「ii) 姿勢運動」・「iii) 軌道運動」については別のソフトウェアで模擬し、その組み合わせにより「機上の制御系が要求を満たす」ことを確かめた。さらに最終段階として、(3) 衛星機上のセンサー・アクチュエータを用いた試験を予定している。この試験では、3 軸が自由に動くように衛星全体をエアベアリングで支え、「ii) 姿勢運動」を実機で試験する予定である。これらの試験の組み合わせにより、求められる姿勢安定性を達成できることを実証する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V270a Habitable Worlds Observatory (HWO) : 全体および日本の参画の計画概要

塩谷圭吾 (宇宙研), 住貴宏 (大阪大学), 亀田真吾 (立教大学), 宮崎聡 (国立天文台), 山崎敦, 村上豪, 米田謙太, 高橋葵, 河原創, 宮崎翔太, 山田亨, 山崎典子, 近藤依央菜, 東尾奈々 (宇宙研), 村上尚史, 小谷隆行, 田村元秀, 葛原昌幸 (ABC), 西川淳, 生駒大洋, 大内正己 (国立天文台), 松尾太郎 (大阪大学), 伊藤哲司 (名古屋大学), 成田憲保 (東京大学), Oliver Guyon (国立天文台・アリゾナ大学), HWO-J チーム

Habitable Worlds Observatory (HWO) は、米国のディケーダールサーベイ (Astro2020) の提言を受け、NASA がジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡、ローマン宇宙望遠鏡に続く旗艦宇宙望遠鏡として、紫外線から近赤外線にわたる波長域で観測を行う口径 6 m 級の宇宙望遠鏡を 2040 年代に実現しようとする超大型計画である。

HWO には太陽型星を周回する地球型惑星の直接観測を行い、その大気や表面の特徴を調べるとともに、そこに生命の兆候を探索するコロナグラフ装置や、高解像度撮像装置、紫外線多天体分光器を搭載する予定であり、更にその他の装置の搭載も検討されている。HWO では 2029 年にミッションコンセプトレビューを予定しており、それまでにコンセプト及び技術の成熟度を高めることが計画されている。HWO に対する日本からの寄与として、コロナグラフ装置および紫外線観測装置の開発、そして科学研究への参画が検討されている。

2024 年 12 月、HWO への日本の参画に向けて、宇宙研にタスクフォースが設立された。宇宙研 HWO タスクフォースが担う役割は、NASA に対する日本側の窓口となること、技術フロントローディングの推進、コミュニティとの連携等である。その前段階では、2023-2024 に 2 名の JAXA representative が活動してきた。

講演では HWO の全体概要 (科学目標、観測装置、スケジュールや米国・NASA 予算等のプログラムの状況等) および日本の参画計画の概要を示す。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V271a TMT 計画 – 進捗報告

白田知史, 青木和光, 伊王野大介, 倉崎高明, 進藤美和, 嘉数悠子, 能丸淳一, 寺田宏, 杉本正宏, 鈴木竜二, 矢野達男, 土居守, 吉田道利, 常田佐久他 (NINS/国立天文台), H. Yang, L. Simard, A.N. Ramaprakash, T. Soifer, B. Kirshner, F. Liu 他 (TMT 国際天文台 (TIO))

TMT は日本が国際協力で実現を目指している次世代の超大型 30m 光学赤外線望遠鏡である。2019 年以後ハワイ現地工事を進められていないが、TMT に批判的だった地元関係者との直接対話を進めると共に、地元住民のニーズに沿った教育支援や職業訓練プログラム等の活動を進め、ハワイ先住民からも感謝の声が聞こえる。また、マウナケアの新管理組織 (MKSOA) が本格的に活動を開始し、Alameda ハワイ郡長も自らメンバーとして参加して積極的に意見を述べる等、先住民からも期待が寄せられている。このように TMT 建設に向けたハワイの状況は大幅に改善している。米国では、5 月末に国立科学財団 (NSF) が 2026 年度予算要求書を連邦議会に提出し、その中で TMT は最終設計段階に進めないと発表した。しかし、これはまだ最終決定ではなく、予算は歳出権限を唯一持つ連邦議会が決定する。過去には JWST や Roman 宇宙望遠鏡のように、予算提案には盛り込まれなかったものの、連邦議会が大型予算を措置した前例もある。連邦議会の動向が重要であり、国立天文台も TIO と協力して支持拡大等の対応を進めている。国内でも日本天文学会、日本惑星科学会、光学赤外線天文連絡会運営委員会から TMT を支持するサポートレターを受け取っている。また、建設再開に備えて、日本担当部分である主鏡の製造再開に向けた鏡材製造炉の性能再検証や研磨後の外形加工の試作、望遠鏡本体構造の製造前審査への対応等を進めている。更にサイエンスケースの改訂、JWST との科学的連携の検討、若手研究者・技術者によるワークショップの開催等、科学的課題の検討も活発になっている。本講演では TMT 計画の現状と展望を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V272a SuMIRe-PFS[43]: PFS 装置現状と共同利用観測開始

越田進太郎¹, 森谷友由希^{1,2}, 矢部清人^{1,2}, 川野元聡¹, Robert Lupton³, Craig Loomis³, Arnaud Le Fur³, Chi-Hung Yan⁴, Jennifer Karr⁴, 田中賢幸¹, 石垣美歩¹, Wanqiu He¹, 新井彰¹, Vera Maria Passegger¹, 田中壺¹, 小野寺正人¹, 森鼻久美子¹, Matthew Wung¹, Wilfred Gee¹, Jim Gunn³, 田村直之^{1,2} 他 PFS 開発チーム (1: 国立天文台ハワイ観測所, 2: 東京大学カブリ IPMU, 3: Princeton University, 4: 中央研究院天文及天文物理研究所)

PFS (Prime Focus Spectrograph) は、すばる望遠鏡基幹観測装置の一つとして東京大学カブリ IPMU を中心とした国際協力の下で開発が進められてきた、超広視野ファイバー多天体分光器である。主焦点の直径約 1.3 度の視野内に 2386 本のファイバーを配置し、青・赤・近赤外のカメラを備えた 4 台の分光器で 380nm から 1260nm までの波長範囲にわたるスペクトルを同時に取得することができる、非常に強力な装置である。

2025 年 3 月 22 日、PFS は科学運用初日を迎え、サイエンスファーストライトを無事完了した。続く 3 月・5 月の共同利用観測においてもクラシカル・キュー・戦略枠・ToO の全観測モードを円滑に遂行できた。

共同利用観測運用および観測プランニングソフト開発と並行し、PFS の性能最適化のための開発も続いている。ファイバー透過率時間変化を抑制する屈折率マッチングジェルを効率的に洗浄する専用装置の開発が進んでおり、試作機の製作と機能実証を終えた。また同一視野内でファイバー毎の効率が約 20% ばらつく問題に対しては、ファイバー配置の望遠鏡高度角依存性や自動追尾機能等への高精度な調整を行い改善を進めている。データ解析パイプラインについてもカメラ内散乱光のモデル化や近赤外データ解析手法の改善などを継続している。

本講演では、これらを含む PFS の現状と今後の課題について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V273a 遠赤外線テラヘルツ干渉計による天体の形成と進化の解明

松尾 宏, 江澤 元, 大島 泰, 鎌崎 剛, 和田武彦 (国立天文台), 久野成夫, 本多俊介, 橋本拓也 (筑波大学), 瀬田益道, 中井直正 (関西学院大学), 上塚貴史 (東京大学), 稲見華恵 (広島大学), 長尾 透 (愛媛大学), 和泉 究, 中川貴雄 (宇宙航空研究開発機構, 東京都市大), 松尾太郎 (名古屋大学)

現在の宇宙における天体放射の約半分は遠赤外線テラヘルツ帯で放射され、天体形成および進化を研究する上で重要な位置を占める。しかし、これまでの冷却赤外線望遠鏡による観測では角度分解能が悪いため、大型干渉計アルマやジェームズウェッブ宇宙望遠鏡による観測との詳細比較が行えない。そこで、我々は国立天文台のサイエンスロードマップに遠赤外線テラヘルツ干渉計を用いた研究計画を提案している。

遠赤外線テラヘルツ波領域で観測できるダスト熱放射、原子微細構輝線、水素分子（重水素を含む）や水分子（水の氷を含む）の観測により、様々な天体の物理的・化学的および運動学的状態を明らかにし、宇宙の歴史における天体の形成および進化の過程を明らかにすることを目的とする。

2033 年までを目標に、南極ドームふじ基地およびドーム A 基地に設置するテラヘルツ望遠鏡計画を推進し、複数のテラヘルツ望遠鏡を用いた強度干渉計により、遠赤外線領域で初めての高解像度天体画像の取得を実現する。

これと並行して、2045 年頃の打ち上げを目標とするスペース遠赤外線干渉計の検討を進め、遠赤外線プローブミッション PRIMA およびフォーメーションフライトミッション SILVIA と連携し、将来計画の具体化を図る。

このために、遠赤外線テラヘルツ領域の研究推進グループを組織し、科学および技術的検討を進め、遠赤外線プローブミッションおよび南極テラヘルツ望遠鏡計画と連携し、遠赤外線テラヘルツ領域の研究を強力に推進する計画である。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V274a 中央大学分光用望遠鏡 SCAT (Spectroscopic Chuo-university Astronomical Telescope) の完全自動化へ向けた開発 (1)

長島 汀, 米山友景, 鈴木稔也, 石原維子, 河合広樹, 坪井陽子 (中央大学)

我々は、全天 X 線監視装置 MAXI で検出された突発現象に対し、中央大学後楽園キャンパスの望遠鏡 SCAT (Spectroscopic Chuo-university Astronomical Telescope) を用いて可視光分光による追観測を行っており、今後は X 線分光撮像衛星 (XRISM) の突発天体探査 (XTS) による Trigger などにも対応したいと考えている。また、大規模なフレアが予測される天体については、事前のモニター観測も実施している。

SCAT の立ち上げは 2018 年春季天文学会 (V241a) で報告されており、現在は完全自動観測の実現を目指している。観測に必要な機能として、天候判断、観測計画の読み込み、カメラ制御、校正用および本撮影、ドーム操作、ピント調整、スリット導入などがある。特に重要なのは、目的天体を幅 10 秒角の分光スリットの中心に正確に導入することである。しかし今まで、赤道儀を用いているため導入精度が出ず、人の力が必要であった。そこで今回、1. 視野 $170 \times 85 \text{ arcmin}^2$ の “Wide Field Camera (WFC)”、2. 視野 $10 \times 10 \text{ arcmin}^2$ の “Slit Viewer Camera (SVC)”、3. 幅 10 秒角の分光スリット、という 3 段階の導入を自動で行うシステムを構成した。

WFC は鏡筒 Sky-Watcher 製 EVOGUIDE 50ED II とカメラ ZWO ASI 183MM からなり、分光用の光学系の横に設置し、独立している。SVC は ATIK 314L+ カメラからなる。第 1 段階の導入には、西村製作所製の Master of Telescope を用い、第 2 段階では、WFC 画像における天体検出と天球座標の決定を、Image World Coordinate Setting Program と SExtractor、および UCAC4 カタログを用いて行っている。

本講演では、この導入システムの概要と各種プログラムの実装状況について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V275a 東京大学アタカマ天文台 TAO 計画 進捗報告 2025 秋

宮田隆志 (東京大学), 吉井譲 (東京大学, アリゾナ大学), 河野孝太郎, 本原顕太郎, 峰崎岳夫, 酒向重行, 江草英実, 左近樹, 小西真広, 上塚貴史, 高橋英則, 諸隈佳奈, 松林和也, 鮫島寛明, 山岸光義, 今井正亮, 西村優里, 堀内貴史, 平尾優樹, 加藤夏子 (東京大学)

東京大学アタカマ天文台 (TAO) 計画は、南米チリ・アタカマ高地のチャナントール山山頂 (標高 5640m) に口径 6.5m の赤外線望遠鏡を設置し、宇宙論から太陽系天体まで幅広いサイエンスを行う計画である。

2018 年から続いた山頂インフラ整備は 2024 年に完了、2024 年 4 月にはサイト完成式典をチリサンチャゴで開催した。山頂施設は日々の運用を行いながら、観測運用に向けた問題点の洗い出しを進めている。望遠鏡及び蒸着装置の組み立て調整も進めてきた。望遠鏡については 2024 年末までに Az リングの組み立てを完了、ミラーアクチュエーターの試験も開始した。蒸着装置は 2024 年度内に山頂運用棟への組付け、真空試験、電気試験まで完了している。ネットワーク設備の設置も進んでおり、山麓との無線接続には成功している。ファイバーを用いた高速ネットワークも 2025 年後半には開通の予定である。科学観測に向けた準備も進めてきている。

初期運用を担う観測装置 (MIMIZUKU, NICE, SWIMS) も最終調整・輸送準備を進行中である。さらに第二期装置として近赤外線高分散分光器や可視光観測装置の開発も進めている。これらに付随した基礎技術開発も積極的に行っている。

本発表では TAO 計画のこの 1 年の進捗をまとめ、今後の予定について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V276a TAO 山頂情報システムの開発: 気象状況の把握に向けて

山岸 光義, 酒向 重行, 小西 真広, 鮫島 寛明, 加藤 夏子, 森 由貴, 近藤 莊平 (東京大学)

望遠鏡周囲の気象状況をリアルタイムに把握することは、観測運用を行うのみならず、日々の作業の安全のためにも非常に重要である。とはいえ TAO のように標高が高く、孤立的な環境にある望遠鏡では、その把握にも多くの困難が伴う。例えば、全ての機器は日常的に -10°C 台の低温にさらされ、HDD は記録媒体として使用出来ない。山頂には既設の通信インフラが存在しないため、データを外部に送信するためには、通信手段の確立から行う必要がある。さらに得られた気象データを見る際も、山頂のサーバーにその都度アクセスすることは、セキュリティと回線速度の点で困難であるため、国内の利便性の高いサーバーと組み合わせた運用が必要となる。

これらの困難を乗り越え、山頂の気象状況を把握するため、我々は以下のことを行った。まず気象データを得るため、木曽観測所で稼働中の気象観測システムを参考に、5つの観測装置(ウェザーステーション、雲センサー、雨センサー、霧センサー、全天可視光カメラ)を設置した。あわせてデータ取得のため、山頂に SSD を記録媒体とし、仮想化に対応したサーバーを設置した。また、山頂と直線距離で約 48 km 離れた山麓施設の間に、対向アンテナを用いた無線通信を確立した。この通信手段は、mini-TAO で使われていたものを再稼働したもので、周波数 2.4 GHz の Wi-Fi 用の電波を用いて約 2 Mbps で通信が可能である。最後に、気象データの一般公開とアーカイブのため、東京大学本郷キャンパス内に公開サーバーを設置した。このサーバーは、常に山頂のデータ取得サーバーと通信を行っており、転送された気象データをほぼリアルタイムに閲覧することが出来る。以上を組み合わせ、我々は世界中どこからでも TAO 山頂エリアの気象状況をモニターできるシステムの開発に成功したので、その詳細を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

V277a TAO 6.5 m 望遠鏡用可視光装置コンプレックス Laguna の開発

酒向重行, 松林和也, 平尾優樹, 倉島啓斗, 兒玉エ門, 瀧田怜, 越諒太郎, 笹岡大雅, 和田空大, 長澤春香 (東京大学), 吉井譲 (東京大学, アリゾナ大学), 宮田隆志, 河野孝太郎, 本原顕太郎, 峰崎岳夫, 江草実, 左近樹, 小西真広, 上塚貴史, 高橋英則, 諸隈佳奈, 鮫島寛明, 山岸光義, 今井正亮, 西村優里, 堀内貴史, 加藤夏子 (東京大学)

Laguna は TAO 6.5 m 望遠鏡のベントカセグレン焦点に搭載される可視光装置コンプレックス (複合体) である。Laguna の直径 1.6 m、奥行き 1.5 m の円筒形の体積内には、直径 10 分角の視野を分割する形で複数台の観測ユニットが搭載される。現在、Laguna-CAM, Laguna-SPEC, Laguna-SPAD の 3 台の観測ユニットの開発が進行中である。これらの他に、2 台の観測ユニットを搭載できる予備スペースが確保されている。Laguna-CAM は直径 4 分角の視野を持つ撮像ユニットである。2 枚のダイクロイックミラーと 3 台の CMOS センサーにより、3 バンド同時の動画撮像を実現する。Laguna-CAM は光学系の製作が完了しており、現在、CMOS カメラモジュールの性能評価や可動部の開発が進められている。Laguna-SPEC は波長 300 – 400 nm の近紫外線をカバーする低分散プリズム分光器と、400 – 1000 nm の広帯域を一度にカバーする中分散エシェル分光器から構成される。いずれの分光器も CMOS センサーを採用する。以上の 2 つのユニットは機能を簡素化することで時間軸天文観測が必要とする高い操作性と機敏性を実現している。Laguna-SPAD は直径 2 分角の視野を持つ高速偏光観測が可能な直進光学系の撮像ユニットである。ゼロ読み出しノイズが特長の SPAD イメージセンサーを採用することで高感度の動画観測を実現する。また、ダブルウォーラストンプリズムを併用することで半波長板などを回すことなく連続した高速偏光観測を実現する。現在、Laguna-SPEC と Laguna-SPAD は光学系の設計段階にある。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

V278a Laguna-CAM 搭載 CMOS カメラモジュールの性能評価

兒玉エ門, 酒向重行, 松林和也 (東京大学)

Laguna は複数の観測ユニットから構成される、東京大学アタカマ天文台 TAO 6.5m 望遠鏡のベントカセグレン焦点に搭載される可視光観測装置である。Laguna-CAM は、Laguna に搭載される撮像ユニットである。Laguna-CAM は直径 4 分角の視野を持ち、入射ビームを 2 枚のダイクロイックミラーにより 3 分割した後、3 台の CMOS カメラモジュールにて撮像する。これにより g, r, i 等の 3 バンドにて同時に動画撮像が可能である。Laguna-CAM の光学系は既に完成しており、現在、東京大学天文学教育研究センターにて性能評価を進めている。

本研究では Laguna-CAM に搭載する CMOS カメラモジュール (ビットラン社製 BH-67M) の性能評価を行った。評価項目は CMOS センサーの冷却性能、カウントと電子数の変換ゲイン、暗電流、読み出しノイズとそれらの画素分布である。結果、センサー温度が仕様値どおり室温 -40°C まで冷却されることが確認された。センサーの評価はゲインの値を 32 倍に設定して行った。ゲインの値を 32 倍に設定した時、1 カウントは 0.033e^{-} に相当するという結果が得られた。センサー温度が -10°C の状況において、センサー中央での暗電流の典型値は $0.03\text{e}^{-}/\text{s}/\text{pix}$ 以下であり Laguna-CAM における背景光 ($12\text{e}^{-}/\text{s}/\text{pix}$) に対して十分に小さいが、センサーの 4 隅においては $0.5\text{e}^{-}/\text{s}/\text{pix}$ を超える値が確認された。センサーの 4 隅における暗電流はセンサー温度に対する依存性が低いことが確認されたため、画素回路の発光などの熱的励起以外の原因があるとする結論に至った。読み出しノイズの典型値は $2.2\text{e}^{-}/\text{pix}$ であった。この読み出しノイズの値は、東京大学木曽観測所 Tomo-e Gozen に搭載されている CMOS センサーにおける読み出しノイズの値 ($2\text{e}^{-}/\text{pix}$) と比べ高い値であり、改善の必要があると結論づけられた。本講演では、これらの性能評価試験の詳細について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

V279a 木曾 30cm 望遠鏡による SPAD イメージセンサの性能評価

倉島啓斗, 酒向重行, 高橋英則, 近藤莊平 (東京大学), 東京大学木曾観測所グループ

SPAD (Single Photon Avalanche Diode) イメージセンサは、光電子の大電圧加速で大量の 2 次電子を生成するなだれ効果型の光子計数センサを 2 次元に並べた可視光アレキセンサである。なだれイベントの回数をカウントする方式のため、CCD や CMOS イメージセンサと異なり読み出しノイズを実質的にゼロにすることができる。SPAD イメージセンサは、天体光の検出において読み出しノイズが支配的となる高速撮像観測や高分散分光観測などにおいて、単光子検出レベルの劇的な感度の向上が期待できる。

本研究では、2024 年 12 月に東京大学木曾観測所 30 cm 望遠鏡に SPAD カメラモジュールを搭載して天体に対する撮像性能を中心とした評価試験を実施した。SPAD イメージセンサを望遠鏡に搭載するために、市販の光学部品を組み合わせた再結合光学系を製作し、中心波長 550 nm、波長幅 93 nm (おおむね V バンド) の光学フィルタを通して、4 等級から 13 等級程度までの幅広い明るさの複数天体の連続撮像データを取得した。試験観測で得られたデータを解析した結果、天体のフラックスおよび積分時間に対する測光値の良質な線形性、およびダークカウントと背景光カウントの和における良質なポアソン統計が確かめられた。また、明るい点源を視野内で移動した際のカウントのヒステリシスは 0.1 秒後において 0.5 % 以下 (上限値) であった。大気の透過率を含めた全体のシステム効率が 0.29 であったことから、評価したセンサの量子効率は 0.7 程度であると見積もられた。今回の試験観測と過去に実施した実験室での評価試験により、SPAD イメージセンサが天文学の科学観測で有用であることが確かめられた。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

V280a TAO/SWIMS の分光用スリットマスク交換機構のアップグレード

藤井扇里, 本原顕太郎, 小西真広, 高橋英則, 加藤夏子, Jeung Yun, 安田彩乃, 幸野友哉, 田中健翔, 菊地泰輝 (東京大学), 櫛引洗佑 (国立天文台), 陳諾 (東北大学)

SWIMS (Simultaneous-color Wide-field Infrared Multi-object Spectrograph) は、東京大学がチリのチャナートール山 (標高 5640m) に建設中の TAO 望遠鏡 (口径 6.5m) の第 1 期観測装置である。撮像観測もしくは多天体分光観測、面分光観測が可能であり、一度の露光で $0.9 - 1.4 \mu\text{m}$ と $1.4 - 2.5 \mu\text{m}$ の波長域でいずれかのモードを同時に観測できる。多天体分光用スリットマスクおよび面分光ユニットは MOSU (Multi Object Spectroscopy Unit) によって交換される。MOSU はスリットマスクを収納するマスクデューワー、スリットマスクを設置する焦点面デューワー、スリットマスクをマスクデューワーから焦点面へ運ぶマスク交換機からなる。

SWIMS は当初すばる望遠鏡のカセグレン焦点に取り付けることを想定して開発が進められた。しかしながら、TAO 望遠鏡ではナスミス焦点に搭載されるため、カセグレン焦点搭載時とは重力方向が異なる。ナスミス焦点では焦点面が重力方向に対し平行になるため、マスク設置時に落下したりズレたりするリスクがある。このリスクを最小化するため、MOSU を改修し、マスクを焦点面に向かって押し付けられるように迷光防止羽根の改修、焦点面に設置する際にマスクがズレないように位置を補正するブランジャーおよびマスクの四隅を固定するストッパーの設置を行った。改修後は、ナスミス焦点の重力方向を模擬した環境下で交換動作試験を行い、一定の重力方向において焦点面上にマスクを密着させられることを確認した。また、スリットマスク設置の位置再現性は $15 \mu\text{m}$ で、これは検出器上での 0.33 pixel のズレに相当し、十分な位置再現性があることを確認した。

本講演では、MOSU の概要とその改修結果を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

V281a 精密偏光撮像装置 POPO の開発

高橋 隼, 伊藤 洋一, 戸塚 都 (兵庫県立大学), Yoonsoo P. Bach (KASI)

PlanetPol (Hough et al. 2006) を先駆けとした「高速変調型」偏光観測装置は、数 ppm の測定精密度を達成している。しかし、この型の装置は偏光変調と同等以上の頻度 (数 100 Hz 以上) で光検出を行う必要がある。この制約から、従来の高速変調型装置は光電子増倍管等の単素子検出器を用いており、撮像機能 (空間分解能) が無いという弱点があった。我々は光検出器として CMOS カメラおよび EMCCD カメラを採用し、高速変調型でありながら撮像機能を持つ装置 Polarimeter for Precision Observations (POPO) を開発した。POPO は、直線偏光の程度と方位角を記述するストークス Q/I , U/I に加え、円偏光の程度と回転方向を表す V/I を測定できる。我々は POPO を 2 m なゆた望遠鏡のカセグレン焦点に取り付け、10 等未満の明るい恒星の Q/I , U/I , V/I を測定する試験を行った。得られた結果は以下の通りである。(1) ほぼ一定の観測条件下での測定精密度は光子ノイズ限界の 2.5 倍程度であり、最高で 5 ppm を記録した。(2) 異なる観測日にまたがる測定安定性は 10 ppm 以下である。(3) 数%の直線偏光度 (P) を持つ星に対する測定正確性は 0.1% 以下である。

加えて、科学観測の実証試験として小惑星 Vesta の時系列観測を行った。Vesta は自転に同期した P 変動を示すことが知られている。POPO は、 $\sim 0.06\%$ から $\sim 0.08\%$ の P 変動 (ΔP) を SN 比 ~ 60 で検出した。得られた ΔP は過去の観測と整合的である。また、SN 比は過去最高に近い部類に入ると考えられる。

以上の性能評価および実証試験により、POPO は明るい天体の微小な偏光変動の調査に適していると言える。また、(1) で得られた「検出光子数と精密度の関係」から、10 等より明るい天体に対しては 1 秒間の時間分解能で $\Delta P = 1\%$ の変動を検出できると見込める。このため「高時間分解能の偏光観測」への応用も期待できる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

V282a せいめい望遠鏡 KOOLS-IFU マイクロレンズアレイ付きファイバー型面分光ユニット開発

松林 和也 (東京大学), 筒井 寛典, 中屋 秀彦, 鎌田 由紀子 (国立天文台), 山形 豊, 細畠 拓也 (理化学研究所), 大塚 雅昭, 磯貝 桂介, 太田 耕司 (京都大学)

ファイバー型可視光面分光装置 KOOLS-IFU は、せいめい望遠鏡の第 1 期装置として、2019 年前期から共同利用観測・京都大学時間観測を行っている。KOOLS-IFU は惑星状星雲や銀河のような広がった天体だけでなく、変動天体のモニター観測や突発天体の早期観測などにも用いられている。

KOOLS-IFU をせいめい望遠鏡に移設した当初の面分光ユニットは、ファイバーバンドルの入射部にマイクロレンズアレイ (MLA) が付かないもので、ファイバーコアの隙間に天体光が落ちてしまい、特に点源に対する感度が悪かった。そこで、感度改善を目指して、入射側に MLA が付いた面分光ユニットを開発した。ファイバーコア直径は $100\ \mu\text{m}$ で、2 次元アレイ側のファイバーはピッチ $537\ \mu\text{m}$ の正六角形格子に、位置誤差 $5.5\ \mu\text{m}$ 以下で並んでいる。2 次元側 MLA は理化学研究所との共同開発で、ガラス基板の上に紫外線硬化樹脂の六角形レンズが開口率 99% 以上で並んだものを製作した。前置光学系で天体像を 6 倍に拡大することで、MLA 表面で 1 ファイバー当たりの視野は 0.84 秒角、ファイバー端面での瞳像の大きさは $80\ \mu\text{m}$ となり、MLA レンズで集めた光を漏れなくファイバーに入れることができる。ファイバー本数は 110 本で、全ファイバーでの視野は約 8 秒角となる。

この新しい面分光ユニットを KOOLS-IFU 分光器に接続し、各種性能を測定した。波長分解能は古い面分光ユニットとほぼ同様に $\lambda/\Delta\lambda \sim 500 - 2000$ 、光学スループットの実測値はグリズム VPH-blue の波長 $5700\ \text{\AA}$ で 5.6% から 11.8% などとほぼ倍増した。低分散グリズム使用時の限界等級は 1800 秒積分で約 19 AB mag (10σ) となる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V283a 光ファイバー交換機の開発

小谷隆行 (ABC/国立天文台/総研大)、遠藤豪人 (伊藤工業)、奥井学 (中央大学)、河原創 (宇宙科学研究所)、田村元秀 (東京大学/ABC)

本講演では、光ファイバーを高効率で接続・組み換え可能なファイバー交換機の開発について報告する。光ファイバーは、光を高い効率で伝送できる光学素子であり、望遠鏡の姿勢に依存せずに安定な場所に観測装置を置くことができるため、大型の分光器に多く使用されている。近年は、分光器の高機能化・高精度化が進み、頻繁に分光器較正のための波長較正光源やフラット光源を測定したり、ファイバーから出力光を送る先を切り替えたりすることを、遠隔操作で行うことが求められるようになってきている。そのために我々は 2019 年より、複数のファイバー同士を、異なる組み合わせで接続できるファイバー交換機を開発を開始した。

ファイバー交換機の実現には、複数のファイバーを横に並べたモジュールを、送りネジ・直線ステージとモーターにより移動させて、アダプターを介してファイバー同士を接続する方式とした。その際重要なのは、ファイバーのコア同士を高い精度で接続し、かつ 1000 回以上の接続・組み換えを行っても、高い接続効率を維持できることである。これは、特にコア直径が $5\ \mu\text{m}$ 程度しかない、シングルモードファイバー同士の接続では、微小な軸ずれやダストの端面への付着により、接続損失が著しく増加することがあるため、重要である。これを実現するために、端面クリーニング機能、端面検査用顕微鏡カメラの導入、ダストの混入を防ぐために筐体内の陽圧化など行い、1000 回以上の抜き差しにも耐えるものができるようになっている。ファイバー交換機は、すばる望遠鏡用近赤外線高分散分光器 IRD と REACH に使用されており、数年以上問題なく動作している。また、Keck 望遠鏡用近赤外線回折限界高分散分光器 HISPEC 用のファイバー交換機を、現在開発中である。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V301a X線分光撮像衛星 XRISM 搭載 Resolve の現状

S. Yamada^I, Y. Ishisaki^A, R.L. Kelley^C, H. Awaki^E, J.C. Balleza^C, K.R. Barnstable^C, T.G. Bialas^C, R. Boissay-Malaquin^C, G.V. Brown^F, E.R. Canavan^C, T.M. Carnahan^C, M.P. Chiao^C, B.J. Comber^C, E. Costantini^D, R.S. Cumbee^C, J.-W. den Herder^D, J. Dercksen^D, C.P. de Vries^D, M.J. Dipirro^C, M.E. Eckart^F, Y. Ezoe^A, C. Ferrigno^C, R. Fujimoto^B, N. Gorter^D, S.M. Graham^C, M. Grim^D, L.S. Hartz^C, R. Hayakawa^H, T. Hayashi^C, N. Hell^F, Y. Ichinohe^P, D. Ishi^B, M. Ishida^B, K. Ishikawa^A, B.L. James^C, Y. Kanemaru^B, S.J. Kenyon^C, C.A. Kilbourne^C, M.O. Kimball^C, S. Kitamoto^I, M.A. Leutenegger^C, Y. Maeda^B, D. McCammon^J, B.J. MaLaughlin^C, J.J. Miko^C, E. van der Meer^D, M. Mizumoto^M, T. Okajima^C, A. Okamoto^B, S. Paltani^G, F.S. Porter^C, L.S. Reichenthal^C, K. Sato^Q, T. Sato^O, Y. Sato^B, M. Sawada^I, K. Shinozaki^B, R.F. Shipman^D, P.J. Shirron^C, G.A. Sneiderman^C, Y. Soong^C, R. Szymkiewicz^C, A.E. Szymkowiak^L, Y. Takei^B, M. Takeo^K, K. Tamura^C, M. Tsujimoto^B, Y. Uchida^N, S. Wasserzug^C, M.C. Witthoef^C, R. Wolfs^D, S. Yamada^I, S. Yasuda^B, N.Y. Yamasaki^B (都立大^A, JAXA^B, NASA^C, SRON^D, 愛媛大^E, LLNL^F, U-Geneva^G, KEK^H, 立教大^I, U-Wisconsin^J, 埼玉大^K, Yale-U^L, 福岡教育大^M, 東京理科大^N, 明治大^O, RIKEN^P, 京都産大^Q)

XRISM 衛星搭載 *Resolve* は、50 mK の極低温で動作する 6×6 画素の半導体マイクロカロリメータと焦点距離 5.6 m の多重薄板 X 線望遠鏡から成り、2023 年 9 月 7 日に打ち上げられた。軌道上で ~5 eV のエネルギー分解能を実現し、昨年からの第一期公募観測も始まっている。本講演では *Resolve* の現状を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V302a X線分光撮像衛星 (XRISM) 搭載軟 X 線撮像装置 (Xtend) の軌道上運用 (4)

中嶋大 (関東学院大), 森浩二 (宮崎大), 富田洋 (ISAS/JAXA), Takashi Okajima (NASA/GSFC), 野田博文 (東北大), 鈴木寛大 (宮崎大), 小林翔悟 (東京理科大), 米山友景 (中央大), 内田裕之 (京都大), 萩野浩一 (東京大), 信川久実子 (近畿大), 田中孝明 (甲南大), 村上弘志 (東北学院大), 信川正順 (奈良教育大), 内山秀樹 (静岡大), 松本浩典, 小高裕和 (大阪大), 鶴剛 (京都大), 山内誠, 廿日出勇 (宮崎大), 幸村孝由 (東京理科大), 山岡和貴 (名古屋大), 石田学, 前田良知 (ISAS/JAXA), 林多佳由, 田村啓輔, R.Boissay-Malaquin (メリーランド大), 佐藤寿紀 (明治大), 吉田鉄生, 金丸善朗, 伊師大貴 (ISAS/JAXA), 水野恒史 (広島大), 堂谷忠靖 (ISAS/JAXA), 尾崎正伸 (国立天文台), 常深博 (大阪大), 東竜一 (甲南大), 朝比奈遥, 中村彰太郎, 亀井貴光, 福田将大 (関東学院大), 善本真梨那, 袴田知宏, 青柳美緒, 島耕平 (大阪大), 井上峻 (京都大), 青木悠馬, 伊藤耶馬斗 (近畿大), 樋口菜由, 伊藤世織, 中武隼汰 (東京理科大), 市川雄大, 中野瑛子, 岳本廉央, 松島司, 浦瀬怜香, 倉嶋順, 淵琴美 (宮崎大), 林田清 (大阪大), 他 XRISM/Xtend チーム

2023 年 9 月に打ち上げられた X 線分光撮像衛星 XRISM に搭載されている軟 X 線撮像装置 Xtend は、X 線望遠鏡 (XMA) と 4 素子の X 線 CCD カメラ (SXI) で構成され、38.5 分角平方の広視野を実現している。分光性能に優れる *Resolve* との相補的な観測を行う他、突発天体の検出・速報を行っている。現在 Xtend は、撮像性能・分光性能に対する要求を満たした状態で科学観測を続けながら、軌道上校正を進めている。本講演では 2025 年春季年会からの進捗を中心に、ゲイン・エネルギー分解能・電荷転送効率の経年変化や、非 X 線バックグラウンドデータベースの構築、応答関数の構築などについて、最新の状況を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V303a X線分光撮像衛星 XRISM に搭載された軟 X 線撮像検出器 SXI の軌道上エネルギー較正 II : 打ち上げ 1 年 8 ヶ月経過時点での経年変化と分光性能

岳本廉央, 中野瑛子, 市川雄大, 倉嶋順, 松島司, 鈴木寛大, 森浩二 (宮崎大学), 青木悠馬, 伊藤耶馬斗, 信川久実子 (近畿大学), 信川正順 (奈良教育大学), 袴田知宏, 青柳美緒, 島耕平, 小高裕和, 松本浩典 (大阪大学), 善本真梨那 (愛媛大学), 中嶋大 (関東学院大学), 村上弘志 (東北学院大学), 内田裕之, 鶴剛 (京都大学), 田中孝明 (甲南大学), 米山友景 (中央大学), 富田洋, 金丸善朗, 伊師大貴 (ISAS/JAXA), 水野恒史 (広島大), 萩野浩一 (東京大学), 野田博文 (東北大), 内山秀樹 (静岡大学), 山内誠, 廿日出勇 (宮崎大学), 樋口菜由, 幸村孝由, 小林翔悟 (東京理科大学), 山岡和貴 (名古屋大学), 堂谷忠靖 (ISAS/JAXA), 尾崎正伸 (NAOJ), 常深博 (大阪大学), 他 XRISM/Xtend チーム

X 線分光撮像衛星 XRISM に搭載された軟 X 線撮像装置 Xtend は、軟 X 線反射望遠鏡 (XMA) と撮像検出器 (SXI) から構成され、4 枚の CCD 素子をモザイク状に配置することで、0.4–13 keV のエネルギー帯域において 38 分角平方の広視野での撮像分光観測を実現している。SXI によるスペクトル解析では、CCD 出力波高値の偶数・奇数列におけるゲイン差の補正、電荷転送時の電荷漏れ、ならびに電荷転送非効率 (CTI) に対する補正が不可欠である。これらの補正パラメータは、軌道上での CCD の放射線損傷等によって時間とともに変化するため、継続的な更新が求められる。本研究では、2025 年 6 月までに取得された軌道上データをもとに、これまで軌道上での CCD の放射線損傷などによる時間変動の影響が反映されていなかった補正パラメータに対し、その影響を取り込むとともに、適用範囲を拡張することで、エネルギー較正精度の向上を図った。本講演では、補正パラメータ適用の手法とその結果、および改良されたエネルギー較正の精度評価について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V304a X線分光撮像衛星 XRISM 搭載 X線撮像装置 Xtend の2つの観測モードにおける軌道上評価

高山昂大、青木悠馬、伊藤耶馬斗、信川久実子 (近畿大学)、信川正順 (奈良教育大)、森浩二 (宮崎大)、村上弘志 (東北学院大)、中嶋大 (関東学院大)、水野恒史 (広島大)、他 XRISM/Xtend チーム

2023 年 9 月 7 日に打ち上げた X 線分光撮像衛星 XRISM 搭載の軟 X 線撮像装置 Xtend は、 $38.5' \times 38.5'$ というポインティング型の X 線天文衛星としては過去最大の広視野を持つ。そのため、広がった天体の観測を一度に行うことが可能である。Xtend は 4 枚の裏面照射型 CCD を 2×2 に並べた軟 X 線撮像装置 SXI と X 線望遠鏡 XMA から構成され、0.4–13.0 keV の広いエネルギー帯域で高い検出効率を有している。SXI には複数の観測モードがあり、標準の動作モードは“Full window”モードと呼ばれ、1 フレームあたりの露光時間は約 3.96 秒である。明るい天体を観測する際にはパイルアップを軽減するために“1/8 window”モードを選択することができる。このモードでは CCD の 80 行のみを読み出すことで、読み出し時間を Full window モードの 1/8 に短縮できる。本研究では Full window モードと 1/8 window モードの軌道上性能を検証するために、2 つの超新星残骸 (N132D と Cygnus Loop) の観測データを解析し、両モード間の X 線カウントレートの違いを測定した。その結果、どちらの天体でも 1/8 window mode のほうが 3–5% カウントレートが高いことがわかった。その原因を考察する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V305a X線天文衛星 XRISM 搭載 CCD 検出器における Goffset の軌道上較正

青木悠馬、信川久実子 (近畿大学)、信川正順 (奈良教育大学)、森浩二、中野瑛子、岳本廉央 (宮崎大学)

我々は、X 線分光撮像衛星 XRISM に搭載された軟 X 線撮像装置 Xtend の受光装置である X 線 CCD 検出器 SXI のエネルギー較正を行っている。CCD では、X 線の入射で生じる電荷雲が複数のピクセルで読み出される場合がある (これを複数ピクセルイベントと呼ぶ)。SXI 用 CCD では、1 ピクセルイベントより複数ピクセルイベントの方が波高値が高くなり、この差を Goffset と呼んでいる。Goffset は波高値依存性をもち、較正精度に影響を与える。我々は、CCD における電荷雲の広がりを幾何学的なモデルで再現するシミュレーションを行い、Goffset の主な原因が読み出しノイズであることを明らかにした (Y. Aoki et al. 2023)。

我々は、Performance Verification 期に観測した天体および SXI に搭載されている較正線源から得られたスペクトルを用いて、Goffset の波高値依存性を調査した。この結果を再現する読み出しノイズの大きさをシミュレーションで求め、Goffset をモデル化した。本講演では、このモデルに基づいた Goffset 補正後のエネルギー決定精度の不確かさについても報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V306a X線分光撮像衛星 XRISM 搭載 軟 X線撮像装置 Xtend による Abell 2029 の観測データを用いた検出器位置依存の有効面積の評価

中武隼汰、樋口菜由、伊藤世織、青木大輝、二之湯開登、幸村孝由、内田悠介 (東理大)、米山友景 (中央大)、萩野浩一 (東京大)、鶴剛、内田裕之、井上峻 (京都大)、岳本廉央、中野瑛子、森浩二、鈴木寛大 (宮崎大)、中嶋大 (関東学院大)、信川正順 (奈良教育大)、長尾梓生、島耕平、松本浩典 (大阪大学)、青木悠馬、信川久実子 (近畿大)、内山秀樹 (静岡大)、村上弘志 (東北学院大)、田中孝明 (甲南大)、富田洋 (ISAS/JAXA)、富田洋 (ISAS/JAXA)、林多佳由、岡島崇 (GSFC/NASA)、他 XRISM/Xtend チーム

X 線分光撮像衛星 XRISM に搭載している軟 X 線撮像装置 Xtend は、X 線望遠鏡 (XMA) と 4 枚の裏面照射型 CCD を 2×2 のタイル状に並べた X 線 CCD カメラ (SXI) から構成される。Xtend は、 $38.5'$ 分角四方という X 線天文衛星の中で過去最大の広視野を有することから、望遠鏡の光軸から最大 $34'$ 離れた領域まで観測可能であり、例えば直径 $\sim 30'$ の SN1006 のような広がった天体を視野に収めることができる。ただし、有効面積は XMA の光軸から離れるほど小さくなるため、その有効面積が広い視野の中でどの程度の精度で求められているかというキャリブレーションの精度は、視野内に広がる超新星残骸や銀河団、また視野のどこに入るか分からない突発天体といった天体の明るさなどの物理量の測定精度に直結する。そこで本研究では on-axis に比べ、これまで十分に調べられていない off-axis の有効面積を評価するために、銀河団 Abell 2029 の on-axis 上にある CCD 素子 (CCD2) と、off-axis 上の CCD 素子 (CCD2.3) で取得した 4 観測分のデータを用いて、それらのフラックスを比較した。その結果、0.4–10.0 keV の帯域における off-axis 上でのフラックスは、on-axis 上でのフラックスから 5% の範囲で一致していることがわかった。本発表ではこの有効面積の評価について、その手法と結果の詳細を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V307a X線分光撮像衛星 XRISM 搭載 軟 X 線撮像検出器 (SXI) の軌道上における CCD 素子へのコンタミ物質の付着の評価 II

樋口 菜由, 中武 隼汰, 伊藤 世織, 二之湯 開登, 青木 大輝, 幸村 孝由, 内田 悠介 (東理大), 米山 友景 (中央大), 萩野 浩一 (東京大), 鶴 剛, 内田 裕之, 井上 峻 (京都大), 岳本 廉央, 中野 瑛子, 森 浩二, 鈴木 寛大 (宮崎大), 中嶋 大 (関東学院大), 信川 正順 (奈良教育大), 長尾 梓生, 島 耕平, 松本 浩典 (大阪大学), 青木 悠馬, 信川 久実子 (近畿大), 内山 秀樹 (静岡大), 村上 弘志 (東北学院大), 田中 孝明 (甲南大), 冨田 洋 (ISAS/JAXA), 他 XRISM/Xtend チーム

2023 年 9 月に打ち上げられた X 線分光撮像衛星 XRISM 搭載の軟 X 線撮像検出器 (SXI) は 4 枚の裏面照射型の X 線 CCD からなり、0.4–13 keV のエネルギー帯域で撮像分光を行う。すぐく衛星や Chandra 衛星搭載の X 線 CCD 検出器では、軌道上でマイナス 90°C 以下まで冷却した CCD 素子近くに設置された可視光遮光膜の表面に、コンタミ物質が付着したことによって軟 X 線帯域 (~1 keV) の検出効率が低下していた。そこで SXI では、コンタミ物質の付着を防ぐため、ヒーターにより 25°C に温度制御されたコンタミネーション防止膜 (CBF) を装備している。しかしコンタミは時間とともに蓄積する傾向があり、検出効率は経年劣化していくと考えられるため、継続的な評価が必要である。我々は SXI のコンタミ防止膜が十分に機能しているかを確認するため、超新星残骸 1E0102.2–7219 のスペクトルから光軸上のコンタミ量の絶対値を求め、また地球大気の蛍光 X 線スペクトルを用いてコンタミ付着の位置依存性やその時間変化を調べている。これまでの解析により、打ち上げから 1 年半は CCD 素子へのコンタミ物質の有意な付着はないことを確認している。本講演では以上の解析結果の詳細について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V308a X線分光撮像衛星 XRISM の科学運用の現状 (4)

小川翔司, 金丸善朗, 福島光太郎 (JAXA), 寺田幸功 (埼玉大, JAXA), 高橋弘充, 水野恒史, 深沢泰司 (広島大), 信川正順 (奈良教育大), 宇野伸一郎 (日本福祉大), 中澤知洋, 大宮悠希, 大熊佳吾 (名古屋大), 内山秀樹 (静岡大), 久保田あや (芝浦工業大), 田代信, 勝田哲, 本上侑吾 (埼玉大), 寺島雄一, 志達めぐみ, 善本真梨那, 高木利紘 (愛媛大), 山内茂雄, 太田直美 (奈良女子大), 山田智史 (東北大), 坪井陽子, 米山友景 (中央大), 内田悠介 (東京理科大), 江口智士 (熊本学園大), 谷本敦 (鹿児島大), 飯塚亮, 海老沢研, 渡辺伸 (JAXA), Matt Holland, Tahir Yaqoob, Chris Baluta (NASA), Michael Loewenstein (NASA, UMD), Eric Miller (MIT)

2023 年 9 月 7 日に打ち上げられた X 線分光撮像衛星 (XRISM) の運用は、2024 年 9 月より世界中の研究者からの観測提案に基づいて天体観測を行う General Observer (GO) 期が開始している。2025 年 5 月に締め切られた第二期の公募には 103 件の提案があり、観測時間ベースで約 6 倍という高い競争率となった。現在行われている第一期公募観測は 2025 年 8 月末に終了し、ゲートバルブの開放運用を経て、同年 11 月から第二期公募観測が開始される予定である。我々科学運用チームは XRISM の科学成果を最大限に引き出すために、ToO 観測への対応を含む観測計画、観測データの高度処理およびアーカイブ処理とその検証、日々の即時解析データによる検出器の健全性確認および観測 PI への観測データプロットの送付、X 線突発天体の検出と解析、研究者向けウェブサイトの保守・管理、ヘルプデスクの運用などの活動を行っている。これらは衛星運用および検出器開発チーム、NASA/XRISM SDC、GOF や ESA/ESAC の地上ソフトウェアチームやユーザーサポートメンバーと連携した活動である。本講演では XRISM の科学運用についてこれまでのステータスをまとめ今後のプランを報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V309a X線分光撮像衛星 XRISM 搭載軟 X 線撮像装置 Xtend による突発天体探査 (5)

石原維子, 坪井陽子, 米山友景, 菅井春佳, 長島汀, 根本登, 赤須孔一郎, 柳丈敬 (中央大学), 善本真梨那 (愛媛大学), 前田良知, 福島光太郎, 金丸善朗, 小川翔司, (ISAS/JAXA), Marc Audard (University of Geneva), Ehud Behar (Technion), 幸村孝由 (東京理科大学), 水本岬希 (福岡教育大学), 信川正順 (奈良教育大学), Katja Pottschmidt (GSFC/NASA), 寺島雄一, 志達めぐみ, 高木利紘, 康 哲洙 (愛媛大学), 寺田幸功, 本上侑吾, 清本拓人 (埼玉大学), 内田裕之, 成田拓仁, 井上峻 (京都大学), 森浩二, 岳本廉央, 倉嶋順, 松島司 (宮崎大学), 松本浩典, 袴田知宏, 倉本春希, 宮本愛子, 高塚紗弥菜 (大阪大学), 野田博文, 坂本雄哉 (東北大学), 高橋弘充 (広島大学)

X 線分光撮像衛星 (X-Ray Imaging and Spectroscopy Mission; XRISM) は、軟 X 線分光装置 Resolve と軟 X 線撮像装置 Xtend を搭載している。Xtend は、X 線遠望鏡 (XMA) と X 線 CCD (SXI) から構成され、0.4–13 keV のエネルギー帯域を 38.5 分角四方の広視野で分光撮像する。我々は Xtend の大きな視野を利用し、突発天体の探査及び速報システム (XRISM/Xtend Transient Search; XTS) を開発・実装した (2023 年秋季年会、米山講演 V303a 等)。XTS では、一日に一回の頻度で XRISM/Resolve が狙う目標天体以外の天体を探査し、突発現象が観測された場合は The Astronomer's Telegram を通して速報を発出する。

XTS は、General Observer phase (GO 期) において新たなメンバーを迎え、観測 PI 同意のもと Resolve 視野を除いた部分を用いて探査・速報を行っている。2024 年 3 月の運用開始から 2025 年 5 月までに速報されたイベント数は 32 である。本講演では XTS の現状と成果の詳細について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V310b Si 高温塑性変形技術を用いた薄板型X線光学系における反射鏡基板の“多重一括”変形の試作

沼澤正樹 (東京都立大), 石田學 (JAXA 宇宙研), 江副祐一郎, 石川久美, 世良直也, 松村温斗, 内野翔, 宮本明日香 (東京都立大), 岸川涼 (東京大/国立天文台), 前田良知, 伊師大貴 (JAXA 宇宙研), 武尾舞 (富山大), 森下浩平 (九州大), 中嶋一雄 (東北大)

我々は、高角度分解能と大有効面積が求められる将来の宇宙観測に向けて、シリコン (Si) 高温塑性変形技術を用いた薄板型 X 線光学系の開発を行っている。本光学系は、従来用いられたアルミニウムと同等の密度でありながら、より剛性が高く優れた反射面形状を持つ Si 結晶を用いることで、軽量性を維持したまま高角度分解能を狙う。開発の鍵を握るのは Si 基板の形状を自由に湾曲させることができる高温塑性変形技術である (Nakajima et al. 2005)。本光学系は 30 mm (母線方向) × 66 mm (位相角方向) の長方形にカットした厚さ 0.3 mm の Si 基板を凹型/凸型の治具で挟み、高温環境下でプレスし塑性変形する。これまでに曲率半径 ~100 mm の円錐面を持つ反射鏡を試作し、変形条件の最適化によって角度分解能で ~2 倍の改善を達成している (Nakaniwa et al. 2020; 沼澤ほか天文学会 2025 年春季年会)。今回、我々は本技術を用いた複数の反射鏡基板の“多重一括”変形に初めて成功した。本研究では、高い熱伝導率と柔軟性を併せ持つグラフェンシートを間に挟んで 2 枚の Si 基板を積み重ね、高温プレス時に起こる基板同士の癒着を回避して一度に変形した。両基板ともに破損や大きな歪みはなく、曲率半径と形状精度においても通常の“一枚”変形と同等の結果であった。これは将来的な大量生産の足がかりとなる重要な結果であり、複数の反射鏡を同心円状に多数配置する薄板型 X 線光学系の開発において、原理的にコスト・時間の削減に繋がるものと考えられる。本講演では詳細と今後の展望について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V311b Si 高温塑性変形技術を用いた薄板型X線光学系のための光線追跡シミュレータの開発と Jaccard 係数による評価

世良直也 (都立大), 岸川涼 (東大/国立天文台), 沼澤正樹 (都立大), 石田學 (ISAS/JAXA), 江副祐一郎, 石川久美, 松村温斗, 内野翔, 宮本明日香 (都立大), 前田良知, 伊師大貴 (ISAS/JAXA), 武尾舞 (富山大), 森下浩平 (九州大), 中嶋一雄 (東北大学)

我々は将来の宇宙観測に向けて、Si 基板を自由に湾曲させる高温塑性変形技術を用いた薄板型 X 線光学系の開発を行っている (Nakajima et al. 2005 Nat. Mater., Nakaniwa et al. 2020 Appl. Opt.)。ナノメートル rms のフラットな反射面と高い剛性を持つ Si 結晶を反射鏡の素材に用いることで、軽量かつ高分解能な光学系の実現を目指す。本光学系は 30 mm (母線方向) × 60 mm (位相角方向) の長方形にカットした厚さ 0.3 mm の Si 基板を凹型/凸型治具で挟み、高温環境下でプレスすることによって、曲率半径 ~100 mm の円錐面に塑性変形させる。本研究では、モンテカルロ法を用いた本光学系固有の光線追跡シミュレータの開発を行った。レーザー変位計で取得した反射鏡実物の母線形状データを入力情報とし、生データへの平滑化処理条件を変えながら、X 線照射結果 (沼澤ほか天文学会 2025 年春季年会) に対する再現性を Jaccard 係数を用いて定量的に評価した。ここで Jaccard 係数とは、2 つの集合における積集合の要素数を和集合の要素数で割った値であり、両者の類似度を表す指標である。結果として、反射面の大部分において実測の反射光を模擬できる処理条件を得た。本シミュレータを活用して X 線照射による性能評価を代替することで、同試験にかかる時間を 90% 以上削減でき、すなわち本光学系の開発サイクルの迅速化に繋がるものと期待できる。本発表では上記の詳細と今後の展望について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V312b 次期 MeV ガンマ線衛星計画 AMEGO-X 検証実験に向けた背景放射線シミュレーション

竹岡大輝, 深澤泰司, 須田祐介, Abhradeep Roy (広島大学), Carolyn Kierans, Regina Caputo (GSFC/NASA)

宇宙 MeV ガンマ線観測は、ガンマ線バーストを始めとする様々な高エネルギー天体の探求において重要なものになると期待される一方、その観測の難しさから他電磁波に比べて観測例が少ない。現在計画中の衛星の一つに MeV ガンマ線の観測を目的とした AMEGO-X 衛星がある。マルチメッセンジャー天体の MeV ガンマ線放射の検出を目的の 1 つとしている。AMEGO-X の提案に向けて、現在、各種検証試験の準備が進んでいる。1 つは衛星軌道上での主要センサーの動作試験のためにロケット実験 A-STEP、もう 1 つは検出器組み立て及び環境試験を目的とした ComPair-2 実験である。ComPair-2 では将来的には気球実験も想定している。A-STEP は AMEGO-X に向けて開発中の新型ピクセルセンサである AstroPix を 3 層重ねた検出器となっている。ComPair-2 は、AstroPix で構成された 10 層タワーで、1 層約 20×20 の AstroPix のアレイとなっており、タワーの下には CsI カロリメータ、タワーと CsI の周囲をプラスチックシンチレータで構成された anti Coincidence 検出器が取り囲む。検出器で得られる信号の大部分は背景放射線事象である。そこで、本研究では、MEGALib を用いてシミュレーション・解析し、これらの実験において検出器が大気中で背景放射線により受ける影響を調べることを目的とする。大気中の背景放射線の計算方法として、2027 年に打ち上げ予定の広範囲ガンマ線望遠鏡 COSI 衛星の実証実験である COSI 気球実験で用いられた計算プログラムや気球実験高度での計算プログラム EXPACS を比較、活用する。検出器ジオメトリは、A-STEP については広島大学が GSFC/NASA と協力して開発し、ComPari-2 は GSFC/NASA を中心に開発が進められている。本講演では背景事象シミュレーションの現状について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V313b チェレンコフ光を利用した 10MeV ガンマ線の指向性観測と雷ガンマ線への適用

馬場萌花, 大口真奈里, 安藤美唯, 中澤知洋, 大熊佳吾, 田中敦也, 大宮悠希, 伊藤大将, 西村悠太, 坂井晃生 (名大理), 一方井祐子 (金大人社)

MeV 帯域のガンマ線は検出感度が悪い。中でも数 MeV から 30 MeV の帯域ではコンプトンカメラの効率が低く、対生成望遠鏡は動作しない。この帯域で動作する他の検出原理として、電子チェレンコフ検出がある。10 MeV 程度のガンマ線が水やアクリルと相互作用して生じる反跳電子が物質中の光速を超えるとチェレンコフ光が発生する。この原理を応用すれば数 MeV–30 MeV のガンマ線を観測できる。

雷ガンマ線の一種である TGF(Terrestrial Gammarray Flash) は継続時間が数十 μ 秒程度の突発的な現象である。雷雲中の静電場により電子が加速され、約 0.1–30 MeV のガンマ線が発生するが、その電場の構造や加速機構は未だ解明されていない。雷ガンマ線は自然界における静電場加速の身近な例であり、その物理の理解は重要である。我々は加速電場の三次元位置と形状を同定するために、独自開発した指向性チェレンコフ検出器で観測を行なっている。TGF は極めて明るいため検出器はコンパクトである必要があり、我々の指向性チェレンコフ検出器は小さなアクリル棒の両端に光センサが取り付けられた簡素な構造である。アクリル中で発生したチェレンコフ光を光センサで読み出し、そのカウント数の比からガンマ線の到来方向を同定する。この装置を 4 台冬季金沢市に設置し、TGF の観測を行なったところ、2024 年 11 月 29 日と 12 月 8 日に世界で初めて下向き TGF の指向性観測に成功し、加速域が雷雲中の高度 1–2 km にあることを示した。また、加速電場が曲率を持っていることを示した。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V314b X 線高速撮像分光に向けた CCD-CMOS ハイブリッドセンサの開発 (3)

楠田 匠平, 中嶋 大, 佐藤 佑樹, 高木 直矢 (関東学院大学), 平賀 純子 (関西学院大学), 萩野 浩一 (東京大学)

現在軌道上において軟 X 線帯域 (< 10 keV) で観測している大型 X 線天文衛星 (XRISM、Chandra、XMM、Swift など) は主力撮像装置として CCD カメラを搭載している。CCD は撮像と分光を同時に行うことが出来る一方で、典型的には 1~数 Mpixels の撮像領域に対して読み出しノードが数個であり、撮像領域全体を読み出すために数秒を要する。そのため明るい天体を観測する場合、一度の露光中に光子がパイルアップし分光性能を損なう。一般には時間分解能を向上させるために、撮像領域の一部のみを読み出したり (Window モード)、間欠的な露光をしたり (Burst モード)、さらには 1 次元方向にイメージを圧縮する (Parallel-sum モード) などの対応をしているのが現状である。

そこで我々は、CCD 撮像領域の 1 列毎に読み出し口を設けて高速に転送し、CMOS の読み出し回路で AD 変換を行うという、カラム読み出し構造を持ったハイブリッドセンサを開発して X 線高速撮像分光性能を評価している。我々はこれまで室温および冷却した状態で試作素子を動作させ、読み出し雑音 11.7 e^- rms、暗電流 $1.1 \times 10^2 e^-/\text{pix}/\text{sec}@-23^\circ\text{C}$ を得ている。一方信号電荷が複数ピクセルに跨った場合、読み出し口に転送するまでにその約 20% を失っていることもわかっている。今回の講演では以下の 2 点を中心に報告する。1 つは、引き続き試作素子の電荷損失に注目し、電荷転送効率や電荷の拡がりパターン依存性を調査した結果である。2 つ目は、将来の望遠鏡焦点面センサに向けた、CCD 部の縦転送部構造と CMOS 部の読み出し ADC の改良について、設計および製造の状況を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V315a X 線偏光観測衛星 IXPE の現状 (6)

玉川 徹, 北口貴雄 (理研), 水野恒史, Zhang Sixuan, 呉屋和保, 杉原淑慧, 深沢泰司, 高橋弘充, 武田朋志 (広島大), 郡司修一, 渡邊瑛里, 森愛斗 (山形大), 三石郁之, 田原譲 (名古屋大), 榎戸輝揚 (京都大), 内山慶祐 (東京理科大/理研), 岩切 渉 (千葉大), 林田 清 (大阪大), Philip Kaaret, Steven Ehlert, Steve O'Dell (NASA/MSFC), Imma Donnarumma (ASI), Paolo Soffitta (IAPS/Rome), Luca Baldini (INFN/Pisa) ほか IXPE 衛星チーム

NASA マーシャル宇宙飛行センターがイタリアと共同提案し、日本が国際協力で参加している IXPE (Imaging X-ray Polarimetry Explorer) は、2021 年 12 月 9 日に打ち上げられ、2–8 keV 帯域で世界初の高感度軟 X 線撮像偏光観測を切り拓いた。X 線偏光観測は、高エネルギー天体周辺のプラズマの幾何構造や磁場、放射機構を探るすぐれた手段として期待されてきたが、可視光や電波にくらべ高感度な偏光計を製作するのが技術的に難しいことや、十分な光子統計が必要なことから、これまでほとんど実施されていなかった。

IXPE は 2022 年 1 月 12 日より科学観測を開始し、2024 年 2 月 1 日より公募提案にもとづく General Observer プログラムがスタートした。Cycle 1 では 39 件の提案が採択され、2025 年 2 月 1 日から始まった cycle 2 では約 50 天体を観測予定である。2025 年 5 月末現在、約 110 天体が観測されており、そのデータの大半は、解析ソフトウェアとともに、NASA HEASARC から一般に公開されている。打ち上げ当初から見られていた、ガス X 線偏光計の圧力低下は、640 mbar 付近で飽和しており、2024 年以降、大きな変化は見られていない。衛星も健全に運用されている。2025 年の NASA シニアレビュー審査では高評価を得ており、FY2026–28 の運用延長が強く推奨されている。本講演では IXPE による科学成果と運用の現状を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V316a 超小型衛星 NinjaSat の現状：高度低下に伴う終期運用に向けて

岩切 渉 (千葉大), 玉川 徹 (理研), 榎戸 輝揚 (京都大), 北口 貴雄, 加藤 陽, 三原 建弘 (理研), 武田 朋志 (広島大), 沼澤 正樹 (都立大), 大田 尚享, 青山 有未来, 岩田 智子, 高橋 拓也, 山崎 楓, 土屋 草馬, 中野 遙介, 周 圓輝, 内山 慶祐, 吉田 勇登, 林 昇輝, 重城 新大, 渡部 蒼汰, (理研/東理大), 佐藤 宏樹 (理研/芝浦工大), 喜多 豊行 (千葉大), 一番ヶ瀬 麻由 (立教大), Chin-Ping Hu (彰化師範大/理研), 高橋 弘充 (広島大), 小高 裕和 (大阪大), 丹波 翼 (ISAS/JAXA), 谷口 純太郎 (理研/早大)

NinjaSat は 6U サイズのキューブサット衛星 (10×20×30 cm) で、2–50 keV に感度を持つ非撮像型のガス X 線検出器 GMC を搭載し、2023 年 11 月に SpaceX Transporter-9 で高度 ~530 km の太陽同期軌道に放出され 500 日以上が経過した。これまでに 2025 年度春季年会 (V309a) などで NinjaSat の現状、観測結果を報告してきたが高度が 2025 年 6 月時点で 400 km 程度まで低下している。7 月頃からは天体観測が姿勢制御の観点から難しくなり、そこから ~20 日程度で大気圏に再突入することが予想される。そのため我々は、現在 NinjaSat のメインターゲットである明る過ぎるがゆえに現在では観測の難しいさそり座 X-1 を含む銀河系内の X 線連星の 1 ヶ月を超える長期観測のアレンジや、天体観測が不可能になった際に貴重な衛星軌道上でのデータを活かすための試験を計画している。具体的には、打ち上げ後にソフトウェアのバグが発見された時に備えて準備していたもののこれまで実行しなかった軌道上での GMC の FPGA と MCU ファームウェアの更新試験、サイエンスデータの容量確保のためダウンリンク頻度を抑えていた衛星の姿勢情報、および GPS 情報をより高頻度にダウンリンクすることで次の超小型衛星の計画につなげるための詳細な姿勢安定度を求める試験や、地球大気と衛星の相互作用の研究に有用な時間と高度の詳細な情報の取得を行うなどの終期運用を予定しており、これらの結果について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V317a 超小型 X 線衛星 NinjaSat 搭載ガス検出器 GMC の応答関数の構築

武田 朋志 (広島大), 玉川 徹 (理研), 榎戸 輝揚 (京都大), 北口 貴雄, 加藤 陽, 三原 建弘 (理研), 岩切 渉 (千葉大), 沼澤 正樹 (都立大), 大田 尚享, 青山 有未来, 岩田 智子, 高橋 拓也, 山崎 楓, 土屋 草馬, 中野 遙介, 周 圓輝, 内山 慶祐, 吉田 勇登, 林 昇輝, 重城 新大, 渡部 蒼汰 (理研/東理大), 喜多 豊行 (千葉大), 一番ヶ瀬 麻由 (立教大), 佐藤 宏樹 (理研/芝浦工大), Chin-Ping Hu (彰化師範大/理研), 高橋 弘充 (広島大), 小高 裕和 (大阪大), 丹波 翼 (ISAS/JAXA), 谷口 純太郎 (理研/早大)

NinjaSat は日本初の 6U サイズ (10 × 20 × 30 cm³) の超小型 X 線衛星であり、2–50 keV に感度を持つ 10 cm 立方サイズの非撮像型キセノンガス X 線検出器 (Gas Multiplier Counter; GMC) を 2 台搭載している。GMC はガス電子増幅器 (GEM) を内蔵したガスセル、視野角約 2.1° (FWHM) の金属コリメーター、高電圧印加・アナログ信号処理ボード、およびデジタル信号処理ボードで構成され、6 keV において過去に超小型衛星に搭載された X 線検出器としては最大である約 32 cm² の有効面積をもつ。

GMC の応答関数を構築するため、我々は地上・軌道上で取得した較正データを取り込んだモンテカルロシミュレータを開発した。まず、(1) X 線によりガスセル内で生じる 2 次電子の 3 次元分布を、Geant4 を用いて再現した。そして、(2) 2 次電子の拡散・輸送と (3) GEM による電子増幅、(4) 最終的に読み出し電極に到達する時刻および電子数をモンテカルロ法を用いて見積もり、これに (5) 電気回路の応答を畳み込むことで X 線の信号波形を模擬して応答関数を作成した。作成した応答関数を、エネルギースペクトルが既知であるかに星雲の観測データを用いて評価したところ、2–10 keV のフラックスや冪関数の冪の値などのパラメータを 5% 程度の精度で再現できることを確認した。本講演では、シミュレータの概要と構築した応答関数の評価結果について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V318a 日米共同・太陽フレア X 線集光撮像分光観測ロケット実験 FOXSI-4 用軟 X 線カメラシステムの構築

清水里香 (総研大, ISAS/JAXA), 成影典之 (国立天文台), 坂尾太郎 (ISAS/JAXA), 長澤俊作 (SSL/UC Berkeley), 程島文夫, 小関達也, 浜内哲治 (シマフジ電機 (株)), Athanasios Pantazides, Lindsay Glesener (University of Minnesota), FOXSI-4 チーム

太陽観測ロケット実験 Focusing Optics X-ray Solar Imager の 4 回目の飛翔となる FOXSI-4 は、2024 年 4 月に打ち上げられ、M クラスフレアの観測に成功した。本実験は、太陽フレアにおいて磁気再結合が引き起こす磁気エネルギーの解放とその変換機構を追求することを目的の一つとし、中規模太陽フレアに対する世界初の X 線集光撮像分光観測 (非分散型の光子計測) を行った。7 台の望遠鏡のうち 2 台に搭載された軟 X 線 CMOS カメラでは、明るさが大きく異なるフレアループとその周辺領域の構造を分離して観測するため、一方をフレアループ、他方を周辺部の光子計測を行うよう運用した。

本観測に向けて我々は、CMOS センサの制御・データ収集・通信を担うカメラボードおよび Linux ベースのソフトウェアを開発した。カメラボードには Zynq UltraScale+ MPSoC を搭載し、この FPGA による撮像制御では、センサの中心領域で高速連続撮像を行い、他の領域を低頻度で読み出して視野確認に用いるといった、領域分割型の運用モードを実装した。これにより、観測対象領域で効率的に光子数を取得することが可能となった。通信には宇宙機用通信インターフェース規格である SpaceWire を採用し、太陽フレア観測に必要な制御コマンド設計や、フライト時に限られた通信量でカメラの状態や撮影データを確認するためのテレメトリ項目の選定を行い、実装した。本講演ではこれら軟 X 線カメラによる太陽フレア観測に向けたシステム構築について紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V319a 日米共同・太陽フレア X 線集光撮像分光観測ロケット実験 FOXSI 搭載の CMOS 検出器の評価

廣瀬 維士 (総研大), 成影 典之 (国立天文台), 清水里香, 佐藤慶暉 (総研大), 菅井春佳 (中央大), Glesener Lindsay (ミネソタ大), FOXSI チーム

Focusing Optics X-ray Solar Imager (FOXSI) は、太陽を X 線で観測し、太陽で発生する高エネルギー現象を解明することを目指す観測ロケット実験である。FOXSI はこれまで 4 回の観測に成功しており、2025 年度中に 5 回目の観測を計画している。4 回目の打ち上げである FOXSI-4 では太陽フレアを観測し、軟 X 線用に搭載した CMOS 検出器では、1 keV から 18 keV 程度の広いエネルギー範囲で、X 線光子一つ一つを検出すること (光子計測) に世界で初めて成功した。このエネルギー範囲は、当初想定していた 1 keV から 10 keV 程度のエネルギー範囲よりも高エネルギー側に大きく伸びていた。これを受けて我々は、FOXSI-4 のフライト後に、CMOS 検出器の較正データ (レスポンスマトリクス) の作成のために、放射光施設 UVSOR および SPring-8 において、0.8 keV から 18 keV までの単色の X 線を 25 eV 刻みで照射し、評価実験を行った。その結果、特に 10 keV 以上のエネルギーにおいて光子信号が最大で 7×7 ピクセルにまで広がっており、 5×5 ピクセルの合算では信号の取りこぼしが発生することがわかった。一方で、フライト時の観測装置では最大の広がり 5×5 ピクセルとして入射レーンを調整していたので、 7×7 ピクセルで信号の合算を行うと想定以上の割合でパイルアップが発生する可能性がある。そこで、 5×5 ピクセルと 7×7 ピクセルの信号の合算のそれぞれの観測データとレスポンスマトリクスを作成し、スペクトルフィットによる温度診断の精度を各々の場合に対して評価した。本講演では、この評価結果と、それを踏まえた FOXSI-4 のフライトデータの解析手法の提示および初期解析の結果について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V320a 日米共同・太陽フレア X 線集光撮像分光観測ロケット実験 FOXSI-5 搭載電鍍 X 線望遠鏡の開発

安福 千貴, 吉田 有佑, 作田 皓基, 吉原 諒, 吉平 圭徳, 田中 良磨, 叶 哲生, 石田 直樹, 加藤 渉 (名古屋大学), 井上 良隆 (IMV 株式会社), 田村 啓輔 (NASA/GSFC, メリーランド大学), Takashi Okajima (NASA/GSFC), 宮田 喜久子 (名城大学), 成影 典之 (国立天文台), 山口 豪太 (SPring-8), 毛利 柊太郎, 本山 央人, 江川 悟 (東京大学), 久米 健大, 松澤 雄介, 今村 洋一, 齋藤 貴宏, 平栗 健太郎, 橋爪 寛和 (夏目光学株式会社), 三村 秀和 (東京大学), 三石 郁之 (名古屋大学)

我々は日米共同太陽観測ロケット実験 FOXSI-5 搭載 X 線望遠鏡開発を進めている。前号機 FOXSI-4 では、フレアによる磁気エネルギーから粒子加速へのエネルギー解放や太陽コロナ加熱機構の解明を目指し、2024 年 4 月に世界初となる太陽フレアの X 線集光撮像分光観測に成功した。本ミッションに対して我々は独自の地上超高精度電鍍技術を応用した宇宙 X 線望遠鏡開発を進め、純国産の高結像性能 X 線望遠鏡として史上初となる海外ミッションへの搭載を成し遂げた (2024 年秋季年会 作田他)。また独自の光線追跡シミュレータを利用し、地上較正試験の結果を再現することで、観測データの解析に重要な応答関数も構築してきた (2025 年春季年会 吉田他)。

今回我々は、2025 年 12 月からのウィンドウで打ち上げを目指す後継機 FOXSI-5 に向け、FOXSI-4 再飛翔品の硬 X 線望遠鏡と新たに開発した軟 X 線望遠鏡を用意した。製作品の打ち上げ時の振動耐性を確認するべく、まずは破壊の有無、次に加振前後での X 線結像性能の劣化有無を調査した。結果、両サンプルともに健全性が確認できたうえ、特に軟 X 線望遠鏡が優れた結像性能 (HPD ~ 9 秒角) を持つことを明らかにした。本講演では、これら X 線望遠鏡開発状況の詳細とロケット打ち上げに向けた準備状況についても報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V321a 微細ピクセル CMOS センサを用いた太陽フレア X 線偏光計の開発

萩野浩一, 加藤辰明, 岩田季也, 市橋正裕, 松橋裕洋, 藤本源, 佐藤璃輝, 市堰いろは, 藤川一樹 (東大), 小高裕和 (大阪大), 新井翔大 (東大), 高嶋聡 (理研), 馬場彩 (東大)

太陽フレアは、磁気再結合による粒子加速を研究する上で極めて重要な天体現象であるが、粒子加速に費やされるエネルギーの総量や、非熱的粒子の加速メカニズムなど、未解決の問題が残されている。これらの問題を解決するために、X 線偏光観測は非常に有望なプローブである。X 線偏光を用いることで、偏光している可能性が高い非熱的粒子からの X 線と、熱的粒子からの X 線を明確に区別し、非熱的エネルギーの総量を正確に測定することが可能となる。

我々は、太陽フレア X 線偏光観測を実現するために、微細ピクセル CMOS センサを用いた X 線偏光計の開発を進めている。この X 線偏光計は、 $2.5 \mu\text{m}$ という極めて微細なピクセルサイズの CMOS センサと、FPGA 組み込み CPU である Zynq による読み出しシステムから構成される。これまでに、この X 線偏光計のコンセプト実証を進めてきたが (Odaka+20)、太陽フレア X 線偏光観測の実現には、1) 太陽フレアから高輝度 X 線を効率的に検出するための高速読み出しシステムの開発、2) X 線偏光感度測定に基づくより現実的な実現可能性の評価という 2 つの課題がある。我々は、新たな読み出しシステムを開発することで、CMOS センサーを約 70 fps のフレームレートで読み出すことに成功した。現在、Zynq にデータ削減処理を実装することで、X 線データを損失することなくストレージに記録できるよう改良を進めている。また、偏光感度評価についても、放射光施設で実験により、有効面積 10 cm^2 程度の小型望遠鏡と組み合わせれば、M クラスフレアで数%の偏光度の X 線偏光を検出できることがわかった。本講演では、太陽フレア X 線偏光計システムの概要と現在の開発状況を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V322a 地球磁気圏 X 線撮像衛星 GEO-X の現状 IX

江副祐一郎 (東京都立大), 船瀬龍 (JAXA 宇宙研・東京大), 三好由純 (名古屋大), 中嶋大 (関東学院大), 三石郁之 (名古屋大), 布施綾太, 川端洋輔, 小泉宏之 (東京大), 中島晋太郎 (JAXA 宇宙研), 石川久美, 沼澤正樹 (東京都立大), 佐藤佑樹 (関東学院大), 萩野浩一 (東京大), 松本洋介 (千葉大), 細川敬祐 (電気通信大), 伊師大貴, 上野宗孝, 山崎敦, 長谷川洋, 三田信, 三谷烈史, 藤本正樹, 川勝康弘, 岩田隆浩 (JAXA 宇宙研), 米山友景 (中央大), 満田和久 (国立天文台), 平賀純子 (関西学院大), 笠原慧 (東京大), 佐原宏典 (東京都立大), 金森義明 (東北大), 森下浩平 (九州大) ほか GEO-X チーム

GEO-X は 50 kg 級の超小型衛星を用いて世界に先駆けて地球磁気圏の X 線撮像を目指す将来計画である (Ezoe et al. 2023 JATIS)。X 線天文衛星「すざく」等の活躍によって、太陽風と地球外圏の中性物質の電荷交換反応による X 線放射が明らかとなってきた。理論研究から本放射は太陽風密度が高まる昼側磁気圏境界面から強く放射されることが示唆されるため、衝撃波面やカスプ、シース領域といった磁気圏構造を可視化する画期的な新手段となりうる (江副 天文月報 2018 等)。しかし磁気圏外からの俯瞰的な観測が必要であり、未実証である。

我々は独自の衛星計画として GEO-X を宇宙理工学分野の協力の元、推進している。打ち上げは 2027 年頃を目指しており、月遷移軌道へのライドシェア打ち上げを起点として、複数の月フライバイを経て、地球-月 L1 点 (EML1) に到達し、科学観測を実施する。EML1 は地球から約 50 地球半径離れ、磁気圏 X 線観測に適している。工学実験として、科学観測終了後に深宇宙探査を行うことも考えている。観測装置は世界最軽量の X 線望遠鏡、高速読み出しかつ低雑音の CMOS センサ、そして地球からの可視光を遮光する薄膜フィルタを組み合わせた独自の超小型 X 線撮像分光装置である。本講演では衛星開発と科学検討の最新状況について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V323a 地球磁気圏 X 線撮像衛星 GEO-X 搭載望遠鏡の熱サイクル耐性評価

森本大輝, 宮内俊英, 江副祐一郎, 石川久美, 沼澤正樹, 森下弘海, 石牟礼碧衣, 小笠原勇翔, 世良直也, 福島優 (東京都立大), 伊師大貴 (JAXA 宇宙研)

我々は GEO-X (GEOspace X-ray imager) に搭載する Micro Electro Mechanical System (MEMS) 技術を用いた超軽量 X 線望遠鏡の開発を行っている。厚み 300 μm の Si 基板に側壁を反射鏡とする幅 20 μm の微細穴を多数形成し、Si 結晶を自由に湾曲させる高温塑性変形技術を活用して鏡を一括配置し、Al を添加した接着剤を用いてハウジング接続用治具に固定することで Wolter I 型望遠鏡を完成させる (Numazawa et al. 2024 Proc. SPIE)。我々は今回、衛星運用中に生じる熱環境変化に伴う MEMS X 線望遠鏡の性能劣化を検証するため熱サイクル試験を行なった。保存温度に対して 10°C のトレランスを設け、供試体の実測温度が上限 45°C/下限 -5°C、さらし時間 1 hr、変化率 1 °C/min となる熱サイクルをかけた。合計 8 サイクル実施したところ、基板の表面形状から予想される角度分解能の劣化は 38% と見積もられ、大幅な改善が必要とされた。原因として、従来設計では望遠鏡と接着剤の塗布量が制御できず、熱膨張によって生じる不均一な応力が望遠鏡を不可逆に変形させる可能性を考えた。そこで、治具の設計を見直し定量的な接着剤の塗布を可能とする構造を取り入れた。改良後の望遠鏡に対して同様に 8 回の熱サイクルを実施したところ、角度分解能の劣化は最大 7% と見積もられ、有意な改善を示した。本講演では、治具の改善および接着による望遠鏡の性能変化、各熱サイクル試験の結果について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V324b 地球磁気圏 X 線撮像衛星 GEO-X 搭載望遠鏡の高温塑性変形プロセスの改善

小笠原勇翔, 沼澤正樹, 福島優, 世良直也, 江副祐一郎, 石川久美, 森下弘海, 森本大輝, 宮内俊英, 石牟礼碧衣, 菅野大二郎, 岡田知樹, 竹内優人 (都立大), 伊師大貴 (JAXA 宇宙研), 森下浩平 (九州大), 中嶋一雄 (東北大)

我々は地球磁気圏 X 線撮像衛星 GEO-X (GEOspace X-ray imager) に向けた X 線望遠鏡を開発している (Ezoe et al. 2023 JATIS)。MEMS (Micro Electro Mechanical System) 技術を用いて、厚さ 300 μm ・直径 10 cm の Si 基板に微細穴を形成し、その側壁を反射鏡として利用する。製作は、穴を開けるドライエッチング、鏡の平滑化・平坦化のためのアニールおよび化学機械研磨、球面への高温塑性変形、原子層堆積法による Pt 膜付け、2 枚の変形基板の組み立てによる Wolter I 型光学系の完成からなる (Numazawa et al. 2024 SPIE)。

我々はエンジニアリングモデルを開発して、Wolter I 型光学系を構成する 2 枚の基板それぞれに X 線を照射して球面変形の精度を定量評価した。その結果、球面変形後の基板の曲率半径は 1 段目設計値 $R_1 = 1000.00$ mm に対して 1118.20 mm、2 段目設計値 $R_2 = 333.33$ mm に対して 366.08 mm と 10% 程度のズレが見られた。光線追跡計算で求めた要求精度は、1 段目の曲率半径 1000 mm に対して、2 段目の要求範囲が $329.61 \leq R_2 \leq 336.74$ mm、2 段目の曲率半径 333 mm に対して、1 段目の要求範囲が $961.66 \leq R_1 \leq 1046.41$ mm と厳しく、改善を要する。そこで我々は変形治具の曲率半径を変えた条件出しを行った。この際に変形のたびに X 線試験で評価するのは時間がかかるため、基板の表裏の穴位置から鏡角度を見積もり、曲率半径を見積もる新手法を開発し、従来の X 線試験による手法と誤差の範囲で一致する結果を得た。そしてこの手法を用いた曲率半径の見積もりからフライトモデルに使用する変形治具の設計曲率を推定した。本講演ではこれらの開発の詳細について述べる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V325b 地球磁気圏 X 線撮像計画 GEO-X 搭載 CMOS カメラのベントパイプ遮光試験

清水太翔、宗村光留、佐藤佑樹、中嶋大 (関東学院大学)、平賀純子 (関西学院大学)、萩野浩一 (東京大学)、江副祐一郎、沼澤正樹、石川久美 (東京都立大学)、伊師大貴 (ISAS/JAXA)

GEO-X は、世界で初めて X 線を用いて地球磁気圏を可視化し、そのダイナミックな変動を明らかにすることを目的とした観測ミッションである。昼側地球周辺を観測するため、検出器としては可視光バックグラウンドの低減が重要である。そこで我々は高速動作が可能な CMOS センサを採用し、カメラと望遠鏡の間に可視光遮断フィルタ (OBF: optical blocking filter) を実装する。OBF はポリイミドにアルミを蒸着した薄膜であり、その両面間の差圧は一定値以下である必要がある。打ち上げ時に望遠鏡内のガスは開口部から速やかに衛星外部に排気されるため、CMOS カメラが気密であれば、望遠鏡内に差圧が生じてしまう。そこで CMOS カメラに排気用のベントパイプを接続しカメラ内の空気を排出する。このベントパイプは太さが NW16 のフレキシブルホースで構成され、一端はカメラボディに接続され、他端は排気口として宇宙空間に露出する。しかし、このベントパイプには重要な課題が存在する。ベントパイプの排気口が昼地球を向く時間帯には、昼地球が放射する可視光がベントパイプを通じてカメラボディ内部に侵入する可能性がある。これにより観測データに影響を与える懸念がある。そこで、ベントパイプの内壁に黒色金属クロム微粒子膜を形成させ、可視光低減率の測定を実施した。試験の結果、曲げ角度 90°、曲げ半径 35mm の場合に、ベントパイプを 1 回曲げると可視光強度が 10^{-4} 程度に減衰することがわかった。さらにベントパイプを 3 回以上曲げることで、要求値である約 1.6×10^{-10} を満足することが確認された。結果をもとに、ベントパイプの長さ、ルーティングを決定し、カメラ全体の設計に反映させた。本発表では、試験結果の詳細とともに、CMOS カメラの観測精度向上に向けた課題と対策について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V326b マイクロマシン技術を用いた Schmidt 配置 Lobster eye 光学系の X 線性能評価

福島優、江副祐一郎、石川久美、沼澤正樹、森下弘海、森本大輝、石牟礼碧衣、小笠原勇翔、宮内俊英、世良直也 (都立大)、岸川涼 (国立天文台)、伊師大貴 (ISAS/JAXA)、金森義明、中嶋一雄 (東北大)、森下浩平 (九州大)

我々はマイクロマシン (MEMS) 技術を用いた世界最軽量の Schmidt 配置 Lobster eye 光学系の開発を行っている (Ishikawa et al. 2024 Proc. SPIE)。Lobster eye 光学系は集光力と結像性能に優れた Wolter I 型光学系に対して、1 度以上の広視野を実現することが容易であり、全天 X 線モニターなどへの応用が期待できる (Tamagawa et al. 2020 JATIS)。我々の手法では直径 10 cm、厚さ 300 μm の Si 基板に幅 20 μm 、長さ 2 mm のスリット状の微細穴をドライエッチングによって形成し、高温塑性変形技術を用いて球面に変形する。この基板をスリットが直交するように 2 枚重ねることで、Schmidt 配置 Lobster eye 光学系となる。

これまでの開発から基板に対して鏡が異方的に配置されるために球面変形で歪みが生じ、角度分解能に影響を及ぼすことが分かった。我々はそこでスリット 50 本の集まりをユニットと定義して、隣り合うユニットの向きを位相角 90 度回転することで、鏡を等方的に配置した新たな光学系 1 段分を製作した。実際に光学系を曲率半径 1000 mm の球面治具で変形した所、表面形状から求まる曲率半径は直交する 2 方向で 1015.91 ± 0.09 mm、 1028.21 ± 0.07 mm となり、曲率半径差が 30 倍程度改善した。我々はさらに JAXA/ISAS 30 m ビームラインにて Al K α 1.49 keV の X 線をユニット単位で照射して鏡の配置の影響を考慮した曲率半径の確認をした。その結果、鏡の反射角度から求まる曲率半径は直交する 2 方向で 1197.29 ± 0.73 mm、 1187.34 ± 0.79 mm と求まった。すなわち表面形状と同様に歪みの改善が確認できた。本講演では X 線試験の結果について詳細に報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V327b 皮膜に網をかぶせたスーパープレッシャー気球開発の現状と今後の計画

斎藤芳隆 (ISAS/JAXA)、秋田大輔 (東京科学大)、富川喜弘 (極地研)、中篠恭一 (東海大)、松尾卓摩 (明治大)、

気球は様々な科学実験が安価に実施できる飛翔体として宇宙開発を根本で支える飛翔体である。気球の最大の弱点である飛翔時間の制限は、昼夜の温度変化に伴う圧力変動に耐えて体積を一定に保つスーパープレッシャー気球によって解消されるが、開発が最も進んでいる NASA の気球においても飛翔高度が 33.5 km に留まっており、ガンマ線観測にとっては不十分で軽量化が必要である。

我々は、耐圧性能、気密性能、放球法に関して、独自の新規技術を開発し、軽いスーパープレッシャー気球を開発し運用する目途を立てた。すなわち、皮膜に高強度繊維の網を被せることにより耐圧性能を、薄膜皮膜の二層化により気密性能を、ウインチを用いて準静的に放球することで放球時の衝撃回避を実現させてきた。今後、これらの技術を発展させ、5 年程度で世界最高高度を飛翔する体積 10 万 m^3 、搭載重量 400 kg、飛翔高度 34 km、飛翔時間 1 ヶ月を誇るスーパープレッシャー気球を開発することを計画している。本講演では、これまでの開発の経緯を紹介すると共に、今後の開発計画について説明する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V328b MAXI の重力波対応天体探査システムにおける光度曲線表示機能の追加

高木一樹, 根来均 (日本大学), 芹野素子 (青山学院大学), 杉田聡司 (青山学院大学)

我々は、重力波の観測情報とともに、全天X線監視装置 MAXI (Monitor of All-sky X-ray Image) によって取得された全天画像をウェブブラウザ上に表示するウェブサイト "MAGECS (MAXI Gravitational-wave Electromagnetic Counterpart Search system)" を開発してきた。MAGECS では、重力波望遠鏡 LIGO-Virgo-KAGRA が検出した重力波の情報を E-mail と Kafka と呼ばれる送信方式により取得し、5 分以内にそのイベントに対応したページが自動で作成される。作成されたページには、重力波が検出された時間前後の MAXI による X 線画像上に、重力波発生方向の誤差範囲とともに、MAXI が検出した増光した可能性がある領域の位置とトリガー情報が重ねて表示される。これまでにさまざまな機能が実装されており、重力波発生時に電磁波対応天体の有無を迅速に確認するためのツールとして活用されている。

今回我々は、MAXI が検出した重力波源の候補領域における増光の様子をより迅速に確認できるように、その領域の MAXI の光度曲線を作成・表示する機能を MAGECS に追加した。この機能により、トリガー領域をクリックしてから数秒から十数秒で、データベースから新たに取得したデータを用いた光度曲線を表示できるようになった。加えて、より迅速に候補天体が絞れるように、トリガー領域にカーソルを合わせるだけでトリガーの元となったデータの簡易な光度曲線が即座に表示される機能も実装した。2025 年 6 月 11 日から再開される予定の重力波観測 (O4c) において、重力波に伴うガンマ線バーストが発生した際には、新たに加えたこれらの機能により即座に増光を確認できることが期待される。本発表では、開発中に観測された X 線バーストの事例を用いながら、MAGECS に新たに追加した機能の詳細について紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

V329a GRAMS 計画 16: 全体報告

小高裕和, 井上芳幸, 河村穂登, 巽隆太郎, 田中雅士, 藤原立貴 (大阪大学), 新井翔大, 市橋正裕, 岩田季也, 齋藤隆之, 辻直美, 萩野浩一, 馬場彩, 寄田浩平 (東京大学), 荒井紳太郎, 矢野裕太郎, 渡邊知優 (早稲田大学), 一戸悠人, 高嶋聡 (理化学研究所), 内田悠介 (東京理科大学), 漆原みなみ, 白石卓也 (神奈川大学), 大熊佳吾, 中澤知洋 (名古屋大学), 桂川美穂, Herman Lee, 米田浩基 (京都大学), Dmitry Khangulyan (IHEP), 須田祐介, 高橋弘充, 深澤泰司, 横田雅人 (広島大学), 廣島渚 (横浜国立大学), 八幡和志 (防衛医科大学校), 渡辺伸 (JAXA 宇宙科学研究所), Tsuguo Aramaki (Northeastern University), Georgia Karagiorgi (Columbia University), John Mitchell (NASA/GSFC), Reshmi Mukherjee (Barnard College), GRAMS コラボレーション

GRAMS (Gamma-Ray and AntiMatter Survey) 実験は、大型の液体アルゴンタイムプロジェクションチェンバーを気球・人工衛星などの飛翔体に搭載し、ブラックホールや中性子星からのメガ電子ボルト (MeV) ガンマ線放射の観測および低エネルギー反粒子の検出による暗黒物質探索を同時に開拓することを目指す日米国際共同実験計画である。検出器媒体に液体を用いることで、高密度かつ大容量の充填が可能となり、かつてない有効面積の実現を目指す。これまでに、2026 年を予定する米国アリゾナ州でのプロトタイプ気球搭載実験の準備、J-PARC ハドロン実験施設における反粒子識別実験、低ノイズの読み出し集積回路を用いた小型コンプトンイメージングの実証機の開発を同時並行で進めてきた。本講演では、J-PARC 実験の結果を速報し、全体計画の進捗状況、プロトタイプ検出器の開発状況を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

V330a MeV ガンマ線観測衛星 COSI と全天画像再構成フレームワークの開発

米田浩基 (京都大学), Thomas Siegert (JMU Würzburg), Israel Martinez-Castellanos, Chris Karwin (NASA/GSFC), Savitri Gallego (JGU Mainz), 高橋忠幸, 松本重貴, Tom Melia, 渡邊有 (Kavli IPMU), 中澤知洋, 大熊佳吾 (名古屋大), 長澤俊作 (SSL/UC Berkeley), 小高裕和 (大阪大), 馬場彩 (東京大学), John Tomsick, Andreas Zoglauer (SSL/UC Berkeley), Steven Boggs (UC San Diego), Carolyn Kierans (NASA/GSFC), Dieter Hartmann (Clemson University), the COSI Science Team

COSI (Compton Spectrometer and Imager) は、2027 年に打ち上げを予定している NASA の SMEX 衛星である。MeV ガンマ線帯域での全天観測を目的とし、ゲルマニウム半導体両面ストリップ検出器を用いたコンプトン望遠鏡を用いることで、0.2 - 5 MeV の範囲で広視野かつ高エネルギー分解能の観測を実現する。

主要な科学目標は、(1) 銀河陽電子消滅線の起源解明、(2) 核ガンマ線を用いた銀河における元素合成過程の解明、(3) ガンマ線バーストやコンパクト天体からのガンマ線偏光測定、(4) 重力波天体等のマルチメッセンジャー天文学における同時ガンマ線観測を掲げている。日本からは、これまでの衛星搭載検出器や半導体コンプトンカメラ開発の経験を活かし、バックグラウンドモニターの開発協力、データ解析ソフトウェア開発への参加、および関連する暗黒物質探索の理論研究において貢献している。

本講演では、まず COSI 実験の概要と現在の開発状況について報告する。続いて、コンプトン望遠鏡特有の複雑な散乱事象から定量的な天体解析を可能にするために開発している天体解析ソフトウェアについて紹介する。特に、今回の発表では、ラインガンマ線の全天マッピングに向けて、最大事後確率推定に基づいて開発した画像再構成アルゴリズム (arXiv:2504.02468) について、COSI データチャレンジでの検証結果を含めて報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

V331a MeV ガンマ線観測衛星 COSI 搭載 BTO 検出器の信号処理システムの開発 II

長澤俊作 (SSL/UC Berkeley), 高橋忠幸 (東大 IPMU), 中澤知洋, 大熊佳吾 (名古屋大), 米田浩基 (京都大), 清水康行, 伊藤尚輝, 幸村孝由 (東京理科大), Hannah Gulick, Claire Chen, John Tomsick, Andreas Zoglauer, Juan Carlos Martinez Oliveros, Matt Dexter, Chris Moeckel, Josh Forcione, Nihal Gulati, Andrew Ji, Jonathan Ji, Melodie Ebrahimi, Isabel Schmidtke (SSL/UC Berkeley)

2027 年に打ち上げ予定の NASA SMEX 衛星ミッション COSI は、3D ゲルマニウム半導体検出器によるコンプトン望遠鏡を用いることで、0.2–5 MeV の範囲で従来より 1 桁高い感度の実現、広視野・高エネルギー分解能の観測を目指す。さらに、1) 軌道上でのバックグラウンド放射の常時モニタリングによる精密なモデル化、2) ガンマ線バーストなど突発天体の検出、を目的として、Background and Transient Observer (BTO) を独立した検出器として 2 台搭載予定である。BTO は、NaI(Tl) 無機シンチレーターと SiPM で構成されており、バンドパスとして 30 keV–2 MeV の範囲をカバーしつつ、分光性能として 662 keV で 15% FWHM を満たすことを目標とする。2024 年秋季年会では、アナログ信号処理ボードと Microchip SAM V71 マイクロコントローラーをベースとしたデジタルボードのプロトタイプを開発、性能試験を行い、以上の要求性能を満たすことを報告した。

本講演では、BTO とアナログ・デジタル信号処理システムのフライトモデル開発の進展について報告する。特に、NaI(Tl) に重イオンが入射した際に発生する大信号とアフターパルス応答を適切に処理することが必要となる。そこで、我々は千葉県 HIMAC でビーム実験を実施、C(350 MeV/u)、Fe(500 MeV/u) を用いて重イオンを照射し、発生する信号を記録、詳細な応答評価を行った。試験結果を踏まえ、SiPM の直接出力信号を活用し、重イオン通過後にアフターパルスによる偽トリガー信号を検出するための回路設計・ソフトウェアの改良を行った。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V332a 全天 MeV ガンマ観測衛星計画 AMEGO-X の現状

深沢泰司、須田祐介 (広島大学), 田島宏康 (名古屋大学), Regina Caputo, Jememy Perkins (GSFC/NASA), AMEGO-X team

ガンマ線観測は、GeV 帯域では Fermi 衛星により高感度全天観測が続いており、TeV 帯域では CTA 望遠鏡が高感度観測を開始しようとしている。これらにより、2000 年以前に比べて観測感度は 2 桁向上している。一方、MeV ガンマ線帯域 (100 keV–10 MeV) は、軟ガンマ線側は Suzaku/HXD, INTEGRAL などにより向上したが、1MeV 以上は 1990 年代の CGRO 衛星 COMPTEL が達成した感度より向上していない。2000 年以降、さまざまな衛星計画が計画されては消えており、一方、複数の気球実験が実施されている。こうしたなか、GSFC/NASA を中心として全天 MeV エネルギーガンマ線観測計画「AMEGO-X」が提案された。AMEGO-X は 2032 年頃の打ち上げを目指しており、0.2 MeV – 10 GeV の帯域で、従来の 2 桁近い感度向上を目指し、さらにはガンマ線偏光観測も可能である。サイエンスは、マルチメッセンジャー観測の推進を掲げている。これまで、全天 GeV ガンマ線 Fermi 衛星が、重力波と高エネルギーニュートリノの両方で大きな役割を果たしてきており、フェルミ衛星よりも MeV に重点を置くことで、マルチメッセンジャー天文学をさらに推し進めることを目指す。具体的には、重力波に関わるガンマ線バーストの高感度フォローアップ、高エネルギーニュートリノに関わるブレーザー天体の陽子放射の解明、銀河系高エネルギー天体による宇宙線異常の解明などである。検出器の面でも、HV-CMOS シリコンセンサーという新技術を用いて低エネルギー側の感度を上げようとしている。現在、AstroPix センサーの開発が進められ、さらに、AstroPix の宇宙での動作試験、AstroPix タワーの組立検証や環境試験の準備が進んでいる。本講演では、AMEGO-X の現状について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V333a MeV ガンマ線衛星 AMEGO-X に向けた新型ピクセルセンサ AstroPix3 のサブピクセル応答の評価

仲野悟帆, 須田祐介, 深沢泰司, Abhradeep Roy (広島大学), 田島宏康, 九島信 (名古屋大学), Regina Caputo, Daniel P Violette (GSFC/NASA), Manoj Jadhav (ANL), Nicolas Striebig (KIT)

全天 MeV ガンマ線観測は、ガンマ線バーストやブレーザーの放射機構など、未解決の物理の解明において重要な役割を果たすと期待されている。そこで我々は、GSFC/NASA を中心として AMEGO-X 衛星計画を進めている。AMEGO-X のガンマ線検出器はシリコントラッカーと CsI カロリメータから成り、シリコントラッカーの構成要素として、低消費電力かつ完全空乏化可能なピクセルセンサ AstroPix の開発を進めている。第 3 版である AstroPix3 のピクセルサイズは $500 \times 500 \mu\text{m}^2$ となっている。これは他のピクセルセンサに比べて大きく、ピクセル内での電荷収集効率の一様性やピクセル端での電荷収集効率の調査が重要であるが、これまでそのような評価はされていなかった。そこで我々は、それらの効率を評価をするため、チップ表面で $\sigma \sim 180 \mu\text{m}$ 程度のサイズに広がる、コリメートした X 線のスポットを、 $100 \mu\text{m}$ ごとに格子に平行になるよう縦横に動かしながらチップに照射する試験を行った。その結果、ピクセル内でカウントレートの分布がガウシアン様に広がっていることを確認した。また、Geant4 ベースのモンテカルロシミュレーションを行ったところ、カウントレートの分布の概形が実験結果と一致した。本講演では AstroPix3 チップの X 線スキャンの評価結果とモンテカルロシミュレーションとの比較について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V334a SMILE-3 気球実験に向けた電子飛跡追跡型コンプトンカメラの開発

中森健之, 飯山陽輝, 八重樫大, 鈴木舜 (山形大学), 高田淳史, 園田真也, 阿部光, 塚本博丈, 出口颯馬, 佐藤太陽, 奥村紗那, 小野田晴樹 (京都大学), 澤野達哉, 坂田望祥, 宗像勇輔, 岡本奏歩 (金沢大学), 水村好貴 (JAXA), 森正樹, 岡知彦 (立命館大学), 濱口健二 (UMBC), 櫛田純子 (東海大学), 西嶋恭司 (神奈川大学), 黒澤俊介 (東北大学), 身内賢太郎 (神戸大学), 谷森達 (北里大学)

MeV 領域の宇宙ガンマ線は、電子陽電子対消滅ガンマ線や多様な核ガンマ線の観測によって暗黒物質や超新星爆発に由来する物質の拡散・循環過程の重要なトレーサとなる。しかし一方で、電磁波の波長の中でもっとも観測的進展が遅れている帯域でもある。検出原理である「従来型」コンプトン法では、散乱体と吸収体を用いて入射ガンマ線を再構成する。コンプトン散乱の発生位置と反跳電子のエネルギーを散乱体で、散乱ガンマ線のエネルギーと散乱方向を吸収体でそれぞれ測定する。これらの情報から入射ガンマ線のエネルギーが再構成できるが、到来方向は円周上にのみしか制限できず、アーティファクトの発生や別ソースの混入という問題が避けられない。

京都大学で開発されてきた電子追跡コンプトンカメラ (ETCC) は、散乱体としてガス飛跡検出器を採用したことにより反跳電子の運動量が測定できるため、入射ガンマ線の到来方向が一意に再構成できる。すなわち到来方向と計測物理量が全単射写像であることを意味し、従来型コンプトン撮像とは本質的に異なり大幅な感度向上が実現できる。Sub-MeV/MeV gamma-ray Imaging Loaded-on-balloon Experiment (SMILE) はこれまで2回の気球実験を実施し、気球高度での高感度観測が実証されてきた。現在は SMILE-3 として検出器の高感度化の開発を進めている。S/N の良さと広視野を活かした銀河面拡散ガンマ線の空間分解観測を主たる目的とし、2027 年度初頭の気球実験を目指している。本講演では SMILE-3 用 ETCC について各要素の開発の現状を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V335a SuperHERO 大気球実験に向けた冗長かつ拡張可能なモジュール型データ読み出しシステムの開発

藤本源 (東京大), 桂川美穂 (京大), 高橋忠幸 (IPMU), 萩野浩一 (東京大), 武田伸一郎 (F-REI), 渡辺伸 (ISAS/JAXA), 長澤俊作 (SSL/UC Berkeley), 馬場彩 (東京大), Nicholas E Thomas (NASA MSFC)

高角度分解能の硬 X 線観測は、超新星残骸での粒子加速環境・条件の調査や、ブラックホール進化のメカニズムの解明にあたって非常に重要である。軟 X 線観測では Chandra が 0.5 秒角の撮像観測を実現しているが、硬 X 線観測は NuSTAR に代表されるように分角オーダーの観測が多く、秒角での硬 X 線撮像は実現されていない。

日米協同開発の SuperHERO (Super High Energy Replicated Optics) は 10 秒角以下の高角度分解能での硬 X 線観測を行うプロジェクトである。この計画では有効面積を確保するため7台の CdTe 半導体両面ストリップ検出器 (CdTe-DSD) を搭載しており、個々が独立に動作する。上流の計算機に非同期的かつ効率的にデータを送るには、中間の計算機が複数台の半導体検出器を同時に管理・処理する読み出しシステムの開発が不可欠である。

そこで我々は、通信規格 SpaceWire を用いデータ取得システムを開発している。SpaceWire は衛星内機器通信の規格であり、SpaceWire 上の機器のメモリやレジスターを直接操作できる RMAP を上位プロトコルとして持つ。この RMAP の利点により通信経路の組替えが容易になり、拡張性と柔軟性を確保できる。我々のデータ読み出しシステムでは7台の CdTe-DSD を2台の中間計算機が独立かつ相補的に管理することで、1台の計算機が故障したとしてもデータ取得を続行できる冗長性を備えたシステムを目指している。さらに、中間計算機単位で1モジュールとする設計によって、任意の台数の検出器ネットワークへと拡張可能なシステムの構築を視野に入れている。本講演では、このデータ読み出しシステムの開発の状況と今後の展望について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V336a Cherenkov Telescope Array Observatory (CTAO) 計画：全体報告 (28)

齋藤隆之, 窪秀利, 手嶋政廣, 戸谷友則, 野崎誠也, 吉越貴紀 (東京大学), 野田浩司 (千葉大学), 吉田龍生 (茨城大学), 井岡邦仁 (京都大学), 山本常夏 (甲南大学), 田島宏康 (名古屋大学), 他 CTAO Consortium

次世代の高エネルギーガンマ線天文台 Cherenkov Telescope Array Observatory (CTAO) は、大中小の大気チェレンコフ望遠鏡 (大きい方から LST, MST, SST) 数十台からなる望遠鏡アレイで、南北両半球に一式ずつ建設する。現行の望遠鏡より一桁以上高い感度 (かに星雲強度の 0.1%)、4 桁のエネルギー領域 (20 GeV から 300 TeV)、高い角度分解能 (10 TeV で 2 分角) を持ち、銀河系内外から 2000 を超える多種多様な天体が検出すると期待されている。目指すサイエンスは、高エネルギー天体のガンマ線放射機構、宇宙線起源の解明、暗黒物質探索、ローレンツ不変性の高精度検証など、多岐にわたる。急速に進展しているマルチメッセンジャー天文学の重要な柱の一つでもある。

望遠鏡のプロトタイプスタディは完了し、2024 年にアレイ建設のフェーズに移行した。北サイトにおいては LST 初号機、LST-1 が 2020 年から科学観測を開始しており、ガンマ線バースト、パルサー、超新星残骸、新星、銀河中心、活動銀河核の観測などで、重要な観測成果を出している。2-4 号機 (LST-2-4) の建設も順調で、来年には LST4 台のアレイが稼働する予定である。南サイトにおいては、インフラの整備が進行しており、まずは 2027 年までに LST2 台、MST2 台、SST5 台の稼働を目指して開発が進められている。

本講演では LST-1 の観測結果の概要と LST-2-4 の建設状況を中心に、南北 CTA Observatory 建設の進捗について報告をする。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V337a CTAO 大口径望遠鏡による宇宙線観測に向けた解析手法の検討：サチュレーションした PMT 光電子数の補正

橋爪大樹, 水野優風, 須田祐介 (広島大学), 野崎誠也, 窪秀利, 齋藤隆之, 猪目祐介 (東京大学), 山本常夏 (甲南大学), 郡司修一, 中森健之 (山形大学)

Cherenkov Telescope Array Observatory (CTAO) は大中小の大気チェレンコフ望遠鏡数十台からなる国際ガンマ線天文台である。CTAO が掲げるサイエンスの 1 つに宇宙線起源の解明がある。高エネルギー宇宙線は、地球大気に入射してから空気シャワーを引き起こすまでに Direct Cherenkov (DC) 光を出す。その光量が原子番号の 2 乗に比例することを利用して重元素由来の宇宙線の電荷を推定できるが、測定条件によっては回路上の信号増幅の過程で度々サチュレーションを起こす。サチュレーションを起こすと DC 光量を過小評価してしまい元素を正しく特定できないため、本研究ではサチュレーションを起こした PMT 光電子数の補正を行うことを目的としている。補正方法を探るために CTAO 大口径望遠鏡 LST で用いられている PMT モジュールを使って、(1) DAQ ボード内のテストパルスを用いた測定と、(2) レーザー照射実験を行った。テストパルスの測定結果からサチュレーションを起こした際に相関のあるパラメータを探ると、パルスの波高値がサチュレーションを起こした後も、パルス強度 (波形の積分値、パルス幅) が増加することがわかった。レーザー照射実験では、まずレーザーの光量を調整し 1 光電子の波形およびスペクトルを取得、その情報からサチュレーションしていない状態での入射光量と出力光電子数の関係式を求めた。続いてサチュレーションした状態で各イベントのパルス強度を求め、先ほどの関係式も併せてパルス強度と出力光電子数の関係を見ると、本実験で用いた光量の範囲内でサチュレーションすることなく両者の間で相関している様子が確認できた。本講演ではこれらの結果の詳細について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V338a ALPACA 実験 11: ALPAQUITA 現状報告 2025 秋

M. Anzorena (東大宇宙線研), D. Blanco (サン・アンドレス大), E. de la Fuente (グアダラハラ大), 藤田慧太郎 (東大宇宙線研), R. Garcia (東大宇宙線研), 林優希 (信州大理工), 日比野欣也 (神奈川大工), 堀田直己 (宇都宮大), 今和泉銀河 (東大宇宙線研), A. Jimenez-Meza (グアダラハラ大), 片寄祐作 (横浜国大工), 加藤千尋 (信州大理), 加藤勢 (東大宇宙線研), 川島輝能 (東大宇宙線研), 川田和正 (東大宇宙線研), 小林樺斗 (横浜国大工), 小林峻輔 (信州大理), 小井辰巳 (中部大理工), 小島浩司 (中部大天文台), R. Mayta (サン・アンドレス大), P. Miranda (サン・アンドレス大), 三石翔 (信州大理), 水野敦之 (東大宇宙線研), 宗像一起 (信州大理), 中村佳昭 (東大宇宙線研), C. Nina (サン・アンドレス大), 西澤正己 (国立情報学研), 野口遊瑚 (横浜国大工), 荻尾彰一 (東大宇宙線研), 大石理子 (東大宇宙線研), 大西宗博 (東大宇宙線研), 大嶋晃敏 (中部大工, 中部大理工), M. Rajevic (サン・アンドレス大), H. Rivera (サン・アンドレス大), 齋藤敏治 (都立産業技術高専), 塔隆志 (東大宇宙線研), 佐古崇志 (長野工科短大情エ), J. Salinas (サン・アンドレス大), 柴田祥一 (中部大天文台), 塩見昌司 (日本大生産工), M. Subieta (サン・アンドレス大), 杉本布達 (東大宇宙線研), 田島典夫 (理研), 鷹野和紀子 (神奈川大工), 竹山祐希 (横浜国大工), 瀧田正人 (東大宇宙線研), 玉置功 (東大宇宙線研), 多木田裕一郎 (大阪電通大工), 田中公一 (広島市大情), R. Ticona (サン・アンドレス大), I. Toledano-Juarez (グアダラハラ大), 土屋晴文 (原子力機構), 常定芳基 (大阪公大理, 大阪公大南部研), 有働慈治 (神奈川大工), R. I. Winkelmann (サン・アンドレス大), 山岸元輝 (横浜国大工), 山中祐示 (東大宇宙線研), 山崎勝也 (中部大理工), 横江諒衛 (東大宇宙線研) 他 The ALPACA Collaboration

南米ボリビアのチャカルタヤ山中腹 (標高 4,740 m) で超高エネルギーガンマ線の観測を行う ALPACA 実験を推進している。大面積 ($3,600 \text{ m}^2$) の水チェレンコフ型地下ミュオン観測装置と広視野連続観測の空気シャワー観測装置 (有効面積 $83,000 \text{ m}^2$) を連動することで背景となる原子核宇宙線からガンマ線を高純度・高効率で選別できる。10 TeV から 1 PeV 領域ガンマ線を高感度で観測し、南半球における超高エネルギーガンマ線天文学の開拓を目指す。本講演では ALPACA の一部である ALPAQUITA について、現在稼働中の地表空気シャワー観測装置の運転状況と性能、今年建設が始まる地下ミュオン検出器の進捗、今後の予定について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V339a HiZ-GUNDAM に向けた pnCCD 駆動システムによる X 線検出実証試験

今度隆二, 金長辰郎, 有元誠, 上田周太朗, 米徳大輔 (金沢大学), 盛顯捷 (理化学研究所), 大塚宙, 坂本貴紀 (青山学院大学), 平賀純子 (関西学院大学), Robert Hartmann (PNSensor GmbH), 富田 洋, 前田良知, 土居 明広, 松原 英雄 (ISAS/JAXA), HiZ-GUNDAM チーム

ガンマ線バースト (Gamma-Ray Burst: GRB) は 10^{52-54} erg ものエネルギーをガンマ線として放射する宇宙最大の爆発現象であり、初期宇宙を探る有力なプローブとして利用されている。HiZ-GUNDAM は、低エネルギー X 線帯 (0.4–4 keV) かつ広視野 (0.5 sr) の GRB 観測を用いた初期宇宙・極限時空探査計画である。0.1s 程度の時間分解能と 3 arcmin 程度の方向決定精度および約 $10^{-10} \text{ erg/cm}^2/\text{s}$ (100 s 積分) の軟 X 線検出感度が要求される。そこで我々は、これらを同時に満足する検出器として低エネルギー X 線 (0.4–4 keV) の集光を実現するロブスターアイ光学系 (Lobster Eye Optics: LEO) と焦点面検出器に PNSensor 社の pnCCD イメージセンサを組み合わせた広視野 X 線モニター (EAGLE) の開発を進めている。

本研究では、我々が独自に開発した駆動システムによる pnCCD の駆動試験及び性能試験を行った。本システムは、開発した 4 種の電子基板で構成されており、宇宙機搭載に向けた軽量かつコンパクトなシステムを目指しており、X 線イベントの抽出処理をシステム内で自動的に実行する機能を備えている。駆動試験では、X 線源 (Fe-55) の有無による対照実験を実施し、取得画像の比較により、本システムで X 線の計測が可能であることを実証した。性能試験では、環境温度を -20°C から 0°C の範囲で変化させながら、Fe-55 (Mn-K_α : 5.9 keV, Mn-K_β : 6.5 keV) からの X 線信号を取得した。その他複数エネルギーの輝線情報も利用することで、各環境温度および各ピクセルに対するエネルギー較正を行った。本講演では、以上の pnCCD の駆動試験と性能試験の詳細について発表する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V340a 地球磁気圏の宇宙線観測を目指す超小型 Diamond 衛星

上田周太朗, 米徳大輔, 莊司泰弘, 有元誠, 澤野達哉, 安藤慶之, 平嶋亮汰, 尾澤海斗, 市川公善, 徳田規夫 (金沢大学)

近年、地球磁気圏に存在する宇宙線には、従来広く知られている太陽活動などに伴った太陽風などによって地球磁気圏に到来し地球磁場に束縛された宇宙線だけでなく、地球高層大気から地球磁場に沿って吹き上がる宇宙線も存在することがわかってきた。地球磁場を介した宇宙と地球の物質循環についてはまだその全貌が見えておらず、地球から噴き上がる宇宙線がこの物質循環の中でどのような役割を担っているのかまだよくわかっていない。また地球磁気圏に存在する宇宙線のうち、極低エネルギー帯域のエネルギーフラックス分布がどうなっているのか、観測の難しさからまだよくわかっていない。将来 X 線天文衛星ミッションを見据えた広帯域の宇宙線エネルギーフラックス分布の測定は重要である。

これらのような未解決問題に取り組むべく、比較的タイムリーにプロジェクトの実現が可能な金沢大学技術実証超小型衛星プログラム KSAT3-X と、金沢大学で開発が進むダイヤモンド半導体を組み合わせて取り組む。KSAT3-X は、将来の科学ミッションプログラムに用いる最新の技術やデバイスを、2U サイズの超小型衛星を用いて迅速に軌道実証し、知見の獲得を目指す金沢大学の技術衛星計画である。また、金沢大学では次世代半導体としてダイヤモンド半導体を研究開発しており、大学で内製しているダイヤモンド半導体を用いた放射線検出器をミッション機器として KSAT3-X 1 号機に搭載することを目指している。

本講演では、Diamond 衛星の概要を詳述する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V341a ダイヤモンド半導体を用いた放射線検出器の性能評価と放射線耐性

安藤慶之, 平嶋亮汰, 尾澤海斗, 上田周太朗, 有元誠, 澤野達哉, 米徳大輔, 市川公善, 徳田規夫 (金沢大学), 羽鳥聡, 久米恭, 山東新子, 水嶋慧 (若狭湾エネルギー研究センター)

近年、太陽風などによって地球外から到来する宇宙線だけでなく、地球高層大気から地球磁場に沿って湧き上がる宇宙線も存在することが明らかになってきた。それらが地球と宇宙の物質循環においてどのような役割を果たすのかは十分に解明されていない。我々は、この湧き上がる宇宙線のエネルギーフラックスを測定し、その物質循環における意義を明らかにすることを目的として、金沢大学 KSAT3-X プロジェクトの枠組みの中で超小型衛星計画を進めている。我々が想定しているのは 2U サイズのため、搭載ミッション機器の小型化が必要不可欠である。そこで我々は超小型衛星でも搭載可能なダイヤモンド半導体放射線検出器の開発を進めている。ダイヤモンド半導体は、高バンドギャップと高キャリア移動度を持ち、シリコンを上回る高い半導体特性を持つ。また、シリコンなど従来の半導体検出器は宇宙放射線を浴びることによって性能が劣化するが、ダイヤモンド半導体は高い放射線耐性を持つと期待されている。

本研究では、ダイヤモンド半導体の放射線検出器としての性能評価を行うため、 ^{241}Am などの放射線源からの特性 X 線を用いた測定を行った。さらに、若狭湾エネルギー研究センターにおいて軌道上で最大 10 年相当の 100 MeV のプロトンを照射することで、ダイヤモンド半導体の放射線耐性を調査した。その結果、10 年相当の照射後においても線形性、エネルギー分解能などの検出器性能の顕著な劣化は確認されず (最大でも 10 % 程度)、高い放射線耐性があることがわかった。

本発表では、これらの実験結果を報告し、宇宙環境下でのダイヤモンド半導体の適用可能性について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V342a 超高層大気を観測する ISS 曝露部搭載 X 線カメラ SUIM の開発状況 (3)

信川久実子, 桑野慧, 松井怜生, 佐藤彰太郎, 竹島優人, 青木悠馬 (近畿大学), 武田彩希, 黒木瑛介, 田中富貴, 有川玲華, 高本巴瑠乃, 柴田夢叶, 森浩二 (宮崎大学), 鶴剛, 内田裕之, 上林暉 (京都大学), 勝田哲 (埼玉大学), 中澤知洋 (名古屋大学), 信川正順 (奈良教育大学), 幸村孝由 (東京理科大)

高度 100 km 付近の超高層大気は地球温暖化、火山、地震、太陽活動等により膨張・収縮し、気候変動の予測や宇宙天気予報の観点で重要な観測対象である。しかし人工衛星や気球でその場観測できない高度のため、大気の中で最もデータが乏しい。我々は、国際宇宙ステーション (ISS) から宇宙 X 線背景放射 (CXB) の大気減光を観測することで、高度 100 km 付近の超高層大気の密度を測定する計画 SUIM (Soipix for observing Upper atmosphere as Iss experiment Mission) を進めており、来年度のペイロード打ち上げを目指している。ペイロードは、ISS の曝露部に設置されている Materials International Space Station Experiment (MISSE) に 6 ヶ月間搭載されたのち、地球に返還される。ペイロードの大きさは約 290 mm×120 mm×95 mm で、ISS から 28 V DC が供給される。テレメトリは ISS 経由で地上に送る。X 線カメラの主検出器は X 線 SOI-CMOS ピクセル検出器 XRPIX であり、スリットコリメータと組み合わせることで、高度ごとに大気密度を測定する。X 線カメラは CPU 組み込み FPGA (Zynq) を用い自律的に制御する。2025 年 7 月に、陽子照射による Zynq の放射線耐性試験、およびエンジニアリングモデル相当品の振動試験を行う計画で、並行してフライトモデルの製作も行なっている。ソフトウェアの開発も進めている。本講演では SUIM 開発の最新状況を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V343a SOI 技術を用いた新型 X 線撮像分光器の開発 67: 新型大面積 X 線 SOI 検出器における分光性能の位置依存性の原因調査

犬童真衣人, 淵田悠太, 森浩二, 武田彩希, 鈴木寛大, 西岡祐介, 吉田大雅, 坂本翼 (宮崎大学), 鶴剛, 上林暉, 上村悠介 (京都大学), 島添健次, 萩野浩一, 松橋裕洋 (東京大学), 幸村孝由, 武居悠貴, 内田悠介, 志賀文哉, 藤田紗弓 (東京理科大学), 上ノ町水紀 (東京科学大学), 新井康夫 (KEK), 倉知郁生 (ディーンアンドエス), 信川久美子 (近畿大学), 田中孝明 (甲南大学)

我々は次世代 X 線天文衛星への搭載を目指して、X 線 SOI-CMOS 検出器 XRPIX の開発を行っている。我々は、コストの低い小型素子を試作することでデザインの最適化を行い、その結果を大面積素子に反映させるという開発戦略を取っている。その中で、Pinned-Depleted-Diode (PDD) 構造を有する小型素子にて過去最高の分光性能を達成した。この素子をベースに、PDD 構造を有する大面積素子 XRPIX-X を開発し、大面積素子として過去最高の分光性能を示したが、分光性能に位置依存性が確認された。この原因は、配線抵抗の増加による IR ドロップ、電源入力パッドから離れるほどピクセル PD リセット部の CMOS スイッチから Charge-sensitive Amplifier への charge injection (CI) 量が想定から外れたためと推測された。そこで、我々は電源入力パッドを追加し、CMOS スイッチを構成する PMOS, NMOS のリセットタイミングを別々に制御できるようにし、メイン領域とは別に最適な CI 量決定のために PMOS サイズが異なる Test-Element-Group (TEG) 領域を導入した XRPIX11 を開発した。XRPIX11 では分光性能の位置依存性が低減されていることが確認された。本講演では、分光性能の位置依存性の原因特定のために、メイン領域と各 TEG 領域のアナログ信号の温度や CMOS スイッチのリセットタイミングによる変化を調査することで、注入されている CI 量の推定を行い、素子に及ぼす影響について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V344a SOI 技術を用いた新型 X 線撮像分光器の開発 68: X 線天文用 SOI ピクセル検出器のセンサー内における信号電荷損失の原因調査

志賀文哉, 藤田紗弓, 土居俊輝, 幸村孝由, 内田悠介 (東京理科大学), 萩野浩一 (東京大学), 倉知郁生 (D&S), 鶴剛, 内田裕之, 松田真宗, 成田拓仁, 上林暉, 上村悠介 (京都大学), 森浩二, 武田彩希, 鈴木寛大, 西岡祐介, 淵田悠太, 吉田大雅, 角谷昂亮, 鎌田信壱, 黒木瑛介, 齊藤悠人, 佐々木悠任, 犬童真衣人, 坂本翼 (宮崎大学), 信川久美子, 栗野慧, 松井怜生 (近畿大学), 松橋裕洋, 佐藤璃輝 (東京大学), 深沢泰司, 須田祐介, 橋爪大樹 (広島大学), 田中孝明 (甲南大学), 上ノ町水紀 (東京科学大学), 新井康夫 (KEK)

我々は、次世代の X 線天文衛星への搭載を目指し、X 線 SOI ピクセル検出器「XRPIX」の開発を進めている。XRPIX は、SOI 技術により Si のセンサー層、SiO₂ の絶縁層、CMOS 回路層を一体化した検出器である。最新のピクセル構造の XRPIX は、従来型と比較して暗電流の低減、ピクセル内の検出効率のばらつき改善、電荷収集効率の向上が達成され、エネルギー分解能が向上している。一方で、X 線の光電吸収位置によって、スペクトルのピーク位置が変化するという問題がある。これは、センサー内で生じた電荷の一部が失われていることを示唆している。本研究では、電荷損失の原因を明らかにするために、TCAD シミュレーションを用いて、X 線によって生成された電荷が電極へ向かってドリフトする過程で再結合によって失う影響を評価した。その結果、ドリフト中の再結合は、電荷損失に対して大きな影響を与えていないことが明らかとなった。さらに、電荷損失の入射 X 線エネルギー依存性についても実験による検証を行った。本講演では、これらのシミュレーションおよび実験結果の詳細について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V345a SOI 技術を用いた新型 X 線撮像分光器の開発 69: X 線天文衛星搭載用 SOI ピクセル検出器に対する放射線耐性の評価

藤田紗弓, 志賀文哉, 幸村孝由, 内田悠介 (東理大), 倉知郁生 (D&S), 鶴剛, 内田裕之, 成田拓仁, 上林暉, 上村悠介 (京大), 森浩二, 武田彩希, 鈴木寛大, 西岡祐介, 淵田悠太, 吉田大雅, 角谷昂亮, 鎌田信壱, 黒木瑛介, 齊藤悠人, 佐々木悠任, 犬童真衣人, 坂本翼 (宮崎大), 信川久美子, 栗野慧, 松井怜生 (近畿大), 萩野浩一, 松橋裕洋, 佐藤璃輝 (東大), 田中孝明 (甲南大), 上ノ町水紀 (東科学大), 新井康夫 (KEK)

我々は次世代 X 線天文衛星への搭載を目指し、X 線 SOI ピクセル検出器 XRPIX を開発している。XRPIX は SOI 技術を用い、センサー層、絶縁層、CMOS 回路層が一体化した検出器である。宇宙空間で半導体検出器を使用すると、宇宙線などにより Total Ionizing Dose (TID) 効果と呼ばれる放射線損傷が発生する。TID 効果では、放射線が絶縁層に入射した際に絶縁層内に正電荷を蓄積し、センサー層と絶縁層の界面に界面準位を形成する。その結果界面準位により、電荷が再結合しセンサー層で生成された電荷の回収漏れが発生する他、電荷が生成し暗電流が発生する。XRPIX では、絶縁層内に Si 層を導入し負電圧を印加することで、蓄積正電荷を打ち消すデザインの素子など放射線耐性への対策が施されてきたが、暗電流の抑制には課題が残っていた。そこで本研究では暗電流抑制の改善案として、P 型半導体の不純物濃度を高めた新型デザインの素子を考えている。まず半導体デバイスシミュレーションによって空乏化が抑制できることと、暗電流の増加を抑制できることを確認した。さらに新型の素子をデザインするにあたり、アバランシェ降伏、容量増加、リーク電流増加が起きないことを確認している。その後、従来と新型のデザインのイメージセンサー双方に X 線照射実験を実施し、暗電流増加を抑制できているか検証実験を行った。本講演では、新型デザインの素子の放射線耐性の実証実験の結果を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V346a SOI 技術を用いた新型 X 線撮像分光器の開発 70: 放射線耐性向上を目指した新構造の SPP 構造を導入した X 線 SOI-CMOS 検出器 XRPIX の性能評価

吉田大雅, 坂本翼, 森浩二, 武田彩希, 鈴木寛大, 西岡祐介, 瀧田悠太, 犬童真衣人 (宮崎大学), 鶴剛, 上林暉, 上村悠介 (京都大学), 島添健次, 萩野浩一, 松橋裕洋 (東京大学), 幸村孝由, 内田悠介, 志賀文哉, 藤田紗弓 (東京理科大学), 上ノ町水紀 (東京科学大学), 田中孝明 (甲南大学), 信川久実子 (近畿大学), 新井康夫 (KEK), 倉知郁夫 (ディーアンドエス)

我々は次世代の X 線天文衛星への搭載を目指し、X 線 SOI-CMOS 検出器 XRPIX の開発を行っている。XRPIX は、SOI 技術を用いることで、絶縁層を挟んでセンサ層と CMOS 回路層を一体化した構造を持つ。最新の XRPIX では、センサ層と絶縁層界面を覆うように固定電位層を形成する Pinned Depleted Diode (PDD) 構造を導入しており、優れた分光性能と高い放射線耐性の実現に成功している。一方で、PDD 構造においては、これまでに実施された放射線損傷実験の結果から、絶縁層内に正電荷が蓄積する Total Ionizing Dose 効果の影響で、暗電流が増加し、エネルギー分解能が劣化することが報告されている。暗電流増加の原因は、センサ層と絶縁層界面を覆っている P 型半導体が絶縁層内に蓄積された正電荷の影響で界面付近が空乏化してしまうことであり、暗電流を抑制するためには、界面付近の空乏化を防ぐことが重要となる。そこで、この課題を解決するために、我々は放射線損傷後の界面を保護することを目的とした新たなセンサ構造、Surface Protection Photodiode (SPP) 構造を導入した素子の開発を行った。SPP 構造は、従来の PDD 構造で実現した高い分光性能を維持しつつ、さらなる放射線耐性の向上を目指したセンサ構造であるが、センサ構造を変更したことで分光性能に悪影響を及ぼす可能性があり、SPP 構造を導入した素子の分光性能の評価を行った。本講演では、その詳細について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V347a SOI 技術を用いた新型 X 線撮像分光器の開発 71: XRPIX の入出力信号をデジタル化した新型 XRPIX12 の開発と性能評価

松橋裕洋, 萩野浩一, 馬場彩, 佐藤璃輝 (東京大学), 森浩二, 武田彩希, 鈴木寛大, 行元雅貴 (宮崎大学), 鶴剛, 松田真宗, 成田拓仁, 上林暉, 上村悠介 (京都大学), 田中孝明 (甲南大学), 倉知郁生 (D & S), 幸村孝由, 内田悠介 (東京理科大学), 新井康夫, 高柳武浩 (KEK)

次世代 X 線撮像分光衛星に搭載予定の SOI-CMOS 検出器「XRPIX」は、SOI 技術を用いて SiO₂ からなる絶縁層をセンサ層と CMOS 回路層の間に挟むことで、それらを一体化した検出器である。各ピクセルに搭載されているトリガー機能により 10 μ sec 以下の時間分解能を達成し、また、数百 μ m の厚い空乏層により 10 keV 以上の X 線も高効率で検出可能である。衛星搭載を見据え、限られたスペースで広い撮像面積を実現するためには、周辺回路を検出器上 (on-chip) に搭載し、XRPIX の入出力信号をデジタル化することが必須である。その第一歩として、サイクリック ADC を搭載した XRPIX9 を開発し、この ADC を用いた X 線スペクトル性能を評価した (松橋 他、日本天文学会 2023 年秋季年会 V344a; 2024 年秋季年会 V336a)。

新たに、我々はセンサの読み出し駆動に必要なトリガー閾値電圧やリセット電圧を供給する DAC (デジタル-アナログ変換器) と、温度に依存せず定電圧を供給する回路 (Band-Gap-Reference 回路) を内蔵した新型 XRPIX12 を開発した。DAC は 1/f ノイズを除去するチョッパー機能を搭載し、ノイズは $3 e^{-}(1-\sigma)$ と読み出しノイズの要求値 $10 e^{-}$ を十分に下回る低ノイズ性能を実現している。また、Band-Gap-Reference 回路の温度依存性は $277 \mu V/^{\circ}C$ ($-20^{\circ}C \sim 30^{\circ}C$ の範囲) であり、回路による天体観測への影響がないことを確認した。本講演では、これらの回路の単体性能および、それらを用いた X 線スペクトルの評価結果について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V348a SOI 技術を用いた新型 X 線撮像分光器の開発 72: 内蔵パターン発生部の開発

鶴 剛, 松田真宗, 成田拓仁, 上村悠介, 上林暉 (京都大), 森浩二, 武田彩希, 鈴木寛大 (宮崎大), 萩野浩一, 松橋裕洋 (東京大), 新井康夫, 高柳武浩 (KEK), 今村俊文, 大本貴文, 小野将寛 (A-R-Tec)

X 線観測衛星用の次世代検出器として X 線 SOI (Silicon-On-Insulator) ピクセル検出器「XRPIX」を開発している。X 線 CCD に匹敵する高い撮像分光能力を持った上で、各ピクセルに閾値回路とトリガ出力機能を備えることで、10 μ sec よりも高い時間分解能を実現する。当初の XRPIX は「アナログ XRPIX」とでも言うものであり、ピクセルからの波高値信号はアナログ出力、トリガしきい値電圧や内蔵アンプの動作点を決める電流もアナログ入力である。これに対し、FY2018 より入出力をすべてデジタル化した「デジタル XRPIX」の開発を始めた。FY2020 の XRPIX9 で ADC を内蔵し、FY2023 の XRPIX12 で DAC, BGR を内蔵した。最後のハードルとして FY2022 より、各種制御信号を素子内部で発生する機能として「パターン発生部」の開発を行っている。

XRPIX 素子の動作には多数の制御信号、すなわち多数のデジタル I/O と配線が必要であり、このままでは実装に大きな課題が発生する。制御信号の多くは決まった固定パターンなので、実は XRPIX 素子内蔵で発生させることで解決可能である。一方、XRPIX はイベントトリガ毎に「読むのか読まないのか」「どこの領域を読み出すのか」の判断を外部で行うことや、通常のイベント中心の 8×8 ピクセルのみを読む「イベント駆動」や、CCD 的な「全ピクセル読み出し」など、様々な読み出し方式を可能とするために、発生パターンは固定ではなく自由度が必要である。そこで、パターンは書き換え可能とし、外部からはコマンドでパターンを指定し発生させる方式を考案、設計した。この方法により、130 本以上のデジタル I/O を 40 本程度に削減することに成功した。2025 年 6 月に素子のプロセスを開始し、9-10 月期に初期試作品が完成する。本講演では上記設計等の詳細を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V349a 狭視野 Si/CdTe 半導体コンプトン望遠鏡の気球実験機 miniSGD の電子飛跡を用いたコンプトン再構成の改善

大熊佳吾 (名大理), 中澤知洋 (名大 KMI), 武田伸一郎 (F-REI, iMAGINE-X), 田中敦也, 西村悠太, 安藤美唯, 大宮悠希, 大口真奈里 (名大理), 渡辺伸 (JAXA/ISAS), 高橋忠幸 (東大 Kavli IPMU), 石田直樹 (名大技セ), 大西光延, 新井利彦 (iMAGINE-X), 馬場萌花, 小林勇仁 (名大理)

我々は、MeV 帯域の宇宙観測の感度向上を目指し、2016 年打上げの Hitomi 衛星でも搭載された Si/CdTe 半導体コンプトン望遠鏡とアクティブシールドを組み合わせた狭視野 Si/CdTe コンプトン望遠鏡の性能実証実験機 miniSGD を開発した。miniSGD は、有効検出面積 $32 \times 32 \text{ mm}^2$ で 0.5 mm 厚の Si 両面ストリップ検出器 (DSSD) 2 枚と、同じく $32 \times 32 \text{ mm}^2$ で 2 mm 厚の CdTe 両面ストリップ検出器 (CdTe-DSD) 4 枚からなる半導体コンプトン望遠鏡と、厚さ 20-30 mm の 9 個の BGO シンチレータからなるアクティブシールドで構成される。

これまでに、CdTe-DSD 内の相互作用深さの推定方法を開発し、 ^{133}Ba の 356 keV ガンマ線に対して 2.7 度の Angular Resolution Measure (ARM) を達成した。また、角分解能追求のために符号化マスクと組み合わせた撮像の原理実証を実施し、1 mm 厚タングステンの符号化マスクを用いて ^{133}Ba の約 1 度の撮像にも成功した。

本講演では、1 MeV 以上への検出効率向上を目指した miniSGD の電子飛跡追跡型コンプトンカメラとしての動作実証について報告する。DSSD でコンプトン散乱し反跳電子がある程度の運動量を持つ場合、その反跳電子は DSSD を貫通し CdTe-DSD でも検出される。我々は、この反跳電子貫通イベントに対して新たに電子飛跡込みのコンプトン再構成手法を開発した。適切なデータセレクションにより、 ^{88}Y の 1.8 MeV ガンマ線に対して 1.8 度の ARM、35 度の Scatter Plane Deviation (SPD) を達成、コンプトンイメージングの改善に成功した。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V350a X 線 TES カロリメータのマイクロ波多画素読み出し方式の技術成熟化に向けた基礎開発と応用実験

金子 真太郎, 山田 真也, 林 佑, 橋口 稔, 福田 凌大, 酒井 優輔 (立教大学), 橋本 直, 齋藤 岳志, 一戸 悠人 (理化学研究所), 岡田 信二, 外山 裕一 (中部大学), 奥村 拓馬 (東京都立大学), 早川 亮大 (QUP/KEK)

2023 年 9 月 7 日に打ち上げられた衛星 XRISM は、X 線マイクロカロリメータを用いた本格的な宇宙観測を初めて実現し、高精度な分光観測によって X 線天文学に新たな可能性を拓いた。搭載観測装置「Resolve」は、半導体カロリメータにより卓越したエネルギー分解能を達成している。今後、より広い視野と高い分解能の両立には、超伝導遷移端検出器 (TES) の多画素化と高効率な読み出し技術の確立が不可欠である。有力候補として、各画素に固有の共振周波数を割り当て、4 - 8 GHz 帯の信号を 1 本の同軸ケーブルで読み出すマイクロ波多重化方式 (μmux) が注目され、我々は基礎開発と応用展開を進めてきた (例: 2024 年秋季年会 V321a)。

今回は、将来の宇宙搭載を見据えた技術成熟度 (TRL) 向上を目的に、マイクロ波読み出し方式を用いた TES モジュールの基礎開発と、加速器施設 J-PARC/MLF での応用実験を実施した。従来の単一システムに加え、本発表では、エネルギー特性の異なる 2 系統 (各 100 画素) の TES モジュールによる同時読み出しに成功した成果を報告する。50 keV および 100 keV に最適化された TES 素子の同時運用が可能である。エネルギー分解能は $\sim 20 \text{ eV} @ 40 \text{ keV}$, $\sim 90 \text{ eV} @ 122 \text{ keV}$ で、実験室性能とほぼ同等である。このような実応用に基づくモジュール化とマイクロ波多重化技術の実証も進め、次世代衛星に求められる柔軟な検出器システム設計に対応できるように進めていきたい。本講演では、マイクロ波読出を用いた TES 応用実験の初期成果を通じ、TES の性能を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V351a 地球外物質分析のための計数率増大に向けた 224 素子 TES 型 X 線マイクロカロリメータアレイの設計と開発

林 佑 (立教大学), 早川 亮大 (QUP/KEK), 山田 真也, 西山 智規, 野崎 理央 (立教大学), 八木雄大, 田中圭太, 中野祥大, 奥村華子, 山崎典子 (ISAS/JAXA), 満田和久 (NAOJ), 原徹 (NIMS)

我々の研究グループでは、地球外物質の微細構造分析を目指し、超伝導遷移端型 X 線マイクロカロリメータ (TES カロリメータ) を走査透過型電子顕微鏡 (STEM) のエネルギー分散分光器 (EDS) として利用した分析装置の開発を進めている。

STEM は薄膜に加工した試料に電子線を照射し、その透過電子からサブマイクロスケールの構造分析可能とし、さらに試料で発生した特性 X 線を X 線集光素子 (ポリキャピラリー) を用いて、30cm 離れた TES カロリメータへ集光することで精密な元素の定性・定量分析を可能とする。TES カロリメータは、極低温で動作し入射 X 線光子の温度上昇を超伝導遷移端の急峻な抵抗変化として捉えることで、従来の半導体検出器と比べ 50 倍以上の分光性能を達成可能な次世代の X 線検出器である。我々の研究グループでは、64 素子の TES カロリメータを開発し、材料工学や地球外物質分析などの幅広い分野で使用されている STEM の X 線分光装置 (TES-EDS) として応用し分光性能の大幅な改善を行ってきた。一方で、現在の TES-EDS システムの計数率は僅か数 100 カウント/秒/アレイと隕石などの電子線に弱い材料分析には不十分であり、大幅な計数率の向上が求められている。そこで、我々は計数率の飛躍的な向上のために、ポリキャピラリーの透過特性を考慮した 224 素子の大規模アレイのデザインと約 5 倍におよぶ大型吸収体のデザインの最適化を行った。本発表では、224 素子のデザインの詳細と極低温環境での動作試験の結果を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V352a XL-Calibur 気球実験搭載硬 X 線望遠鏡の 2024 年フライト後の性能調査 (2)

倉本春希, 松本浩典, 小高裕和, 袴田知宏, 宮本愛子, 河村穂登, 巽隆太郎, 村上海都, 高塚紗弥菜, 長尾梓生 (大阪大), 宮澤拓也 (沖縄科学技術大学院大学), 石橋和紀 (名古屋大), 石田学, 前田良知, 伊師大貴 (ISAS), 宮本明日香, 松村温斗 (東京都立大), 内田悠介 (東京理科大), 高橋弘充, Jean-Paul Breuer, 武田朋志, Vladimir Nizhnik, 呉屋和保, 横田雅人 (広島大), 栗木久光 (愛媛大), 古澤彰浩 (藤田医学大), Takashi Okajima (NASA/GSFC), Henric Krawczynski (WUSTL), Fabian Kislat (UNH), Mark Pearce (KTH), 上杉健太郎, 星野真人 (JASRI), 他 XL-Calibur チーム

硬 X 線帯域の偏光観測は、高エネルギー天体の磁場構造や幾何学構造を解明する重要な観測手段である。しかし、これまでは偏光検出の感度に課題があり、高精度な偏光測定が困難であった。日米スウェーデンの国際協力で推進される XL-Calibur 気球実験では、有効面積の硬 X 線望遠鏡を搭載することで、15–60 keV の帯域で感度を向上させた。そして、本実験 2 度目となる 2024 年に実施した大西洋横断フライトにおいて、かに星雲 (パルサー) の偏光度と偏光角を従来より高精度で観測することに成功した。現在、他の天体を観測するための南極上空における 1 ヶ月におよぶフライトが提案されている。

我々は、本実験に搭載する硬 X 線望遠鏡の開発と運用を担当している。次回のフライトに向けて、2024 年フライト後に回収した望遠鏡の健全性を調査するために、大型放射光施設 SPring-8/BL20B2 にて、2024 年 11 月と 2025 年 5 月に性能測定を実施した。その結果、2024 年フライト前と比較して、有効面積は最大で ~10%、角度分解能 (HPD) は最大で ~15% の変化が見られた。本講演では、XL-Calibur の 2024 年フライトの結果を含む XL-Calibur 実験の経緯と、2024 年フライト後の搭載望遠鏡の性能調査結果について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V353a 気球搭載ペイロードの高度な姿勢制御に関する研究

栗木久光, 芳川隆幸 (愛媛大学), 斉藤芳隆, 福家英之, 水村好貴, 田村誠, 土居明広 (ISAS/JAXA), 石村康生, 宮下朋之, 定村嵐, 須賀広幸, 小野寺隼作, 新輪晃大 (早稲田大学), 田中宏明 (防衛大学校), 松本浩典, 倉本春希, 村上海都, 高塚紗弥菜, 長尾梓生 (大阪大学), 高橋弘充 (広島大学)

気球実験は、新技術によるフロンティアの開拓や新技術の成熟度の確立などに大きな役割を果たしてきた。天体観測用気球実験を計画する場合、観測対象に指向するための姿勢制御システムが必要となり、SUMIT、VLBI、FITE などの実験では独自に国内の大学等が開発経験者を結集し、ヘリテージの活用を行ってきた。しかし、気球フライト中のデータの蓄積が限定的であるとともに、NASA WASP のような高度な姿勢制御を容易に実現できないのが現状である。我々は、気球搭載型硬 X 線望遠鏡による天体観測を計画しており、これに必要な X 線望遠鏡等の大型・長尺の構造物の姿勢を制御する小型・軽量・低消費電力・高精度で汎用性の高い姿勢制御システムの実現を目指している。同システムは硬 X 線観測に限らず、次世代の天文観測計画を含む大気球実験の多くのユーザーからのニーズがあると考えている。

本研究では、一足飛びに大型・長尺のフルスケール実験に挑むのではなく、段階的にステップアップを図るためフルスケールの試験に先立つスケールモデルの性能実証試験を実施計画する。具体的には、PIVOT による粗いゴンドラ姿勢制御に加え、長さ 2 m の光学架台を 2 軸のジンバル構造で制御し秒角の精度で指向させる実験に挑む。また、本研究で得られる重力や温度の影響による光学ベンチの歪みの測定データは、将来の長尺望遠鏡システムの歪みを測定・補正する技術や気球に搭載する構造体の設計・開発にとって貴重なものとなる。本講演では、我々が進めている気球実験計画について紹介するとともに、開発の現状について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V354a 世界最高感度小型 X 線撮像分光観測装置の検討・開発の現状と今後の展望

三石郁之, 作田皓基, 安福千貴, 吉田有佑, 吉原諒, 石田大和, 田中良磨, 吉平圭徳, 叶哲生, 石田直樹 (名古屋大), 谷津陽一 (東京科学大学), 山崎典子 (JAXA/ISAS), 玉川徹 (理化学研究所), Takashi Okajima (NASA/GSFC), 田村啓輔 (NASA/GSFC・メリーランド大), 宮田喜久子 (名城大), 山口豪太 (理化学研究所), 毛利柊太郎 (東京大), 久米健大, 松澤雄介, 今村洋一, 齋藤貴宏, 平栗健太郎, 橋爪寛和 (夏目光学株式会社), 三村秀和 (理化学研究所・東京大)

我々は世界で初めて太陽フレアの X 線撮像分光観測を実現した、観測ロケット実験 FOXSI-4 に二台の国産高角度分解能 X 線望遠鏡を搭載した。これにより当該分野初となる国産高角度分解能 X 線望遠鏡の海外ミッション搭載という偉業を成し遂げた (2025 年春季年会 吉田他)。FOXSI-4 打ち上げ後は、飛翔機会が相対的に多いことが期待される、超小型衛星や観測ロケット等、小型飛翔体仕様の世界最高感度小型 X 線撮像分光観測装置の検討も進めてきた (2024 年秋季年会 安福他、三石他, 2025 年春季年会 三石他)。本観測装置は、高い角度分解能を有する望遠鏡および超薄膜を用いた高感度フィルターを軸とし、スペースの制約が厳しい幅広い将来ミッションへの展開を目指し、我々は世界に先駆けその実現を目指している。

現在は、X 線天文学分野はもちろん、太陽物理学や太陽地球系物理学分野における本観測装置を用いた場合の科学検討を進めている。ここでは技術実証サイズから、1 辺 50 cm サイズ、さらにそれより大きなサイズを含む数ケースの境界条件を設定し、そこで実現可能な角度分解能・有効面積・視野・エネルギー帯域・Grasp 等の性能の見積もりを進めている。本講演では、開発の現状、検出器も含めた応答関数を用いたいくつかの天体現象に対する模擬観測結果、さらには将来展望についても報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V355a 光線追跡シミュレータを用いた小型飛翔体搭載用高性能 X 線望遠鏡の検討

吉田有佑, 作田皓基, 安福千貴, 吉原諒, 石田大和, 吉平圭徳, 叶哲生, 石田直樹 (名古屋大), 三好由純 (名古屋大/ISEE), 浅村和史 (JAXA/ISAS), 井上良隆 (IMV 株式会社), Takashi Okajima (NASA/GSFC), 田村啓輔 (NASA/GSFC・メリーランド大), 宮田喜久子 (名城大), 山口豪太 (理化学研究所), 毛利柊太郎, 本山央人, 江川悟 (東京大), 久米健大, 松澤雄介, 今村洋一, 齋藤貴宏, 平栗健太郎, 橋爪寛和 (夏目光学株式会社), 三村秀和 (理化学研究所・東京大), 三石郁之 (名古屋大)

我々は世界初の太陽フレアの軟/硬 X 線撮像分光観測に成功した日米共同・太陽観測ロケット実験 FOXSI-4 搭載用高角度分解能 X 線望遠鏡を開発してきた。FOXSI-4 打ち上げ後は低コスト・短期間開発が可能な、超小型衛星や観測ロケット等の小型飛翔体搭載に向けた高性能 X 線望遠鏡の開発を進めている (2025 年春季年会吉原他)。小型飛翔体搭載に当たり、望遠鏡を小型化 (= 小口径・短焦点距離化) かつ軽量化する必要がある、材質選定および設計パラメータの再検討などが求められる。また、有効面積を増やすために積層する場合、積層された反射鏡全体での性能やアライメント誤差による影響を調査する必要がある。2025 年春季年会 (三石他) では様々な設計パラメータにおける単一反射鏡に対する幾何収差・有効面積・視野等の調査結果を報告した。

そこで我々は次の段階として積層した反射鏡に対する性能調査に取り組んでいる。現時点の結果として、ミラー間が広く、非光軸角が小さい場合、有効面積については積層された各反射鏡の有効面積の和となる一方、結像性能や視野については単一反射鏡に見られない複雑なエネルギー依存性が確認された。また、焦点距離 250 mm の二枚の反射鏡を積層する際、水平方向 0.1 mm の誤差で on-axis の結像性能が 200 秒角まで劣化することが分かった。本講演では積層した反射鏡に対する性能調査の詳細及びその結果を用いた科学成果検討について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V356a 高感度小型 X 線撮像分光観測装置の開発

吉原諒, 作田皓基, 安福千貴, 吉田有佑, 石田大和, 吉平圭徳, 叶哲生, 石田直樹 (名古屋大), 成典之 (国立天文台), 三好由純 (名古屋大/ISEE), 浅村和史 (JAXA/ISAS), 井上良隆 (IMV 株式会社), Takashi Okajima (NASA/GSFC), 田村啓輔 (NASA/GSFC・メリーランド大), 宮田喜久子 (名城大), 山口豪太 (理化学研究所), 毛利柊太郎 (東京大), 久米健大, 松澤雄介, 今村洋一, 齋藤貴宏, 平栗健太郎, 橋爪寛和 (夏目光学株式会社), 三村秀和 (理化学研究所・東京大), 三石郁之 (名古屋大)

LAMP-2 は宇宙空間と地球大気圏結合の理解を目指すオーロラ観測ロケット実験である。LAMP-2 で新たに拡充を図る X 線撮像分光装置は他の観測機器との兼合いによりサイズ制約が厳しく、小型サイズ (= 小口径かつ短焦点距離) が求められる。そのため我々は検出器や望遠鏡を搭載した小型の X 線撮像分光装置を開発している。LAMP-2 では地球に降り込む電子のエネルギー分散及び地球大気の変調過程、さらにイオンの宇宙空間への流失メカニズムの観測的検証を目的としている。観測ロケット高度と地上から、電離圏から中層圏までを包括的に観測し、数値シミュレーションと統合し検証する。現在 NASA に提案中で、2027 年度冬に打ち上げ予定である。

我々は観測装置の主要デザインパラメータの検討に向けて振動試験と科学検討シミュレーションを実施した。我々は小口径反射鏡に対する接着工程の検討を進めており、振動試験では試作した支持機構及び直径 20mm の円筒模擬ミラー 1 枚を搭載した供試体に対して、初の z 軸加振を実施した。観測ロケットが要求する振動レベル (Rondam 振動: 13 Grms で 10 秒間) を加振した前後において、接着部の顕著な剥離が見られず、さらに反射鏡取り付け時の傾きに有意な差がないことを確認した。また科学検討では期待される光子統計及び観測精度を調べている。本講演では振動試験及び科学検討の結果について紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V357a グラフェン/グラファイトを用いた高機能汎用型光学素子の開発

中川雄登, 村野可奈, 多胡諒弥, 三石郁之, 丹羽由実, 小川ともよ, 田原譲 (名古屋大学), 河原憲治 (九州大学), 田川雅人 (神戸大学), 田中清尚, 中村永研, 荒木暢, 湯澤勇人 (分子科学研究所 UVSOR), 大東琢治 (KEK)

薄膜光学素子のニーズは幅広く、宇宙分野でも例えば軟 X 線を対象とする飛翔体において、熱制御、可視光防護目的等のために利用されている。本素子には各飛翔体で要求される軌道上環境耐性はもちろん、観測効率の向上を目指した高い X 線透過特性が求められる。しかし、従来のポリイミドフィルムでは両立が難しく、特に軟 X 線帯域の感度には改善の余地が残る。そこで我々は原子 1 個分の薄さ $\sim 3\text{\AA}$ にも関わらず機械強度に非常に優れたグラフェンに着目し、軟 X 線帯域において、超高透過率を実現しうる超薄膜光学素子の開発に着手した。これまで我々は、転写や緻密なアルミ成膜工程の検討、音響・高速原子状酸素・極低温などの宇宙環境耐性評価試験、軟 X 線透過率測定実験を実施してきた (三石他 日本天文学会 2022 年春季年会, 多胡他 2024 年秋季年会 他)。

これまでの検討で、自立膜 (支持体なし) の口径が 5 層グラフェンでも $\phi 300\text{ }\mu\text{m}$ に留まっており、大口径化が実装への課題であった。本研究では、積層・転写技術の向上により、5 層および 10 層グラフェン、さらに薄膜グラファイト (30-60 層相当) を用いて、従来比大幅増となる $\phi 1\text{ mm}$ 以上の自立膜作製に成功した。これらの層数でも高い透過率が維持されるか調べるため、10 層グラフェンおよび薄膜グラファイトの 100-500 eV における透過率を測定した結果、炭素吸収端を除き、10 層グラフェンで 92% 以上、薄膜グラファイトで 77% 以上 (面内強度分布上位 10% では 88% 以上) と高い値を確認した。本発表では、これらの詳細な実験結果と今後の展望について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V358a 炭素繊維強化プラスチック (CFRP) を用いた 1 周 X 線反射鏡の開発

谷口あゆみ, 栗木久光, 川中榛名 (愛媛大学), 鈴木浩文 (中部大学), 松本浩典, 倉本春希, 村上海都, 高塚紗弥菜, 長尾梓生 (大阪大学), 前田良知, 伊師大貴 (ISAS/JAXA), 宇都宮真 (株式会社テックラボ)

CFRP(炭素繊維強化プラスチック) は、炭素繊維と樹脂から構成される複合材料である。その物理特性と成形性の良さは望遠鏡の大型化軽量化に適したものである。我々は (1)Wolter 型 CFRP 基板の成形、(2) 基板表面の平滑化、(3)CFRP 反射鏡の組み上げ を CFRP 反射鏡の開発項目としてあげ、宇宙 X 線用望遠鏡として開発してきた。これまで、CFRP 反射鏡の可能性を調査するために、加工が比較的容易な 1/4 周鏡で開発を進めてきたが、表面平滑化で用いる薄板ガラスを 1 周鏡用に加工できることから、現在、1 周 CFRP 反射鏡の開発を実施している。

1 周鏡の諸元は口径 200 mm, 2 段での長さ 300 mm、基板厚み 0.23 mm、焦点距離 12 m である。成形後の重量は 67 g であった。開発項目 (3) を調査するために 1 周鏡をアライメントバーを使ってハウジング内に格納し、その結像性能を評価した。その結果、放物面側、双曲面側の反射鏡の位置決め誤差は $\sigma = 15\mu\text{m}$ 、 $16\mu\text{m}$ であった。ここからさらに基板の厚みが 0.42 mm のサンプルを使用することで、 $\sigma = 3.6\mu\text{m}$ 、 $3.7\mu\text{m}$ となった。これを可視光光源を用いて結像性能を評価したところ、HPW (Half Power Width) は放物面側で約 42 秒角、双曲面側で約 44 秒角となった。この HPW は反射光の中心位置のズレ (27 秒角) と反射光の広がり (32 秒角) の両方に起因しており、位置決め誤差を、 $\sigma = 1.9\mu\text{m}$ 以下とすることで 2 回反射 40 秒角を達成することが可能なことを示唆している。本講演ではこれら位置決め開発の現状について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V359a 炭素繊維強化プラスチックと超精密加工技術を用いた X 線反射鏡の開発

松本浩典, 村上海都, 高塚紗弥菜, 長尾梓生, 倉本春希 (大阪大学), 坂本英寿, 土屋魁琉, 森田晋也 (東京電気大学), 栗木久光 (愛媛大学), 細島拓也, 竹田真宏, 山形豊 (理化学研究所)

超巨大ブラックホールの進化を解明するには、X 線背景放射を分解し、物質降着の歴史を解明することが有効である。そのためには、高角度分解能を持ち、かつ大有効面積の X 線望遠鏡が必要である。このような X 線望遠鏡で、しかも軽量なものを実現するため、我々は軽量高剛性の素材である炭素強化繊維プラスチック (CFRP) を基板とした X 線反射鏡の開発を進めている。しかし CFRP には、プリントスルーと呼ばれる繊維に起因する凹凸が表面に存在するため、CFRP 基板表面にそのまま X 線反射膜を成膜しても反射鏡として機能しない。これを克服するため、薄いアモルファスなニッケルリン層を CFRP 基板表面に形成し、その後超精密加工技術で X 線反射に必要な表面粗度を得る技術を開発している。我々は CFRP を使った平面 X 線反射鏡を作成し、X 線ビームを使った反射率測定によって、表面粗度 1.5nm 程度であることを確認した。さらに、ウォルター I 型反射鏡も作成し、X 線ビーム照射により X 線を集光できることを実証した。本講演では、これら X 線反射鏡開発の現状を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V360a 高角度分解能 X 線望遠鏡開発に向けた精密アライメントシステムの構築

梅木匠斗, 佐藤寿紀 (明治大学)

近年の天文学では、望遠鏡の大型化と高精度化が進展し、遠方宇宙の理解やマルチメッセンジャー天文学の発展に貢献している。X 線帯域でも、大有効面積かつ高角度分解能を両立する望遠鏡の登場が期待されているが、全反射を利用する光学系の特性上、両者を同時に向上させることは依然として困難である。日本では「多重薄板型」X 線望遠鏡の開発が進められ、軽量かつ大有効面積の望遠鏡を実現してきた。しかし、多数の反射鏡をアライメントバーというミラー保持機構で配置していたため、配置精度はそのバーの加工精度 (数 μm) に依存し、結果として 1 分角程度の角度分解能が通常であった。そこで本研究では、反射鏡のアライメント技術に焦点を当て、反射鏡の位置を 1 枚ずつ μm の精度で配列できるシステムの構築を目指す。

μm 精度での調節を実現するため、反射鏡の位置計測するシステムと位置調整するシステムの大きく 2 つに分けシステムの構築を図った。位置計測システムとして、サブミクロン精度で反射鏡の相対距離を測定可能なレーザ変位計を導入した。位置調整システムでは、反射鏡の大まかな位置を決定するアライメントバーと固定用のハウジングを設計し、これらを μm 精度で鉛直方向の調整が可能なステージ機構に取り付け、位置決定の精度を向上させた。さらに、ミラー下部には数秒角単位での角度調整が可能なステージを設置し、これらの要素を組み合わせ μm 精度の調整を可能とした。この 2 つのシステムによって 1 枚 1 枚相対距離を計測しながら反射鏡の位置と角度の調整をできるシステムの構築が実現した。このシステムを実証するため、鏡面を平面で近似した反射鏡を、複数枚積層した焦点距離 7 m の KB ミラーを設計し、ミクロンオーダーでの配置と 30 秒角以下の望遠鏡の実現を初期目標として作製している。本発表では、このアライメントシステムの詳細と望遠鏡の開発現状を共有する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V361a JAXA 宇宙科学研究所 30 m X 線ビームラインにおける大口径拡散ビーム照射システムの構築

伊師 大貴, 前田 良知, 石田 學 (ISAS/JAXA), 宮本 明日香, 松村 温斗, 内野 翔 (東京都立大)

JAXA 宇宙科学研究所 30 m X 線ビームラインは、飛翔体搭載用の大型 X 線望遠鏡の性能評価ができる国内でも数少ない施設の一つであり、1980 年代から大学共同利用装置として供用されてきた。本ビームラインでは、X 線発生器から約 30 m 離れた位置に設置された四極スリットによりビームを数 mm 四方に絞り、望遠鏡と焦点面検出器をそれぞれ独立した自動ステージに搭載し、高精度に同期動作させることで、望遠鏡全体の結像性能や有効面積を測定する (Hayashi et al. 2015 JATIS など)。本手法はフライト品の詳細測定には適しているものの、測定時間が長く、簡易的な性能評価には不向きであった。

そこで我々は、ビームを大口径化し、数 100 mm 四方を全面照射できる新システムの構築を進めてきた。従来は光源から数 m 先に設置されたピンホールにより、最大でも直径 20 mm 程度のビーム径しか得られなかったが、今回新たに大口径ビーム用バッフルを真空ダクト内の複数箇所に導入することで、散乱成分を抑えつつ、直径 200 mm 程度の拡散光を得ることに成功した。CMOS 検出器を光子計数モードで動作させ、得られた拡散光全体を走査した結果、少なくとも 100 mm 四方において、Al K α (1.49 keV) および Mo K α (17.45 keV) に対し、3–4% 程度の強度一様性を確認した。FOXSI や GEO-X に搭載される小口径 (直径 <100 mm) 望遠鏡であれば、全面照射による簡易評価に十分対応できる。最大 150 mm 四方まで開口可能な新型四極スリットも導入し、さらなるビーム径の拡大や、大面積の単色化フィルタの整備を進めている。本講演では、これらの開発状況に加え、今後予定しているビームライン改造計画についても報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W01a マグネターのバースト活動の素過程からの検証

山崎陸太郎 (早稲田大学), 山田章一 (早稲田大学)

マグネターは量子臨界磁場 $B_c = 4.4 \times 10^{13}$ G を超える磁場を持つ強磁場の中性子星である。マグネターはバースト活動を示すが、その起源については未だに解明されていない。Heyl et al.(2005) は、バーストのモデルとして電磁衝撃波モデルを提唱している。このモデルは、非常に強い磁場の下を伝搬する電磁波が分散性を生じた結果、衝撃波を形成するモデルである。この衝撃波で散逸されたエネルギーにより、電子陽電子対が生成され、さらに電子陽電子対が対消滅することで光子を放出する。このモデルでは衝撃波で散逸されたエネルギーが電子陽電子対の生成に使われることを仮定しているが、これは量子論的には決して自明な過程ではない。そこで電子陽電子生成過程の場の量子論による導出が期待されている。

本研究では、二粒子既約 (2PI) 有効作用を用いて、衝撃波の散逸エネルギーが電子陽電子対に変換されていることを素過程から検証することを目指す。実際のバーストでは Fermion 場とゲージ場がカップリングした QED Hamiltonian を用いて計算を行う必要があるが、これは非常に難しい。本公演では、その前段階としてスカラー場のみによって構成された Hamiltonian を用いて、場の発展方程式を導出し、どのように物理量を読み出せばよいかを議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

W02a 超新星残骸 RCW 103 の中心天体からの 1.01 秒パルス (2)

牧島一夫 (東大理), 内田和海 (ISAS/JAXA), 榎戸輝場 (京大理)

春の学会に続き、超新星残骸 RCW103 の中心にある CCO 天体 1E 161348–5055 からの、速いパルスにつき報告する。我々はマグネターの観測 (牧島+2024) や Heyl & Hernquist (2002) に基づき、この天体が示す 6.67 hr の長い X 線周期 (De Luca+2006) は、自転周期と歳差周期との微小差によるビートで、自転周期は ~ 1 秒にあるが、パルスは 6.67 hr で位相変調され、その補正なしには検出が困難と考えた。「あすか」(1993,1997) と XMM-Newton (2001,2005) の計 4 データで復調補正を行った結果、周期 $P \approx 1.01$ 秒のパルスの兆候を得た (25 春 W05a)。

この CCO は 2016/6/22、ショートバーストを伴い X 線で急に増光し、6.67 hr の強度変化の波形が、1 山から顕著な 2 山へと遷移した。そこで今回パルスの追認を行うとともに、この増光の影響を調べるため、増光直後に得られた NuSTAR (2016/6/26) および XMM-Newton(2016/8/9) の公開データに、先と同じ復調解析を施した。その結果、NuSTAR (11-60 keV) では初めて $\gtrsim 10$ keV でパルスの兆候が得られ、周期は $P = 1.0101478(4)$ 秒であった。XMM-Newton データ (6.6-12 keV) からは $P = 1.0101518(10)$ 秒を得た。この 2 つの周期と、春の学会で報告した 4 観測でのパルス周期は、一定の変化率 $\dot{P} = 1.1 \times 10^{-12}$ s/s に精度よく従う。よってすでに報告した特性年齢、双極子磁場、スピンドアウン光度、トロイダル磁場推定値などは、そのまま有効である。

2016 年の 2 回の観測で、パルス波形や相対パルス振幅に、以前と大きな差はなかった。しかし 2005 年には、XMM-Newton データの復調により、パルスが ~ 1.4 keV の低エネルギーまで検出できたのに対し、NuSTAR では ~ 10 keV 以下で、また XMM-Newton(2016) では ~ 6.6 keV 以下で、パルスが消失した。また 6.67 h の変調波形が変化したことの影響も、NuSTAR のデータに、ある形で現れていることが確認された。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

W03a モック X 線データ解析に基づくマグネター長周期変調の有意度評価

屈楚舒, 諏訪雄大, 牧島一夫 (東京大学), 榎戸輝場 (京都大学)

マグネターは 10^{13} – 10^{15} G の極端な磁場を持つ中性子星であり、その磁場エネルギーの解放に起因し X 線で周期的なパルスが観測されている。内部には $B_{\text{tor}} \sim 10^{16}$ G 規模のトロイダル磁場が存在すると考えられ、ポロイダル成分より卓越する場合 ($B_{\text{tor}}/B_{\text{pol}} \sim 10$ – 100) に軸対称なプロレート変形を起こす。変形率は $\epsilon \simeq 10^{-4} (B_{\text{tor}}/10^{16} \text{ G})^2$ と示すことができ、星の角運動量方向と対称軸が一致しない限り自由歳差運動が励起されると期待されている。この歳差運動と自転とのビートによって、パルス位相に $T \gtrsim 10^4$ s の長周期で変調が起きると予想される。

近年 4U 0142+61 をはじめとする 7 例のマグネターで、自転周期 $P \sim 2$ – 12 s のパルスの位相が実際に長周期で変調される現象が報告されており、上記のビートを見ていると解釈されている (Makishima et al. 2014, 2016, 2019, 2021, 2024)。しかし変調効果はハード X 線帯 ($\gtrsim 10$ keV) に限られ、関与する光子数は多くても数千にとどまるので、この現象の統計的有意度を定量的に評価することは重要である。従来は実データを用いて、変調信号が現れない周期域を走査し、同じサーチで得られる最大 Z^2 (パルス性を評価する統計量) 分布を測定し、ノイズによる Z^2 の値がサーチされた変調周期の Z^2 を上回る確率をもとに、有意度を評価してきた。

今回はより標準的な手法として、モンテカルロ法で実観測の GTI (観測の有効時間区間)/背景ノイズ/パルスプロファイル等に基づく周期的な擬似データセットを多数作成する。作成したモックデータセットに対して同一解析を適用し、変調シグナルの統計的有意度を再評価した上で、変調シグナルが報告されたマグネターの解析結果と比較する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

W04a *Swift*-XRT を用いた Fast Radio Burst の X 線対応天体探査

盛 顯捷 (理研), 坂本 貴紀, 芹野 素子, 山崎 了, 吉田 篤正 (青学大), 橋本 哲也 (台湾國立中興大學)

Fast Radio Burst (FRB) は 100 MHz から GHz 程度までの電波周波数帯で起こる、継続時間がミリ秒程度の突発的な天体現象である。しかし、その発生メカニズムおよび起源天体は未だに明らかになっていない。本研究では FRB の起源モデルで考えられるコンパクト天体からは、X 線を放射する可能性が高いという点に着目し、これまでに CHIME が観測した FRB 及び *Swift*-XRT が観測した X 線天体のアーカイブデータを用いて、FRB の X 線対応天体探査を行った。本研究では、1039 個の FRB 及び 331,025 個の X 線天体カタログの位置情報から、63 個の FRB イベントの到来方向の誤差領域内に、286 個の X 線天体が位置的に一致していることを発見した。そして、多波長の観測情報を用いて、これらの X 線天体の種類を同定し、8 グループに分類した。その分類情報を踏まえて、選出した X 線天体は FRB と無関係な天体である可能性を検討し、我々が“銀河”に分類した X 線天体は FRB と無関係な天体ではない可能性があることがわかった。さらに、我々が“銀河”に分類した X 線天体に対し、X 線天体が付随している可能性のある銀河の中心から X 線天体までの離角分布を調査した結果、その分布は母銀河が判明している FRB とよく一致しており、マグネターや短時間 GRB のような中性子星種族の離角分布とも一致することがわかった。以上より、我々が見つけた X 線天体は FRB と無関係な天体ではない可能性があり、FRB の起源は中性子星に関わる種族であることと矛盾がないと結論付けた。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

W05a 現実的な中性子星構造を用いた混合磁場の安定条件

城 壮一郎 (東京大学), 藤澤 幸太郎 (東京工科大学), 諏訪 雄大, 徳野 鷹人 (東京大学)

宇宙には、極めて強い磁場を有する中性子星であるマグネターが存在する。これらの天体における双極子磁場は、回転周期およびその時間変化から、表面付近で $\sim 10^{14-15}$ G と推定されている。一方、その内部にはさらに強い、最大で 10^{16} G に達する磁場が存在する可能性が指摘されている。マグネターの内部磁場は、安定性の観点からトロイダル成分とポロイダル成分が共存する構造をとると考えられているが、その具体的構造や安定条件は依然として未解明である。

磁場の安定性には星の密度成層が重要であるが、先行研究 (Akgün et al. 2013) は密度と圧力が簡略化されたモデルの解析しか行っておらず、現実的な中性子星の安定性の議論はなされていない。本研究では、状態方程式を踏まえて構成した現実的な中性子星の内部構造を用いて磁場の安定性解析を行う。まず原子核物理に基づいた現実的な状態方程式 (例えば Lattimer & Swesty 1991; Steiner et al. 2013) に基づき、密度勾配や組成変化を忠実に反映した中性子星の内部構造を構築する。得られた構造を背景として、Akgün et al. (2013) の手法に基づきトロイダル・ポロイダル混合磁場の安定性条件を再評価する。これにより、現実的な状態方程式に基づく中性子星構造が磁場の安定性に及ぼす影響を定量的に議論する。本講演では、その結果を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

W06a マグネター磁気圏における高速電波バースト誘導散乱の統一的理論

西浦 伶, 井岡 邦仁 (京都大学)

高速電波バースト (Fast Radio Burst, FRB) は、宇宙で最も明るい電波バーストの 1 つである。その有力な起源天体としてマグネターが提唱されている。マグネターを含むコンパクト天体におけるパルサー放射や FRB などのコヒーレント放射の理論研究では、誘導散乱が中心的なプラズマ素過程として取り扱われる。特に FRB 研究では、2 つの観点で誘導散乱が議論される。1 つ目は FRB の放射機構として、マグネター表面付近で生じる大振幅の磁場揺らぎが誘導散乱を介して、散乱波として FRB を生成するというモデルである。このモデルは、従来の曲率放射などのパルサーの放射機構と比較して、自然なコヒーレント放射を説明できる点で注目を集めている。2 つ目は、生成された FRB が磁気圏内で誘導散乱を受けることで減衰し、磁気圏を脱出できなくなる可能性が指摘されている点である。この問題は、マグネター磁気圏内で FRB を生成するモデルに対する理論的課題として広く認識されている。これまでの研究では、背景磁場の影響を無視した理論を用いて誘導散乱が扱われてきた。本研究では、マグネター磁気圏に典型的な強磁場下の電子・陽電子プラズマに対し、背景磁場を正確に取り入れたプラズマ運動論に基づく誘導散乱の統一的理論を初めて導出した。この理論により、代表的な誘導散乱である誘導コンプトン、誘導ラマンおよび誘導ブリルアン散乱を統一的に扱うことが可能となり、背景磁場を無視した場合とは成長率や散乱過程の競合の性質が大きく異なることが明らかになった。本講演では、構築した理論の概要と、マグネター磁気圏内における FRB の伝搬・減衰過程に焦点を当てる。具体的には、マグネターの磁場構造が双極子磁場である場合に、広範なプラズマパラメータ領域で FRB が誘導散乱の線形成長段階を経験することを示す。本研究は、FRB の生成および磁気圏内伝搬の両方を統一的に記述するための基盤となる理論的枠組みである。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

W07a NS1987A の直接観測の可能性: 速い ν 冷却の影響

泉啓太 (神戸大学), 土肥明 (理研), 伊藤飛鳥 (神戸大学)

超新星 1987A は、1987 年に大マゼラン雲で発見された超新星である。10 秒以上の超新星ニュートリノ検出などから、その中心には中性子星 (NS) 1987A が存在する可能性が高いとされるが、未だ直接観測には至っていない。近年、ALMA や JWST の観測により、超新星 1987A のダストの中に中性子星由来と考えられる明るい領域 (ブローブ) が発見された。先行研究である Dohi et al.2023 はこのブローブが中性子星の熱的黑体放射によるものと仮定し、中性子星の冷却曲線と ALMA, Chandra, Lynx による観測制限を比較することで、NS 1987A の物理的性質に対する制限を導いた。

しかし、Dohi et al.2023 では Direct Urca (DU) 過程と呼ばれる速い ν 冷却過程を含まない場合に限定して計算が行われた。これは、超新星 1987A の光度曲線から示唆される NS 1987A の質量が、太陽質量の 1.2-1.6 倍程度と比較的軽く、DU 過程が起こらないと予想されるためである。しかしながら、DU 過程が発生する質量と深く結びつくと考えられる、高密度領域での状態方程式 (特に核物質の対称エネルギー) の不定性は大きく、実際に NS 1987A の質量帯においても DU 過程が可能となる状態方程式 (EOS) は存在する。

そこで本研究では、低質量でも DU 過程が生じる Muto et al.2021 の EOS を使い、次世代 X 線観測衛星 Lynx による観測可能性への影響を評価した。その結果、Lynx による観測可能性は DU 過程発生に伴う光度の減少により、一般に低下する傾向が見られたが、観測可能な場合も一定数存在することが分かった。また、DU 過程は、中性子星内部での実現が期待されている中性子・陽子の超流動・超伝導状態に応じて抑制されることが知られている。本講演では、核子の超流動・超伝導転移温度の不定性が及ぼす、NS1987A の観測可能性についても議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

W08a 中性子星のクラストにおける弾性山の最大値と連続重力波

藤澤幸太郎 (東京工科大学), 木坂将大 (広島大学), 小島康史 (広島大学), 土肥明 (理研)

重力波には、すでに検出されている突発的な重力波と、現在のところ未検出の連続重力波がある。連続重力波は、振幅と周波数がほぼ一定で連続的に放射される重力波で、回転軸に対して非軸対称な構造、いわゆる「山」を持つ中性子星が、その放射源の有力な候補天体とされている。

中性子星の外側に位置する弾性的なクラストが非軸対称に歪み形成される山は弾性山と呼ばれ、その最大値は、クラストが弾性限界に達する直前、つまり破壊される直前の状態によって決まる。この大きさは ellipticity ϵ で表される。Ushomirsky et al. (2000) は、力の具体的な分布は考慮せずに、クラスト全体が均一に歪んでいるとの仮定のもとで、最大値 $|\epsilon| = 2.8 \times 10^{-6}$ の値を得た。これに対して Gittins et al. (2021) は、クラスト内部の力の空間分布を具体的に考え、さらにコアとクラストの境界条件を適切に取り込んだ新しい計算手法を開発して計算した結果、弾性山の最大値は $|\epsilon| \sim 10^{-8}$ と、Ushomirsky らに比べて約 2 桁ほど小さい値になった。一方で、Morales & Horowitz (2022) は、Gittins et al. (2021) の計算スキームを用いながらも、力の分布をファインチューニングすることで、 $|\epsilon| = 7.4 \times 10^{-6}$ という最大値を得た。これらの研究は、クラストを歪ませる力の空間的分布に注目して様々な力の分布を試しているが、それぞれの結果を統一的に解釈することは難しかった。

そこで本発表では、弾性山の最大値を決める物理的な要因を明らかにするために、クラストを歪める力を irrotational 成分と solenoidal 成分に分解して解析を行った。その結果、弾性山の最大値には、solenoidal 成分の存在が重要であることがわかった。特に、全体の力のうち数パーセント程度が solenoidal 成分であれば、弾性山の最大値は $|\epsilon| \sim 10^{-6}$ 程度になることが分かった。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

W09a Detection of the Geminga pulsar at energies down to 20 GeV with CTAO LST-1

Paul K. H. Yeung^A, Giulia Brunelli^B, Giovanni Ceribella^C, Ruben Lopez-Coto^D, Alvaro Mas-Aguilar^E, Marcos Lopez-Moya^E, Takayuki Saito^A, for the CTAO-LST Project; ICRR, U. Tokyo^A, INAF Bologna^B, Max-Planck-Inst. Phys.^C, IAA-CSIC Granada^D, IPARCOS-UCM^E

The bulk of emission from the Geminga pulsar is expected at tens of GeV. Out of various telescopes of the upcoming CTAO, the LSTs are the only ones with optimised sensitivity at these energies. We aim to characterise the gamma-ray pulse shape and spectrum of Geminga as observed by the first LST (hereafter LST-1) of the CTAO-North. Furthermore, this study confirms the great performance and the improved energy threshold of the telescope, as low as 10 GeV for pulsar analysis, with respect to current-generation Cherenkov telescopes. We analysed 60 hours of good-quality data taken by the LST-1 at zenith angles below 50°. Additionally, a new Fermi-LAT analysis of 16.6 years of data was carried out to extend the spectral analysis down to 100 MeV. We report the detection of Geminga at 20–65 GeV energies. Of the two peaks of the phaseogram, the second one, P2, is detected with a significance of 12.2σ , while the first one, P1, reaches a significance of 2.6σ . The best-fit model for the spectrum of P2 was found to be a power law with a photon index of roughly 4.5, compatible with the previous results obtained by the MAGIC. The joint fit with Fermi data confirms a preference for a sub-exponential cut-off over a pure exponential one, even though both models fail to reproduce the data above several tens of GeV. The overall results prove that the LST-1 is an excellent telescope for the observation of pulsars, and improved sensitivity is expected to be achieved with the full CTAO-North.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

W10a 一般相対論的数値流体計算による大質量星と中性子星の共通外層進化の解明

櫻井大夕 (早稲田大学), 赤穂龍一郎 (早稲田大学), 山田章一 (早稲田大学)

宇宙に広く存在する大質量星のほとんどは連星系を形成し、やがて中性子星連星やブラックホール連星などのコンパクト連星へと進化する。コンパクト連星は、重力波やニュートリノなどを伴うマルチメッセンジャー現象の主要な源であり、重元素合成にも深く関与している。しかし、その形成過程の鍵を握る共通外層進化は、光学観測や数値シミュレーションの困難さから未解明な点が多く残されている。特に、大質量星と中性子星のようにサイズが著しく異なる連星系では、共通外層進化において中性子星が受ける抗力を定量的に求めることが難しい。

そこで本研究では、一般相対論的流体コードを用いて中性子星とともに動く系において中性子星が降着流から受ける抗力を明らかにした。ただし、中性子星のスケールと降着流のスケールが大きく異なるため、中性子星からの距離に応じて計算領域を分割して計算することで降着流の構造を明らかにした。特に、中性子星からの距離に応じて入れ子構造の衝撃波が形成されることが分かった。さらに、得られた抗力の値からスパイラルラインにおける中性子星に働く抗力のフィッティング公式を求めた。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W11a 大質量連星系の共通外層期に対する 3 次元磁気流体計算

水谷耕介 (大阪大学), 高埴真介 (武蔵野美術大学)

重力波放射を含む高エネルギー現象は近接連星系によって駆動される。近接連星系の形成には連星間距離を効率的に縮める過程である共通外層期が重要であると考えられている (Ivanova et al. 2013)。共通外層期は連星のうち巨星となった星がもう一方の天体を飲み込む現象である。この過程において軌道エネルギーが共通外層部へ移動し、共通外層が膨張・放出される一方で、連星間距離が急激に縮まる。この過程における周連星円盤の形成は、その後の軌道進化を理解する上で重要である。こうした円盤の形成は、共通外層から放出されるガスの速度構造や角運動量分布に依存する。恒星の磁場は軌道進化に直接影響を与えるほど強くはないとされてきたが、角運動量の輸送という観点からは、放出物のダイナミクスに対して無視できない役割を果たす可能性がある。特に共通外層期においては、過去の研究により磁場が大きく増幅されることが示されており (Ondratschek et al. 2022; Gagnier & Pejcha 2024)、それによって効率的な角運動量輸送が起こることが示唆されている。

そこで本研究では大質量星で起こる共通外層期に焦点を当てた 3 次元磁気流体計算を実行し、磁場が放出物に与える影響を調査した。結果として磁場を考慮することで放出物がより大きな角運動量を受け取ることが分かった。これは伴星が主星内部へと落ちる途中で磁場が引き延ばされ、効率的に角運動量輸送が行われたためと考えられる。この結果から磁場の存在により周連星円盤の形成が促進されることが予想される。また磁場を考慮する計算のみにあらず、近接した連星が形成された後でジェットが駆動されることを確認した。発表ではこれらの結果とともに、ジェットの駆動メカニズムについて報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W12a 連星中性子星合体のスペクトル解析による重元素生成量の制限

松林優太, 田中雅臣, 藤林翔, 和南城伸也 (東北大学)

連星中性子星合体では、中性子過剰な物質が放出され、 r プロセスによって重元素が生成される。理論的には、連星中性子星合体からの放出物質として、重い元素を多く含む dynamical ejecta と、重い元素が少ない post-merger ejecta が存在すると考えられている。一方で観測的には、2017 年に観測された連星中性子星合体後の電磁波放射 (キロノバ、AT2017gfo) のスペクトルから、Sr ($Z=38$)、La ($Z=57$)、Ce ($Z=58$) が同定されているが、それらの生成量に関する定量的評価は未だ十分ではない。さらに、多くの先行研究では、密度構造や温度を固定した条件下でキロノバの輻射輸送計算が行われており、そのような仮定が質量割合の推定に与える影響は十分に理解されていない。

本研究では、キロノバのスペクトルに見られる Sr、La、Ce の吸収の深さを再現するために必要な質量割合を推定した。そのために、まず各吸収線に対して P-Cygni プロファイルを計算し、吸収の深さをそれぞれ求めた。次に、LTE 近似のもとで温度と密度構造をパラメータを用いてモデル化し、吸収の深さを再現するために必要な各元素の質量割合を推定した。その結果、質量割合の推定にあたって最も重要な物理的要素は、系の温度構造に大きな影響を及ぼす放出物質の密度構造であることが明らかになった。そこで、放出物質で期待される密度構造の範囲を広く調べた結果、各元素の質量割合は、dynamical ejecta と post-merger ejecta で期待されるいずれの組成比とも整合的であることが示された。本講演では、スペクトルの時系列を用いた解析結果も紹介し、連星中性子星合体における元素合成の検証結果について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W13a MAXI/GSC が検出した 2025 年度前半の突発現象

三原建弘, 河合誠之 (理研), 根来 均, 中島基樹 (日大), 岩切 渉 (千葉大), 芹野素子, 杉田聡司 (青学大), 長島 汀, 菅井春佳, 坪井陽子 (中央大), 松岡 勝 (理研) 他 MAXI チーム

全天X線監視装置 MAXI が前回 (春季年会) から本年度までに発見・検出した突発天体を報告する。前回報告した銀河中心近傍のブラックホール新星 MAXI J1744-294 (2025 年 1 月 9 日発見、ATel 16975, 16983) 以来、現在 (6 月 10 日) までに新たなX線新星の発見はない。

3 月 19 日には 低質量 X 線連星 4U 1608-52 からスーパーバーストを検出した (ATel 17097)。指数関数型減衰の時定数は 2.1 ± 0.1 時間で、MAXI の 3 スキャンの間 (3 時間) に flux は $(3.3 \pm 0.3 \rightarrow 0.7 \pm 0.2) \times 10^{-8} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ に減光し、黒体放射温度は $kT = 1.7 \pm 0.1 \rightarrow 1.3 \pm 0.1 \rightarrow 1.2 \pm 0.3 \text{ keV}$ に cooling した。MAXI は、4U 1608-52 からのスーパーバーストは、2020 年 7 月 16 日に受けて以来 2 度目である。5 月 7 日には 降着ミリ秒 X 線パルサー MAXI J1957+032 からのアウトバーストを検出した (ATel 17170)。これは MAXI により 2015 年 10 月に発見された星だが、その後 2016 年 1 月、2016 年 9 月、2022 年 6 月と同様の数日間の短いアウトバーストが検出されている。2022 年の NICER 追観測により 3.2 ms の自転周期と 3653 s の軌道周期が測定され、ultra-compact X-ray binary であることが分かっている。今期は恒星フレアの検出が相次いだ。RS CVn 型変光星では、3 月 21 日に HR 1099 (ATel 17096)、4 月 15 日に II Peg (ATel 17150)、4 月 17 日に GT Mus (ATel 17151)、5 月 16 日に CF Oct (ATel 17186)、dMe 型フレア星では、6 月 4 日に YY Gem (ATel 17217) の大フレアを報告した。GRB は、GRB 250331A (GCN 39956)、GRB 250527B (GCN 40556) の発生を報告した。今期は、4 月から 6 月 10 日まで重力波天文台が停止していたこともあり、重力波イベントの MAXI X 線上限値の報告はなかった。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W14a MAXI, RXTE, Swift による Be/X 線連星のノーマルアウトバーストの観測

中島基樹 (日本大学)、三原建弘 (理研)、他 MAXI チーム

X 線トランジェント天体のサブグループである Be/X 線連星は星周円盤 (Be disc) を持つ太陽質量の 10 倍以上の Be 星と強磁場中性子星からなる連星系である。中性子星は Be disc からの質量降着により X 線増光することが知られている。この X 線増光は観測されている特徴から、ジャイアントアウトバーストとノーマルアウトバーストの 2 種類に分類されている (Reig 2011, Okazaki et al. 2013)。前者は軌道位相に関係なく発生し、最大 X 線光度は $\sim 10^{38} \text{ erg/s}$ 、継続時間は長いものと数軌道周期を超える場合もある。後者のノーマルアウトバーストは中性子星が近星点付近を通過するとき、Be disc からの質量降着により最大光度 $\sim 10^{36-37} \text{ erg/s}$ の X 線増光が継続時間 0.1-0.5 軌道位相で軌道周期に同期して起きる現象である。このノーマルアウトバーストについて、ピーク軌道位相の時間変化や、最大 X 線光度と継続時間の関係 (Kuhnel et al. 2014) などについて報告されているが、定量的な解析を行う余地がある。今回我々は RXTE/ASM、Swift/BAT、及び MAXI/GSC で観測された 29 年分の全天モニタデータを用いて、6 個の Be/X 線連星から観測された 100 以上のノーマルバーストを解析した。ノーマルアウトバーストのプロファイルを定量的に調べるために、非対称三角形や非対称ガウシアン関数を利用し、増光率や最大光度、増光開始位相などのパラメータを抽出した。それぞれのパラメータの相関の調査から、増光率と最大 X 線光度の間に相関があることを見出した。その相関をべき関数でフィットすると、べきと軌道離心率の間に正の相関があることを発見した。これは軌道離心率の大きな系では近星点付近で降着半径が急激に収縮するため、中性子星まわりのロッシュローブ内のガスが中性子星に向かって落ちやすくなるためであると解釈した。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W15a XRISM と NuSTAR による SS Cyg の広域 X 線スペクトル解析

市川太一 (埼玉大学), 石田学 (ISAS/JAXA), 寺田幸功 (埼玉大学, ISAS/JAXA), 向井浩二, 林多佳由 (NASA/GSFC, メリーランド大学), 木邑真理子 (金沢大学), 武尾舞 (富山大学), 清本拓人 (埼玉大学)

SS Cyg は U Gem 型矮新星のプロトタイプであり、アウトバースト時に約 8 等と明るく、約 50 日の周期で頻繁にアウトバーストを繰り返すため、降着円盤や境界層の物理状態を探る多波長観測の重要な対象となってきた。本研究では、今年春の年会で報告された XRISM 衛星搭載の高分解能分光装置 Resolve による X 線スペクトル解析 (W29a) を受け、XRISM 衛星 (静穏時: 2024 年 5 月 15 - 18 日, 160 ks/アウトバースト時: 6 月 4 - 8 日, 270 ks) および NuSTAR 衛星 (同 5 月 16 - 17 日, 30 ks/6 月 4 - 7 日, 100 ks) による同時観測データを用いて、2 - 40 keV (静穏時) および 2 - 20 keV (アウトバースト時) に拡張した広帯域 X 線スペクトル解析を行った。

静穏時には、光学的に厚い降着円盤内縁と白色矮星の間の境界層で働く強い粘性摩擦によって、降着物質の運動エネルギーが熱に変換され光学的に薄い熱的 X 線プラズマが形成される。解析の結果、スペクトルは衝突電離プラズマ成分とその反射成分を組み合わせたモデルでよく再現され、プラズマの最高温度は従来の推定を上回り $3 \times 10^8 \text{ K}$ に達すると示された。一方、アウトバースト時には降着物質の密度増加により境界層が光学的に厚くなり、放射冷却が効率的に働くため、降着物質の温度は $2 \sim 5 \times 10^5 \text{ K}$ 程度に抑えられるとされる。これに伴い、X 線光度も静穏時に比べ低下する。しかし我々の観測でも従来と同様、理論的な温度を上回る約 10^8 K に対応する熱的硬 X 線成分が検出された。この硬 X 線放射の起源は完全には理解できていない。本講演では、重元素の輝線構造に基づくプラズマの温度分布の調査に優れる XRISM と広帯域の連続スペクトル観測からプラズマの物理状態を推定できる NuSTAR を併せた解析を行い、アウトバースト中の硬 X 線放射の起源について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W16a Investigating Spiral Structures in Accretion Disks of the Novalike Variable, UU Aqr, through Multicolor Eclipse Observations

Gu Yuchng, Makoto Uemura (Hiroshima University)

The mechanisms of mass accretion and angular momentum transport in accretion disk are not fully understood. Although magneto-rotational instability has been successful in theoretical models, obtaining direct observational evidence remains challenging. Numerical simulations have been predicted asymmetric spiral shock waves in disk, suggesting that material in the disk loses angular momentum after impacting the shock waves. Spiral structures have been observed during outbursts of dwarf novae and nova-likes, though their origin remain debated. They may not be shock waves, but rather tidal distortions in the disk. It is believed that if the structures are caused by shock waves, they would exhibit significantly higher temperatures than the surrounding disk. To investigate this, we conducted multi-wavelength eclipse observations of cataclysmic variables to analyze the temperature of spiral structures. A 3D accretion disk and Roche lobe model was constructed, incorporating spiral structures with adjusted temperature distributions. By fitting the model to observed light curves, the possible location and temperature can be inferred. We obtained eclipse light curves of UU Aqr through simultaneous V- and J-band observations using the Kanata telescope at Hiroshima University. In J-band, the magnitude of UU Aqr exhibits a significantly steeper decline at the onset of eclipse compared to the standard accretion disk model. In V-band, the eclipse depth is noticeably greater than that predicted by model, which may indicate the presence of an unknown high-temperature component within disk.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W17b 「すざく」 XIS を用いた激変星 IGR J14536–5522 の測光・分光解析

新井怜児、内山秀樹 (静岡大学)、斉藤俊貴 (静岡大学 / 国立天文台)

IGR J14536–5522 は、INTEGRAL 衛星で発見され (Barlow et al. 2006)、Swift 衛星で激変星候補とされた (Mukai et al. 2006) X 線点源である。可視光観測 (Potter et al. 2009) で 3.15 時間の軌道周期が検出され、特にその偏光から強磁場激変星 (Polar) に分類された。しかしながら、RXTE 衛星による X 線帯域での先行研究 (Butters et al. 2011) では、3.15 時間の周期は検出されず、中間磁場激変星 (Intermediate Polar, IP) としても長めの ~ 3700 s とその整数倍の周期が検出されている。また、比例計数管 (RXTE/PCA) によるエネルギー分解能が低いスペクトルしか報告されていない。本天体の X 線帯域での測光・分光の性質は不明な点が現状多い。

我々は「すざく」衛星搭載 X 線 CCD カメラ XIS のアーカイブデータ (PI: K. Mukai, 2014 年 8 月観測、有効観測時間 39 ks) を解析した。時間解析の結果、Butters et al. (2011) で報告されていた 3746 s の周期は検出されなかった。周波数成分のパワースペクトルは、高周波数になるにつれ、冪約 -1 で連続的に減衰していた。分光解析の結果、激変星で特徴的な 3 本の Fe K α 輝線 (Fe I K α , Fe XXV He α , Fe XXVI Ly α) を、本天体からは初めて分離検出した。Fe I K α , Fe XXV He α , Fe XXVI Ly α の等価幅はそれぞれ ~ 120 eV, ~ 140 eV, ~ 110 eV であり、Fe XXVI Ly α /Fe XXV He α 強度比から推定されるプラズマ温度は $kT \sim 9$ keV であった。これらは IP または Polar としては典型的な値である (Ezauka & Ishida 1999)。一方で Fe XXV He α 輝線には、X 線 CCD カメラのエネルギー分解能より細く見える奇妙な構造が見られた。これは天体起源とは考えにくく、検出器、またはそのデータ処理の不具合に起因している可能性がある。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W18b 成層した Shearing box における降着円盤中のイオン-電子への乱流エネルギー分配比の算出

梶崎太希 (東北大学), 川面洋平 (宇都宮大学, 東北大学), 加藤雄人 (東北大学)

コンパクト天体の周囲には、普遍的に降着円盤が形成される。円盤を構成するプラズマガスは中心天体に降着し、その重力エネルギーを開放することで円盤の加熱や X 線放射を引き起こす。降着円盤におけるこの角運動量輸送とプラズマ加熱の過程は、磁気回転不安定性 (MRI) により駆動されていると考えられている (Balbus and Hawley., 1991)。Sgr A* や M87 の周囲に存在するような高温かつ弱衝突性の降着円盤について、乱流により散逸したエネルギーがイオンと電子に分配される比率は、EHT の観測結果の物理的な解釈に対して大きな役割を果たす (Kawazura et al., 2019)。しかし、これまでの乱流によるイオンと電子のエネルギー分配を扱った研究の多くは、円盤が持つ鉛直方向の成層構造を無視するか、あるいは大幅に単純化している。現実の円盤は重力や圧力勾配等により必然的に成層するため、このとき水平磁場が存在すれば Parker 不安定性を誘起しうる。この不安定性は磁束管を浮上させガスの運動を駆動することで、円盤全体のダイナミクスやエネルギー輸送過程に著しい影響を与える可能性がある。

本研究は、この降着円盤の鉛直成層を、Kawazura et al., 2022 および Satapathy et al., 2024 により提唱された、MRI 乱流加熱の理論へ組み込むことを目的とする。鉛直成層下で MRI と Parker 不安定性が共存し得る系を対象に線形解析を行い、不安定性の固有関数とイオン-電子へのエネルギー分配比を算出する。これにより、降着円盤の鉛直成層が、既存の MRI 乱流加熱モデルに与える影響を定量的に評価し、より現実に即したイオン-電子加熱モデルを構築することを目指す。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W19b 全天X線監視装置 MAXI の観測データの再解析

西尾颯斗, 根来均 (日本大学)

全天X線監視装置 MAXI により、これまで多くの突発現象や突発天体が発見されてきた。しかし、運用初期のデータなど一部のデータに対してはこれまで十分な突発天体探索が行われておらず、突発現象を見逃してきた可能性がある。そこで我々は、過去 15 年以上にわたる全データを再解析するため、これまでのデータをデータベース (PostgreSQL) に登録する作業を行っている。前回の年会では、元データの一部で確認された重複データを処理する際に、データベースに一括登録するための CSV ファイルの生成に時間がかかることから、検出された重複データを Python ライブラリ Pandas の DataFrame から 1 行ずつ削除するのではなく、データベースに登録された重複データを削除することにより、重複データの処理が 1530 倍高速化されたことなどを発表した。

今回、DataFrame の高速処理が可能な Python ライブラリの Polars (<https://pola.rs>) を導入することで、DataFrame を CSV ファイルに書き出す際に用いられていた Pandas の to_csv メソッドの実行時間に比べて、書き出し時間が約 25 倍速くなり、ようやくハードウェアから期待される限界の処理速度に近くなった。また、一部の SSC のデータには 2 つの元のファイルに跨る 10 万レコード以上の重複したデータがあることがわかった。それらをデータベースから削除することにより大量の未使用領域が生じるため、定期的に VACUUM 処理を行いデータベースの肥大化を抑制した。現在、再解析に向けて解析システムへの機械学習の導入に取り組んでいる。機械学習には日大の朝倉敬介の手法を基に、教師あり学習の回帰分析を用いる。これまで試験的に導入している、トリガー画像のフィッティング解析システムの改良に加え、そのフィッティングパラメータを用いて真偽判定を行う予定である。本講演では、これらのデータ登録システムの改良と解析システムの現状について発表する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

W20b 共鳴・同期から探る中性子星の長周期ゆらぎ

中道 晶香 (京産大・共教), 森川 雅博 (理研)

近年、数多くの高速電波バースト (FRB) が発見されており、その中にはバーストを繰り返すものもある。これらの天体はおそらく若く活動的な中性子星であろう。我々は、特に観測データが豊富な繰り返し FRB のバースト時系列に、長周期ゆらぎ ($1/f$ ゆらぎ: 周波数 f に反比例するパワースペクトル) を発見した (BlinkVerse のデータ)。 $1/f$ ゆらぎは、多様な物理系で広範に見られるが、その起源はいまだ完全には解明されていない。本研究では、我々が提案している $1/f$ ゆらぎの統一的起源である「振幅変調説」を、中性子星に適用して検証を行った。この仮説は、複数の振動モードが共鳴・同期することで波のうなりが発生し、結果として超低周波領域に $1/f$ ゆらぎが生成されるというものである。

中性子星は極めて高密度かつ重力が卓越する非線形系であり、多数の固有振動モードが結合・同期する可能性を持つ。本研究では、これを蔵本モデルとその慣性拡張モデルを用いて解析した。その結果、複数の波を重ね合わせた信号の二乗データに対してパワースペクトルが明確に $1/f$ ゆらぎを示すことを確認した。さらに、もし中性子星の固有振動が $1/f$ ゆらぎを作るならば、FRB に限らずさまざまな中性子星が放出する信号にも同様の $1/f$ ゆらぎが見られるはずである。これを検証するため、我々は NANOGRAV による電波パルサー観測データや、MAXI による軟ガンマ線リピーター (SGR) からの X 線観測を解析した。その結果、多数の中性子星放射が $1/f$ ゆらぎを示すことを確認した。これは、 $1/f$ ゆらぎが中性子星に普遍的な性質である可能性を示唆する。

我々はこれまで、地球の地震活動や太陽フレア、ブラックホールなどにみられる $1/f$ ゆらぎも同じ原理で説明してきた。中性子星も同様ならば、「自己重力系の天体は原理的に $1/f$ ゆらぎを示す」という普遍性が導かれる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

W21c 中性子星のスピンとキック同軸性について

中村 航 (福岡大学), 滝脇 知也 (国立天文台), 固武 慶 (福岡大学)

パルサーが発見され、超新星爆発との関連が確認されてから 60 年近くが経過した現在でも、パルサーの初期スピンや固有運動 (キック) 速度の起源は依然として大きな謎に包まれている。観測からは、若いパルサーにおいてスピン軸と固有運動速度が整列する傾向があることが示されている。いくつかの若いパルサーでは、X 線で観測されたパルサーネビュラの対称軸からスピン方向が推定され、それが固有運動の方向と一致していることが報告された。また電波偏光プロファイルの観測からも、スピン方向と速度方向の整列傾向が示唆されている (Helfand, Gotthelf, & Halpern 2001; Wang, Lai, & Han 2006; Yao et al. 2021)。

一方、数値計算の観点からは、様々なグループが空間 3 次元の重力崩壊シミュレーションを実行してその結果を報告しているが、磁場を考慮した最新の計算結果からは必ずしもスピンとキック速度が揃うという傾向は示されていない (Varma, Mueller, & Schneider 2023; Sykes & Mueller 2025)。

本講演では、我々が空間 3 次元 MHD 計算で構築した超新星モデル (Nakamura et al. 2025) を用いて、爆発後に残される中性子星のスピンとキック速度の同軸性について報告する。ZAMS 質量 9-24 太陽質量で初期は回転していない 16 モデルのうち、13 モデルで計算最終時刻でのスピン方向と速度方向の間に整列傾向が現れた。スピンおよびキック速度を生み出す質量降着流との関連について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

W22a 超高光度 X 線パルサー SMC X-3 におけるパルスに伴うスペクトル変動

小川 洸, 松下 恭子, 小林 翔悟 (東京理科大)

自身のエディントン限界光度を超えて輝くパルサーは超高光度 X 線パルサー (ULXP) と呼ばれ、その放射メカニズムは未解明な点が多い。中性子星の磁場に拘束され共に自転する降着流からの放射とそれを区別し、それぞれのスペクトルがいかなる物理モデルで再現できるかを調べるのが重要であり、位相を分割してスペクトル変化を追う解析手法が主に用いられる。本研究では、ULXP SMC X-3 に着目し、急増光し一時的に超エディントンとなった 2016 年の *XMM-Newton* による公開観測データ (10 月 14 日-15 日、露光時間 33 ks) を再解析した。本天体は他の ULXP と比べて近傍 (62 kpc; Haschke+2012) にあるため、光子統計がよく、位相分解解析に最適である。

自転周期 (7.77 sec) で畳み込んだパルス波形は 3 つのピークを持ち、パルス率はエネルギーと共に増加し、7-10 keV で最大 0.35 となった。これは先行研究 (Koliopanos+2018) と矛盾しない。最も変動性の大きい 7-10 keV に対して、他のエネルギー帯域の X 線計数率どうしの相関を調べた。3 つのパルスピークそれぞれでピーク前後の増光時と減光時にデータを分割すると、データ点は概ね直線的に分布した。これは、パルスに伴って変動する放射成分のスペクトル形状が増光中 (減光中) で変化しないことを示唆している。また、 < 4 keV では各パルスピークでデータ点の傾きが異なるのに対して、 > 4 keV で傾きが揃う傾向が得られ、各ピークで変動成分のスペクトル形状は、 < 4 keV で異なることを示している。以上から、磁場に拘束された降着流の視線方向に向かってくる側と遠ざかる側で非対称な放射をしていることが示唆される。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W23a 降着型パルサーの Fe と Ni の K α 輝線の系統的な解析

加藤 寛之, 松永 海, 永井 悠太郎, 榎戸 輝揚, 鶴 剛, 内田 裕之 (京都大学), 高木 利紘 (愛媛大学), 渡辺 伸, 辻 本 匡弘 (JAXA/ISAS), Tim Kallman (NASA/GSFC), XRISM Vela X-1, Cen X-3 PV target team

降着型パルサーは、中性子星と恒星の連星系で、恒星からの質量降着により X 線を放射する。この X 線が周辺物質 (恒星表面、降着円盤、星風など) に照射されることで蛍光輝線が放射される。降着型パルサーの蛍光輝線としては今まで Fe K α 輝線が主に研究されてきたが、原子番号が Fe より 2 大きい Ni の検出例は非常少なく、Vela X-1 (Sako et al. 1999, Amato et al. 2021) や OAO1657-415 (Pragati et al. 2018) など、限られた報告しかない。銀河が進化するにつれて、銀河内の Ni/Fe の個数比は増加する傾向があることが知られている (Kobayashi et al. 2020)。したがって、降着型パルサーにおける Ni/Fe 個数比の測定は、それらが形成された時代の母銀河の化学進化段階を示唆する手がかりとなる可能性がある。日本の X 線天文衛星「XRISM」に搭載されたマイクロカロリメータ「Resolve」は従来の検出器を大きく上回る高いエネルギー分解能を持ち、我々は微弱な Ni 輝線も検出可能になると考えた。前回の発表では (加藤 他 2025 年度日本天文学会春 W22a)、Vela X-1 と GX 301-2 の Fe と Ni 輝線を中心に、解析結果を報告した。本発表では、新たに Resolve で観測された GX 1+4 (PI: 高木利紘、2025 年 3 月 25-26 日に観測)、Her X-1 (JPN-PI: 榎戸輝揚、2024 年 9 月 10-14 日に観測)、Cen X-3 (PV 観測、2024 年 2 月 12-15 日に観測) などを加えた解析結果を報告する。GX 1+4 では、Ni K α 輝線が有意に検出され、フラックスを測定した。Her X-1、Cen X-3 は Ni K α 輝線は有意な検出には至らなかったものの、輝線フラックスの上限値を求めた。また、Fe と Ni の蛍光収率や光電吸収断面積の違いを考慮して両者のフラックス比を評価した結果、Fe と Ni の個数比は太陽組成 (Asplund et al. 2009) と一致した。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W24a Her X-1 の XRISM 観測から明らかにする鉄輝線の放射起源

成田 拓仁, 榎戸 輝揚 (京都大学), Peter Kosec (SAO), 永井 悠太郎, 坂本 洸, 井上 峻 (京都大学), Erin Kara, Claude Canizares (MIT), Daniele Rogantini (University of Chicago), Laura Brenneman (SAO), Ciro Pinto (INAF Palermo), Ruediger Staubert (Tuebingen University), Andrew Fabian (University of Cambridge), Jon Miller (University of Michigan), 山田 真也 (立教大学), 玉川 徹, 青山 有未来 (理研), 辻 本 匡弘, 丹波 翼 (ISAS/JAXA), 小高 裕和 (大阪大学)

ヘラクレス座 X-1 (Her X-1) は、太陽質量の約 2 倍の恒星と中性子星からなる、連星周期 1.7 日の食連星である。中性子星の降着円筒からの X 線放射は、降着円盤や降着流、光学主星などを照らして鉄の蛍光輝線を生じると考えられている。先行研究 (Kosec et al. ApJ, 2022) では、さまざまな幅を持つ鉄輝線 (1σ 幅で ~ 20 eV @ 6.4 keV, ~ 200 eV @ 6.7 keV, ~ 700 eV @ 6.5 keV) が観測され、輝線幅から推定できる速度から、相手の恒星からの降着流や降着円盤・円筒からの放射と考えられていた。しかし放射場所の特定には、中性子星の公転や自転を位相分解し、公転速度に伴うわずかな数十 eV のドップラー偏移を切り分ける必要があり、既存の検出器では難しかった。そこで我々は、XRISM の公募観測 (GO1) 提案を行い、Priority A で採択され、日米の合同チームで観測を行った。観測は明るい main on の位相であった 2024 年 9 月 10-14 日の 4 日間、連星周期の約 2.5 周分をカバーして行われた。XRISM の観測は、食を含む時間変動をとらえ、6.4 keV 付近の低電離の鉄輝線と 6.9 keV 付近の高電離した鉄の吸収線を検出した。さらにこの観測から、中心エネルギー 6.4 keV の低電離の鉄輝線が、輝線幅が 20 eV と 2 eV の 2 成分に分離できることが新たにわかった。我々はこれらの輝線の放射場所の特定のために、公転・自転位相分解した解析も行い、それぞれが異なる位相変化を持つ兆候を捉えた。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W25a ヘラクレス座 X-1 の食やディップ時の輝線と吸収線の XRISM 観測

坂本洗, 成田拓仁, 榎戸輝揚 (京都大学), Peter Kosec(SAO), 永井悠太郎, 井上峻, 松永海, 内田裕之, 鶴剛 (京都大学), 小高裕和 (大阪大学), 山田真也 (立教大学), 辻本匡弘 (ISAS/JAXA), 玉川徹 (理研)

ヘラクレス座 X-1(Her X-1) は、太陽質量の約 2 倍の質量をもつ A 型主系列星と中性子星からなる X 線連星であり、1.24 秒の中性子星の自転周期、1.7 日の公転周期、また降着円盤の歳差運動と考えられる 35 日の周期的な変動が知られている。過去の X 線観測では、15.5 時間ほどの継続時間の食 (eclipse) 位相での観測から、光学伴星のサイズより広がった放射について議論されている (Leahy et al. 2014)。また、食直後の egress 位相の観測から、伴星大気や降着モデルについて議論され (Day et al. 1988)、急激に X 線強度が減少する dip の観測では、降着流と円盤の衝突モデルや、dip の発生条件が議論された (Igna, Leahy et al. 2012)。しかし、これらの先行研究では、検出器のエネルギー分解能の制約で詳細な観測に限界があった。そこで我々は、Resolve の 6 keV で 5 eV という高いエネルギー分解能を誇る XRISM の第一期公募観測に Her X-1 の観測を提案して採択され、2024 年 9 月 10 日から 14 日までの 4 日間に公転の 2.5 周期分をカバーする観測データを得た。この観測中に、26 ks ほどの継続時間をもつ食を 3 回、2 回の egress (それぞれ 29 ks, 3 ks の時間幅)、2 回の dip(9.5 ks, 5.9 ks)、食前に現れる absorption dip を 2 回 (各 6.3 ks) 捉え、2-10 keV のカウントレートは、明るい位相に比べて eclipse では 3%、dip では 30%、absorption dip では 13% ほどにまで減少した。各位相のスペクトルは、6.4 keV に Fe K α 輝線が顕著に検出でき、absorption dip 以外では 6.95 keV に Fe Ly α 輝線、dip では吸収線を観測した。さらに egress では 7.05 keV に Fe K β , dip では Fe He α 、兩位相に 7.1 keV に Fe K 吸収端という今まで見えていなかった輝線や吸収端も捉えた。本講演では食、egress、dip 時における天体周辺の大気や降着流の構造について議論を進める。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W26a 超小型 X 線衛星 NinjaSat によるさそり座 X-1 の長期観測

高橋 拓也 (理研/東理大), 玉川 徹 (理研), 榎戸 輝揚 (京都大), 北口 貴雄, 加藤 陽, 三原 建弘 (理研), 岩切 渉 (千葉大), 沼澤 正樹 (都立大), 武田 朋志 (広島大), 大田 尚享, 青山 有未来, 岩田 智子, 山崎 楓, 土屋 草馬, 中野 遙介, 周 圓輝, 内山 慶祐, 吉田 勇登, 林 昇輝, 重城 新大, 渡部 蒼汰 (理研/東理大), 喜多 豊行 (千葉大), 一番ヶ瀬 麻由 (立教大), 佐藤 宏樹 (理研/芝浦工大), Chin-Ping Hu (彰化師範大/理研), 高橋 弘充 (広島大), 小高 裕和 (大阪大), 丹波 翼 (ISAS/JAXA), 谷口 純太郎 (理研/早大)

さそり座 X-1 は全天で最も明るい X 線源であり、強い強度のため高感度の検出器では観測が難しい。先行研究 (van der Klis et al., 1997) では数 Hz~kHz の準周期振動が確認されているが、このような変動を長期間にわたり追う観測は限られていた。そこで NinjaSat は、kHz 帯における準周期振動の長期モニタを実施することにした。

超小型衛星である NinjaSat は、2-50 keV に感度をもつガス X 線検出器 (GMC) を 2 台搭載し、1 台の有効面積は 6 keV において 16 cm² である。さそり座 X-1 が明るすぎるがゆえに、通常の設定値で観測すると GMC の CPU の処理速度 (800 count/s) 以上のイベントレートになり、観測ができないという問題があった。そこで観測エネルギー帯域を 5-50 keV に限定し、最高光度時でも検出イベント数を 500 count/s 程度に抑えることで、さそり座 X-1 の観測を可能にした。2024 年 6 月から 2025 年 5 月まで定期的にさそり座 X-1 を観測し、4 月には可視光・近赤外望遠鏡の TESS の観測に合わせて約 1 ヶ月の長期同時観測を実施した。Hardness-Intensity Diagram を用いてブランチ分けを行った結果 Flaring Branch で ~113.7 ks, Normal Branch と Horizontal Branch では合わせて ~254.5 ks のデータが得られている。本発表では解析が進んでいる X 線観測の部分を中心に報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W27a X 線スペクトルの高エネルギー分解能時間変動解析によって解明される Cir X-1 の星周環境

厚地風 (東京大学, JAXA), 辻本匡弘 (JAXA), 榎戸輝揚 (京都大学), 海老沢研 (東京大学, JAXA), 堂谷忠靖 (JAXA), Natalie Hell(LLNL), 幸村孝由 (東京理科大学), 志達めぐみ (愛媛大学), 鈴木寛大 (JAXA), María Díaz Trigo(ESO), 山口弘悦 (JAXA), 山岡和貴 (名古屋大学)

若し中性子星連星系である Cir X-1 の X 線スペクトルは、軌道位相に依存して光度や輝線・吸収線の種類が異なる複数の状態を示すことが知られている。2024 年、本天体の光度が最も低い軌道位相 $\phi = 0.9$ 付近に対して行われた X 線分光撮像衛星 XRISM による観測では、電離階数の異なる複数の鉄イオンによる階段状の輝線・吸収線構造が初めて発見された。一方、2025 年、光度の比較的大きい $\phi = 0.3$ 付近に対して行われた XRISM による観測では、中心部からの放射が阻害されないことによって輝線放射が隠れ、前観測とは異なる電離度を持つプラズマによる階段状の吸収線が観測された。本研究では、XRISM の高いエネルギー・時間分解能に着目して、両状態の X 線スペクトルに対してそれぞれ時間変動の RMS スペクトルを作成し、6-7 keV 領域の鉄輝線の分解が可能なエネルギー精度で時間変動のエネルギー依存性を調べた。結果、各スペクトルの時間変動は複数個の連続成分と輝線成分に分離され、降着円盤からの放射を阻害する粗い部分吸収体の存在を支持する証拠が得られた。本発表では、NICER、Ninjasat といった異なるエネルギー領域をカバーする同時観測の結果も用いて、形成初期の降着円盤の振る舞いを考察するうえで重要な系である Cir X-1 のジオメトリについて、得られた制限を述べる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W28a XRISM 衛星による低質量 X 線連星 GX 340+0 の鉄輝線構造の検出

前川正貴, 高橋弘充, 武田朋志 (広島大学), Randall Smith, Priyanka Chakraborty (CfA), Renee Ludlam (Wayne 州立大学), Lia Corrales (Michigan 大学), Elisa Costantini (SRON), Ralf Ballhausen (NASA), Ioanna Psaradaki (MIT), 中川貴雄 (ISAS)

低質量 X 線連星は、伴星の質量が太陽質量ほどの天体であり、コンパクト天体が弱磁場の中性子星のものが存在する。その中で、Color-Color Diagram (CCD) の形が「Z」であることから、現象論的に Z 天体と呼ばれる種族がある。CCD とは、3 つに分けた低・中・高エネルギー帯域のライトカーブに対し、横軸に (中エネルギー帯域)/(低エネルギー帯域) のフラックス比、縦軸に (高エネルギー帯域)/(中エネルギー帯域) のフラックス比をプロットしたものである。Z 天体は光度がエディントン限界に近く、放射圧が降着に及ぼす影響を調べるために最適な天体の 1 つと考えられている。

XRISM 衛星は、2024 年 8 月から 9 月にかけて Z 天体 GX340+0 を 2 回観測した。露光時間は計 3×10^5 ksec ほどである。GX340+0 の平均光度は約 1.4×10^{38} erg/s と、ほぼ中性子星のエディントン限界の光度 (2×10^{38} erg/s) であることが分かった。

1.7–4, 6–8, 10–30 keV の 3 帯域で CCD を作成したところ、「Z」の真ん中の斜めの部分である「Normal Branch(NB)」と、「Z」の下の部分である「Flaring Branch(FB)」が観測された。Reslove のエネルギー帯域が 10 keV 以上にも感度があることにより、FB を識別できた。また、Resolve 検出器の優れたエネルギー分解能 (5 eV @6 keV) により、6–8 keV に鉄輝線の構造を検出することに成功した。本講演では、GX340+0 の HB,FB でのスペクトル変動について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W29a XRISM で探る低質量 X 線連星 XB1916–053 の光電離プラズマ (その 2)

堂谷忠靖 (ISAS/JAXA), Maria Diaz Trigo (ESO), 米山友景 (中央大), 幸村孝由 (東京理科大), 志達めぐみ (愛媛大), 辻本匡弘 (ISAS/JAXA), Elisa Costantini (SRON), Eleonora Caruso (Univ. Amsterdam)

低質量 X 線連星は、晩期型星と中性子星 (もしくはブラックホール) との近接連星系で、質量降着に伴う様々な現象 (dip や X 線バーストなど) が知られている。XB1916–053 は中性子星を含む低質量 X 線連星 (連星周期 50 分) であり、最も連星周期の短い dip 天体の一つである。Dip は、中性子星近傍からの X 線放射が、降着円盤外縁の構造によって一時的に遮蔽される現象であり、降着円盤、特にその外縁部の構造を探る重要な手掛かりになる。Dip 天体では、スペクトル中に高階電離イオンの吸収線が観測されることから、光電離プラズマの存在が推測されている。本講演では、XRISM 衛星により 2024 年 4 月 15–18 日にかけて行われた正味 113 ksec の観測結果について、前回 (2025 年春季年会 W14a) に続き報告を行う。

XRISM による観測期間中、X 線放射 flux は dip と X 線バーストを除きほぼ一定だったものの、最後の半日で約 1.5 倍の増光が観測された。前回は、定常放射のスペクトル中に見られた、He-like および H-like の鉄の吸収線の解析結果について報告した。今回、増光時のスペクトルを調べたところ、H-like 鉄による吸収線 ($\text{Ly}\alpha$) が著しく非対称で、低エネルギー側に裾を引いた形状をしていることが判明した。一方、 $\text{Ly}\alpha_1$ と α_2 は分離していることから、幅の細い吸収線と太い吸収線が重なっていると考えられる。そういう観点で定常放射のスペクトルを見返すと、 $\text{Ly}\alpha$ 吸収線にわずかながら低エネルギー側の裾が確認された。講演では、吸収線のパラメータの光度および連星位相依存性について報告するとともに、吸収線を形成している光電離プラズマの性質について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W30a XRISM 衛星による高精度 X 線分光観測を用いた 4U 1700–37 の輝線解析

伊藤 世織 (東理大), 山田 真也 (立教大), 二之湯 開登, 内田悠介, 幸村 孝由 (東理大), 早川 亮大 (KEK/QUP), 北本 俊二, 小湊 菜央, 金子 真太郎 (立教大), 水本 岬希 (福岡教育大), 玉川 徹, 内山 慶祐 (理研), 佐藤 寿紀 (明治大)

4U 1700–37 は、O 型超巨星を伴星に持ち、軌道周期約 3.4 日で周回する大質量 X 線連星である。X 線光度は $(8\text{--}45) \times 10^{-10}$ erg s $^{-1}$ cm $^{-2}$ と明るく、質量は可視光・紫外線観測により $2.44 \pm 0.27 M_{\odot}$ と推定されており (Clark et al. 2002) 重い中性子星と軽いブラックホールの中間に位置する天体として注目されてきた。X 線天文衛星「すざく」による過去の観測では、べき関数型の連続成分、強い鉄輝線、顕著な吸収構造、さらに強度の激しい時間変動が報告されており (古関 2008 秋季 J42a, 室田 2014 秋季 J118a)、連星 X 線パルサーに共通する性質を示すことが指摘されている。しかし、パルス周期の検出や明確なサイクロtron 共鳴吸収構造の報告はなく、中心天体の正体は未だ謎である。

X 線分光撮像衛星 XRISM は 4U 1700–37 を 2025 年 2 月 10 日から軌道位相 0.47–0.87 の範囲で約 50 ks にわたり観測した。明るい天体であるが、X 線マイクロカロリメータ Resolve により統計的に十分な質の高いデータが得られ、軟 X 線撮像装置 Xtend によっても 2 keV 以下の低エネルギー帯を含む広帯域スペクトルが取得された。高分解能スペクトルの解析から、Fe K α 、Fe K edge、および Fe K β が従来よりも鋭く検出された。Fe K β の検出により、電離度をこれまで以上に高精度に評価できる可能性がある。さらに、7.47 keV 付近に Ni K α を示唆する兆候を初めて捉えた。本講演では、蛍光輝線や吸収構造およびそれらの時間変動など初期観測で得られた特徴について報告するとともに、この天体の素性についても議論したい。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W31a Modeling Circumstellar Disk Emission near Periastron in the Be/Gamma-Ray Binary PSR B1259–63/LS 2883

Atsuo T. Okazaki (Hokai-Gakuen U.), Mark W. Suffak, Rina G. Rast, Carol E. Jones, Peter Quigley (Western U.), Alex C. Carciofi, Tajan H. de Amorim, Amanda C. Rubio (U. São Paulo)

Gamma-ray binaries are a subclass of high-mass X-ray binaries, in which the optical counterpart is either an O-type star or a Be star with a circumstellar disk. PSR B1259-63/LS 2883 is the first such system confirmed to host a pulsar with a relativistic wind. It consists of a Be star and a pulsar in a highly eccentric ($e = 0.87$), long-period ($P_{\text{orb}} = 3.4$ yr) orbit. At each periastron passage, the system exhibits double-peaked light curves across radio, X-ray, and TeV bands, attributed to synchrotron and inverse Compton emission from pulsar wind shocks (e.g., Chernyakova+ 2024). In contrast, emission from the Be disk shows variability at mm (e.g., Fujita+ 2024), near-infrared (Kawachi+ 2021), and optical wavelengths (e.g., van Soelen+ 2016), including enhanced H α emission lasting 30 days after periastron. The physical origin of this disk variability remains unclear.

In this presentation, we report modeling results of the disk emission from PSR B1259-63/LS 2883. We conducted 3D SPH simulations of the interaction between the pulsar wind and the Be star's disk and wind. Using the SPH outputs, we then performed 3D Monte Carlo radiative transfer simulations with the HDUST code (Carciofi & Bjorkman 2008). The simulated H α and NIR emission show temporal variations consistent with observations. We find that the H α variability arises mainly from disk deformation by the pulsar wind, whereas the NIR variability is primarily due to tidal interaction.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W32a 相対論的 SPH 法を用いた高温ガス噴出による加速過程の解析：真空中における三次元相対論的噴出流のモデル化

北島 欽大, 犬塚 修一郎 (名古屋大学)

活動銀河核やガンマ線バーストに代表される天体現象では、相対論的ジェットが広く観測されており、あるいはその存在が予測されているが、それらの噴流を駆動する加速機構の詳細については、依然として明らかになっていない。近年の研究では、ジェットが初期に光速の約 90% に達する速度を持つことで、噴流方向に垂直な膨張により最終的なローレンツ因子が 100 程度まで達する可能性が示唆されている。しかし、そのような高速な初期状態がいかんして達成されるのかについては未だ大きな課題である。

本研究では、我々が新たに開発した特殊相対論的 Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) 法を用い、相対論的高温ガスが真空中に噴出する際の加速過程を数値的に解析した。前回の 2025 年春季年会では二次元系において、静止した高温ガスが真空中に噴出することで光速の 95% 以上まで加速される過程を再現することに成功した。本講演では、これを三次元へと拡張し、空間次元が加速機構に与える影響について検証を行う。特に、三次元における噴出構造の詳細な時間発展について議論する。加えて、三次元相対論的 SPH 法の実装上の工夫や、数値的安定性を確保するための手法についても技術的側面から解説する。本研究は、相対論的ジェットの初期加速機構の理解に向けた重要な知見を提供するものである。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W33a 偏光輸送計算で迫るガンマ線バーストの放射メカニズム

米永直生, 當真賢二, 桑田明日香 (東北大学)

ガンマ線バースト (GRB) とは、大質量星の重力崩壊や連星中性子星合体によって引き起こされると考えられている爆発現象であり、数秒から数千秒間続く即時放射は電磁波として最も明るい放射を放つ。GRB の放射機構は未解明であり、従来のスペクトル解析では光球放射かシンクロトン放射かを区別することは困難であることが知られている。そこでスペクトルとは独立な情報である偏光を組み合わせることで放射機構を解明できることが期待されている。次世代の GRB 偏光観測検出器である POLAR-2 は、30-800 keV 帯で GRB の偏光度が測定可能であり、2027 年の運用開始が予定されている。また光球放射モデルでは、複数の GRB イベントにおいて POLAR-2 の感度域を含む低エネルギー領域 (数 10-100 keV 帯) で偏光度が 20-30% ほどに達する結果が得られている (Lundman et al. 2018)。

本研究では、これまで考慮されていなかった熱的電子によるファラデー消偏光の効果を新たに導入し、偏光輸送計算を行った。その結果、従来の偏光度に比べて特に低エネルギー領域で偏光度が抑制されることがわかった。従来予測との比較を通じてその妥当性や観測可能性についても議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W34a 非一様磁場におけるガンマ線バーストのシンクロトロン放射

岡山璃紗, 田代信, 松尾朋樹, 宮崎穰 (埼玉大学)

ガンマ線バーストの放射スペクトルは、標準的なモデルにおいて大部分はシンクロトロン放射等の非熱的放射で記述される。その形状は2つのべき関数をつないだ Band 関数で再現され (Band et al., 1993)、この放射スペクトルを再現するモデルの一つとして、放射領域の磁場が衝撃波面からの距離とともに小さくなるモデルが考えられている (Zhao et al., 2014)。一方、観測からは減光過程のスペクトル変動にエネルギー依存性があり、単一領域からのシンクロトロン放射では説明がつかないことが示唆されている (Katsukura, 2020)。本研究では、非一様な磁場を想定したシンクロトロン放射モデルを作成し、Band 関数や減光時のスペクトル変動を再現できるか検証した。放射モデルでは、空間に対してべき型に分布する磁場中で、べき型のエネルギー分布を持つ電子群を想定したスペクトルを計算した。また、時間が経過すると放射冷却によって電子の最高エネルギーが小さくなるという条件を加え、減光過程におけるスペクトル変動を調べた。その結果、磁場の空間変化によって、観測された Band 関数型のスペクトル形状や減光時定数のエネルギー依存性を示すことができた。また、再現した Band 関数において、磁場の空間変化によって表現される部分について観測結果との比較を行い、シミュレーションの妥当性や磁場構造について考察する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W35a 電子陽子重元素プラズマ中を伝播する相対論的衝撃波の長期発展

富田沙羅 (千葉大), 大平豊 (東京大), 松本洋介 (千葉大)

コンパクト天体からの相対論的プラズマ噴出流によって生成される相対論的無衝突衝撃波は、高エネルギー天体現象の主要な放射領域の1つである。しかし、衝撃波で生成される熱、磁場、非熱的粒子のエネルギー比やそれを決める物理が未解明であるため、放射モデルを観測と比較する際にはそれらのパラメータを仮定するしかない。これらの物理パラメータを自己無撞着に調べるにはプラズマ粒子 (=Particle-in-Cell, PIC) シミュレーションが用いられるが、多数プラズマ粒子のミクロプロセスを解くために、観測と比較できるほどのスケールまで計算することは困難であった。近年、電子陽電子プラズマ中を伝播する相対論的衝撃波の PIC シミュレーションにて、電子加速と下流磁場の過去最長の時間発展が調べられた (Grošelj et al. 2024)。その結果、先行研究では見られなかった、ガンマ線バーストの観測で期待される非熱的電子と磁場のエネルギー比の値を示唆する結果が得られ、さらなる長時間発展の調査の重要性が示された。しかし、これまでの相対論的衝撃波の PIC シミュレーションでは、衝撃波上流が電子陽子/電子陽電子プラズマの場合を調べており、現実の星間/星周空間に存在する重元素が与えるエネルギー散逸の影響や重元素自身の加速については調べられてこなかった。本研究では、スーパーコンピュータ富岳を用いて、世界初の電子陽子重元素プラズマ中を伝播する相対論的衝撃波の PIC シミュレーションを行い、さらに過去最長の時間発展を調べた。本講演では、電子・陽子・重元素の粒子加速と下流磁場の長時間発展の結果を発表し、特にガンマ線バーストの残光の放射機構について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W36a New GeV Constraints on GRB 221009A

松井理輝 (東北大学)

観測史上最も明るいガンマ線バースト (GRB) である GRB 221009A の理論的解釈は、GRB の物理を理解する上で最も重要な課題の一つである。GRB の理論的解釈は、主に多波長の残光光度曲線を相対論的ジェットによる外部衝撃波モデルで再現する手法に基づいて行われている。GRB 221009A に対しても同様の解析が行われているが、典型的な単純なジェットモデルでは全波長の光度曲線を十分に説明できず、ジェットや周囲環境に複雑な密度構造が必要であると考えられている。しかし、有力な解釈が一つに定まっておらず、いずれのモデルも現象論的であり、外部衝撃波モデルへの依存性が高い。そのため、解釈には依然として疑問が残されている。本研究では、従来の外部衝撃波モデルでは考慮されてこなかった物理過程が、GRB 初期残光の理解に重要であることを提案する。まず、即時放射によってジェット前方の領域に電子陽電子対が生成され、さらに輻射圧によってジェットが掃く媒質が加速されるという効果を、ジェットの動力学に取り入れる。次に、生成された電子陽電子対が即時放射のガンマ線を逆コンプトン散乱し、高エネルギーのガンマ線放射を生成する可能性に注目する。これらの2つの効果によって、即時放射と同時に観測される GeV 帯の初期残光が予言される。GRB 221009A において Fermi/LAT が取得した光度曲線には、そのような初期残光の兆候が見られないことから、爆発周囲の環境に対する新たな制約が導かれた。この結果は、先行研究で提案されたモデルの一部を棄却する可能性を示唆している。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W37a GRB 残光放射解析ツールの開発と成果 - Open Source Julia Package "Magglow"

草深 陽 (宇宙線研究所), 大林 花織 (青山学院大学), 浅野 勝晃 (宇宙線研究所)

ガンマ線バースト (GRB) 残光は相対論的ジェットと星周物質との衝突により生じた先進・逆行衝撃波において荷電粒子が相対論的速度へと加速し、磁場を介して多波長の放射を行う天体現象である。標準的なモデルから逸脱している観測例が全体の半数以上あり、未だ統一的理解はなされていない。我々は、ジェットの磁場と進行方向の幾何学的厚みを考慮した相対論的磁気流体シミュレーションの結果に基づき、先進衝撃波と逆行衝撃波のダイナミクスに関する新たな解析的モデル (Magnetic Bullet モデル) を提唱した。

このモデルでは、ジェットの持つ磁気エネルギーがその静止質量エネルギーを大きく超える場合、磁気圧勾配力によって先進衝撃波が加速していくフェーズが現れる。磁気エネルギーが運動エネルギーへと転換するにつれ、逆行衝撃波がジェット内部を走り始めて加速フェーズが終了する。その後、逆行衝撃波がジェット内部を通過し切った情報が先進衝撃波に伝わるまでは、エネルギーが注入されながら緩やかに減速していくフェーズが続き、最終的に Blandford-McKee 解に漸近していく。

このモデルを用いればこれまで未解明であった初期残光、例えば GRB 221009A に見られた急激に増光していく TeV ガンマ線残光や、半数以上の GRB 残光で報告されている数千秒続く平坦な X 線の残光、さらには GRB 110213A に見られる二重ピーク構造を持つ可視光残光等々を自然に説明する可能性がある。そこで我々は Magnetic Bullet モデルに基づいた残光放射の計算を行う、"Magglow" という Open Source を Julia 言語で開発した。本講演では、"Magglow" の物理モデルの詳細を説明するとともに、モデルの特徴が如実に現れている観測例として、GRB 221009A と GRB 110213A の多波長初期残光を例に挙げて、Magglow を用いた解析結果について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

W38a ジェットの厚みを考慮した、遅く無彩色なピークを示す GRB 残光の理論的解釈

大林 花織 (青山学院大学), 草深 陽 (宇宙線研究所), 浅野 勝晃 (宇宙線研究所), 山崎 了 (青山学院大学)

ガンマ線バースト (GRB) は、相対論的なジェットに起因する電磁波で最大光度の天体現象であり、その中心エンジンや噴出物の詳細な物理は依然として未解明である。Swift 衛星の運用開始以降、多波長にわたる初期残光の光度曲線が高い時間分解能で観測されるようになり、従来の標準的な残光モデルと整合しない事例が多数報告されてきた。特に「無彩色性」「緩やかな増光 (上昇指数 ~ 1)」「遅い最大光度到達時刻 ($\sim 10^3$ 秒)」といった残光の特徴は、長年にわたり外部衝撃波モデルによる解釈を困難にしてきた。一方で、これらの特徴は GRB ジェットの構造やダイナミクスに関する重要な手がかりを与えると期待される。

近年、有限のシェル幅を持つ磁化された相対論的噴出物に対する数値シミュレーションの進展により、ジェットの幾何学的・動力学的効果が残光の形成に大きく寄与することが示されつつある。本研究では、こうしたシミュレーションに基づいて構築された GRB 残光放射解析ツール "Magglow" を用い、上記の特徴を示す GRB 080710 や XRF 080330 などの残光に対して Clustered Nested Sampling 法によるベイズ推定を行った。その結果、噴出物の有限な厚みを考慮することで、観測される複雑な残光の振る舞いが自然に再現されることを示した。本講演では、こうした初期残光の観測的特徴から得られる相対論的ジェットの物理的示唆について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

W39a 超臨界降着流ジェットの内部構造・伝搬機構解明に向けた大領域輻射磁気流体シミュレーション

五十嵐太一 (国立天文台/立教大学), 古山泰成, 山田真也 (立教大学), 町田真美 (国立天文台), 高橋 博之 (駒澤大学), 大須賀健 (筑波大学)

エディントン降着率を超える超臨界降着流では、エディントン光度を超える放射や強力なジェット噴出を伴うことが数値シミュレーションにより示されている (e.g., Takahashi+'16)。SS433 はその代表例と考えられている系内天体で、光速の 26% に達するジェットと、それに伴うドップラーシフトした 2 つの輝線を示す。このジェットは中心星 (ブラックホールまたは中性子星) 半径の 1 億倍程度の距離まで、細く収束しながら伝搬していることが観測されている。従来の輻射磁気流体シミュレーションでは、中心星半径の約 100 倍の領域で磁場によるジェットの収束が示されていた (Takeuchi+'10) が、より大域的な収束・伝搬機構は未解明であった。

われわれは、シミュレーション領域を中心星半径の約 2000 倍まで拡大した輻射磁気流体シミュレーションを行い、ジェットが細く収束しつつ伝搬すること、回転軸付近の高速・低密度層とその外側の低速・高密度層の多層構造になることを示した (五十嵐ら 2025 年度春季年会)。さらなる解析により、軸周囲の高速・低密度層は主に輻射圧により、外側の低速・高密度層は磁場および遠心力により加速されていることがわかった。また、高速のジェット成分はその外側の低速成分によって収束することも確認した。

本講演では、ジェットの内部構造および収束機構に加え、外圧の違いによるジェットの構造変化についても議論する。また XRISM による SS433 の観測との比較に向けて、シミュレーション結果から輝線放射を計算し、ジェットの外層で輝線が強くなることや、観測される輝線の移動を再現できた結果について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

W40a XRISM と Tomo-e Gozen による SS 433 の X 線・可視光同時観測：歳差ジェットと可視光フレアの物理機構の探求

酒井優輔, 山田真也 (立教大), 志達めぐみ, 高木利紘 (愛媛大), 丹海歩 (総研大/国立天文台), 小林翔悟 (東京理科大), 岡田裕太, 上田佳宏 (京都大), 内山秀樹 (静岡大), Robert Petre(NASA/GSFC), 宇宿智哉, 善本真梨那, 上西美悠 (愛媛大), 町田真美 (国立天文台), 五十嵐太一 (立教大/国立天文台), 河合誠之 (東工大), 小谷太郎 (神奈川大), 酒見はる香 (山口大), 三浦大貴 (東大/ISAS/JAXA), 山口弘悦 (ISAS/JAXA), 木邑真理子 (金沢大), 酒向重行, 新納悠 (東大)

SS 433 は、光速の約 0.26 倍に達するバリオンジェットを、約 162 日周期の歳差運動を伴って放出する特異な X 線連星である。この天体では、歳差運動だけでなく約 6.28 日周期の章動によりドップラーシフトしたスペクトルに特徴的な変動が現れることや、円盤起源とされる可視光フレアの存在が報告されているが、いずれもその物理機構はよくわかっていない (e.g., Katz et al. 1982; Burenin et al. 2011)。本研究では、2024 年 4 月 10~15 日および 2025 年 3 月 26~28 日に、XRISM 衛星および木曾観測所 Tomo-e Gozen による X 線・可視光の同時観測を実施した。

X 線では、高電離 Fe や Ni の輝線に、ジェットの歳差運動に加えて章動を示唆する短時間のドップラーシフト変動が確認された。また、可視光のライトカーブ解析では、円盤食中は定常的であったのに対し、食外で 2 回のフレアが観測された。このうち一方では X 線との相関の傾向が見られたが、もう一方では明確な相関は確認されなかった。本発表では、X 線・可視光同時観測を通じて得られた結果に基づき、歳差ジェットおよび可視光フレアの特徴について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W41a SS433/W50 におけるジェットと周辺物質との相互作用

井上 一 (JAXA 宇宙科学研究所)

はじめに、細く絞られたジェット流が周辺物質の中を走る場合の、ジェットの先端部の構造を考察した。ジェット先端部は周辺物質に接触し、周辺物質が前方に押されて前方衝撃波が生じる一方、減速したジェット物質先端部に後方からのジェット物質が追突して後方衝撃波が生じる。この前方衝撃波と後方衝撃波に挟まれた領域には顕著なガス圧が生じ、その圧力によってそこに流入してきた周辺物質とジェット物質は進行方向に垂直な方向に押し出される。その結果、ジェット先端部では、前後から流入してきた周辺物質とジェット物質が横向きに出ていく定常的な状態が作られると考え、その簡易的なモデルを構築した。次に、SS433 からのジェットが W50 (半径 50 pc 程度の SNR と想定) とその周りの ISM を通過する場合の状況を考察した。SNR、ISM の密度とジェットの密度分布を適当に仮定して上のモデルを適用すると、10 から 100 pc 程度の距離にいる時のジェット先端部では周辺物質密度がジェット密度を大きく上回り、ジェット先端部はもとのジェット速度の 1/10 程度で進み、先端部からはジェットが運んできたエネルギー流量の 6-7 割が周辺にばらまかれることがわかる。周辺空間に出ていくエネルギー流は弓状衝撃波となってまわりに伝搬していくと考えられるが、SS433 のジェットは歳差運動をしているので、歳差運動コーン内側に出た衝撃波は歳差運動軸に集中していくこととなる。その結果、歳差コーン内の周辺物質は歳差運動軸周りに圧縮されて集められそこにジェットの放出エネルギーが蓄積されることが期待される。「SS433/W50 では、ジェット先端部は、歳差運動を保ったまま、すでに星間空間に出て行っており、SNR 物質が歳差運動軸周りに履き寄せられた結果が X 線で観測される lobe であり、ISM が履き寄せられた結果が東西に突出した電波 lobe である」と考えると、観測結果を概ね説明できる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W42b GPU 対応一般相対論的輻射磁気流体コード UWABAMI の開発と性能評価

高橋博之 (駒澤大学), 小林諒平 (東京科学大学), 額田彰 (筑波大学), 朝比奈雄太 (駒澤大学, 筑波大学), 朴泰祐 (筑波大学), 大須賀健 (筑波大学)

ブラックホール降着円盤の理解には、プラズマ、輻射、相対論効果を矛盾なく取り扱う数値シミュレーションが不可欠である。我々は、一般相対論的輻射磁気流体コード UWABAMI を開発し、ブラックホールや中性子星の降着円盤の理解に一定の成果を上げてきた (例: Takahashi et al., 2016)。しかし、輻射とガスの相互作用は強い非線形性を持つため、計算コストが高く、降着円盤の長時間発展や大局的構造の追跡は困難であった。

そこで本研究では、CUDA Fortran および CUDA-aware MPI を用いて GPU 演算に対応した UWABAMI コードを開発した。基礎となるコードは Fortran + MPI によって記述された従来の UWABAMI であるが、メモリアクセスの最適化、小規模な CUDA カーネルの統合、さらに CUB ライブラリの利用により高速化を図っている。

本コードと従来版 UWABAMI を、筑波大学計算科学研究センターが運用する Pegasus (CPU: Intel Xeon Platinum 8468 × 1, GPU: NVIDIA H100 Tensor Core × 1) 上で比較した。使用したグリッド数は $(N_r, N_\theta, N_\phi) = (360, 180, 64)$ である。その結果、1 ノードあたりの計算では従来の UWABAMI と比較して約 39 倍の高速化を達成した。さらに、ストロングスケーリングによる並列性能評価では、2 ノードで 97%、8 ノードで 83%、32 ノードで 61% と、並列計算において高いスケーラビリティが確認された。

本講演では、本コードの実装の詳細および性能評価について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W43a 超新星フォールバック降着流による原始中性子星磁場の埋没のための必要条件

井上壮大 (東京大学), 高棹真介 (武蔵野美術大学), 樫山和己 (東北大学), Zhong Yici (カリフォルニア工科大学), 高橋博之 (駒澤大学)

系内で観測される孤立中性子星は、そのエネルギー源により大まかに回転駆動型パルサー、マグネター、Central Compact Object (CCO) に分類されるが、その多様性の起源は未解明である。中でも CCO の双極子磁場強度 ($\sim 10^{10-11}$ G) は他の 2 種族に比べて弱く、形成機構はまだよくわかっていない。CCO 形成機構として、超新星フォールバック降着流が原始中性子星磁場を星内部に埋め込むというシナリオが有力視されている (e.g., Shigeyama & Kashiyama 2018)。しかし、そのために必要なフォールバック質量 M_{fb} やフォールバック時間 t_{fb} は依然不明である。そこで我々は、ニュートリノ冷却を考慮しつつ、磁化した原始中性子星への超新星フォールバック降着流の高解像度な 1 次元一般相対論的磁気流体力学シミュレーションを実施した。2024 年秋季年会では、ニュートリノ冷却が磁気圏半径付近で効果的に働くことで、磁気圏上空に発生する降着衝撃波が停滞し、やがて後退する様子を報告した。また、衝撃波が停滞するタイムスケールがニュートリノ冷却が効果的に働くタイムスケールと合致することも示した。本発表では、CCO が形成されるための必要条件を導出した結果について報告する。CCO が形成されるためにはニュートリノ冷却がフォールバック時間内に効果的に働く必要がある。これは、衝撃波が停滞するタイムスケールがフォールバック時間よりも短くなる必要があることを意味する。この条件から、原始中性子星磁場強度が 10^{13} G の時、CCO が形成されるためには少なくとも $M_{fb} > 10^{-6} M_{\odot} \text{ s}^{-1}$ および $t_{fb} < 10^3$ s を満たす必要があることを見出した。講演では、必要条件の中性子星半径依存性や、衝撃波が停滞する時点での磁気圏半径および衝撃波半径と無矛盾な解析解についても説明する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

W44a ブラックホールを形成する場合の超新星爆発の計算

森 正光 (沼津高専)

重い星の最期の爆発である超新星爆発は、その後に中性子星やブラックホールを形成する。また、ニュートリノや重力波を放出することから、マルチメッセンジャー天文学の重要な対象であり、理論研究が活発に行われている。現在、世界各地の研究グループが超新星爆発のニュートリノデータベースを構築しているが、その多くは中性子星を形成する比較的軽い星に注目している。しかし、ブラックホールを形成する形成場合は、中性子星以上の高温、高密度環境と一般相対論を考慮した計算が必須であるため計算が難しく網羅的な計算が行われていない状況である。本研究では、1 次元一般相対論的ニュートリノ輻射輸送を行い、ブラックホールを形成する場合の超新星爆発について計算を行う。将来的なブラックホールを形成する場合の計算データベースの構築を目指し複数の親星についてコンパクトネスや状態方程式の違いについて議論を行う。また、銀河系内で超新星爆発が起こったと仮定をして、地上でのニュートリノ望遠鏡では、ブラックホールを形成する場合に中性子星を作る場合とどのような信号の違いがあるのかについて議論を行う。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)W45a ^{56}Ni の核崩壊 MeV ガンマ線を通じて見る対消滅不安定型超新星爆発

澤田涼 (東京大学)

対不安定型超新星爆発 (PISNe) は、ヘリウムコア質量が $65M_{\odot}$ を超える大質量星で予測される熱核暴走爆発であり、大量の放射性 ^{56}Ni (極端な場合、 $M(^{56}\text{Ni}) \sim 60M_{\odot}$) を生成する。その観測的特徴を調べるため、背景媒体と光子源の分布に球対称性を仮定したモンテカルロ放射輸送コードを開発し、 $^{56}\text{Ni} \rightarrow ^{56}\text{Co} \rightarrow ^{56}\text{Fe}$ の崩壊連鎖から放出されるガンマ線と硬 X 線放射のシミュレーションを実施した。 $130M_{\odot}$ のヘリウムコアモデルにおける ^{56}Co の崩壊から生じる主要なガンマ線線 (847 keV および 1238 keV) は、次世代の MeV ガンマ線望遠鏡により $\sim 300\text{Mpc}$ まで検出可能であることが判明した。一方、 $100M_{\odot}$ モデルからの信号は検出限界以下に留まる。理論的予測と観測的制約を考慮して、300 Mpc 以内での PISN 発生頻度は年間約 0.01-0.1 件と推定される。今後 10 年間のガンマ線観測のターゲットとしての実現可能性を強調したうえで、我々の結果は PISNe のガンマ線追跡観測のテンプレートとなる。本講演では本研究成果の詳細を述べる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

W46a 間欠的 X 線連星ジェットとジェット自身が生成する乱流場との相互作用の 2 次元数値計算

丹海歩 (総合研究大学院大学/国立天文台), 五十嵐太一 (立教大学/国立天文台), 町田真美 (国立天文台)

X 線連星で観測される双極ジェットは、降着円盤を通じてコンパクト天体に質量が流れ込むことで噴出する。GRS 1915+105 をはじめとする X 線連星では、X 線の時間変動観測を通じて間欠的なジェット放射が確認されてきた (Belloni et al. 2010)。これは、降着円盤の不安定性や恒星からの質量降着率の変動に起因すると考えられている (Janiuk, Czerny, & Siemiginowska, 2000)。ジェットが通過すると、それに伴う衝撃波やバックフローによって媒質に乱流が形成される。後続のジェットは先行ジェット塊 (blob) が形成した非一様な環境中を通過するため、ジェットの構造や進行に影響を与えられと考えられる。しかし、これまでの研究は中心天体近傍の計算 (Čemeljić et al. 2022) が主であり、間欠的ジェットの伝播を長距離追跡するような数値計算は計算資源を要するため行われていない。本研究では、Kolmogorov 型の乱流スペクトルをもつ速度場をあらかじめ外部媒質に与えることで先行 blob が形成する乱流場を模擬し、そこに定常的にジェットを噴出させる 2 次元 MHD 数値シミュレーションを行った。数値計算には公開 MHD コードである CANS+ (Matsumoto et al. 2019) を用いて、空間 5 次精度という高精度な数値計算を行った。初期条件として、背景媒質の乱流速度の最大値と注入するジェットの速度の比を、(I) 静的な場合、(II) 速度比 0.01、(III) 速度比 0.001 の 3 モデルの計算を行った。その結果、外部媒質が乱流を含む場合には、ジェットビーム内部に形成されるマッハディスクが破壊されることが確認された。さらに、ジェットにより圧縮された ISM 領域において衝撃波構造が形成される様子が初めて確認された。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W47a 天体プラズマ汎用的 Particle-in-Cell シミュレーションコード

松本洋介 (千葉大学), 天野孝伸 (東京大学), 岩本昌倫 (神戸大学), 寺境大樹 (コロンビア大学), 銭谷誠司 (オーストリア宇宙科学研究所), 横山将汰 (千葉大学)

粒子加速といった高エネルギー天体物理現象の理解を目的として、プラズマの第一原理に基づく Particle-in-cell (PIC) シミュレーションが近年その活用範囲を広げている。しかし、広く利用されている磁気流体 (MHD) シミュレーションに対して計算コストが非常に大きく、スーパーコンピュータの利用が必須である一方、整備された PIC コードが公開されるようになってきたのは世界的にも近年のことで、国内においては個別に開発が行われている状況が続いていた。

そこで、「富岳」を始めとするスーパーコンピュータ上で効率的に計算を行うことが可能な、SIMD 最適化及びハイブリッド並列化された PIC コード-WumingPICを開発し公開を行った (<https://github.com/WumingCode/WumingPIC>)。本コードには天体物理で広く研究される「磁気リコネクション」「衝撃波」「ワイベル不安定」の課題設定が 2 次元、3 次元計算用にあらかじめ用意されており、これらのモジュールをベースに研究を容易に展開できる。並列計算結果の解析でしばしば課題となるデータ形式については、MPI-IO による並列データ出力ファイルと JSON メタデータを元に、ポスト処理による HDF5 形式へのデータ変換を行うことで、標準的な解析ソフトウェア上で容易に解析できる環境を整えている。2 次元、3 次元計算のデータ解析用に Python 言語をベースとした解析スクリプト、Python 外部ライブラリを用いた 3 次元可視化例、などが用意されている。また、Slack によるユーザーコミュニティが形成されつつある。本発表ではこれらコードの詳細と近年の応用例を紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W48a 潮汐破壊現象の電波フレアとイメージ

松本達矢 (東京大学)

潮汐破壊現象とは、銀河中心に存在する超巨大ブラックホール (BH) に接近しすぎた恒星が BH の潮汐力により破壊される現象である。観測的には系外銀河の中心で発生する突発天体としてこれまで可視光、X 線、電波などで 100 天体ほどが検出されている。また、ごく一部の天体はエディントン光度を遥かに上回る明るさで輝き、また短時間の変動を示すため相対論的なジェットが駆動されていると考えられている。

最近では、潮汐破壊現象の発生から 1000 日以降に電波で急激に明るくなる現象 (後期電波フレア) が多数報告されている。これらはアウトフローと周囲の物質が相互作用してシンクロトロン放射で輝くと考えられているが、どのようなアウトフローが関わっているのかはよくわかっていない。そこで、本研究では相対論的なジェットをアウトフローとし、これを大きな見込み角から観測した場合 (off-axis jet) に後期電波フレアとして観測される可能性を考察する。これまでの研究により、off-axis jet は後期電波フレアの光度曲線をうまく説明することが示されているが、このシナリオをより直接的に確認するには電波干渉計を用いた VLBI 観測が非常に有力となる。そこで、本講演ではジェットの電波によるイメージを計算した結果を報告する。特に、off-axis jet シナリオでは電波光源が超光速で運動することが観測できる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W49a Lense-Thirring 歳差運動を伴う降着流とジェットの高波長光度曲線

川島 朋尚 (一関高専), 大須賀 健 (筑波大), 高橋 博之 (駒澤大)

ブラックホールのスピン軸と揃っていない回転軸を持つ降着流では、Lense-Thirring 歳差運動と呼ばれる時空の引きずり効果による歳差運動が起こると考えられている。降着流の Lense-Thirring 歳差運動は、近年の東アジア VLBI 観測網による M87 のジェットの観測や恒星質量ブラックホールの X 線観測の順周期的振動からも示唆されている。しかし、歳差運動する降着流と付随するジェットの観測の特徴は依然としてよくわかっていない。我々は、UWABAMI コードによる一般相対論的磁気流体シミュレーションおよび一般相対論的多波長輻射輸送コード RAIKOU を用いて、主に電波における光度曲線計算と解析を実施してきた (2023 年秋季年会)。

今回、我々は RAIKOU コードの高速化に成功し、LT 歳差運動を伴う降着流と相対論的ジェットの電波からガンマ線までの多波長スペクトルの長時間変動を計算することができた。一般相対論的磁気流体モデルには、無次元スピン・パラメータ $a_* = 0.9375$ および初期傾斜角 (ブラックホール・スピン軸と降着流回転軸のなす角度) 15 度を仮定して得られたシミュレーション・データを用いた。ブラックホール質量は太陽質量の 10 倍を仮定した。計算の結果、赤外線ではシンクロトロン吸収により光度の時間変動の振幅は抑えられる一方で、紫外線以上の周波数帯域で 5 倍程度、X 線・ガンマ線では 10 倍程度の光度変動が見られた。また、ブラックホール・スピン軸と観測者視線方向の成す角度が 45° 程度のとき、紫外線から軟 X 線帯域において、Lense-Thirring 歳差運動に起因すると考えられる長周期 (ブラックホールの light crossing time の約 10^4 倍) の変動の兆候も見られた。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

W50a 機械学習を用いたブラックホールの質量降着率と磁束の推定

松藤勇希 (筑波大学), 朝比奈雄太 (筑波大学・駒澤大学), 大須賀健 (筑波大学), 芳岡尚悟 (京都大学・筑波大学), 高橋博之 (駒澤大学)

銀河ひいては宇宙の進化の理解には、活動銀河核ジェットによるフィードバックの解明が必要不可欠であるが、この機構については未解明の点が多い。ジェットの駆動には質量降着率やブラックホールに突き刺さる磁束の重要性が示唆されている (e.g., Narayan et al. 2022, Curd et al. 2023)。しかし、これらは直接観測できないため、その推定には不確かさが残っている。

そこで本研究では、ジェットの放射光度と運動エネルギー光度から、ブラックホールの質量降着率及び磁束を推定する機械学習モデルを構築した。具体的には、一般相対論的輻射磁気流体力学計算によって得られたブラックホールジェットの時系列データを教師データとして、勾配ブースティング決定木手法である Lightgbm による学習を行った。推定精度を定量的に評価した結果、質量降着率および磁束ともに決定係数 0.99 という高い精度で推定することに成功した。この結果は、ジェットの光度変動がブラックホール近傍の物理状態を強く反映しており、本モデルがその非線形な因果関係を的確に学習可能であることを示す。本研究は、ブラックホール近傍の直接観測が困難な重要物理量を、ジェットの放射光度と運動エネルギー光度から高精度に推定する新たなアプローチを提案するものである。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

W51a 一般相対論的效果を考慮したブラックホールジェットへのプラズマ供給

及川凜, 當真賢二, 木村成生 (東北大学)

活動銀河核や X 線連星、ガンマ線バーストなどの高エネルギー天体では、ブラックホール近傍から細く絞られて噴出し光速近くまで加速されたプラズマ流 (相対論的ジェット) が観測されている。ジェットのエネルギー源は、ブラックホールの回転エネルギーを磁場を介して引き抜く Blandford-Znajek 過程が基本理論として知られているが、ジェットとして噴出するプラズマの起源は未だ明らかでない。

近年の一般相対論的磁気流体シミュレーションにより、ブラックホールを取り巻くガスが降着円盤を形成し、その周囲に磁気圏を形成する場合、ブラックホール近傍で大規模な磁気リコネクションが起こることが示された (Ripperda et al. 2022)。このリコネクションで加速された電子陽電子のシンクロトロン放射から生じる高エネルギー光子による電子陽電子対生成が、ジェットのプラズマ起源となり得ることが解析的に示されている (Kimura et al. 2022)。しかし、この見積もりでは、反応する光子が全て正面衝突すると仮定しており、曲がった時空における光子軌道や光子場の非等方性も考慮されていない。また、生成される電子陽電子対の空間分布や速度分布についても詳細な議論はされておらず、ジェットのプラズマ起源として十分であるかは依然として不明である。

そこで我々は、一般相対論的效果と光子場の非等方性を取り入れたプラズマ供給のモデル構築を行った。レイ・トレーシング法を用いて、曲がった時空における光子軌道と衝突角度を考慮し、磁気リコネクションにより注入される電子陽電子対の空間・速度分布を求めた。その結果、注入されるプラズマ量は過去の解析的計算より一桁程度少なくなるが、ジェットのプラズマ量は十分説明できることがわかった。また、供給されるプラズマはリコネクション領域近傍に集中することもわかった。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

W52a X線天文衛星すざくを用いたマイクロエーサー V4641 Sgr のスペクトル解析

野中志織, 山内茂雄 (奈良女子大学)

V4641 Sgr は 1999 年に発見されたマイクロエーサーで、B9III 型の伴星と連星系をなす低質量 X 線連星 (LMXB) である。数年に一度の頻度で激しい X 線アウトバーストを起こすことで知られており、昨年 9 月にもアウトバーストが観測された (Negoro et al. 2024, ATel, #16804)。X 線天文衛星 Chandra による 2004 年の観測ではふたやまの構造をもつスペクトルがみられ、強い吸収を受けた透過成分が存在する可能性が報告された (Morningstar et al. 2014, ApJ, 786, L20)。また、同衛星による 2020 年のアウトバーストの観測では、高階電離した鉄の He-like 輝線および Hydrogen-like 輝線、そしてケイ素の He-like 禁制線が検出され、天体周囲に光電離プラズマが存在する可能性が示唆されている (Shaw et al. 2022, MNRAS, 516, 124)。

本研究では、X 線天文衛星すざくによる 2014 年のアウトバースト観測のスペクトル解析を行った。X 線 CCD カメラ XIS および硬 X 線検出器 HXD を用いて広帯域で解析を行い、V4641 Sgr の X 線放射の特徴を調べた。その結果、スペクトルは降着円盤からの多温度黒体放射のみでは説明できず、ハードテール成分の存在が確認された。硬エネルギー側のスペクトルに盛り上がりは見られず、強い吸収を受けた透過成分は認められなかった。降着円盤の内縁温度はおよそ 1.5 keV と求められた。6.7 keV および 6.97 keV の高階電離の鉄輝線が検出され、He-like 輝線よりも Hydrogen-like 輝線の強度が顕著に強いことが明らかとなった。さらに、ネオンおよび硫黄の Hydrogen-like 輝線も検出された。これらの高階電離の輝線と円盤温度から、V4641 Sgr の周囲には光電離プラズマが存在することが確認できた。

本講演では、これらの解析結果に基づいて V4641 Sgr の X 線放射の形態について詳しく議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

W53a マイクロエーサー V4641Sgr の 25 年間の X 線長期モニタ観測 (II)

山岡和貴 (名古屋大), 川口俊宏 (富山大), J.A. Tomsick (UC Berkeley), Z. In 't Zand (SRON), M.L. McCollough (CfA), V. Bosch-Ramon (Univ. de Barcelona), S. Trushkin (SAO), 中平聡志 (JAXA)

前回 2025 年春季年会の講演 (山岡、川口他) に引き続きマイクロエーサー V4641 Sgr について主に 6-7 keV にみられる強い鉄輝線の特徴に的を絞って報告する。マイクロエーサー V4641Sgr は 1999 年 2 月に BeppoSAX と RXTE 衛星で発見されたブラックホール天体で、同年 9 月に X 線強度でかに星雲の 12 倍に及ぶ巨大アウトバーストをおこし、その後 1 日で静穏状態に戻った謎の天体である。最近では HAWC や LHAASO で TeV ガンマ線が検出されるなど、宇宙線加速源としても注目を集めている。我々は 1999 年以降 1-2 年間隔で起こすアウトバーストについて 25 年以上に渡る長期 X 線観測データを集約し、天体の時間変動やスペクトルの特徴を調べている。春季年会では、Eddington 比の時間変化などから一見 High/Soft 状態のように見える熱的な X 線スペクトルが完全電離した電子の散乱体によって 2-3 桁減光しているシナリオを提唱した。

今回、過去の X 線データの精査からアウトバーストによらず鉄輝線は常に存在しており、Suzaku、NICER、XRISM では 6.4、6.70、6.96 keV の鉄 K 輝線が検出されていることを見出した。それぞれ冷たい鉄、He-like、H-like まで電離した鉄によるものである。Swift/XRT や NuSTAR でも鉄輝線が検出されているが、エネルギー分解能が悪く分離できていない。さらにこれらの鉄輝線の flux、およびそれらの間の強度比が連続成分の flux に比例して増えることが明らかにできた。このことは鉄輝線を出すプラズマが光電離によって電離が進むことを示唆している。特に H-like な鉄の flux が He-like な鉄に比べて最大 3 倍と相対的に大きく、大きな電離パラメータ ($\xi > 4$) をもつことが示唆される。本発表では常時存在している光電離プラズマの物理量や起源について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

W54a ブラックホール近傍への低角運動量ガスの超臨界流入による超エディントン放射

中尾颯吾 (筑波大学), 大須賀健 (筑波大学), 高橋博之 (駒澤大学), 朝比奈雄太 (駒澤大学, 筑波大学)

潮汐破壊現象や超高光度 X 線源では、ブラックホール周囲でエディントン光度を超える放射が発生している可能性があるが、そのメカニズムは十分に解明されていない。可能性の一つとして、角運動量の小さいガスがエディントン限界を超える流入率でブラックホール近傍に流れ込んでいる (超臨界流入) というシナリオがあり、このような状況では一般相対論や磁場に加えて輻射の影響も考慮した研究、すなわち一般相対論的輻射磁気流体計算が不可欠である。しかし、低角運動量ガスの超臨界流入を対象とした一般相対論的輻射磁気流体計算はこれまでほとんど行われていない (非相対論の範疇では Okuda&Singh 2021 がある)。

そこで我々は、2 次元軸対称の一般相対論的輻射磁気流体力学シミュレーションを実施し、ブラックホール周囲への低角運動量ガスの超臨界流入におけるガスの流れと観測的性質を調査した。具体的には、ブラックホールから十分離れたトラス状の領域から低角運動量のガスを連続的に注入した。磁場はポロイダル磁場を設定した。その結果、流入ガスの比角運動量が $4r_g, 5r_g, 7r_g$ で、流入率が $10^3 L_{\text{Edd}}/c^2$ 以上の場合、光度がエディントン光度を超えることがわかった。ブラックホールへの降着率はさほど大きくないものの、円運動半径 (流入ガスが角運動量を保存した状態で円軌道に移ると仮定したときの半径) 付近で発生する衝撃波を通じ、重力ポテンシャルが輻射エネルギーに転換されるためである。さらに、流入率が $10^3 L_{\text{Edd}}/c^2$ を超えるとスリム円盤が予測する光度を上回ることも確認された。これらの結果は、低角運動量ガスの超臨界流入が潮汐破壊現象や超高輝度 X 線源といった高光度天体の駆動源となりうることを示唆するものである。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

W55a Making the invisible visible: Magnetic Fields in Accretion Flows Revealed by X-Ray Polarization

Barnier Samuel, Chiba University ; Done Chris, Durham University

The advent of X-ray polarization, marked by the launch of IXPE in 2021, has redefined the X-ray astronomy field. IXPE has yielded significant insights into the structure of black hole accretion flows. However, despite substantial results, certain constraints remain unexplored. Faraday rotation is a natural occurrence when polarized waves traverse a dense and magnetized region. Here, we show why Faraday rotation can not always be neglected for X-ray photons escaping a stellar mass black hole's magnetized accretion flow. We will explore its effects on the unresolved polarized beam observed by IXPE. And finally, we will highlight how this phenomenon provides the first observational constraints on the magnetic field strength and structure within a stellar mass black hole's accretion flow, making the invisible visible.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W56a Quasi-Periodic Eruption のマルチメッセンジャー観測可能性

鈴口智也, 大宮英俊, 武田紘樹 (京都大学)

Quasi-Periodic Eruption (QPE) は、系外銀河の中心で準周期的な X 線バーストが見られる現象であり、2019 年の初発見以来、現在までに約 10 例が報告されている。QPE の起源は未解明であるが、中心超巨大ブラックホール (Supermassive Black Hole; SMBH) の周りを公転する天体が降着円盤との衝突時に放射を出す、というシナリオが有力である。伴星がコンパクト天体であった場合、当該システムは重力波源にもなり、将来の宇宙重力波観測の主要なターゲットになっている。すなわち、QPE はマルチメッセンジャー天体になり得る。

本講演では、将来の重力波・電磁波観測を想定し、QPE のマルチメッセンジャー観測可能性について調べた研究 (arXiv:2505.10488) に関する発表を行う。具体的には、重力波干渉計の感度が良い (0.2–2)mHz 帯の軌道周波数を持つシステムを考え、先行研究に基づいてモデル化した電磁波放射の観測量を計算することで、電磁波・重力波での同時観測可能性の高いパラメータ範囲を調べた。その結果、軌道周波数が 1mHz 程度の場合が最も同時観測の可能性が高いことがわかった。これは、重力波観測が高周波側で感度が良いのに対して、電磁波観測は低周波側で感度が良いことに起因している。また、重力波干渉計の標準的な稼働時間 4 年を仮定すると、観測される源の個数が $\mathcal{O}(0.1)$ であることもわかった。したがって、mHz 帯の重力波観測を想定したとき QPE はマルチメッセンジャー天体としてはレアな部類になる。QPE の電磁波・重力波同時観測を実現するには、より低周波の μHz 帯の重力波観測が必要になる。本講演ではこれらの結果と将来展望について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W57a 歳差運動する超臨界降着円盤シミュレーション：トーラスサイズ依存性

朝比奈雄太 (駒澤大学、筑波大学)、高橋博之 (駒澤大学、筑波大学)、大須賀健 (筑波大学)

ブラックホール (BH) へのガスの降着は重力エネルギーを解放し、質量降着率が高い場合には多大なエネルギーが放出され、ジェットや輻射のエネルギー源になると考えられている。恒星質量 BH のエディントン限界光度を超える明るい天体で X 線光度の準周期的変動が観測されており (Atapin et al. 2019)、その原因の一つとして降着円盤の歳差運動が挙げられている。我々はエディントン限界光度を超えるような強輻射場を考慮した、一般相対論的な時空の引きずり (Lense-Thirring 効果) によって歳差運動する超臨界降着円盤の長時間シミュレーションを実施してきた。その結果、降着円盤の回転軸方向にジェットや輻射エネルギーが噴出すること、降着円盤の歳差運動に伴って噴出方向が歳差運動することが明らかになった (日本天文学会 2023 年春季年会・2024 年秋季年会)。

しかし、Lense-Thirring 効果による歳差運動の周期は半径の 3 乗に比例するため、歳差周期は初期トーラスのサイズに大きく依存すると考えられる。そこで初期トーラスのサイズを変化させた計算を実施し、歳差周期や降着円盤の構造、ジェットや輻射エネルギーの噴出方向の時間進化等を調べた。初期トーラスのサイズを 2 倍にしたモデルでは、降着円盤の歳差周期は約 8 倍となり、これは Lense-Thirring 効果による歳差運動の半径依存性と整合的な結果となった。また、トーラスサイズの小さいモデルと同様に、ジェットや輻射エネルギーは降着円盤の回転軸方向に噴出した。本講演では、降着円盤の構造やジェット・輻射エネルギーの時間変動がトーラスサイズにどのように依存するかについて、詳細に報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W58a XRISM Resolve による大質量星の星風衝突衝撃波の輝線放射領域の特定

宮本 明日香 (都立大), 濱口 健二, Michael Corcoran (NASA/GSFC & CRESST), Andrew Pollock (U. of Sheffield), Gerd Weigelt (U. Bonn), Jonathan Mackey (DIAS), Yael Naze (U. of Liege), Ian Stevens (U. of Birmingham), Theodore Gull (NASA/GSFC), Noel Richardson, Pragati Pradhan (Embry-Riddle Aeronautical U.), Anthony Moffat (U. of Montreal), Peredur Williams (ROE), Christopher Russell (U. of Delaware), 前田 良知, 石田 学 (宇宙研)

Wolf-Rayet (WR) 140 は、WR 星と O 型星からなる大質量連星系である。両星は質量損失率が 10^{-5} – $10^{-6} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ 、終端速度が約 3000 km s^{-1} に達する強い恒星風を放出しており、それらが衝突することで高温の衝撃加熱領域が形成され、X 線を放射する。本系の周期は約 8 年であり、近日点通過前 ($\phi \sim 0.98$) に X 線強度が最大となる。このタイミングにあたる 2024 年 10 月、X 線天文衛星 XRISM によって WR 140 の高分解能 X 線分光観測が実施された (PI: Kenji Hamaguchi)。2025 年春季年会にて、(1) このデータに対して行ったスペクトル解析の結果、He-like および H-like の Si, S, Ar, Ca, Fe の K α 線を検出したこと、(2) X 線の放射源である円錐状の衝撃波において、その温度に応じて各輝線の放射領域が円錐状の衝撃波の軸対称な領域に由来すると仮定して、放射スペクトルモデルを構築し、(3) He-like Fe K α 線が、XMM-Newton の RGS で求めた Ne K α 線よりも円錐状衝撃波の頂点に近いところから放射されていることを報告した。このモデルでは軌道位相を考慮して各点でのプラズマ流速の line-of-sight 成分を評価することで、観測スペクトルを再現する。このモデルを用いて元素毎の輝線のフィッティングを行うことで、元素に対応する放射領域と速度分布を定量的に導出できる。本発表では、これに加えて S などの他の輝線の評価とそれらを比較した結果について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W59a 大質量 X 線連星 Cygnus X-3 の XRISM スペクトル中に見られる鉄 K β 吸収線：起源となる原子過程の理解と星風構造解明への応用

三浦大貴 (東大, ISAS/JAXA), 岡部圭悟 (青学大, ISAS/JAXA), 大城勇憲 (理研), 天野雄輝, 山口弘悦 (ISAS/JAXA)

大質量 X 線連星 (HMXB) では、コンパクト天体周辺から放たれる強い X 線が恒星から噴き出す星風を電離することで光電離プラズマが形成される。XRISM 衛星による HMXB の精密 X 線分光観測は、この星風プラズマの密度や速度といった物理量分布、ひいては星風による質量損失率の決定を原理的には可能にした。ウォルフ・ライエ星を持つ HMXB である Cygnus X-3 の XRISM スペクトルからは、15 個以上に高階電離した鉄のイオンによる K β 遷移 ($1s \rightarrow 3p$) の吸収線が多数検出された。K α 遷移 ($1s \rightarrow 2p$) によるスペクトルは輝線と吸収線が隣り合う P Cygni プロファイルをしており各成分の分離が難しいが、K β 遷移は蛍光収率が低いなどの理由で輝線を出しにくいことからほぼ吸収線のためのスペクトルとなり、吸収線成分の速度決定に有用である。しかし、観測スペクトル中には非対称な吸収線プロファイルや、対応する遷移が不明な吸収線が見られ、遷移エネルギーや遷移確率といったデータの取得を通じて理論・実験の両面からその原子過程を理解する必要がある。本研究では、Flexible Atomic Code (FAC) を使い、様々な遷移の遷移エネルギーや遷移確率などを計算した。またそれに基づき、吸収線スペクトルを模擬した。その結果、低電離になるにつれてエネルギー準位が複雑になり、それに起因して複雑なプロファイルを示しうることが分かった。本講演では、模擬スペクトルと観測スペクトルとで線プロファイルの比較を行い、上述した特徴の起源とその物理的な意味を考察する。さらに、計算により得られたデータに基づく吸収線の解析を通じて、星風構造にも迫る。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W60a 白鳥座 X-3 における X 線放射プラズマの電離状態の研究 II

福一誠、北本俊二、澤田真理 (立教大学)

白鳥座 X-3 (Cyg X-3) は、大質量星であるウォルフ・ライエ星 (WR 星) と X 線で明るいコンパクト星から構成される 4.8 時間周期の連星系である。X 線では光電離したプラズマからの輝線や吸収線、放射性再結合連続放射 (RRC) が観測されており、その強度等は、公転位相により変化する。これは WR 星の星風とコンパクト星との位置関係の変化を反映していると考えられている。しかしながら、鉄輝線強度が最大になる位相と連続 X 線強度が最大になる位相がずれる事等、複雑な位相変化が観測されており、単純な光電離平衡プラズマでは説明できない。

本研究では星風が光電離平衡から外れる可能性を検討する。最終的な目標は、XRISM などによる精密スペクトルの解釈に有用となるような放射計算を行うことである。その第一歩として、2025 年春季年会では星風の運動に沿った鉄の電離度分布の時間発展を計算した。その結果、実際の Cyg X-3 として妥当な物理パラメータの範囲において、コンパクト星の近傍を通過する星風は電離非平衡状態となることがわかった。またこの効果は星風の速度が 3000 km/s 程度と大きい場合にはさらに顕著となり、コンパクト星から離れても、鉄イオンの約 8 割が光電離平衡では期待されない水素状または完全電離した鉄イオンの状態で生き残るとわかった。今回は次の段階として、星風からの輝線放射の計算を行った。星風からの放射はさらに散乱などを受けるため観測との直接比較はできないが、その前の段階で元々の放射がどの程度光電離平衡と異なり得るかを把握することは本研究において重要なステップである。前回計算した電離度分布などの時間発展をインプットとして放射モデルパッケージ SPEX をもちいて星風からの輝線放射を計算した。その結果、電離非平衡状態にある星風からは水素状鉄イオンからの Ly α 輝線がより強く出ることを確認した。講演ではさらに鉄輝線強度の位相変化などについて議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W61a XRISM 衛星の観測で得られた大質量 X 線連星 Cyg X-3 の星風構造 (3)

袴田知宏, 小高裕和, 都丸亮太 (大阪大学), 山口弘悦 (ISAS/JAXA), 三浦大貴 (東京大学, ISAS/JAXA),
XRISM/Cyg X-3 ターゲットチーム

Cyg X-3 はコンパクト天体とウォルフ・ライエ星 (WR 星) で構成される, 軌道周期 4.8 時間の大質量 X 線連星系 (HMXB) である。Cyg X-3 では WR 星からの星風がコンパクト天体からの X 線によって光電離されている。Cyg X-3 は質量損失率が $\sim 10^{-5} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ と濃い。そのため, 光電離プラズマのスペクトルモデル構築に適した天体である。Cyg X-3 は 2024 年 3 月に XRISM 衛星が観測した。この観測スペクトル中の H-like Fe, Ca, Ar, S の輝線・吸収線に着目して解析を行ったところ, Fe のような重元素ほどコンパクト天体近傍で, 重力の影響を強く受けた運動をしていた。また, Fe イオンの視線方向における運動の軌道モジュレーションは先行研究と大きな差がないのに対して, S イオンは吸収線の検出に由来する差異が見られた (2025 年春季年会 W19a)。

本研究では, 視線速度を含む H-like イオン輝線のパラメータから, 星風構造の推定を行った。光電離プラズマシミュレーションコード CLOUDY を用いて Cyg X-3 系内における光電離プラズマの密度分布を計算し, その結果と観測されたモジュレーションの比較を行った。この計算では CAK モデルを用い, 質量損失率 $0.1, 0.5, 2.0 \times 10^{-5} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ の 3 パターンで行った。そして, H-like Fe イオンがコンパクト天体の運動に追従するという観測結果を, どのような条件で再現できるかを調査した。そのために系全体の H-like Fe イオンのうち, どの程度の割合がコンパクト天体のロッシュローブ内に存在するかを計算し, それぞれ 0.1%, 3%, 60% という結果を得た。また, 輝線や吸収線の強度や幅は CAK モデルのみでは説明できないモジュレーションであった。本講演では観測と計算の結果の比較と, それによって示唆された密度分布をはじめとした星風構造について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X01a MaNGA で探る早期型星形成銀河の内部星形成分布とその環境依存性

小山舜平, 小山佑世 (国立天文台), 小西真広 (東京大学), 櫛引洸佑 (国立天文台), 本原顕太郎 (東京大学, 国立天文台)

星形成主系列 (MS) 上の銀河は星質量と星形成率の間に強い相関を示し、主として晩期型銀河が多数を占めるが、異なる形態の銀河も存在する。この多様性は異なる進化経路を反映している可能性があり、銀河進化を理解するために重要である。そこで本研究では、MaNGA DR17 の可視面分光データを用いて、 $z < 0.05$ の MS 上の晩期型銀河 (MS-late) と早期型銀河 (MS-early) の内部星形成分布を調査した。

まず、星形成率面密度 (Σ_{SFR}) と星質量面密度 (Σ_*) マップに対してセルシックプロファイル解析を行った結果、MS-early 銀河を二つのサブグループに分類できることを発見した。第一のサブグループである MS-early_SF は中心集中的な星形成を示し、比星形成率 (sSFR) が中心部で高く、外側に向かって急激に減少する。一方、第二のサブグループである MS-early_stellar は拡がった星形成分布を持ち、MS-late 銀河と類似した sSFR 動径プロファイルを示すものの、より集中した星質量分布を特徴とする。さらに銀河環境を調べたところ、MS-early_stellar 銀河は MS-late 銀河と類似した環境に存在するのに対し、MS-early_SF 銀河はより高密度環境に存在することが判明した。この結果は、MS 上にある早期型銀河が一つの銀河種族ではなく、内部星形成分布によって異なる進化経路にある銀河に区別できることを示している。MS-early_stellar 銀河は銀河内部で起こる過程による進化を経験しているのに対して、MS-early_SF 銀河は環境からの影響による進化過程にあることが示唆される。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X02a JWST-ALMA 時代における遠方スターバースト銀河の分類方法

山本卓, 井上昭雄 (早稲田大学), 伊王野大介 (国立天文台), 橋本拓也 (筑波大学)

銀河の合体は、宇宙の歴史における爆発的な星形成の要因として考えられてきた。しかし、私たちは銀河の棒状構造の形成も爆発的な星形成の要因の一つであると考えます。棒状構造の形成は、銀河の全体的な円盤構造を劇的に変化させる重要な動的現象であり、銀河の中心部で爆発的な星形成を引き起こすとシミュレーションで示されている (e.g., Baba et al. 2022)。JWST の観測が開始され、 $z = 1 - 3$ の時代で多くの棒渦巻銀河の候補が発見された (e.g., Guo et al. 2023)。これにより、JWST (恒星の分布) と ALMA (冷たいガスの分布) の観測データから、これらの Cosmic Noon 銀河のなかで棒状構造を持つ銀河と持たない銀河に分類することが可能になった。近傍における棒渦巻銀河の定量的な分子ガス分布の特徴は中心集中度の顕著な高さにあることが示されている (e.g., Yamamoto et al. 2025)。この分子ガスの中心集中の物理過程は遠方の銀河でも同様であると考えるのが妥当である。実際に、Huang et al. (2025) では、 $z = 2.467$ で星形成率が約 $500 M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ の銀河において棒状構造によるインフローが観測的に示された。また、棒渦巻銀河の分子ガスの分布は棒状構造の両端にも集中するという顕著な特徴をもっている。最近では、近傍銀河においてさえ可視光や近赤外線画像だけでは棒状構造の有無を間違えることもあることが分かっている。恒星の分布と冷たいガスの分布を組み合わせることによって、遠方の棒渦巻銀河の判別はより確かになる。本講演では、JWST-ALMA を用いた新時代における、遠方のスターバースト銀河の分類方法を示す。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X03a JWST Insights into Galactic Thin and Thick Disc Formation

Takafumi Tsukui, Tohoku University

Present-day disc galaxies often exhibit distinct thin and thick discs. The formation mechanisms of the two discs and the timing of their onset remain open questions. To address these questions, we select edge-on galaxies from flagship JWST programs and investigate their disc structures in rest-frame, near-infrared bands. For the first time, we identify thick and thin discs at cosmological distances, dating back over 10 Gyr, and investigate their decomposed structural properties. We classify galaxies into those that require two (i.e. thin and thick) discs and those well fitted by a single disc. Disc radial sizes and vertical heights correlate strongly with the total galaxy mass and/or disc mass, independent of cosmic time. The structure of the thick disc resembles discs found in single-disc galaxies, suggesting that galaxies form a thick disc first, followed by the subsequent formation of an embedded thin disc. The transition from single to double discs occurred around 8 Gyr ago in high-mass galaxies ($10^{9.75} - 10^{11} M_{\odot}$), earlier than the transition which occurred 4 Gyr ago in low-mass galaxies ($10^{9.0} - 10^{9.75} M_{\odot}$), indicating that sequential formation proceeds in a "downsizing" manner. The thin disc formation time of the Milky Way progenitor agrees with that inferred for the Milky Way from stellar ages. Based on a comparison between our stellar structural measurements and gas kinematics (such as v/σ) from ALMA and other ground-based telescopes, we propose that Toomre Q -regulated disc formation naturally explains the delayed thin disc formation in low-mass galaxies.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X04a ガスクランプ依存型の新しい星形成モデルを用いた銀河シミュレーション

堀江秀、矢島秀伸 (筑波大学)

星は銀河の主要な構成要素であり、星形成は銀河の形成や進化を理解する上で不可欠である。近年、クランプーな星形成領域をもつ高赤方偏移の銀河が観測されているが、こうした構造の起源はよく分かっていない (e.g., Fujimoto et al 2024)。星はガスの密度の高い分子雲で生まれるため、分子雲の構造が星形成効率に与える影響を理解することが重要である。Fukushima & Yajima (2021) は分子雲からの星団形成シミュレーションを行うことで、分子雲の面密度、すなわちクランプの程度に応じて星形成効率が変化することを定量的に示した。

本研究では、Fukushima & Yajima (2021) を基に、銀河シミュレーションにおいて、分子雲の面密度に依存した星形成モデルを開発した。このモデルでは分子雲の面密度が高いほど星形成効率が上昇する。銀河シミュレーション実行中に Friends-of-Friends アルゴリズムを用いて高密度なガス粒子をグループ化し、分子雲を同定する。分子雲の面密度に基づいて星形成効率を計算し、その効率に従って分子雲を構成するガス粒子を星粒子へと変換する。

このモデルを用いて、我々は孤立した円盤銀河のシミュレーションを行った。その結果、この銀河で生まれた分子雲ごとの星形成効率は約 2% から 20% に分布し、高い星形成効率の分子雲ほど数が少ないことが分かった。本講演では、銀河のモデルを変えたシミュレーションの結果と、それに伴う分子雲および星団の物理的性質の変化についても報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

X05a 最新観測に基づく遠方銀河形成モデルと高星形成効率の理論的解釈

豊内大輔 (大阪大学), 矢島秀伸 (筑波大学), 長峯健太郎 (大阪大学)

現在、ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 (JWST) の前例のない高感度観測により、遠方宇宙 ($z > 10$) における星形成銀河の多様な性質が明らかになりつつある。中でも注目すべき観測結果は、紫外線で明るい銀河 ($M_{UV} < -21$ mag) が従来の理論予測を大きく上回る数で確認されている点である。先行研究 (Inayoshi et al. 2022) によれば、観測される銀河の数密度を説明するには星形成効率 ($f_* \equiv \text{SFR}/(f_b \dot{M}_b)$) が少なくとも 10% を超える必要があり、これは従来の想定を超える条件や物理過程によって星形成効率が高められていることを示唆している。

この問題の理解を深めるため、我々は宇宙論的な質量集積、星形成、重元素およびダストの化学進化を自己矛盾なく考慮した新たな準解析的銀河形成モデルを構築した。本モデルは、 $5 < z < 15$ における遠方銀河のサイズ進化、質量-星形成率-金属量関係、ダスト質量など、多くの観測的性質を統合的に説明することができる。モデル計算の結果、銀河の星形成率は外部からのガス供給率と恒星フィードバックに伴うガス流出率が釣り合うように調整されていることが明らかになった。その結果、遠方銀河の金属量を再現するようにガス流出量を設定すれば、自然と高い星形成効率 ($f_* \gtrsim 10\%$) が実現されることがわかった。一方で、 $z > 10$ で観測される銀河の紫外線光度を説明するには、ダスト減光を極めて小さくする必要があり、そのためにはダストが星形成領域から速やかに排出される必要があることも示された。本研究の成果は、JWST が捉える最遠方銀河の性質が標準的な銀河形成理論の自然な延長として理解可能であることを示すとともに、初期宇宙におけるダスト物理の理解が極めて重要であることを明らかにしている。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

X06a Accelerated Inference of Empirical Galaxy-Halo Connection Models

Suchetha Cooray¹, Peter Behroozi², and Risa Wechsler¹

(1: Stanford University, 2: University of Arizona)

The UniverseMachine (UM; Behroozi et al. 2019) provides a robust empirical framework for connecting galaxy properties to dark matter halo assembly histories through cosmological N-body simulations. A key feature of UM is its parameter posteriors given calibrating observations, enabling uncertainty quantification in galaxy-halo connection models. The model's 44-parameter space required extensive sampling and the original DR1 posterior inference consumed over a million CPU hours. With new observational constraints from JWST and other surveys, traditional MCMC sampling becomes computationally prohibitive for model recalibration. To address this computational bottleneck, we implement simulation-based inference to accelerate UM parameter inference by orders of magnitude. This approach trains neural networks on forward model realizations to directly estimate posterior distributions, reducing inference time from months to seconds while preserving full uncertainty quantification across the high-dimensional parameter space. Our method enables rapid recalibration of galaxy-halo connection models as new data becomes available, facilitating real-time constraints on galaxy formation physics. We demonstrate the technique's accuracy against traditional sampling methods and present updated UM calibrations incorporating recent observational datasets. This accelerated inference allows for live galaxy formation constraints, where the models can be updated in real-time as observations accumulate, fundamentally transforming empirical galaxy formation modeling in the era of large astronomical surveys.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

X07a 低金属量星団の合体により形成された初代銀河の形態学的特徴

石田怜士 (筑波大学), 矢島秀伸 (筑波大学), 安部牧人 (呉高専), 大向一行 (東北大学)

標準宇宙論において初代銀河は $z \sim 10 - 20$ の間に形成されると考えられており、近年の James Webb Space Telescope (JWST) の進展によって $z > 10$ の初代銀河が観測され始めている。一方で、JWST で観測された銀河の内部には球状星団に類似した高い面密度を持つ星団が複数存在していることが報告されており (Adamo et al. 2024)、この内部構造を説明可能な銀河形成理論の構築が求められている。

高赤方偏移宇宙では一般に金属量は低く、その場合先に形成された星からの強い Far-UV が存在するとガスが高密度になるまで星形成ガスの分裂が抑制され、形成される星団の密度が高くなる可能性が指摘されている (Omukai et al. 2008)。そこで本研究では、観測と比較可能な $10^{9-10} M_{\odot}$ のハロー質量の銀河に対して星形成ガスを温度 $T = 2000$ K、数密度 $n_H = 10^5 \text{ cm}^{-3}$ まで分解した高解像度の宇宙論的流体シミュレーションを行った。その結果、質量が $\sim 10^6 M_{\odot}$ かつ高い面密度 ($\Sigma_* \sim 10^4 M_{\odot}/\text{pc}^2$) をもつコンパクトな星団が複数形成され、これらの合体によって初代銀河が形成されることが確認された。また形成された星団それぞれの平均金属量は $2.5 < \log Z/Z_{\odot} < -2$ と観測されている球状星団と同程度の金属量であった。本講演では銀河内の個々の星団のサイズ、質量、面密度について詳しく分析した結果を報告する。また星団同士の距離とその時間変化、合体するまでのタイムスケール、ダークマターが付随するかについて議論を行う。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

X08a すばる極金属欠乏銀河観測による原始 He 存在比の測定と宇宙論への示唆

柳澤広登 (東京大学), 大内正己 (国立天文台/東京大学), 松本明訓, 川崎雅裕, 村井開 (東京大学), 中島王彦 (金沢大学), 郡和範 (国立天文台), 長峯健太郎 (大阪大学), 菅原悠馬 (早稲田大学), 小野宣昭, 中根美七海 (東京大学), 田中壱 (国立天文台), 矢島秀伸 (筑波大学), EMPRESS 3D チーム

ビッグバン元素合成 (BBN) において生成されるヘリウムの水素に対する質量存在比 Y_P は、初期宇宙の膨張率や中性子数密度に依存しており、宇宙論パラメータの制限において重要な役割を担う。例えば、ニュートリノの有効種族数 N_{eff} が増加すると、初期宇宙の膨張が速くなり、その結果、 Y_P も増加する。また、レプトン非対称性が存在する場合、レプトンの化学ポテンシャルが中性子数密度に影響を与えるため、 Y_P にも変化が生じる。過去の研究では金属量 O/H が低い銀河のヘリウム・水素数密度比 He/H から BBN 時の金属量 $O/H=0$ における He/H を推定することによって Y_P を推定していたが、太陽金属量の 10% よりも金属量が低い極金属欠乏銀河 (extremely metal-poor galaxy; EMPG) の個数が 8 個と少なく、銀河の化学進化による系統誤差が含まれる可能性があった。本研究では、EMPRESS 3D 計画とその追観測により得られた EMPG14 天体を含む全 27 天体の分光データから、光電離モデル YCMC を用いて各銀河の He/H を求め、 $Y_P = 0.2382^{+0.0034}_{-0.0031}$ という結果を得た。これは過去の多くの測定結果に比べて 1σ 程度小さな値であるが、Matsumoto et al. (2022) による銀河を用いた測定や、最近の Atacama Cosmology Telescope (ACT) による CMB 観測から得られる制限 (Calabrese et al. 2025) でも同様に小さな Y_P の値が報告されている。さらに得られた Y_P から、 $N_{\text{eff}} = 3.10 \pm 0.27$ 、 $\xi_e = 0.05 \pm 0.02$ という結果が得られた。これは $\sim 2\sigma$ でレプトン非対称性を示唆する結果である。 $\xi_e > 0$ を十分な有意性で示すためには、さらなる観測による統計精度の向上・系統誤差の評価を行う必要がある。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

X09a A kpc-scale ionized structure around an extremely metal-poor galaxy

Haruka Kusakabe (Univ. of Tokyo), Edmund Christian Herenz and Soumil Maulick (IUCAA)

Local starburst dwarf galaxies, particularly extremely metal-poor galaxies (EMPGs), defined as having metallicities of $Z \leq 0.1 Z_{\odot}$, are ideal laboratories to study feedback effects due to their shallow gravitational potentials and hard ionizing spectra. Simulations predict that such galaxies exhibit galactic-scale outflows that ionize the surrounding circumgalactic medium (CGM), which could be escape channels of LyC photons (e.g., Fujita et al. 2003; Wise et al. 2012). However, the phenomena and mechanisms have not yet been observationally confirmed and understood. So far, there is only one EMPG whose ionized CGM has been mapped with integral field spectroscopy with a large FOV, MUSE (SBS 0335-52E, Herenz et al. 2023). Recently, we launched the “EMUS (EMPG MUSE)” project to investigate the ionized CGM and outflows of starburst EMPGs (X32a in ASJ2024b). Among 10 sources at $z < 0.04$, we discovered a kpc-scale extended structure of ionized gas around another EMPG, J1044+0353 at $z = 0.013$ ($D = 56$ Mpc, X12b in ASJ2025a; Herenz, Kusakabe, and Maulick et al. 2025). The structure appears to consist of seven elliptical arcs with radii of $\sim 3-3.5$ kpc, which could be projected giant shells of ionized bubbles. Kinematic maps reveal a velocity gradient perpendicular to the major axis and line broadening in the outskirts. The latter, when interpreted as line splitting of the expanding shells, suggests expansion velocities of $\sim 40 \text{ km s}^{-1}$. In this talk, we will present the morphology and kinematics of the CGM structures and compare the bubble sizes and expansion velocities with expectations from classical analytical models of energy-driven and momentum-driven bubbles (e.g., Lancaster et al. 2021).

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

X10b 赤方偏移 $2 < z < 3$ における大質量銀河の年齢と形態の関係について

水野 旭, 鍛冶澤 賢 (愛媛大学)

赤方偏移が $2 < z < 3$ の時代は、cosmic noon と呼ばれ、宇宙の歴史の中でも星形成が活発な時期である。このような時代に、大質量銀河となっている銀河の形態や形成史を知ることは重要である。しかしながら、従来の Hubble Space Telescope (HST) では $z > 2$ の銀河の星質量を反映する波長をカバーできず、星質量に基づいた形態解析が行えなかった。近年、James Webb Space Telescope (JWST) の登場により、 $z > 2$ の銀河に対して星質量を反映した波長での形態解析が可能になった。そこで本研究では、COSMOS2020 Catalog の多波長測光データから SED fitting を行い、赤方偏移 $z = 2-3$ 、星質量が $M_* > 10^{11} M_\odot$ の大質量銀河を選出した。選出した大質量銀河から、JWST で COSMOS 領域を観測した COSMOS-Web (Casey et al. 2023, ApJ, 954, 31) の撮像データのうち、JWST/NIRcam データが存在する 114 天体に着目し、形態解析を行い、SED fitting から推定された平均星年齢との関係を調べた。結果は次の通りである。(1) 星年齢が 1 Gyr 未満の若い天体の大半 ($\frac{8}{11}$ 天体) は、 $C > C_{n=2.5}$ の早期型形態で、比星形成率が $sSFR < 10^{-10} (\text{yr}^{-1})$ と比較的低い事が分かった。(2) $A < 0.15$ & $C < C_{n=2.5}$ の円盤型形態の割合は星年齢と共に増加し、星年齢が 2 Gyr 以上の天体では $1/4$ 程度 ($\frac{38}{68}$ 天体) を占めており、これらの天体は main sequence 的な $sSFR \sim 10^{-9.5} (\text{yr}^{-1})$ であることが分かった。これらの結果から、急速な星形成によって形成された大質量銀河は早期型形態になりやすい一方で、円盤型形態は多くの星が形成されてからある程度時間が経過してから現れることが示唆された。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

X11b すばる望遠鏡 HSC データで解き明かす銀河衝突の痕跡と銀河成長への寄与

道下野々夏, 松岡良樹 (愛媛大学), 田中賢幸 (国立天文台), 鈴木悠太, 齋藤有菜 (愛媛大学)

多くの銀河は、衝突・合体を繰り返しながら次第に大きく成長していくと考えられている。衝突が起こると銀河の形は壊れ、合体が完了した後も、潮汐破壊された銀河の痕跡 (tidal feature) が銀河の外側に残ることがある。一方で、銀河の中でガスから静かに星を作り続けることでも、銀河は成長する。銀河衝突と星形成、どちらが銀河の主な成長チャンネルなのかは、天文学における大きな未解決問題の 1 つである。Morales et al. (2018) は Sloan Digital Sky Survey (SDSS) データを表面輝度の低い恒星構造を検出するために最適化することで、近傍銀河 297 天体のうち 14% において tidal feature を発見した。しかし、宇宙論的な銀河形成モデルとの統計的な比較を可能にするためには、より高精度なデータが必要であることもまた明らかとなった。

本研究では、より高感度・高解像度を誇るすばる望遠鏡の Hyper Suprime-Cam (HSC) を用いて調査を行った。先行研究で定義されたサンプルのうち、HSC-SSP (Subaru Strategic Program) Wide カタログの観測領域にある銀河の擬似カラー画像を取得し、SDSS 画像での結果に対して、約 47% という飛躍的に多くの銀河で tidal feature を発見した。その出現割合と典型的な星形成率を比較し、銀河成長において合体衝突が主な寄与であることを明らかにした。加えて、銀河の光分布を定量化する CAS パラメータを測定し、tidal features が確認された銀河サンプルにおいて、顕著な非対称性を表すとされる $A > 0.35$ (Conselice et al. 2003) を満たすことが確認された。しかし、現サンプルはごく近傍に限られ、サチュレーションの影響等の問題もあったため、HSC-SSP を基にした市民天文学プロジェクトである「GALAXYCRUISE」カタログを使用し、より遠方の銀河までを対象に tidal feature の検出をおこなった。本ポスターでは、これらの結果について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

X12b 可視光と遠赤外の輝線を組み合わせた近傍銀河の星間物質

高岸優希, 橋本拓也, 久野成夫, 本多俊介, 西村優里, 大曾根渉, 長井悠, 照井禪, 濱田朝晃 (筑波大学), 鳥羽儀樹 (立命館大学), 井上昭雄, 菅原悠馬, 馬渡健, Yi Ren (早稲田大学), 田村陽一, 萩本将都 (名古屋大学), 松林和也, 吉田直紀, 仲里佑利奈 (東京大学), 松尾宏 (国立天文台), 札本佳伸 (千葉大学), 橋ヶ谷武史 (京都大学)

銀河の進化を理解する上で、銀河の星間物質の性質を理解することは重要である。近年、JWST や ALMA の登場により遠方銀河の静止系可視光と遠赤外線星雲輝線を観測することが可能となった。その結果、遠方銀河は近傍銀河と比較して高い $[\text{OIII}] 88 \mu\text{m}/[\text{CII}] 158 \mu\text{m}$ 光度比 ($\sim 2-10$) を持つことが明らかになった (Algera et al., 2024)。また、可視光輝線比から推定される単一の電子温度と電子密度を仮定した電離ガスモデルでは説明できない $[\text{OIII}] 5008 \text{ \AA}/[\text{OIII}] 88 \mu\text{m}$ 比を示す銀河の存在も明らかになってきた。これらの観測輝線比を説明するには、異なる温度と密度の組み合わせを持つ、少なくとも二相以上の電離ガスが必要であることが示唆されている (X40a 碓氷他 2024 年春季年会, X35a 碓氷他 2024 年秋季年会, Harikane et al., 2025)。本研究では、遠方銀河と同程度の高い $[\text{OIII}] 88 \mu\text{m}/[\text{CII}] 158 \mu\text{m}$ 光度比を持つ近傍矮小銀河を対象に、せいめい望遠鏡/KOOLS-IFU などで取得した可視光輝線と、ハーシェル宇宙天文台で取得された遠赤外線 $[\text{OIII}] 88 \mu\text{m}$ 輝線を組み合わせ、星間物質の物理的性質を詳細に調べた。興味深いことに、サンプルの一つである SBS0335-052 では、遠方銀河と同様に可視光輝線から推定された単一の電子温度と電子密度の組み合わせでは説明できない $[\text{OIII}] 5008 \text{ \AA}/[\text{OIII}] 88 \mu\text{m}$ 比を示すことが明らかになった。これは少なくとも二相以上の電離ガスの存在を示唆している。本講演では、その他の近傍矮小銀河に関する結果も報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

X13a 銀河衝突シミュレーションで探るアンドロメダ銀河ハローのサブ構造の形成史

山口未沙, 森正夫 (筑波大学), 桐原崇亘 (北見工業大学), 三木洋平 (東京大学), 小上樹 (国立天文台), 千葉柊司 (東北大学), 小宮山裕, 田中幹人 (法政大学)

近年のすばる望遠鏡 HSC による大規模撮像観測は、M31 のハロー領域に存在する Andromeda Giant Southern Stream (AGSS)、Eastern Extent (EE)、North Eastern Shelf、Western Shelf といった銀河衝突の痕跡 (サブ構造) の空間分布や金属量分布を明らかにしてきた。これらの構造と約 1Gyr 前に M31 の中心付近に衝突したと考えられている矮小銀河との関連性について我々は調査した。本研究では、M31 に潮汐破壊される前の progenitor の動径方向の金属量分布を仮定した高分解能 N 体シミュレーションを実行した。そこでは、progenitor のダークマターハローのスケール半径や質量をコールドダークマターモデルに従って変化させ、重力ポテンシャルの影響をチューニングすることで、観測されている 4 つのサブ構造の空間分布や金属量分布を定量的に再現する progenitor のベストフィットモデルの構築を行った。また、本研究により得られた EE は、Stream C のうち金属量に乏しい成分である Stream Cp よりも数十キロパーセク手前に位置している。この視線方向の空間分布の大きな違いは、これらの形成起源が異なっていることを示唆しているが、一方で両者は天球座標上ではほぼ重なるように隣接している。また、Preston et al. (2021) では、EE の金属量は、Stream C のうち金属量に富んだ成分である Stream Cr と同程度であり、尚且つ EE の視線速度は Stream B と一致することを報告している。我々のシミュレーションでは、Stream B、EE、Stream Cr は全て 1 つの progenitor を起源として説明でき、AGSS の南端から接続するような Andromeda Giant Southern Arc (AGSA) の存在を示唆している。AGSA の全容解明には広視野にわたる分光観測が必須であり、本講演では、すばる望遠鏡 PFS での検証可能性についても議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X14a Origin of the two-armed vertical phase-spiral in the inner Galactic disk

千葉凜平 (東京大学、トロント大学)、Neige Frankel (トロント大学)、Chris Hamilton (プリンストン高等研究所)

Gaia recently revealed a two-armed spiral pattern in the vertical phase-space distribution of the inner Galactic disk (guiding radius ~ 6.2 kpc), indicating that some non-adiabatic perturbation symmetric about the mid-plane is driving the inner disk out of equilibrium. The non-axisymmetric structures in the disk (e.g., the bar or spiral arms) have been suspected to be the major source for such a perturbation. However, both the lifetime and the period of these internal perturbations are typically longer than the period at which stars oscillate vertically, implying that the perturbation is generally adiabatic. This issue is particularly pronounced in the inner Galaxy, where the vertical oscillation period is shorter and therefore adiabatically shielded more than the outer disk. We show that two-armed phase spirals can naturally form in the inner disk if there is a vertical resonance that breaks the adiabaticity; otherwise, their formation requires a perturber with an unrealistically short lifetime. We predict analytically and confirm with simulations that a steadily rotating (non-winding) two-armed phase spiral forms near the resonance when stars are subject to both periodic perturbations (e.g., by spiral arms) and stochastic perturbations (e.g., by giant molecular clouds). Due to the presence of multiple resonances, the vertical phase-space exhibits several local phase spirals that rotate steadily at distinct frequencies, together forming a global phase spiral that evolves over time. Our results demonstrate that, contrary to earlier predictions, the formation of the two-armed phase spiral does not require transient perturbations with lifetimes shorter than the vertical oscillation period.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X15a Exploring the origin of the mysterious stellar stream “Leiptr” with Galactic Archaeology:III

松井瀬奈 (1), 石垣美歩 (2), 服部公平 (3, 2), 辻本拓司 (2), 青木和光 (2), 竹内努 (1, 3) (1: 名古屋大学, 2: 国立天文台, 3: 統計数理研究所)

In the stellar halo of the Milky Way Galaxy, over 100 stellar streams, remnants of orbiting dwarf satellite galaxies and globular clusters, have been identified (Mateu 2023). The Leiptr stream is considered a candidate originating from the disruption of a globular cluster belonging to another galaxy (Ibata et al. 2019; Bonaca et al. 2021). Recently, Atzberger (2024) measured the chemical composition of the Leiptr stream using high-dispersion spectroscopic data, suggesting that its progenitor may have been an ultra-faint dwarf galaxy (UFD). However, this conclusion is based on limited observational data and requires further investigation.

To examine the origin of the Leiptr stream, we conducted follow-up observations and analyses. Using high-dispersion spectroscopy with the Subaru Telescope’s HDS, we measured the chemical composition and dynamical properties of stars associated with the Leiptr stream. Our results show that the chemical abundance patterns of the observed stars are consistent with typical features of UFD stars, while also exhibiting characteristics found in globular cluster stars. Additionally, we explored methods for statistically processing photometric metallicity data from the Pristine survey (Martin et al. 2024) to supplement the limited spectroscopic data.

We present and discuss these results.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X16a Self-Interacting Dark Matter モデルと矮小銀河の潮汐進化

木原健司, 長峯健太郎 (大阪大学)

Λ CDM モデルは、観測される宇宙をよく再現する標準的な理論モデルである。しかし、矮小銀河におけるダークマター分布の多様性など、小スケールでの現象に関しては完全な整合が得られていない。特に、NGC1052-DF2 や NGC1052-DF4 のような Dark Matter-Deficient Galaxies (DMDGs) に見られるダークマターの欠乏や空間的広がりといった特異な性質については、 Λ CDM を用いた既存のシミュレーションでは包括的理解には至っていない。

そこで我々は、小スケールにおいてのみ CDM モデルからの修正をもたらす Self-Interacting Dark Matter (SIDM) モデルを宇宙論的シミュレーションコード GADGET4-Osaka に導入し、DMDGs の形成過程を解析した。特に、矮小銀河がその母銀河の潮汐力によってダークマターを失う過程に着目し、ダークマター分布の時間進化を追った。本講演では、得られたシミュレーション結果に対して模擬観測を行い、観測と比較しながら DMDG の形成過程において必要とされるダークマターの散乱断面積と速度依存性について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

X17a 孤立矮小銀河におけるガスと恒星の運動学とその進化

戸丸一樹 (大阪大学), 奥裕理 (浙江大学), 豊内大輔, 長峯健太郎 (大阪大学)

銀河系のような大質量の星形成銀河は、一般に回転運動によって重力を支える薄い円盤構造を持つが、より低質量の矮小銀河 ($M_* < 10^9 M_\odot$) は、円盤状の形態を明確に示さないことが観測から明らかになっている。近年、Wheeler et al. (2017) は、恒星の分光観測から近傍の矮小銀河における恒星の回転速度 V_{rot} と速度分散 σ の比 V_{rot}/σ を推定し、彼らのサンプルの多くで非回転運動が卓越する ($V_{\text{rot}}/\sigma \lesssim 1$) ことから、矮小銀河の多くが回転運動の極めて弱い膨らんだ恒星系として形成される可能性を指摘した。一方で、H I ガスの運動学サーベイである LITTLE THINGS (e.g., Iorio et al. 2017) では、いくつかの低質量矮小銀河 ($M_* \sim 10^6\text{--}10^7 M_\odot$) において、ガスが $V_{\text{rot}} \gtrsim 30 \text{ km s}^{-1}$ の回転運動を示すことが報告されている。したがって、矮小銀河が形成時にどの程度の回転成分を持つかは、依然として明らかになっていない。

本研究では、宇宙論的流体シミュレーションコード GADGET4-Osaka (Romano et al. 2022a,b; Oku & Nagamine 2024) を用いて、 $z = 0$ で $M_* \sim 10^7 M_\odot$ に進化する孤立した矮小銀河の宇宙論的ズームインシミュレーションを行った。その結果、 $z = 0$ において、矮小銀河の恒星成分の V_{rot}/σ は、いずれの銀河においても $V_{\text{rot}}/\sigma \lesssim 2$ を示し、観測結果と一致した。一方で、ガス成分には個体差が見られ、とくに $z < 2$ にハロー質量比 1/10 以上の銀河合体を 1~2 回程度経験した矮小銀河では、合体に伴うガスおよび角運動量の供給によって、 $z = 0$ において回転するガス円盤が形成されることが明らかとなった。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)X18a Wide and Deep Mapping of NGC 5466 with Subaru/HSC and *NB395*

Itsuki Ogami (NOAJ/ISM), Miho N. Ishigaki, Pete B. Kuzma (NAOJ), Takanobu Kirihara (Kitami Institute of Technology), Masashi Chiba (Tohoku Univ.), Yutaka Komiya (Hosei Univ.), Nozomu Tominaga (NAOJ), Mohammad K. Mardini (Zarqa Univ.), Hiroko Okada (Univ. of Hyogo)

In the Λ CDM framework, the remnants of accreted globular clusters survive in stellar halos as stellar streams. Owing to their long dynamical timescales, these structures preserve past accretion information over gigayear timescales and serve as important tracers of galaxy formation. While nearby streams ($< 10 \text{ kpc}$) have been well studied, those at larger distances ($> 10 \text{ kpc}$) remain underexplored due to their faintness and contamination by foreground disk stars.

We observed the globular cluster NGC 5466 (located at 16 kpc) and its stellar stream using the metallicity-sensitive narrow-band filter *NB395* on Subaru/HSC. In a previous talk (Ogami et al. 2023, ASJ Spring Meeting X54a), we identified member stars down to $i_0 < 21$ using *NB395* combined with Gaia proper motions. However, this method was limited to brighter stars due to the nature of Gaia data. In this talk, we present an improved method based on a k-nearest neighbor algorithm using *NB395*, g , i color-magnitudes and color-color space to select candidates down to $i < 22.5$. Our analysis identifies member stars extending beyond the tidal radius ($> 90 \text{ pc}$) of NGC 5466. Its radial density profile follows a power-law with an index of $\gamma = -5.59^{+0.31}_{-0.21}$, consistent with typical values for Galactic globular clusters. Additionally, we detect a spatial gap along this stream, possibly indicating external perturbations.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

X19a A Pristine View of Extended Globular Cluster Structures

Pete Kuzma (National Astronomical Society of Japan), Miho Ishigaki (National Astronomical Society of Japan), Takanobu Kiriha (Kitami Institute of Technology), Itsuki Ogami (NAOJ/ISM)

An exciting recent development in Galactic Astronomy has been the discovery that several Milky Way Globular Clusters (GCs) possess significantly extended structures, sometimes reaching out to a few hundred parsecs (corresponding to many half-mass radii). The number of GCs with extended structures (either in the form of tails or spherical diffuse envelopes) is unknown but has grown since the release of the Gaia Space Mission. The Gaia mission has transformed our view of these low-density structures, enabling member stars to be efficiently and reliably separated from the dominant foreground/background contaminant populations. However, Gaia lacks metallicities for many of the stars found in and around GCs. The Pristine survey provides metallicities for millions of stars, complementing the astrometric data from Gaia, and offers the opportunity to explore the stellar populations and the physical shape at the tidal radius and beyond for many Milky Way GCs. In a previous contribution, we discussed our results with respect to NGC 5139. In this contribution, we explore the morphologies of 30 GCs at the tidal radius and beyond, comparing our results to the eTidalGCs N -body models of disrupting GCs. Additionally, we will provide an updated view of stellar populations of GC stars in the peripheries, and where PFS will play a significant role in the future of GC peripheral explorations.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X20a Dual Directional Expansion of Classical Cepheids in the Small Magellanic Cloud

中野寛矢, 立原研悟 (名古屋大学)

小マゼラン銀河 (SMC) は天の川銀河の最近傍に位置する相互作用銀河であり, その近さ (約 62 kpc) は SMC 内部の星の固有運動の測定までもを可能にする. SMC は南東に位置する大マゼラン銀河 (LMC) の重力を受けて大きく形態が乱されていることが特徴である. また, SMC は視線深度が約 30 kpc にも及び, 視線方向に大きく引き伸ばされていることが知られている. Diaz & Bekki (2012) は SMC を回転円盤とバルジでモデル化した数値シミュレーションによって, SMC の背後に Counter-Bridge と呼ばれる回転円盤由来の潮汐腕が伸びていることで深い視線深度が生じていると予言した. Counter-Bridge の観測的特徴は距離に比例して増加する視線速度であり, その実証のためには星の距離と視線速度を正確に測定する必要がある.

本講演では, SMC の古典的セファイド変光星 (CCs) の三次元運動を紹介する. Optical Gravitational Lensing Experiment で得られた CCs と *Gaia* DR3 をクロスマッチさせ, 4,236 個の CCs の距離と固有運動を得た. そのうち 91 個の CCs では *Gaia* によって視線速度が測定されており, SMC の星の距離と視線速度の比較が初めて可能となった. CCs は北東-南西方向の距離勾配を持ち, 近い (<55 kpc) CCs は平均的に北東に動いており, 遠い (>70 kpc) CCs は平均的に南西に動いている. すなわち, SMC では近い星と遠い星が北東-南西方向に互いに逆向きに動いており, 引き伸ばされていると分かった. 一方, CCs の視線速度は北西-南東方向の速度勾配を持ち, LMC の潮汐力によって SMC が引き裂かれている描像に一致する. CCs の距離と視線速度はほぼ無相関 ($\text{corr} = -0.095$) であり, 北東-南西方向と北西-南東方向の二種類の伸張は異なる起源を持つと考えられる. 距離と視線速度の無相関は Counter-Bridge の存在を支持しておらず, SMC の回転円盤の不在を示唆する.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X21a 個々の大質量星を分解した銀河形成シミュレーションによる 1 回の超新星爆発のみから汚染を受けた星の同定

平居悠 (東北公益文科大学), 斎藤貴之 (神戸大学), 藤井通子, 金子克大 (東京大学), Timothy C. Beers (ノートルダム大学)

1 回の超新星爆発のみから汚染を受けた星 (単一汚染星) の同定は元素合成の理解のために必要不可欠である. これまでの観測により, 金属欠乏星は多様な化学組成を持つことが明らかになってきた. しかし, 金属欠乏星の中で単一汚染星の割合は未だ明らかになっていない. 本研究では, 個々の大質量星を分解した矮小銀河の宇宙論的ズームインシミュレーションを用いて単一汚染星を同定した. ここでは, 個々の超新星爆発から放出された $[\text{C}/\text{Fe}]$ と星粒子の $[\text{C}/\text{Fe}]$ を比較し, その差が 10^{-6} 以下であった場合, 単一汚染星であると定義した. その結果, $[\text{Fe}/\text{H}] < -2.5$ では, 単一汚染星の割合が金属量が低いほど高くなっていることが明らかになった. 単一汚染星の割合は, $[\text{Fe}/\text{H}] = -5$ で 15%, $[\text{Fe}/\text{H}] = -2.5$ で 1% だった. $[\text{Fe}/\text{H}] < -3$ の超金属欠乏星では, その割合は 5% で, 超金属欠乏星の 95% は複数の超新星爆発の影響を受けていることが示された. これらの単一汚染星は, 銀河中心付近に存在する傾向にある. これは, 銀河形成最初期に最も多くの割合が形成されたことを反映している. 以上の結果は, 現在観測が進んでいるすばる望遠鏡超広視野多天体分光器などの観測で超金属欠乏星を同定することで, そのうち 5% 以上の星で宇宙最初期に起きた個々の超新星爆発の元素合成を検証できることを意味する.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X22b 銀河系ハローの非一様構造を考慮した矮小銀河検出手法の確立とその応用

鈴木善久, 千葉柁司 (東北大学), 本間大輔 (国立天文台), 林航平 (仙台高専)

現在の構造形成の標準理論である Λ Cold Dark Matter (Λ CDM) 理論は、銀河の三次元分布など銀河より大きなスケールにおいて、観測とよく整合することが確認されてきた。しかし、銀河スケール以下では Λ CDM 理論の予測が観測事実と整合しない可能性が示唆されている。その代表的な例として、銀河系の周辺で観測される矮小銀河の数が、 Λ CDM 理論から予言される数と比較して 1 桁以上少ないことが挙げられ、ミッシングサテライト問題と呼ばれている。

この問題を観測的観点から解決するために、暗い矮小銀河の探索が進められてきた。近年、すばる望遠鏡の超広視野主焦点カメラ HSC をはじめとする深観測によって、新たな矮小銀河が多数発見されてきた。その結果、観測された矮小銀河の数が Λ CDM 理論から予測される数を上回る可能性が指摘され始めた。また、同様の傾向は近傍銀河 M83 においても報告され始めている。しかし、これらの先行研究では銀河のハローの非一様構造や矮小銀河の検出の完全性について十分な議論がなされておらず、頑健な結論には至っていない。

そこで本研究では銀河系ハローの非一様構造を考慮して、ガウス差分アルゴリズムに基づいた新たな検出手法を開発した。本手法をすばる HSC の戦略枠プログラムのデータに適応した結果、新たな矮小銀河候補が発見された。本講演では、本手法の詳細および本発見の頑健性について議論した上で、改めて「ミッシング」サテライト問題に対する観測的制限を課す。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

X23b りゅう座矮小楕円体銀河における Double Blue Straggler Sequence の可能性 2

鈴木 陸斗, 小宮山 裕, 田中 幹人 (法政大学), 八木 雅文 (国立天文台)

青色はぐれ星 (blue straggler stars, BSS) は、色等級図 (CMD) 上で主系列の転向点よりも青く明るい位置に現れる恒星であり、球状星団、散開星団、矮小銀河などで観測される。多くの系では BSS は 1 系列に沿って分布するが、一部の球状星団 (M30 を含む 5 つ) および散開星団 (Berkeley 17 など 4 つ) では、CMD 上に青い系列と赤い系列の 2 つの BSS 系列が存在することが報告されている。一方で、矮小銀河においてこのような 2 系列の可能性を検討した研究はこれまで存在しなかった。我々は 2025 年春季年会 (X35b) において、りゅう座矮小楕円体銀河 (Draco dSph) を対象に BSS の 2 系列の存在可能性を調査し、CMD 上で青・赤の BSS 領域を定義した上で、潮汐半径内における radial profile に対する Kolmogorov-Smirnov 検定を実施した。その結果、有意な差が確認され、2 系列の存在を示唆する結果を報告した。

しかしながら、当時の解析は BSS の赤と青の領域定義を目視で行っていたことに加え、foreground/background 星の contamination や検出コンプライトネスに対する補正を行っておらず、定量的解析としては不十分であった。そこで本研究では、これらの補正を取り入れた上で改めて青い系列と赤い系列の BSS 存在比を評価し、Draco dSph における 2 系列の実在性について定量的に検証した結果を報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

X24b 棒渦巻銀河 M83 における大局的速度場から逸脱した高速度分子雲の発見 2

長田真季, 江草実実 (東京大学), 前田郁弥 (大阪電気通信大学), 徳田一起 (香川大学), 河野孝太郎, 諸隈佳菜 (東京大学), 幸田仁 (ニューヨーク州立大学)

高速度雲 (HVC : High-Velocity Clouds) は、銀河円盤に対して高い速度で運動するガス雲であり、銀河円盤へのガス供給や星形成を誘発する可能性があることから、銀河進化において重要な役割を果たすと考えられている。銀河系においては、多数の HVC が HI を用いて同定されてきたが、edge-on の視点により、HVC の距離や銀河構造との相関を明確にすることが困難であるため、構造全体を俯瞰できる近傍銀河における HVC 探査が重要になる。本研究では、近傍の face-on 棒渦巻銀河 M83 を対象とし、高空間分解能・高感度の CO(1-0) データを用いて HVC の探査を行った。本講演では、2024 年春季年会 R15a で発表した HVC の同定手法を見直した上で再解析を行った結果 (Nagata et al. 2025, accepted) について報告する。これにより、合計 10 個の HVC (赤方偏移側 9 個、青方偏移側 1 個) を検出し、速度分布に明瞭な非対称性が見られた。これらの HVC は半径 30-80 pc、質量は $\sim 10^5 M_{\odot}$ 、速度分散は $3-20 \text{ km s}^{-1}$ であり、円盤内の分子雲に比べて速度分散が高い傾向を示している。検出された HVC の多くは、超新星残骸候補とは空間的に一致せず、それらを高速度まで加速させるには、単一の超新星爆発を超えるエネルギーが必要である。また、速度分布に明瞭な非対称性が見られることもふまえると、これらの HVC は M83 円盤外部から流入してきたガスであると考えられる。さらに本解析では新たに、CO(2-1) データから一部の HVC と銀河円盤の間に中間速度ガス成分を検出し、HVC の CO(2-1)/CO(1-0) 輝線強度比の上昇も確認された。これらの結果をふまえ、HVC と銀河円盤ガスとの相互作用についても考察する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

X25a すばる望遠鏡 HSC 狭帯域撮像データを用いたクェーサー周辺環境調査

柴田 航平, 長尾 透 (愛媛大学), 内山 久和 (法政大学), 久保 真理子 (関西学院大学), 鳥羽 儀樹 (立命館大学), 大森 清顕 (Saint Mary's University)

クェーサーの発現メカニズムとして、ガスが豊富な銀河同士の合体が関係している可能性が指摘されているが、観測的な確証は得られていない。銀河の合体は周辺環境との関連があるとされることが、クェーサーがどのような環境に存在するのかを明らかにすることは重要である。特に、クェーサーの発現におけるガスが豊富な銀河の合体の関与を評価するには、周辺銀河のガス含有量を考慮した環境調査が求められる。そのため、ガスを多く含むとされる銀河を環境の指標とする必要がある。この点で、輝線銀河は有力な指標である。輝線銀河の多くは星形成活動が活発なため、一般にガスが豊富であり、これらの空間分布を調べることでガスが豊富な銀河の分布を間接的に把握できる。

本研究では、すばる望遠鏡 Hyper Suprime-Cam (HSC) を用いて行われた HSC-SSP サーベイにおいて、NB816 および NB921 フィルターを用いて得られた輝線銀河カタログ (Hayashi et al. 2020) と、Sloan Digital Sky Survey のクェーサーカタログを用いて、 $z \leq 1.5$ の 129 個のクェーサー周辺の輝線銀河の数密度を、中心から 10000 pkpc まで 500 pkpc の円環毎に測定した。さらに、赤方偏移と母銀河星質量を合わせた比較銀河を用いて同様の測定を行った。その結果、クェーサー周辺は比較銀河周辺よりも輝線銀河の数密度が高いことが明らかとなった。特に、対象天体から 500 pkpc 以内では、クェーサー周辺で比較銀河周辺に比べて 3σ 以上の数密度超過が認められた。この結果は、クェーサーの発現にガスが豊富な銀河同士の合体が関係している可能性を支持するものである。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X26a 宇宙論的流体シミュレーションから探る $z \sim 2$ におけるクェーサー高密度領域

桑山裕斗 (大阪大学), Yongming Liang (国立天文台), 長峯健太郎 (大阪大学), 奥裕理 (浙江大学), 福島啓太 (ソウル大学), 矢島秀伸 (筑波大学), Hyunbae Park (筑波大学), 大内正巳 (国立天文台/東京大学)

クェーサーは、遠方宇宙において観測される極めて明るい活動銀河核であり、特に $z \sim 2$ の宇宙は天体活動が最も活発な時期の一つで、クェーサーの数密度も高い。本研究では、そのような時代に観測されたクェーサーの高密度領域 Cosmic Himalayas (16.9σ ; Liang et al. 2025) に注目し、クェーサーの空間的クラスタリングの性質を解析した。さらに、CROCODILE シミュレーション (Oku & Nagamine 2024) を用いて、観測と類似したクェーサーの高密度領域を特定し、対応するクラスタリングの特性を評価した。その結果、シミュレーション内に見出されたクラスタリング類似領域においては、明るいブラックホールの密度超過およびその分散に基づいて算出したピークハイトと、同質量帯のブラックホールが存在するハローの密度超過および分散に基づくピークハイトの間に有意な差があることが明らかとなった。両者のピークハイトに生じる差異の物理的要因を理論的に検証している。また、観測で検出されたクェーサー高密度領域の周辺においては、 $\text{Ly}\alpha$ 輝線銀河や中性水素 (HI) の分布に関して未解決の点が残されている。今後は、シミュレーション内で発見した類似領域に対して輻射輸送計算を適用することで、 $\text{Ly}\alpha$ および HI の分布に関する不確定要素を理論的に検証し、観測との対応関係を明らかにしていく。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X27a JWST 面分光観測データで探る超巨大ブラックホールの形成

武田唯 (総合研究大学院大学/国立天文台), 大内正己 (東京大学/国立天文台), Yi Xu (東京大学), 清田朋和 (総合研究大学院大学/国立天文台) 他

銀河中心には超巨大ブラックホール (SMBH) があることが長く知られているが、SMBH の形成過程は未解明である。特に、宇宙誕生から数億年後の時点で質量 $10^9\text{--}10^{10} M_\odot$ まで成長した SMBH が知られているが (Bañados et al. 2018)、これらの形成過程の説明は難しい。直接崩壊型ブラックホール (DCBH) などの重い種ブラックホール (BH) の形成や効率的な質量降着、BH 合体による成長で説明されているが、どの過程が正しいか分かっていない。より遠方の SMBH の M_{BH} 測定や、銀河衝突の痕跡の観測などから SMBH 形成を調べる必要がある。

本発表では、明るい遠方銀河をジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 (JWST) の NIRSpec IFU の高い波長分解能 $R \sim 2700$ で観測したプログラム GA-NIFS (e.g., GTO-1216) のデータから許容線の広輝線成分の検出によって SMBH を探した。データ整約が終わった $z \sim 5\text{--}11$ の 8 天体のうち、赤方偏移 $z = 8.7$ の天体 EGSY8p7 の $\text{H}\beta$ 輝線から 1 型 AGN に特徴的な広輝線成分を見つけ、バイズ情報量基準を用いて 5σ 以上の精度で統計的に有意な検出を確認した。EGSY8p7 については、過去にも $\text{FWHM} \sim 1200 \text{ km s}^{-1}$ の広輝線成分の検出が報告されていた (Larson et al. 2023) が、S/N の低さから検出の信頼性に関して議論が続いていた。禁制線の $[\text{OIII}]\lambda 5007$ 輝線には広輝線成分は見られなかったことから、EGSY8p7 は Little Red Dots (LRDs) を除くと最遠方の 1 型 AGN である。 $\text{H}\beta$ 輝線の広輝線成分から FWHM は $\sim 2200 \text{ km s}^{-1}$ 、BH 質量は $\sim 3 \times 10^7 M_\odot$ と求められた。星質量と比較すると、BH 質量は overmassive な傾向を示していた。以上の結果を用いて SMBH の形成シナリオについて、種となる BH が DCBH である可能性や、Super Eddington 降着の成長への寄与を考察する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X28a SMBH 形成問題における軽い種 BH 急成長シナリオの実現性

喜友名正樹 (東北大学)

初期宇宙に観測される超大質量ブラックホール (SMBH) の起源を説明するシナリオに、軽い種 BH ($m = 10^{1-3} M_{\odot}$) がエディントン降着限界を超える降着率で急成長したとするシナリオがある。Bondi 半径スケールの研究からは、BH 周囲に十分高密度なガスが存在すれば定常的な Super-Eddington 降着が実現可能だと考えられている (Inayoshi et al. 2016) が、このような成長が宇宙論的にどの程度実現可能かについては分かっていない。特に、Bondi 半径より外側のガスは BH の重力を感じないため、ガス自身の重力で集まって clump を形成して clump が BH を trap して降着する必要がある。この BH-clump-capture model は Lupi et al. 2016 で提案されているが、シミュレーションの解像度が不足しており、この機構がどの条件でどの質量まで BH を成長可能か分かっていなかった。

我々は、自己重力ガス clump 中での BH 降着を解析モデル構築で定式化し、BH-clump-capture シナリオが実行可能なパラメータ領域を調査した。Bondi 半径での降着、輻射フィードバック、ガス動摩擦等を解析モデルに組み込み、BH-clump 間の 2D 相対運動と BH 降着を五次精度 Runge-Kutta-Fehlberg 法で consistent に追跡した。この解析モデルを用いて BH 質量 $10^2 - 10^5 M_{\odot}$ 、clump のガス密度 $10^2 - 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ 、ガス温度 $10 - 10^5 \text{ K}$ その他軌道運動のパラメータを変化させて計算した。

解析的議論と結果の解釈から、BH が super-Eddington 成長を実現するには Inayoshi et al. 2016 の条件以外に 3 つの条件を満たす必要があることを示した。特に、BH が clump に trap されるための制約から、この機構での BH 成長は $\lesssim 10^3 M_{\odot}$ で有効な可能性がありつつ、 $\sim 10^4 M_{\odot}$ 以上では機能しないことが分かった。このことは、軽い種 BH の super-Eddington 成長シナリオの実現性に制約を与える。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

X29a すばる x JWST : 宇宙再電離期の高光度銀河に潜むクエーサーの発見

松岡良樹, 長尾透 (愛媛大学), 尾上匡房 (早稲田大学), 岩澤一司 (バルセロナ大学), 青木賢太郎, 今西昌俊, 泉拓磨, 高橋歩美 (国立天文台), Michael A. Strauss, Camryn L. Phillips (Princeton Univ), John D. Silverman, 有田淳也, 柏川伸成, 菊田智史, 河野孝太郎 (東京大学), Xuheng Ding (Wuhan Univ), 秋山正幸 (東北大学), 川口俊宏 (富山大学), Chien-Hsiu Lee (HET), 鳥羽儀樹 (立命館大学)

JWST の登場で、初期宇宙の研究は目覚ましい発展を遂げている。中でも最大の発見の 1 つは、予想を超える数の銀河に、低光度のブラックホール活動を示す幅の広い輝線が見つかったことである。それらは塵による強い減光を受け、X 線・赤外線・電波の放射が弱く、変光しないなど、既知の高光度クエーサーとは一線を画す性質を持っており、両者の関係は不明である。本講演では、2 つのブラックホール種族のミッシングリンクとなる、 $z > 6$ の高光度銀河中で塵に埋もれたクエーサーの発見を報告する。これらの銀河はすばる望遠鏡の超広視野探索で見つけられ、明るく幅の狭い Ly α 輝線から、活動銀河核の存在が長らく疑われてきた。しかし地上の観測では、確たる証拠は得られなかった。我々は今回、JWST 搭載の NIRSpec を用いて、そのうち 13 個の銀河の観測をおこない、赤外線波長の高精度スペクトルを得た。その結果、水素と中性ヘリウムが放つ幅の広い輝線、すなわちブラックホール活動の確たる証拠を得ることに成功した。それらは塵による減光を受け、別の Chandra 衛星による観測から X 線光度が著しく低いことも判明している。一方で減光前の紫外線光度は通常のクエーサーに匹敵するほど明るいことから、これまで JWST が発見した低光度ブラックホールと、既知の高光度クエーサーの中間に位置する性質を持つ。これら高光度銀河に潜むクエーサーは、同光度の既知クエーサーと少なくとも同じ程度の数密度を持ち、宇宙再電離期でこれまで見逃されてきた重要なブラックホール種族の 1 つであると考えられる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)X30a ALMA による低光度クエーサー ($z \gtrsim 6$) に対する [CII] 輝線の観測的研究

澤村真星 (東京大/国立天文台), 泉拓磨 (国立天文台/東京大), 中西康一郎 (国立天文台/総研大), 他 SHELLQs チーム

$z \gtrsim 6$ において発見された低光度クエーサー 10 天体に対する ALMA 望遠鏡の追観測結果を報告する。これらの天体は Subaru Hyper Suprime-Cam (HSC) によるサーベイ観測で発見され、静止系 UV では比較的暗い ($M_{1450} \gtrsim -25$) 天体である。このような低光度クエーサーは同時代のクエーサーのマジョリティであり、銀河合体が駆動する銀河進化を捉える上で重要な母集団である。本研究では、そのような天体 10 天体に対し、ALMA を用いた [CII]158 μm 輝線と静止系遠赤外線連続波の追観測を行い、内 8 天体で [CII] 輝線と連続波の検出に成功した。2 天体においては半径 10 kpc 以内に伴銀河の存在を確認した。また、別の 4 天体の [CII] 輝線プロファイルにおいて、アウトフローまたはコンパニオンの存在を示唆する高速度成分の存在を確認し、通常の星形成銀河よりも高い星形成率を有していることが分かった。高速度成分がアウトフローであれば正のフィードバックまたは星形成駆動のアウトフローの存在が、コンパニオンであれば合体による星形成活動の誘発が予想される。本講演では上記の観測結果に加え、その他の可能性についても考察し将来展望も述べる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

X31a 高赤方偏移における強 X 線環境下での重たい種ブラックホール形成

木村和貴 (東北大学), 稲吉恒平 (北京大学), 大向一行 (東北大学)

ジェームズウェッブ宇宙望遠鏡 (JWST) により高赤方偏移における超大質量ブラックホール (SMBH) の観測例は年々増加しており、その起源も活発に議論されている。SMBH の形成シナリオの 1 つとして、超大質量星が宇宙初期に形成され、それが重たい種ブラックホール (BH) を残す Direct Collapse シナリオが考えられている。このシナリオが実現するには、星形成ガス雲内での水素分子冷却が周囲の銀河からの紫外線などにより抑制される必要がある。しかし実際には銀河は紫外線だけでなく X 線も放射し、この X 線は電離により水素分子形成の触媒となる電子を増加させ Direct Collapse を阻害する可能性がある。さらに、近年の 21cm 線の観測から、宇宙初期の銀河が現在よりも活発に X 線を放射していたことが示唆されている。

そこで本研究ではハロー内のガス進化を one-zone で解く準解析的モデルを用いて、宇宙初期の強 X 線環境下でどのような種 BH が形成されるかを調べた。前回の年会では、近傍銀河からの X 線が H_2 形成を促進することで従来の Direct Collapse はほとんど起こらなくなるものの、その他の環境効果 (baryon streaming motion や銀河合体が駆動する乱流) により $10^4 M_\odot$ を超える重たい種 BH が形成されることを報告した。今回我々はさらに様々なハローでの計算を行い、実際に宇宙初期に形成される種 BH の性質を統計的に調べ、JWST の観測結果との比較を行った。その結果、X 線が強くても JWST で観測されている SMBH の数密度と同程度の重たい種 BH が形成されることがわかった。加えて、JWST の観測では SMBH の質量が母銀河の星質量に対して近傍宇宙における関係よりも大きいいわゆる “overmassive” な例が多数報告されているが、我々のモデルでは高赤方偏移で形成される種 BH が、誕生時点ですでにこのような overmassive な性質を持っていることが示された。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X32a ALMA で見る重力レンズクエーサー MG J0414+0534 の CO(3-2) ガス構造

藏原 昂平 (名古屋大学), 井上 開輝 (近畿大学), 中西 康一郎 (国立天文台), 峰崎 岳夫 (東京大学), 松下 聰樹 (ASIAA)

MG J0414+0534 (以降 MG 0414) は赤方偏移 $z = 2.64$ に位置し、その前景による強い重力レンズ効果によって 4 つの像を持つレンズ天体である。これまでに高赤方偏移における銀河ジェット構造の研究や、マイクロレンズ効果・視線方向の小構造の検出など、多方面から研究されてきており、重力レンズを通して高赤方偏移 AGN の内部構造やダークマター分布を探る上で、極めて貴重な対象となっている。本研究では、我々が行なった MG 0414 の ALMA による CO(3-2) スペクトル線の観測結果を報告し、MG 0414 における分子ガスの詳細な運動構造を議論する。本研究は、通常難しい高赤方偏移 AGN の高空間分解観測を重力レンズ効果を用いることで達成し、AGN の形成過程や銀河進化の理解に新たな知見を提供することが期待される。

ALMA band3 による観測では、線幅 500 km s^{-1} 以上にも及ぶ線幅の広い CO(3-2) 輝線が検出され、これまでの観測では明瞭でなかった淡い成分が、重力レンズによってリング状の構造として検出された。特に、CO(3-2) の放射は速度ごとに異なる空間分布を示しており、これは母天体内部における運動構造が重力レンズを通じて分解され、可視化されたことを示唆している。さらには、4 重像の各要素の中心部について得られたスペクトル形状が異なる傾向が示唆された。それらの原因を探るため、重力レンズモデルを用いてディレンズ解析を行い、母銀河における分子ガスの分布構造の復元を試みた。本講演では ALMA 観測によって可能になった速度場の調査結果の詳細と、それを元に先行研究で知られている AGN ジェットと分子ガス成分との相互作用や、cosmic noon 期における AGN の進化状況について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X33a 輝線強度マッピングにおける活動銀河核の寄与: IllustrisTNG を用いた $\text{H}\alpha$ 輝線の解析

尾形絵梨花 (東京大学), 森脇可奈 (東京大学), Rui Lan Jun (東京大学)

輝線強度マッピング (Line Intensity Mapping: LIM) は、空間的分解能を抑えることで広視野・広波長カバレッジを実現し、銀河進化や星形成活動の統計的性質を捉える手法として注目されている。中でも $\text{H}\alpha$ 輝線を用いた LIM は、宇宙論的スケールにおける星形成活動をトレースする有力な手段とされているが、活動銀河核 (AGN) に起因する輝線放射が観測信号に与える影響については、これまで十分に検討されてこなかった。

そこで本研究は、LIM 観測における $\text{H}\alpha$ 輝線の理論的解釈の精度向上を目的とし、AGN 由来の輝線放射が観測信号に及ぼす影響を評価する。宇宙論的流体シミュレーション IllustrisTNG を用い、ブラックホール降着率に基づく輝線光度モデルを導入することで、各銀河における星形成由来および AGN 由来の $\text{H}\alpha$ 放射を個別に推定し、観測領域の総 $\text{H}\alpha$ 輝線強度に対する AGN 成分の統計的な寄与率を算出した。その結果、AGN 由来の $\text{H}\alpha$ 輝線は、観測される総 $\text{H}\alpha$ 輝線強度の最大約 18% を占めることが明らかとなった。特に、その寄与率は赤方偏移 $z \sim 2$ 付近でピークを示しており、同時期におけるブラックホールへの降着活動の活発化と整合的である。これは、銀河進化における AGN の役割を LIM の枠組みから捉えた重要な知見といえる。本研究は、2025 年に打ち上げられた SPHEREx による LIM 観測をはじめとした今後のデータ解析において、AGN 由来の輝線成分を正確に識別・補正する必要性を示唆するものであり、星形成史や巨大ブラックホール成長史の定量的理解を深めるための足がかりとなる。また講演では、LIM 観測をもとに AGN の空間分布を予測する手法についても紹介する予定である。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X34b すばる望遠鏡 HSC サーベイデータをを用いた 2 型クエーサーの周辺銀河環境の調査

鈴木悠太, 松岡良樹 (愛媛大学)

2 型クエーサーは、活動銀河核の核周辺領域が、ガスやダストによって遮蔽されているクエーサーの種族である。このクエーサーは、広輝線と降着円盤の連続光放射が見られない一方で、強い狭輝線によって特徴付けられる。この特徴を説明するため、古典的なモデルでは観測方向の角度による影響を提案する一方、別のシナリオではこれらが進化の過程における 1 型クエーサーの前駆体である可能性が提唱されている。

クエーサーは紫外線を強く放射し、周辺のガスを電離加熱することで銀河形成を抑制し、周辺を銀河の低密度領域にすると考えられている (光蒸発効果)。2 型クエーサーの遮蔽物質が、地球から観測される天球面に対して垂直に分布しているのであれば、その周囲の天球面は「紫外線照射領域」と「紫外線遮蔽領域」に分割されると考えられる。そのため、2 型クエーサーの周辺銀河密度は領域ごとの異方性を示すと考えられる。本研究では、Sloan Digital Sky Survey (SDSS) と Hyper Suprime-Cam Subaru Strategic Program (HSC-SSP) のデータを用いて、 $z \sim 0.3 - 0.8$ の 2 型クエーサーの周辺銀河環境の統計的解析結果を報告する。HSC-SSP Wide 領域において電波放射のない約 300 個の SDSS 2 型クエーサーを抽出するとともに、その周囲の銀河環境を調査した。さらに、クエーサーに対して異なる位置における銀河密度を方位角方向の関数として分析した。本ポスターでは、これらの結果を発表し、議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X35b eROSITA Detected Super-Eddington Radio Quasar With A Soft X-ray Excess

小淵紗希子, 市川幸平 (早稲田大), Bovornpratch Vijarnwannaluk (ASIAA), Andrea Merloni (MPE), 山田 智史 (東北大学), 高橋 宏典 (東北大学), 松本 尚輝 (東北大学)

活動銀河核 (AGN) とは、超巨大ブラックホール (SMBH) へのガス降着状態であり、SMBH の質量獲得の起源を知るためには AGN の観測情報が必要である。特に、この質量降着の極値であるエディントン超臨界降着状態は、SMBH が最も成長している段階を詳細に調べる重要な手がかりとなる。その一方で、この超臨界降着がどのようにして起こるのかは観測的にはいまだ不明であり、SMBH の成長過程を知る上ためには超臨界降着下での SMBH の環境や降着円盤の物理そのものを理解する必要がある。

Ichikawa et al. (2023) では、eROSITA eFEDS 広域 X 線サーベイと VLA/FIRST 1.4 GHz 電波サーベイのクロスマッチにより $0 < z < 4$ という幅広い赤方偏移において、X-ray and radio-loud AGN が多数報告された。本研究では、上記の中で分光赤方偏移同定されている天体のうち、 $0.5 - 2$ keV 光度が $L_{0.5-2\text{keV}} > 10^{46} \text{ erg s}^{-1}$ (bolometric correction を考慮すると $L_{\text{bol}} > 10^{48} \text{ erg s}^{-1}$)、かつ non-Blazar である 1 天体に着目した。MgII 輝線から BH 質量の見積もりを行ったところ、 $M_{\text{BH}} = 3.35 \times 10^8 M_{\odot}$ 、エディントン比 $\lambda_{\text{Edd}} = 1.46 > 1$ の超臨界降着状態にある可能性が高いことがわかった。またこの天体では、超臨界降着天体は UV 光度と比較して X 線光度が減少するという従来の傾向に反して、X 線過剰が確認された。本講演では、この X 線過剰の要因について議論する。加えて、本天体は電波で明るいことから、超臨界降着天体の一部が効率的にジェットを出しうる環境にある可能性や、本天体のジェット放射が母銀河に与える影響についても議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X36b eROSITA X線とすばる HSC SSP 可視光サーベイから選出された $z > 4$ クエーサーおよび候補天体の性質

石川 裕太, 市川 幸平 (早稲田大学), Bovornpratch Vijarnwannaluk (ASIAA), 長尾 透 (愛媛大学)

明るい AGN 種族であるクエーサー ($L_{\text{bol}} > 10^{45} \text{ erg s}^{-1}$) のうち $z > 4$ の遠方にあるものは、宇宙初期での超大質量ブラックホールの成長を示す重要な天体である。近傍宇宙では X 線による AGN 探査が大きな成果を上げているが、 $z > 4$ ではクエーサーの数密度が急激に減少するため、これを探査できるほど広域かつ高感度な X 線サーベイはこれまで存在していなかった。そのため $z > 4$ では可視光サーベイによるクエーサー探査が大きく貢献してきたが、これに対しては多くのダストに覆われたクエーサーを見逃してしまうことが指摘されていた。

2024 年 1 月に公開された eROSITA All-Sky Survey Data Release 1 (eRASS1) は、 $0.2 - 2.3$ keV の軟 X 線帯バンドで $\sim 10^{-14} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ のフラックス限界を達成し、2025 年現在、最も良い感度をもつ X 線全天サーベイとなった。我々は eRASS1 カタログをすばる HSC-SSP 可視光カタログとクロスマッチし、可視光のドロップアウト法を用いることで、約 600 deg^2 の観測領域から、 $z \sim 4.5, 6$ の X 線クエーサー候補天体をそれぞれ 48, 9, 2 個選出した。また、これらの天体が二色図上で占める位置から、過去の研究で未発見であった天体群が含まれる可能性が高いと確認した (2025 年春季年会, X60a)。 $z \sim 4$ 候補のうち SDSS による分光データが存在する 7 天体については、そのスペクトルの解析からブラックホール質量が $M_{\text{BH}} \sim 10^9 - 10^{10} M_{\odot}$ 、光度が $L_{\text{bol}} \sim 10^{46.5 - 47.5} \text{ erg s}^{-1}$ であると見積もられ、同じ赤方偏移帯の SDSS クエーサーの典型的な値をとっていた。一方、X 線の SED 解析から、柱密度が $N_{\text{H}} > 10^{22} \text{ cm}^{-2}$ のようなガスで覆われた天体もサンプルに含まれることが確認された。本講演では、これらの X 線で検出された $z > 4$ クエーサー候補天体の特性およびその解釈について具体的に議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X37a 平均スペクトルと直接温度法による $z = 3 - 10$ 銀河の化学的性質の進化

西垣萌香 (総合研究大学院大学/国立天文台), 大内正己 (国立天文台/東京大学), 中島王彦 (金沢大学), 梅田滉也 (東京大学), Peter Behroozi (アリゾナ大学), 武田唯 (総合研究大学院大学/国立天文台)

銀河の星質量 M_* 、金属量 Z 、星形成率 SFR の間には、Fundamental Metallicity Relation (FMR) と呼ばれる関係が成り立つことが知られており、これは銀河内の星形成とガスの流入・流出の相互作用を理解する上で重要な手がかりとなる。本研究では、JWST Advanced Deep Extragalactic Survey (JADES) を含む JWST の公開観測データ (> 300 天体) を用いて、 $z = 3 - 10$ における銀河の化学的性質の進化を調べた。一様なサンプルで進化を調べるため、 $M_* - \text{SFR}$ 平面上で同じ範囲にある銀河でビン分けし、各ビンあたり平均でおよそ 30 天体を用いて、平均スペクトルを作成した。これらを用いて、強輝線比 R3 ($[\text{OIII}]\lambda 5007/\text{H}\beta$) および R2 ($[\text{OII}]\lambda 3727/\text{H}\beta$) index を測定した結果、R3 index は赤方偏移に対してほぼ一定であったのに対し、R2 index は赤方偏移の増加とともに小さくなる傾向が確認された。光電離モデルとの比較から、これらの輝線比の変化には金属量の変化だけでなく、電離状態や星形成環境の進化も関与している可能性が示唆されており、その物理的背景について議論する。さらに、前回の講演に引き続き、平均スペクトルから $[\text{OIII}]\lambda 4363$ 輝線を検出し、直接温度法によって金属量を測定した。これにより、従来の強輝線比法よりも信頼性の高い手法で、FMR の進化を検証した。その結果、 $z > 6$ では FMR からの系統的な逸脱の兆候が現れ始め、 $z > 8$ ではその逸脱が統計的に有意であることが示された。本講演では、これらの観測結果に加え、理論モデルとの比較を通じて、宇宙初期の銀河では、星形成とガスの流入・流出の寄与バランスが、現在の銀河とは大きく異なっていた可能性について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X38a Morphological Demographics of Galaxies at $z \sim 10-16$: Log-Normal Size Distribution and Exponential Profiles Consistent with the Disk Formation Scenario

Y. Ono¹, M. Ouchi^{2,1}, Y. Harikane¹, H. Yajima³, K. Nakajima⁴, S. Fujimoto⁵, M. Nakane¹, Y. Xu¹
(1: Tokyo, 2: NAOJ, 3: Tsukuba, 4: Kanazawa, 5: Toronto)

We homogeneously investigate the morphological properties of 169 galaxies at $z \sim 10-16$ with deep JWST NIRCам images employing our established techniques of GALFIT modeling and uncertainty evaluation (systematics+statistics). We obtain effective radii r_e ranging 20–500 pc, with a distribution significantly broader than the scatter made by the uncertainties. We find that the r_e distribution is well described by a log-normal distribution with a mean of $r_e = 133^{+13}_{-12}$ pc and a standard deviation of $\sigma_{\ln r_e} = 0.52 \pm 0.08$. The standard deviation is comparable to that of local galaxies, indicating no significant evolution over $z \sim 0-10$. We estimate the virial radius r_{vir} from the stellar masses via the star-formation main sequence and stellar-to-halo mass relation, obtaining a stellar-to-halo size ratio $r_e/r_{\text{vir}} = 0.015^{+0.015}_{-0.005}$, which is comparable to those of star-forming galaxies in the low- z Universe. Our results of 1) the log-normal r_e distribution, 2) the standard deviation value, and 3) a mean radial profile consistent with an exponential profile ($n = 1.3 \pm 0.6$) suggest that galaxies at $z \sim 10-16$ generally follow the classical galaxy disk formation scenario with a specific disk angular momentum fraction of $j_d/m_d \sim 0.5-1$. Interestingly, we identify two remarkable outliers GN-z11 and GHZ2 with $r_e = 55^{+5}_6$ pc and 39 ± 11 pc, respectively, that may not be explained by disk structures but by AGN or compact star-forming galaxies merging underway in short periods of time, as reproduced in numerical simulations.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X39a JWST & ALMA Joint Analysis to Understand the ISM Properties of Early Galaxies

播金優一 (東京大学), Ryan L. Sanders (University of Kentucky), Richard Ellis (University College London), Tucker Jones (University of California, Davis), 大内正己 (国立天文台/東京大学), Nicolas Laporte (Laboratoire d'Astrophysique de Marseille), Guido Roberts-Borsani (University College London), Harley Katz (University of Chicago), 中島王彦 (金沢大学), 小野宜昭 (東京大学), Mansi Gupta (University of Kentucky)

We present a JWST and ALMA detailed study of the ISM properties of high-redshift galaxies. Our JWST/NIRSpec IFU spectroscopy targeting three galaxies at $z = 6-7$ detects key rest-frame optical emission lines, allowing us to derive $[\text{OII}]\lambda\lambda 3726, 3729$ -based electron densities of $n_{e,\text{optical}} \sim 1000 \text{ cm}^{-3}$ on average. New ALMA Band 9/10 observations detect the $[\text{OIII}]\lambda 52\mu\text{m}$ line in one galaxy but do not in the others, resulting in FIR-based densities of $n_{e,\text{FIR}} \lesssim 500 \text{ cm}^{-3}$ from the $[\text{OIII}]\lambda 52\mu\text{m}/[\text{OIII}]\lambda 88\mu\text{m}$ ratios, systematically lower than the optical $[\text{OII}]$ -based measurements. These low FIR-based densities are comparable to those at both $z \sim 0$ and $z > 6$ in the literature, suggesting little evolution up to $z \sim 14$, in contrast to the increasing trend of optical-based densities with redshift. By conducting a JWST and ALMA joint analysis, we demonstrate that the direct- T_e method can sometimes significantly underestimate metallicities up to 0.8 dex due to the presence of the low-density gas not fully traced by optical lines alone, highlighting the importance of combining optical and FIR lines to accurately determine gas-phase metallicities in the early universe.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X40a 紫外・可視・遠赤外輝線観測を包括的に説明する多相電離領域モデル

菅原悠馬, 井上昭雄, 新井涼夏, 浅田善久, 馬渡健 (早稲田大学), 橋本拓也 (筑波大学), 他

観測技術の発展により、 $z \sim 6-7$ という高赤方偏移でも系外銀河の電離領域の星雲パラメータを推定することができるようになった。ALMA 望遠鏡による静止系遠赤外線観測では、これまで10個以上の銀河から強い [O III] 88 μm 輝線が観測されてきた。ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡による静止系紫外線・可視光の観測では、[O III] 5008 輝線だけでなく、C III] 1909 輝線や [O III] 4364 輝線まで検出できている。こうした多波長におよぶ輝線強度を比較すると、これまで仮定されてきたような単一の星雲パラメータで全ての輝線を説明することが困難になってきた。例えば、[Si II] 輝線から推定した電子密度は $n_e \sim 10^3 \text{ cm}^{-3}$ であるのに対し、C III] 1909 輝線からは $n_e \sim 10^4 \text{ cm}^{-3}$ という高い電子密度、[O III] 88 輝線からは $n_e \sim 10^2 \text{ cm}^{-3}$ という低い電子密度が得られている。本研究では、これら輝線波長による電子密度の違いを説明するために、ひとつの銀河内部に多様な星雲パラメータを持つ電離領域が複数存在するというモデルを検討した。まず電離領域の数密度分布を、電離パラメータと電子密度をパラメータとして、対数正規分布などの滑らかな確率密度で表現した。各電離領域からの輝線強度は光電離モデル Cloudy を利用して計算した。全電離領域からの放射強度を積分することで単一の銀河として観測されたときの輝線比をモデリングしたところ、2桁以上にわたる幅広い電子密度分布を仮定すれば各輝線観測から得られた電子密度を再現できることが分かった。本講演では電子密度を再現する電離領域の数密度分布を示すとともに、観測されたフラックス強度の再現性についても議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

X41a 高い窒素酸素比を持つ高赤方偏移銀河の元素の起源

渡辺くりあ (総合研究大学院大学/国立天文台), 大内正己, 富永望, 石垣美歩, 高橋亘, 小野寺仁人, 西垣萌香, 武田唯 (国立天文台), 中島王彦 (金沢大学), 鈴木昭宏, 野本憲一, 小野宜昭, 播金優一, 中根美七海, 柳澤広登 (東京大学), 磯部優樹 (早稲田大学)

ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 (JWST) の観測により、非常に高い窒素酸素比 ($[\text{N}/\text{O}] > 0.2$) を示す銀河が複数見つかり、その起源が議論されている。N/O が高い銀河では N/O や C/O が CNO サイクルの平衡値に近いことが報告されており (Isobe et al. 2023)、その供給源として Wolf-Rayet (WR) 星や超大質量星の恒星風、潮汐破壊現象 (TDE) の3つが有力な候補とされている。

本研究では、3つのシナリオが予測する元素組成比に基づき化学進化モデルを構築し、観測データと定量的に比較した。どのシナリオも CNO サイクルを窒素の供給源と仮定しているため、従来注目されてきた N/O や C/O では区別が難しい。そこで、JWST/NIRSpec で検出可能な Ne, S, Ar, Fe の輝線に着目し、これらの組成比から窒素の起源を特定を試みた。化学進化モデルは、初期質量関数 (IMF) として Kroupa IMF または Top-heavy IMF を仮定し、恒星風・TDE・超新星の yield を用い、恒星からの元素放出量を積算して構築した。その結果、特に Ne/O および Ar/O が WR モデルと他のモデルの識別に有効だとわかった。モデルとの比較のため、JWST の観測で N/O が高いと報告されている $z > 6$ の11天体のうち、JWST/NIRSpec 中 (高) 分解能で CEERS、GLASS、JADES、GO 各プログラムにより分光観測された8天体についてスペクトルを解析し、[Ne III] 輝線などの flux や上限値を測定し元素組成比を導出した。その結果、Ne は Ar よりも輝線が検出しやすく、観測された Ne/O は WR モデルの予想する Ne/O よりも高いため、窒素の起源は WR シナリオでは説明が難しいことがわかった。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

X42a 0.1 pc 解像度の宇宙論的輻射流体シミュレーションで探る高赤方偏移銀河の [OIII]/[CII] 輝線比の起源

仲里佑利奈 (東京大), 杉村和幸 (北海道大), 井上昭雄 (早稲田大), Massimo Ricotti (メリーランド大)

JWST や ALMA の最近の多波長観測によって、赤方偏移6以上の遠方銀河における電離ガス (HII 領域) と中性ガス (光電離領域, PDR) の性質が次々と明らかになりつつある。特に、ALMA 観測から遠方銀河の [OIII] 88 μm と [CII] 158 μm の輝線強度比が、近傍の星形成銀河と比べて10-100倍も高いことが報告されている。このような遠方銀河の輝線放射の特性と起源を解明するべく、0.1pc という従来にない高分解能をもつ輻射輸送入りの宇宙論的ズームインシミュレーションに対して HII 領域および PDR からの輝線計算を行った。各セルごとの温度・密度・金属量・輻射強度・柱密度・放射スペクトルの形を考慮し、光電離コード CLOUDY を用いた詳細な輝線放射モデルを構築した。その結果、[OIII] 輝線は中心星団周辺の温度 $(1-5) \times 10^4 \text{ K}$ 、電離パラメータ $\log U_{\text{ion}} \sim -1.5$ 程度の高電離領域から主に放射される一方、[CII] 輝線はそれを取り囲む温度 $\sim 5000 \text{ K}$ の高密度中性ガスから放射されていることが明らかとなった。この中性ガスは、星団からの強い遠紫外線 (FUV) 放射により加熱されている。このような構造により、[OIII]/[CII] の輝線比は銀河内で局所的に大きく異なり (0.01-100 程度)、銀河全体ではおよそ5-30という輝線比を再現した。さらに我々は、この輝線比が電離ガスと中性ガスの質量比 ($M_{\text{HII}}/M_{\text{HI}}$)、および密度比 ($n_{\text{HII}}/n_{\text{HI}}$) に線形にスケールすることを導出し、これを用いて高赤方偏移 ($z > 6$) から低赤方偏移 ($z \sim 0$) にかけて [OIII]/[CII] 輝線比が自然に減少することを定量的に示した。今後の JWST と ALMA 観測との相乗効果を活かすべく、現在の観測から得られる H β 輝線と [CII] 輝線強度を用いて、既存の赤方偏移6以上の銀河について電離/中性ガスの質量比 ($M_{\text{HII}}/M_{\text{HI}}$) を推定し、本研究で導出したスケール関係の妥当性を示した。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

X43a RIOJA. Young Starburst and Ionized Gas Outflows in a $z = 7.212$ Galaxy Uncovered by JWST NIRCam and NIRSpect Observations

Y. W. Ren, A. K. Inoue, Y. Sugahara, K. Mawatari (Waseda U.), T. Hashimoto, M. Usui, W. Osone (Tsukuba U.), Y. Fudamoto (Chiba U.), Y. Nakazato, N. Yoshida (UTokyo), M. Hagimoto, Y. Tamura (Nagoya U.), H. Matsuo (NAOJ), T. Hashigaya (Kyoto U.), J. Álvarez-Márquez, L. Colina, L. Costantin, S. Arribas, A. Crespo Gómez (CAB) et al. from RIOJA project

Rest-frame optical follow-up observations of ALMA-detected galaxies in the epoch of reionization are essential to study their physical properties. We present analysis of JWST NIRCam and NIRSpect observations of a galaxy at $z = 7.212$, as part of the Reionization and the ISM/Stellar Origins with JWST and ALMA (RIOJA) project. We derived the physical properties by conducting SED fitting, confirming the young starburst nature of our target. We identified multiple emission lines from NIRSpect data. The $[\text{O III}]\lambda 5008$ emission has broad wings with FWHM of $\sim 630 \text{ km s}^{-1}$, indicating the presence of ionized gas outflows. The derived mass loading factor of $\log \eta = -0.09 \pm 0.44$ implies that the outflow-driven mechanisms may quench the star formation effectively. The inferred gas depletion time of a few 100 Myr suggests that our target may be one of the progenitors of massive quiescent galaxies identified at $z \sim 4 - 5$. Distinct morphologies of optical and far-infrared $[\text{O III}]$ implies inhomogeneous density distributions across the galaxy. Moreover, the extremely young stellar age of $\sim 2 \text{ Myr}$ can hardly account for the measured metallicity. Future MIRI observations may be necessary to probe the potential old stellar populations.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X44a The First NIRCam-MIRI Joint Color Selection for $z \sim 10$ Little Red Dots

Takumi Tanaka (U.Tokyo/Kavli IPMU), Hollis Akins (UT Austin), Yuichi Harikane (U.Tokyo), Caitlin Casey (UC Santa Barbara), Kohei Inayoshi (KIAA), Jeyhan Kartaltepe (Rochester Institute of Technology), John Silverman (Kavli IPMU), Kazuhiro Shimasaku (U.Tokyo), Feige Wang (U.Michigan), Koki Kakiichi (Cosmic Dawn Center), Jianwei Lyu (U.Arizona), and on behalf of the COSMOS-Web, COSMOS-3D, and POPPIES collaborations

JWST has discovered a new, abundant population at the high-redshift Universe called “little red dots” (LRDs). LRDs are characterized by their rest-UV-to-optical V-shape SED with a valley at the Balmer break, compact morphologies, and broad Balmer emission lines. While the physical nature of LRDs remains under debate, one plausible hypothesis is that LRDs are active galactic nuclei. Previous studies have found that the number density of LRDs peaks at $z \sim 6$ and rapidly declines toward lower redshifts, suggesting that LRDs may trace an very early phase in the formation of supermassive black holes (SMBHs). However, previous LRD samples are limited to $z \lesssim 9$, because prior selection relied solely on NIRCam photometry (up to $\sim 5 \mu\text{m}$), restricting the ability to identify more distant sources. In this study, we perform the first search for LRD candidates at $z \sim 10$ using both NIRCam and MIRI photometry (up to $\sim 8 \mu\text{m}$) from COSMOS-Web, which has the largest joint coverage of both so far. We identify one solid $z \sim 10$ LRD candidate with a clear F115W dropout and a V-shape SED. In the talk, we will present the first constraint on the luminosity function and LRD fraction at $z \sim 10$ and also discuss prospects for spectroscopic follow-up and increasing the sample size.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X45a $z \sim 10$ 候補天体から探る Lyman break color を用いた遠方銀河選択基準の検討

新井涼夏, 菅原悠馬, 井上昭雄 (早稲田大学), 橋本拓也 (筑波大学), 馬渡健, 任毅 (早稲田大学), 藤本征史, Steven Finkelstein (テキサス大学), 田村陽一 (名古屋大学), 松尾宏 (国立天文台), 山中郷史 (鳥羽高専), 播金優一, 本原顕太郎 (東京大学), 森下貴弘 (カリフォルニア工科大学), 他

遠方銀河は一般に Lyman break を利用したドロップアウト法によって選ばれ、分光による追観測が行われる。しかしこの方法は完璧ではなく、 $z > 10$ の候補天体を分光観測したところ、分光的赤方偏移 $z_{\text{spec}} \sim 4 - 5$ であると判明した例が報告されている (e.g., Arrabal Haro et al. 2023, Sato et al. 2024)。 $z \sim 2.5 - 4$ の passive 銀河のわずかな 0.2% の混入が実際の $z \sim 10 - 12$ の銀河の数密度を上回るという報告もあり (Harikane et al. 2025)、遠方銀河を選択する基準を再検討することは意義深いと考えられる。

2025 年春季年会 (X10b) では、JWST の登場以前に Hubble 宇宙望遠鏡、Spitzer 宇宙望遠鏡によって選ばれた $z \sim 10$ 候補の 6 天体に対する $[\text{O III}]\lambda 88 \mu\text{m}$ 輝線観測の結果を報告した。 $[\text{O III}]\lambda 88 \mu\text{m}$ と断定できる輝線は検出されなかったことを受け、本研究では NIRCam で観測された 3 天体に対して SED フィットを行った。いずれも測光的赤方偏移 $z_{\text{phot}} \sim 2 - 3$ となり、候補天体の選択の際に低赤方偏移の天体を誤って選んでいた可能性が示唆された。そこで当時の選択基準を見直すため、主要な指標の一つである Lyman break color に着目した。 $z_{\text{spec}} > 9$ の天体と、 $z > 9$ 候補であったが分光の結果 $z_{\text{spec}} \lesssim 5.5$ と判明した天体を文献から集め、Lyman break color の比較を行ったところ、 $z_{\text{spec}} > 9$ の天体の方が強い break color を示す傾向が見られた。このことは、より厳しいカラー基準 ($m_{\text{F115W}} - m_{\text{F150W}} \gtrsim 1.8 \text{ mag}$ for $z \sim 9 - 11.5$) を用いることで、混入天体を減らしながら遠方銀河を選択できる可能性を示唆している。本講演では、これらの結果を用いて新たな選択基準について議論したい。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X46b JWST と ALMA で探る、高赤方偏移銀河 MACS1149-JD1 の星間媒質

照井禪, 橋本拓也, 大曾根渉, 長井悠, 高岸優希, 濱田朝晃 (筑波大学), 井上昭雄, 馬渡健, 菅原悠馬, Yi Ren (早稲田大学), 田村陽一, 萩本将都 (名古屋大学), 吉田直紀, 仲里佑利奈 (東京大学), 松尾宏 (国立天文台), 札本佳伸 (千葉大学), 橋ヶ谷武史 (京都大学), and RIOJA team

銀河の形成と進化を理解するためには、遠方銀河の星間媒質の物理的性質を調査することが重要である。特に近年、JWST と ALMA により、遠方銀河の詳細な観測が可能となった。MACS1149-JD1 は 赤方偏移 $z = 9.11$ に位置し、JWST NIRCам による撮像、NIRSpec と MIRI による静止系可視光域の輝線の面分光、そして ALMA による [OIII] $88\mu\text{m}$ の高分解能観測 ($\theta \approx 0''.3$) が行われており、多波長にわたる良質なデータの揃った希少な銀河である。これまでの研究から、本天体は南北に分かれた 2 つの星成分が存在し (Álvarez-Márquez et al. 2024)、また、南北で異なる速度構造を示すことが確認されている (Marconcini et al. 2024)。本研究では、JWST と ALMA による面分光観測を組み合わせ、本天体を南北の 2 つの領域に空間分解し、それぞれの星間媒質の物理的性質を多波長で推定した。JWST の [OIII] $4364 \text{ \AA}$, $5008 \text{ \AA}$ に加えて ALMA で取得された [OIII] $88 \mu\text{m}$ 輝線のフラックス比から、電子温度と電子密度を推定できる。得られた銀河全体の電子温度は $T_e \sim 2.0 \times 10^4 \text{ K}$ 、電子密度は $n_e \sim 240 \text{ cm}^{-3}$ であった。興味深いことに、この手法で得られた電子密度は、可視光の [OII] 輝線比から推定された電子密度 ($n_e \sim 610 \text{ cm}^{-3}$) と比較して、 1σ で一致しないことが明らかになった。また、JWST の面分光データの解析により南北に約 100 km/s の速度勾配が検出され、この速度勾配により [OII] $3727 \text{ \AA}$ と $3730 \text{ \AA}$ 輝線の間隔が困難になり、上述の銀河全体に対する電子密度推定に影響を及ぼしている可能性が示唆された。本講演ではこの結果に加え、JWST と ALMA のデータを組み合わせることで本天体の性質を包括的に議論する予定である。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X47b RIOJA. 面分光データで探る $z \sim 6$ 銀河 RXC J2248-ID3 の星間媒質の性質

濱田朝晃 (筑波大学), A. Crespo Gómez (STScI), 橋本拓也 (筑波大学), J. Álvarez-Márquez, L. Colina, L. Costantin (CAB), 井上昭雄, 菅原悠馬, 馬渡健 (早稲田大学), 田村陽一 (名古屋大学), 他 RIOJA team

近年の JWST 観測により、遠方銀河の物理的性質が詳細に明らかになる一方で、新たな研究課題も浮上している。その一つが Anomalous Balmer Emitters (ABEs) であり、これは Case B 理論およびダスト減光のない環境下で期待される $H\alpha/H\beta$ 輝線比 (≈ 2.86) よりも有意に低い値を示す、通常の星間媒質では説明困難な天体である。バルマー輝線比は星間ダストの減光量の指標として用いられるが、このような異常が存在する場合、減光補正をして物理量推定を行うことが困難となる。したがって、ABEs の物理的起源を解明することは、銀河の正確な性質評価のためにも重要である。本研究では、JWST/NIRSpec によるスリット分光観測で ABE の兆候 ($H\alpha/H\beta = 2.55 \pm 0.06$) が報告されていた赤方偏移 $z \approx 6.1$ の銀河 RXC J2248-ID3 を対象に NIRSpec 面分光データを用いた詳細な解析を行った。その結果、銀河全体におけるバルマー輝線比は、これまでのスリット観測とは異なり、異常な値を示さず ($H\alpha/H\beta = 3.82 \pm 0.08$)、本天体が ABEs に分類されないことが明らかとなった。さらに、 $H\alpha$ 輝線は単一のガウス成分では再現できず、線幅の異なる成分 ($\text{FWHM} \approx 109 \text{ km/s}$ および 336 km/s) に分離されること、また、スリット観測の領域を超えて空間的に広がっていることが確認された。一方で、 $H\beta$ 輝線は S/N が低いため線幅の広い成分の検出は困難であり、よりコンパクトな空間分布を示している。これらの差異が輝線比に与える影響についても考察を行う。また、 $H\alpha$ に加え、禁制線 [OIII] $\lambda 5008 \text{ \AA}$ においても $\text{FWHM} \approx 320 \text{ km/s}$ の広い成分が確認されており、これらの広線幅成分は星形成由来のガスアウトフローに起因する可能性が示唆される。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X48b MIRACLES I. Cosmic Web 直接検出に向けたすばる HSC 超深撮像データ

馬渡健¹, 山中郷史², 松田有一³, 菊田智史⁴, 久保真理子⁵, 梅畑豪紀⁶, Scott C. Chapman⁷, George Wang⁸, 菅原悠馬¹, 井上昭雄¹, 山田亨⁹, 橋本拓也¹⁰, 矢島秀伸¹⁰, 大内正己^{3,4}, 長峯健太郎¹¹, 他 MIRACLES チーム (¹ 早稲田大学, ² 羽鳥商船高専, ³ 国立天文台, ⁴ 東京大学, ⁵ 関西学院大学, ⁶ 名古屋大学, ⁷ Dalhousie University, ⁸ University of British Columbia, ⁹ JAXA, ¹⁰ 筑波大学, ¹¹ 大阪大学)

銀河、銀河間ガス、ダークマターは網の目状の大規模構造 “Cosmic Web” をなし、特に遠方宇宙においては、この Cosmic Web を介したガスの流入が、銀河や銀河団の進化に大きな影響を与えると予想されている。我々は水素 Ly α 放射で Cosmic Web をトレースすることを目的として、すばる望遠鏡 HSC に狭帯域フィルター NB497 を装着し、HSC による同一視野観測としては過去最長となる 53 時間の積分を行った (インテンシブプログラム MIRACLES; PI: 松田有一)。観測対象は $z = 3.1$ SSA22 原始銀河団領域である。長時間露出画像のスタックや淡く広がった Ly α 光に対する背景光引きなど、データ処理において特別な処置を施した。その結果、NB497 バンドで $5\sigma = 27 \text{ mag}$ 、g および r2 バンドで 28 mag という非常に深い点源感度 (直径 $2''$ アパーチャー) を達成した。これらの狭帯域および広帯域バンド画像から $z = 3.1$ Ly α 輝線フラックス画像を作成した結果、表面輝度 $\Sigma_{\text{Ly}\alpha} = \text{several} \times 10^{-19} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ の淡く広がったフィラメントを多数検出した。これらのフィラメントは、原始銀河団中心から 4 comoving Mpc (cMpc) の範囲で以前の VLT/MUSE 観測 (Umehata et al. 2019) により報告された構造と空間分布および表面輝度がよく一致するだけでなく、MUSE 視野外に広がる数十 cMpc に及ぶフィラメント構造まで確認された。本講演では、MIRACLES プロジェクトの観測、データ処理、Ly α マップ作成解析について報告し、検出された Cosmic Web の信頼性について技術的観点から議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X49a Science with PFS Observatory Filler

田中賢幸, ほか PFS チーム (国立天文台ハワイ観測所)

2024 年 3 月からすばる望遠鏡 Prime Focus Spectrograph (PFS) が科学運用を開始した。PFS は 1.25 平方度の視野を約 2400 本のファイバーでカバーする多天体分光器で、世界で最も強力な分光器の一つである。この PFS の性能を最大限発揮すべく、ハワイ観測所ではコミュニティとともに PFS に特化した科学運用を作り上げた。PFS 観測では、複数の観測プログラムを同時に実行し、余っているファイバーにはフィラー天体を当てる。フィラーには Community Filler と Observatory Filler の二つのカテゴリーがあるが、後者は PanSTARRS1 カタログで $i < 21$ 等級の天体全てがターゲットである。点源か広がった天体かの区別はしていない。PFS 観測では優先度の高いプログラムが観測視野を決定するため、Observatory Filler の天球面上での分布は極めて非一様になるが、それ以外は i -band 等級選択のみのバイアスの少ないサンプルであり、天の川銀河の星の研究から遠方の銀河・QSO まで、さまざまな科学成果が期待できる。本講演では実際に取得された Observatory Filler の統計、実際のスペクトルからできるサイエンス、並びにその初期結果を議論したい。Observatory Filler は占有期間のない公開データであり、コミュニティに広く活用されることを期待している。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

X50a DeepDive: Jekyll & Hyde 周辺に存在する静かな銀河の原始銀河団領域

柿元拓実 (総合研究大学院大学), 田中賢幸 (国立天文台), Francesco Valentino, 伊藤慧 (Cosmic DAWN Center)

銀河の形態密度関係とは、「より密集した環境に存在する銀河ではより早期型銀河が多い」傾向を観測的に確認したものである。このような銀河の棲み分けの原因を探るには、その形成時期にあたる遠方宇宙での原始銀河団の形成を理解することが重要である。特に早期型銀河は典型的に長期間にわたって星形成を行っていないため、星形成を止めた (静かな) 銀河による原始銀河団の発見が直接的な形態密度関係の起源を探る上で必要不可欠である。

本研究では、JWST Cycle 2 プログラムの一つである DeepDive サーベイ (PI: Francesco Valentino) から静かな銀河が密集した領域を発見したため、その物理的性質について議論する。この密集領域は COSMOS 領域での銀河密集度の平均に対して 2.5 倍高い銀河数密度を持っており、4 つの大質量で静かな銀河が存在している。このうち 1 天体は 'Jekyll & Hyde' と呼ばれる銀河ペアであり、現在合体しつつある天体である。JWST 中分散スペクトルと測光データによる SED フィッティングの結果から、Jekyll 以外の 3 天体は非常によく似た星形成史を辿った可能性が示唆された。また、このうち 2 天体は AGN 活動を示唆する輝線が観測されており、同じ時代に AGN の活動によって星形成が止まったのではないかと解釈している。講演では、DeepDive サーベイで発見された Field に存在する静かな銀河との違いについても触れ、銀河周辺環境による星形成の抑制について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

X51a 15 バンド測光データに対する次元削減による 3 次元銀河多様体の発見

山形 大青¹, 竹内 努^{1,2}, Suchetha Cooray³ (1:名古屋大学, 2:統計数理研究所, 3:Stanford University)

近年、天文学データの次元数の増加により、天文学者がその特徴を直感的に把握し、物理的な解釈を加えることが一層困難になっている。この問題を解決するため、我々は銀河が高次元データ空間内で分布する低次元の構造である銀河多様体を解析する研究を進めてきた。Takeuchi et al. 2025 では、遠紫外線から近赤外線までの 11 バンドの測光データに多様体学習アルゴリズムである UMAP (Uniform Manifold Approximation and Projection) を適用し、銀河が 11 次元の光度空間内で二次元平面上に分布していることを報告した。さらに、この二次元平面は星質量と星形成率という 2 つの物理量で特徴づけられており、高次元銀河データの分析における多様体学習の有用性が確立された。

しかし、この研究では、使用されたデータにダストによる放射情報が含まれておらず、発見された二次元銀河多様体内でダストに関連する物理過程を完全に説明することが難しいという課題があった。そこで、本研究では中赤外線から遠赤外線のデータを追加することでデータセットを拡張し、15 バンドとなった測光データに UMAP を適用した。その結果、星質量、星形成率、ダスト量に対応する 3 つの次元を持つ新しい銀河多様体が発見された。本講演では、新しい銀河多様体に関する詳細な解析について報告するとともに、銀河多様体を銀河進化のトラックとして解釈することについても議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

X52a SED フィッティングを用いた銀河物理量推定における HSC 中間帯域フィルターの有効性

曹 愛奈¹, 竹内 努^{1,2}, 宮武 広直¹, Suchetha Cooray³ (1: 名古屋大学, 2: 統計数理研究所, 3: Stanford University)

スペクトルエネルギー分布 (SED) には、銀河の様々な物理的情報量が反映されている。観測された SED を種族合成モデルと比較することで、恒星質量、金属量、星形成史といった物理量を導出できる。しかし、SED フィッティングによるこれら物理量の推定には依然として大きな不定性があり、その軽減は銀河進化の理解を深める上で重要な課題である。不定性の理解のためのアプローチの一つとして、より豊富なスペクトル情報を含む観測データを用いて、その挙動を検証する方法が考えられる。すばる望遠鏡に搭載された Hyper Suprime-Cam (HSC) は超広視野主焦点カメラであり、大規模サーベイに有効な観測装置である。近年、中間帯域フィルターの導入が計画されており、広帯域フィルターと比較してより詳細なスペクトル情報の取得が可能になると期待されている。

本研究では、銀河形成シミュレーションに基づくスペクトルデータを用いて SED フィッティングを実行し、HSC 中間帯域フィルターを用いた物理量推定精度の検証を行った。その結果、中間帯域フィルターを利用することで、従来の広帯域フィルターよりも恒星質量、金属量、星形成率の推定精度が全体として向上する傾向が確認された。特に、金属量推定において課題となる金属量とダスト減光の縮退が、中間帯域フィルターの導入により緩和される可能性が示唆された。これらの結果は、HSC 中間帯域フィルターの科学的有効性を示すものであり、今後の大規模深宇宙サーベイにおける銀河物理量推定の精度向上に資することが期待される。加えて本発表では、低 S/N 比の暗い銀河に対する推定精度向上の可能性について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X53a NIR spectroscopic study of low-mass HAEs at $z \sim 2$ in ZFOURGE-COSMOS field

Jeung Yun (The University of Tokyo), Kentaro Motohara (The University of Tokyo, NAOJ), Kosuke Kushibiki (NAOJ), Masahiro Konishi (The University of Tokyo), Shuhei Koyama (NAOJ), Nuo Chen (Tohoku University), Tomoya Yukino (The University of Tokyo)

The star-forming main sequence (SFMS) is a correlation between stellar mass and star formation rate (SFR), with more massive galaxies generally exhibiting higher SFRs. Through the study of $z \sim 2$ H α emitters in ZFOURGE field, we have found a low-mass ($< 10^9 M_{\odot}$) population above the main sequence by K_s broadband excess (Terao et al. 2022; Chen et al. 2024).

To confirm their redshifts and high star formation rate, as well as their physical properties, we have carried out MOS spectroscopy by SWIMS on Subaru Telescope. Observations, conducted in February 2022, targeted at seven H α candidates at $z \sim 2$. Among them, three are low-mass systems with $\log(M_*/M_{\odot}) < 9$, and four have stellar masses in the range $10 < \log(M_*/M_{\odot}) < 11$.

All the targets show emission lines at $z = 2.06\text{--}2.49$, where four galaxies exhibit multiple emission lines, two show a single strong line, and one has tentative dual-line detection. The emission lines are identified to be H α , H β , [O III], [O II], and [N II]. The detections of strong H α confirm ongoing star formation activity. We will report and discuss their properties in the presentation.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X54a サブミリ波と近赤外線分光観測で探る赤方偏移 $z = 8.312$ に位置する星形成銀河の多相星間物質の性質

萩本将都, 田村陽一, 梅畑豪紀 (名古屋大学), Tom Bakx (チャルマース工科大学), 橋本拓也 (筑波大学), 井上昭雄, 菅原悠馬, 馬渡健 (早稲田大学)

宇宙再電離期の紫外線で明るい星形成銀河は、近年の JWST や ALMA の観測により、銀河進化の理解に重要なだけでなく、宇宙再電離の主要な駆動源である可能性が示唆されている。我々は、このような銀河の物理的性質、特に電離光子の脱出に関連すると考えられる中性ガスの “porosity” に制限を加えるため、光電離モデル CLOUDY を用いて多相星間物質モデルを構築した。本講演では、赤方偏移 $z = 8.312$ に位置する MACS0416_Y1 に対して、JWST/NIRSpec で新たに取得された面分光観測データについて発表し、静止系可視光から遠赤外線のパラメータを用いた多相星間物質モデルの結果を報告する。この銀河はこれまでに、ALMA による静止系遠赤外線輝線の [O III] 88 μm 、[C II] 158 μm 、静止系 90 μm 帯のダスト連続光の検出が報告されている (e.g., Tamura et al. 2019, Bakx et al. 2020)。我々は、面分光観測データの解析により、電離ガス由来の酸素、ネオン、水素の輝線の検出を確認した。これらの静止系可視光から遠赤外線までの観測データと多相星間物質モデルを組み合わせ、この銀河における典型的な星間物質の性質を調べたところ、観測された輝線光度は電離ガス + 中性ガスの 2 相のガスでうまく再現され、電離ガスの $\sim 90\%$ が星間空間に剥ぎ出しの構造を持つという結果を得た。この結果は、電離光子の脱出に必要な条件を満たし、MACS0416_Y1 が宇宙再電離に寄与した可能性を支持する。また、得られたガス密度は近傍の電離領域と同程度 ($\sim 60 \text{ cm}^{-3}$) であり、静止系可視光輝線のみに基づいて電子密度が推定された同時代の銀河 (e.g., Isobe et al. 2023) と比較して、低密度のガスが支配的であることが明らかになった。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X55a 宇宙再電離期の低金属量銀河に対する水分子の観測可能性について

田村陽一 (名古屋大学)

水分子 (H_2O) は、近傍宇宙では分子雲中で最も存在比の高い分子のひとつと知られ、早期宇宙では初代星超新星後の第 2 世代星形成時にも多く生成されたとされる (e.g., Whalen et al. 2025)。また、近傍宇宙では、ホットコアから超高光度赤外線銀河まで 12 桁にわたる H_2O -遠赤外線光度間の比例関係があることから、星形成率のトレーサとしても有力だ。非対称コマ分子である H_2O には、滞留しやすい回転準位が存在する。このため、周囲の遠赤外線連続光を吸収して回転励起を生じ、脱励起で光る放射過程が駆動される (遠赤外線ポンピング)。また低温環境下でダスト粒子に吸着した水氷はダストの加熱があると昇華し、気相中の H_2O 存在比を上昇させる。つまり、より高温のダストや背景放射があれば、より高い光度の H_2O 線が期待される。近年、再電離期の若い低金属量銀河で高温のダストが見つかったが、低金属量銀河の H_2O 観測は低赤方偏移宇宙でさえほぼ皆無であり、かつ H_2O 線の理解は Herschel/SPIRE 帯域内 ($\nu_{\text{rest}} = 0.45\text{--}1.55$ THz) の回転遷移線に集中していた。

そこで本研究では、高温のダスト及び宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) による遠赤外線ポンピングを考慮した非局所熱平衡下での H_2O のスペクトル線エネルギー分布 (SLED) を計算し、低赤方偏移の銀河では見逃されていた顕著なスペクトル線を探した。この結果、低赤方偏移では弱い吸収線として観測例のある $\alpha\text{-H}_2\text{O}$ ($2_{12}\text{--}1_{01}$) ($\nu_{\text{rest}} = 1.67$ THz) が、最も明るい輝線となる可能性を見出した。また、SLED によりダストや CMB が作る背景連続光の物理的性質 (温度等) を制限できることがわかった。これは、静止系遠赤外線連続光の直接観測がなくとも、ダストをプローブできることを示唆する。重要な H_2O 線は $z \sim 10$ で $\lambda_{\text{obs}} \approx 2\text{--}4$ mm に赤方偏移する。これらは ALMA2 や LMT-FINER、将来の ngVLA (近傍宇宙なら PRIMA) の重要なターゲットになる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

X56a すばる望遠鏡 HSC による銀河団中のマージャーフラクションの調査

柳川晏里 (奈良女子大学), 鳥羽儀樹 (立命館大学), 太田直美 (奈良女子大学), 田中賢幸 (国立天文台), 岡部信広 (広島大学), 三石郁之 (名古屋大学), 今西昌俊 (国立天文台), 嶋川里澄 (早稲田大学), 金志勳 (SNU), 後藤友嗣 (NTHU), 他 HSC project 417 メンバー

銀河の形態とその環境には、形態密度関係に代表されるような密接な相関があることが知られている。また、銀河の形態は進化過程と深く関係し、銀河の進化は銀河団全体の進化にも影響を及ぼす。階層的構造形成モデルにおいては、銀河合体 (マージャー) は銀河進化の主要な駆動要因であり、星形成活動や活動銀河核 (AGN) の活性化にも関与すると考えられている (Hopkins et al. 2008)。しかしながら、マージャーの発生頻度の環境依存性については依然として不明な点が多い。

本研究では、マージャーの環境依存性の解明を目的として、すばる望遠鏡 HSC による高解像度銀河画像を用いた大規模な統計調査を実施した。約 5 万 5 千個の銀河についてノンパラメトリックな形態指標である Gini 係数と M_{20} を用いて銀河の形態分類を行い、赤方偏移および銀河団中心からの距離に対するマージャーフラクション (f_{merger}) を求めた。その結果、 f_{merger} は赤方偏移と正の相関を示し、銀河団中心に近いほど高くなる傾向がみられた (柳川他 2022 年秋季年会)。今回講演では、GALAXY CRUISE (Tanaka et al. 2023) を活用した分類精度の評価やサンプルの再定義、shape asymmetry も併用した新たなマージャー分類基準を導入した最新の結果を報告する。 $z < 0.2$ の約 3 万 3 千個の銀河を対象にした結果、 f_{merger} と赤方偏移の正の相関に加え、銀河団中心部では外縁部に比べて f_{merger} が約 10% 高くなる傾向が再確認された。これらの結果は、銀河合体が比較的赤方偏移の高い時代や銀河団中心のような高密度環境においてより活発であることを示唆している (Yanagawa et al., subm)。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

X57a 赤方偏移 3 における原始銀河団の多様性

利川潤 (兵庫県立大学), 柏川伸成 (東京大学), Stijn Wuyts (University of Bath), 内山久和 (法政大学), 久保真理子 (関西学院大学), 伊藤慧 (DAWN), 児玉忠恭 (東北大学), Roderik Overzier (TNO), Chengze Liu (上海交通大学), Marcin Sawicki (Saint Mary's University), 小野宜昭 (東京大学), Malcolm Bremer (Bristol University), 斎藤智樹 (兵庫県立大学)

近傍宇宙における銀河団の観測から銀河の性質とその周囲の環境には密接な関連があることが知られている。銀河進化に環境がどのような影響を及ぼしたのかを理解するために、遠方宇宙における形成途中の銀河団「原始銀河団」の探査を HSC すばる戦略観測を用いて進めている。赤方偏移 3 の原始銀河団候補に対してすばる/FOCAS により分光追観測を行い、そのうち 2 領域は 3 次的にも銀河数密度が有意に高いことを確認し原始銀河団を発見した。さらに CFHTLS 領域において同一手法によって発見された赤方偏移 3 の 2 つの別の原始銀河団も組み合わせることで、4 つの原始銀河団に基づき $\text{Ly}\alpha$ 輝線の平均的な性質や原始銀河団ごとの違いについて調べた。原始銀河団全体ではフィールド銀河との差は見つからなかったが、 $\text{Ly}\alpha$ 輝線の等価幅が比較的大きな銀河で構成されている原始銀河団や逆に等価幅が小さい場合もあり、ある 1 つの原始銀河団に注目すると $\text{Ly}\alpha$ 輝線の等価幅の分散は小さい傾向であった。CFHT/ u バンドから Spitzer/IRAC $4.5\mu\text{m}$ までの多波長撮像データによる SED フィッティングから星質量や星形成率、ダスト減光などより詳細な銀河の性質も調べた。しかし $\text{Ly}\alpha$ 輝線の等価幅で見られたような原始銀河団ごとの系統的な違いは、星質量などの性質では見つからなかった。 $\text{Ly}\alpha$ 輝線の等価幅の多様性は個々の銀河の性質ではなく、例えば原始銀河団内の銀河間ガスのような原始銀河団スケールの性質に関連している可能性がある。原始銀河団同士を比較を通して銀河団形成について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

X58a 全天の4割に及ぶVERTECS宇宙可視光背景放射観測シミュレーション

小鹿哲雅, 津本明音, 大原有稀, 廣瀬優樹, 夷子真生, 松浦周二 (関西学院大学), 田中颯, 保田慶直, 西岡政寛, 瀧本幸司, 高橋葵 (ISAS/JAXA), 當銘優斗, 佐野圭 (九州工業大学), 新村浩司, 津村耕司 (東京都市大学), 中川貴雄 (東京都市大学・ISAS/JAXA), VERTECS collaboration

VERTECS (Visible Extragalactic background Radiation Exploration by CubeSat) は、超小型衛星 (6U サイズ) に搭載した望遠鏡 (3U サイズ) を用いて宇宙可視光背景放射を観測し、宇宙の進化史解明を目的としたミッションである。VERTECS 望遠鏡は、 $0.4\text{--}0.8\ \mu\text{m}$ の4バンド可視フィルターを搭載した小型広視野望遠鏡 (各バンド視野 $3.34 \times 3.34\ \text{deg}^2$) であり、限界等級は17-19 等程度である。また、フライトモデル望遠鏡が要求仕様を満たしていることを確認しており、今年度中に打ち上げ予定である (本年会 V2、廣瀬ら、佐野ら)。

宇宙可視光背景放射を測定するため、1 年間で全天の4割以上の天域を観測する計画を立案し、各天域の観測模擬画像を作成した。この観測模擬画像は、前景光 (黄道光、銀河内ダスト放射、星々からの放射) と背景放射 ($10\ \text{nW m}^{-2}\ \text{sr}^{-1}$ 一定値) を仮定し、光学系の収差と検出器特性を加味して作成したものである。

背景放射の解析では、手前にある星々の光をマスクした後、前景光を差し引き、残ったピクセルの平均値から背景放射を求める (本年会、田中ら、西岡ら、大原ら)。本研究の目的は、この星マスクによる系統誤差を低減することである。従来のシグマクリップ法による星マスクでは、明るいノイズを含んだピクセルを星と誤検知したため、 $1\ \text{nW m}^{-2}\ \text{sr}^{-1}$ 程度の背景放射の系統誤差が生じた。今回の手法では、光学収差、軌道上での焦点距離変動、衛星姿勢安定性を考慮した point spread function (PSF) を用いて星検出とマスク処理を行ったため、誤検出が低減され、背景放射の系統誤差は $0.1\ \text{nW m}^{-2}\ \text{sr}^{-1}$ 以下に抑えられると期待される。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X59c A matrix decomposition approach for separating emission lines, continuum, and noise in the ALMA extragalactic line survey ALCHEMI

Reiji Arai (Shizuoka U.), Toshiki Saito (Shizuoka U./NAOJ), Akio Taniguchi (KIT), Nanase Harada, and Kouichiro Nakanishi (NAOJ/SOKENDAI)

With remarkable advancements in observational technology, it has become possible to acquire high-dimensional and large-volume data. For instance, in the ALCHEMI survey using the ALMA telescope, numerous molecular emission lines and continuum components were observed at high spatial resolution across multiple frequency bands, targeting one of the nearest starburst galaxies, NGC 253.

However, the observed data may contain few line-free channels to confidently determine the continuum level. It is still challenging to accurately separate and analyze each component. To resolve this issue, it is promising to incorporate data-scientific approaches apart from traditional methods.

In this study, we apply a matrix decomposition technique to separate the three components (continuum, lines, and noise) in the ALCHEMI data. We extract a spatial slice matrix (x, ν) for a fixed value of y from the 3D data cube and then model continuum components as a low-rank matrix, the line components as a sparse matrix. As a result, we successfully separate the components to that slice matrix. However, a limitation is identified in that some line emission features are mixed into the low-rank component. In this presentation, we report the separation results, their evaluation, and the remaining issues through the analysis.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X60c VERTECS による EBL 前景放射の差し引き精度: 黄道光

西岡政寛 (総合研究大学院大学, ISAS/JAXA), 田中颯, 保田慶直, 瀧本幸司, 高橋葵 (ISAS/JAXA), 當銘優斗, 中川俊輔, 黒崎香名, 佐野圭 (九州工業大学), 小鹿哲雅, 津本明音, 大原有稀, 廣瀬優樹, 夷子真生, 松浦周二 (関西学院大学), 新村浩司, 津村耕司 (東京都市大学), 中川貴雄 (東京都市大学, ISAS/JAXA), VERTECS Collaboration

VERTECS (Visible Extragalactic background Radiation Exploration by CubeSat) は、銀河系外背景光 (EBL) の可視光観測による銀河形成史の解明を目的とした超小型天文衛星である。この科学目的を達成するには、EBL の前景光成分の明るさを見積もり、観測された空の明るさから分離する必要がある。EBL の前景光成分のひとつである黄道光は、黄道面に沿って分布している惑星間塵による太陽光散乱である。黄道光は EBL の10 倍以上の明るさを持つことが予想されており、VERTECS では誤差 $1.0\ \text{nW/m}^2/\text{sr}$ (1σ) 以下での黄道光見積もりが要求されている。しかし、可視黄道光モデルは観測データセットが不十分であることから未だに確立されていない。

本研究では、可視黄道光においては smooth cloud からの放射が最も支配的であると仮定し、COBE (Cosmic Background Explorer) による全天観測に基づく近赤外黄道光モデルを利用した。そして、このモデルにおける散乱寄与のパラメータ値を非線形最小乗法を用いて新たに見積もり、可視光波長帯に拡張した。VERTECS による EBL 観測を模擬した画像に対して本モデリングを実施した結果、黄道光の見積もり誤差は $0.7\ \text{nW/m}^2/\text{sr}$ (1σ) 以下となり VERTECS のサイエンス要求を満たした。これにより、観測画像から黄道光を分離することで得られる EBL 輝度についても、VERTECS のサイエンス要求を満たす精度での推定が可能となることが期待される。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X61c VERTECS:EBL 前景放射における銀河系ダストのモデリング

田中颯 (東京科学大学・ISAS/JAXA), 中川貴雄 (東京都市大学・ISAS/JAXA), 高橋葵, 瀧本幸司 (ISAS/JAXA), 西岡政寛, 保田慶直 (総研大・ISAS/JAXA), 小鹿哲雅, 津本 明音, 廣瀬 優樹, 大原 有稀, 夷子 真生, 松浦周二 (関西学院大学), 當銘優斗, 中川俊輔, 黒崎香名, 佐野圭 (九州工業大学), 津村耕司 (東京都市大学), VERTECS collaboration

VERTECS(Visible Extragalactic Background RadiaTion Exploration by CubeSat) は、EBL(Extragalactic Background Light) の観測を目的とした 6U サイズの超小型衛星であり、地球低軌道を周回しつつ広視野 (約 9 deg^2) で全天の 40% 以上を観測することにより暗い系外銀河を含む宇宙の進化の歴史を明らかにする。地球低軌道上から微弱な放射の積算光を観測するため、観測したデータには EBL の他に、銀河系内恒星光や、銀河系内ダストによる散乱光 (Diffuse Galactic Light: DGL)、太陽系内ダストの散乱光などの前景光成分が含まれる。EBL 輝度を正確に推定するためには、これらの前景光成分を除去する必要がある。

DGL はダストが恒星光を散乱して生じる可視光である一方、同じダストは遠赤外線で熱放射を行うため、可視光で観測される DGL 強度は遠赤外線放射強度と高い相関を示すと期待される。本研究では、前景光と等方な EBL を仮定 ($10 \text{ nW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$) し、光学系の収差と検出器特性を加味して作成した模擬データ 900 視野を用い、各視野の可視光強度と全天 $100 \mu\text{m}$ 帯ダスト放射強度マップ (Schlegel et al. 1998) との線形回帰分析を行い、DGL 成分の寄与を統計的に推定した。解析の結果、銀緯 22 度以上の高緯度域では可視光と遠赤外線の間に明確な線形関係が確認され、DGL 寄与を誤差 $0.5 \text{ nW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ 以下の精度で決定した。一方、銀緯 22 度以下の低緯度域では恒星密度の増加に伴い線形回帰の推定誤差が大きくなり、DGL 推定の精度は低下する傾向が見られた。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X62c VERTECS による銀河系外背景光の観測精度見積もり: 暗黒星雲法

大原有稀, 小鹿哲雅, 津本明音, 廣瀬優樹, 夷子真生, 松浦周二 (関西学院大学), 田中颯, 保田慶直, 西岡政寛, 瀧本幸司, 高橋葵 (ISAS/JAXA), 當銘優斗, 黒崎香名, 佐野圭 (九州工業大学), 新村浩司, 津村耕司 (東京都市大学), 中川貴雄 (東京都市大学・ISAS/JAXA), VERTECS collaboration

超小型天文衛星 VERTECS(Visible Extragalactic background radiation Exploration by CubeSat) は 400 nm – 800 nm の可視光 4 バンドを用いて銀河系外背景光 (EBL: Extragalactic Background Light) を観測することを目的としている。EBL の輝度を測定するには観測値から前景光成分を精度よく差引く必要があり、前景光の中で特に大きい輝度をもち黄道光の差引きが EBL 測定精度を左右する。黄道光の差引き精度の影響が少ない EBL 観測手段の 1 つとして暗黒星雲法がある。暗黒星雲法は EBL の輝度を暗黒星雲による減光量から推算するものであり、暗黒星雲がコンパクトであればその手前にある空間的に一様な黄道光を不定性なく差引くことができる。

本研究では VERTECS による暗黒星雲法を用いた EBL 観測の精度の検討を、前景光成分を含んだ模擬画像を作成し、暗黒星雲中心領域と星雲外との輝度差を、EBL と星間放射場の散乱吸収を考慮した式でフィッティングすることで行った。暗黒星雲の光学的厚みを遠赤外線領域のダストマップから推定し、星間放射場の強度やアルベドを変更し、幾つかのパターンでも EBL の観測下限値に近い $10 \text{ nW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ であっても EBL が 1σ 、 $2 \text{ nW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ ほどで検出できることが確認できた。本手法により VERTECS からの観測画像を解析し、暗黒星雲法での EBL の検出を目指す。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X63a OCEAN: 衝突銀河の星形成活動と分子ガス量の統計的調査

安藤誠, 田中賢幸, 柿元拓実 (国立天文台), 前田郁弥 (大阪電気通信大学), 嶋川里澄, 新井涼夏 (早稲田大学), 小麥真也 (工学院大学), 金子紘之 (新潟大学), 齊藤俊貴 (静岡大学), 橋本拓也, 大曾根渉, 濱田朝晃 (筑波大学), 安田彩乃, 辻田旭慶 (東京大学), 齋藤幸輝 (電気通信大学)

銀河同士の衝突・合体は、銀河の星形成活動や超大質量ブラックホールの活動を活性化させる重要な現象である。衝突銀河の同定には、淡い潮汐構造や乱れた形態を捉える必要があり、特に中・後期段階の衝突や小規模な衝突を検出するためには、深い撮像データが不可欠である。口径 8.2 m のすばる望遠鏡による深い撮像に基づく近傍衝突銀河サーベイ GALAXY CRUISE は、SDSS 画像に基づく従来探査で見落とされていた衝突銀河を多数含む、より高い完全性・純粋性を持つ衝突銀河カタログを構築している。我々は、GALAXY CRUISE で同定された衝突銀河をもとに、衝突による星形成活性化の機序を探るべく、野辺山 45 m 電波望遠鏡を用いた分子ガス輝線観測プログラム OCEAN (Observing Cold gas Emission from Attractive objects with Nobeyama 45-m radio telescope) を立ち上げた。本プログラムでは、比較的近傍 ($0.02 < z < 0.1$) かつ星形成主系列の上側 ($s\text{SFR} \gtrsim 10^{-10} \text{ yr}^{-1}$) に位置する 35 個の星形成銀河を選定し、ポジショニングモードにて合計約 100 時間にわたる観測を実施した。その結果、28 天体から CO($1-0$) 輝線のピークを $> 3\sigma$ の有意度で検出することに成功し、得られた積分輝線強度を分子ガス質量に換算した。先行の xCOLD GAS サーベイでガス質量が得られている銀河サンプルと比較すると、OCEAN 天体は星形成効率・分子ガス質量比のいずれもが高いが、特に前者は突出して高く、衝突が星形成効率を大きく引き上げていることが示唆される。本講演では OCEAN の概要に加え、これらの初期成果と今後の展望を紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X64a Diversity in Molecular Gas Distribution: ALMA CO(2–1) observations of five ULIRGs at $0.1 < z < 0.5$

Kianhong Lee (Nagoya University), Masayuki Akiyama (Tohoku University), Xiaoyang Chen (Waseda University), Naoki Matsumoto (Tohoku University)

Ultra-luminous infrared galaxies (ULIRGs) represent a phase during which both galaxies and their central supermassive black holes are rapidly growing. However, ULIRGs are rare in the local universe due to the limited comoving volume. The AKARI 90 μm all-sky survey provides a unique sample, consisting of the nearest and brightest ULIRGs at $0.1 < z < 1$. We present our ALMA observations of the CO(2–1) line for five AKARI-selected ULIRGs, with spatial resolution on kpc scales. These galaxies exhibit complex structures not only in their stellar components but also in their molecular gas morphologies, such as double nuclei, gas supply, tidal tails and outflows, indicating that they are in different merger stages. Based on these results, we discuss their evolutionary phases in the context of the local relation between stellar mass and black hole mass.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X65a 弱い重力レンズ効果を用いた銀河中心部のダークマター密度分布解析

藤川百花 (千葉大学), 大栗真宗 (千葉大学)

これまで、理論と観測データの双方からのアプローチにより、宇宙を記述する標準宇宙モデルが構築されてきた。この標準宇宙モデルは、大きなスケールの観測とは整合するが、銀河やハローといった小さいスケールの観測とは矛盾するところがある (小スケール問題)。この問題について、従来は速度分散や強い重力レンズ効果を用いて銀河中心部のダークマター密度分布を調べることで解決を試みる研究が行われてきたが、未だ完全な解決には至っていない。一方で、近年、観測技術の発展により、弱い重力レンズ効果でも銀河中心部の密度分布が測定可能になってきている。そこで本研究では、この弱い重力レンズ効果を用いて銀河中心部のダークマター密度分布を解析する。

解析にははるばる望遠鏡の Hyper Suprime-Cam (HSC) による観測データを用いた。銀河形状サンプルには public three-year shape galaxy catalog (Li et al. 2022) を、レンズ銀河には CAMIRA 銀河団検出アルゴリズム (Oguri et al. 2014) によって得られた photometric Luminous Red Galaxy (LRG) を使用する。多数の銀河の重力レンズ信号を重ね合わせることで観測された平均的な接線歪み場プロファイルに星成分とダークマター成分の 2 成分モデルを適用し、星質量が $10^{11} M_{\odot}$ 程度の銀河中心近傍のダークマター分布に対する制限を得た。本講演では、得られた制限と、それが示唆する銀河形成の過程やダークマターの特性について議論を行う。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X66a EIGER: Tracing the evolution of the connection between galaxies and the IGM during the final stages of reionization

柏野大地 (国立天文台)

Understanding the evolution of the intergalactic medium (IGM) during reionization, along with the properties of ionizing sources, has long been a central focus in astrophysics and cosmology. Here, we present results from the EIGER survey, a completed JWST/NIRCam WFSS campaign targeting fields of luminous quasars at $z \gtrsim 6$. Our analysis includes observations from six quasar fields, identifying 948 [O III]-emitting galaxies with spectroscopic confirmation across a redshift range of $z = 5.3\text{--}7.0$. By examining both the spatial distribution of galaxies and the transmission spectra of the background quasars, we have revealed specific instances of co-location between galaxies and ionized regions, as traced by Lyman-alpha and/or Lyman-beta transmission spikes, at $z \gtrsim 5.7$. These observations provide direct evidence that galaxies facilitated localized reionization events. From statistical analysis, we have shown that at lower redshifts ($z < 5.7$), approaching the end of reionization, transmission is more suppressed nearer to galaxies within 10 cMpc, likely reflecting overdensities and elevated recombination rates. Conversely, at higher redshifts, excess transmission is observed around galaxies over scales of $\approx 5\text{--}25$ cMpc. All these findings align with the “inside-out” scenario, where reionization progressed from overdense regions hosting early galaxy formation, and they are consistent with results from state-of-the-art simulations.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X67a $\text{Ly}\alpha$ 輝線銀河の $\text{Ly}\alpha$ 輝線表面輝度プロファイルから探る宇宙再電離シナリオ

菊田智史 (東京大学), 大内正己 (国立天文台/東京大学), Yongming Liang (国立天文台), 柏川伸成 (東京大学), 日下部晴香 (東京大学), 百瀬莉恵子 (Carnegie Observatories), 山中郷史 (鳥羽商船高等専門学校)

赤方偏移 $z > 5-6$ の宇宙再電離期には銀河間物質 (IGM) の中性水素が初代天体からの電離光子によって電離するという重大な変化が起こる。この宇宙再電離がどのようにして、どんな天体からの電離光子で進むかを明らかにすることは現代の銀河天文学における大目標の一つである。これを探る手段の一つとして、主な再電離源として有力視されている $\text{Ly}\alpha$ 輝線銀河 (LAE) の周囲の $\text{Ly}\alpha$ 輝線放射の表面輝度プロファイルの広がりを使う方法がある。水素の $\text{Ly}\alpha$ 光子は IGM 中の中性水素により共鳴散乱を受けるため、中性度の高い再電離完了前の宇宙に存在する LAE の周囲では再電離完了後の LAE よりも空間的に広がった $\text{Ly}\alpha$ 輝線放射、いわゆる $\text{Ly}\alpha$ ハローが見られることが理論的に予測されている (Jeeson-Daniel et al. 2012, MNRAS, 424, 2193)。

本研究では、Kikuta et al. 2023 (ApJS, 268, 24) で構築されたすばる望遠鏡 HSC 戦略枠 (HSC-SSP) サーベイで得られたデータを利用したこれまでで最大の $z = 6.6$ (再電離進行中) と $z = 5.7$ (再電離終末期)、およびさらに低赤方偏移の LAE サンプルを用い、スタッキング解析を通じて各時代の平均的な $\text{Ly}\alpha$ 輝線放射の表面輝度プロファイルを求めその進化を議論する。各時代ごとに $\text{Ly}\alpha$ ハローの広がり と UV 連続光の正の相関が見られた他、 $z = 6.6$ では周囲の LAE 数密度が低いサンプルがそうでないサンプルより広がった $\text{Ly}\alpha$ ハローを持つ傾向が見られた。 $\text{Ly}\alpha$ ハローの広がりが水素中性度を反映している場合、このことは銀河が密集した場所から再電離が進む inside-out シナリオと整合的であるが、考えられる誤差や代替シナリオについても検討する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X68a A Wide and Deep Exploration of Radio Galaxies with Subaru HSC (WERGS): Extended Catalog for LBG Selection

Youwen Kong, Kotaro Kohno (U. Tokyo), Kohei Ichikawa, Yuxing Zhong (Waseda U.), Hisakazu Uchiyama (Hosei U.), Kianhong Lee (Nagoya U.), WERGS Collaboration

High-redshift radio galaxies (HzRGs; $z \geq 1$), being massive, distant, and radio-loud, have been suggested both observationally and theoretically to provide a key link to early black hole growth and AGN activity. However, the number of known HzRGs, especially those at $z \geq 4$, remains limited due to challenges in identification methods, as well as the optical depth and sensitivity of previous surveys. With advanced observational instrumentation, the Subaru Hyper Suprime-Cam (HSC), with its wide and deep survey capabilities, now enables more effective discovery of HzRGs. In this study, we expand the HzRG sample as part of the Wide and Deep Exploration of Radio Galaxies with Subaru/HSC (WERGS) project by cross-matching the final Subaru HSC-SSP data release, S23B, with the latest radio catalogs, VLA-FIRST, LoTSS DR2, and VLASS Epoch 2, obtaining the widest and deepest survey coverage among established WERGS catalogs, reaching up to $\sim 1200 \text{ deg}^2$. We identify candidates via Lyman break techniques ($g-r-i-z$ dropouts), reaching redshifts up to $z \sim 7$, entering the epoch of reionization. We investigate the variation in number density across cross-matched catalogs as a function of expected redshifts, to study constraints on radio galaxy evolution. We also analyze the spectral index of dropout candidates and compare them with UNIONS-VLASS results to identify previously missed sources in traditional ultra-steep spectrum selection methods.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X69a 重力波予測のための初代星まわりのダークマター密度プロファイル

平野信吾^{1,2}, 吉田直紀² (¹ 神奈川大学, ² 東京大学)

連星ブラックホール (BH) を取り囲むダークマター (DM) は、連星合体時に発生する重力波に影響を及ぼす。特に中間質量 BH (IMBH) は高密度の DM を周囲にまわっていると考えられており (DM spike)、将来の重力波観測によって IMBH 周りの DM 密度プロファイルが制限されることで、DM モデルの新たな制限となることが期待されている。IMBH まわりの DM 密度プロファイルを計算するとき、初代星まわりの DM 密度プロファイルを初期条件とすることがある。初代星まわりの DM 密度分布はバリオン (ガス) の重力収縮と共に断熱的に圧縮すると考えられているが、その検証は十分には行われていない。

初代星まわりの DM 密度プロファイルを調べるため、初代星形成過程を再現する宇宙論的シミュレーションにおいて、DM の質量分解能を先行研究の 1/100 倍に高めた数値実験を行った (arXiv:2505.17828)。このときの DM 粒子質量は $3.7 \times 10^{-4} M_\odot$ であり、0.02 pc までの DM 密度分布を数値分解可能である。シミュレーションより、DM は 2 段階の重力収縮を行っていることがわかった：(1) まず Kepler 回転となるため収縮が止まり $r \lesssim 3 \text{ pc}$ の等密度 DM コアが形成し、(2) バリオンの重力収縮が進むことで DM が sub-Keplerian 回転になると収縮を再開して $\sim 1 \text{ pc}$ でカスプ状 ($\rho_{\text{dm}} \propto r^{-0.6}$) となる。

本研究では典型的な初代星ハローの DM 密度プロファイルを調べたが、別のシミュレーションと比較すると、内側の勾配はハロー間のばらつきに加え、Lyman-Werner 輻射およびバリオン-DM 相対超音速流の影響によっても変化が見られた。DM 密度プロファイルは単一ではなく形成環境によって多様性を持つことは、DM に由来する重力波の位相ずれ計算において考慮する必要がある。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X70a Effective Dust Yields from Supernovae and Implications for Extinction Properties

Koki Otaki, Raffaella Schneider, Luca Graziani (Sapienza University of Rome/INAF/INFN), Alessandro Bonella, Stefania Marassi (Sapienza University of Rome), Marco Limongi (INAF/Kavli IPMU/INFN), Simone Bianchi (INAF)

Understanding the physical properties of dust in galaxies is important for galaxy formation and evolution. As the origin of dust in the early Universe, core-collapse supernovae (SNe) are considered the dominant source of dust enrichment. The reverse shock generated by the interaction between the interstellar medium (ISM) and the SN forward shock can significantly reduce the mass of newly formed dust, although there is still uncertainty on the destructive effect. Here, we calculate the dust mass, composition, and grain size distribution after the passage of the reverse shock using the GRASHrev model. Our analysis covers a large grid of SN models with progenitor masses ($13\text{--}120 M_{\odot}$), initial metallicity ($-3 \leq [\text{Fe}/\text{H}] \leq 0$), and rotation velocities (0 and 300 km s^{-1}). The SN explosions are assumed to occur in a uniform ISM with 0.05 , 0.5 , and 5 cm^{-3} . We find that the larger grains ($\gtrsim 10 \text{ nm}$) are more resistant to destruction by the reverse shock, with amorphous carbon dominating the surviving dust mass. For non-rotating progenitors, the maximum surviving mass is $\simeq 0.02 M_{\odot}$ released by SN explosions of a $120 M_{\odot}$ progenitor with $[\text{Fe}/\text{H}] = 0$ in the ISM density of 0.5 cm^{-3} , corresponding to $\simeq 4\%$ of the dust mass before the passage of the reverse shock. In this talk, we will introduce our model and compare the effect of reverse shock on the grain size distribution. Furthermore, based on our results, we will discuss the UV extinction bump at $2175 \text{ \AA}$ in high-redshift ($z > 6$) galaxies recently observed by the JWST.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X71a $z \lesssim 1.5$ における輝線強度マッピング観測による Pa α 線パワースペクトル

川東凜子, 森脇可奈, 吉田直紀 (東京大学)

宇宙全体の銀河進化を調べるには、輝線強度マッピング (LIM) という観測手法が有用である。LIM は、銀河を個別に観測する銀河サーベイと比べて、解像度を落としてより広い視野と周波数領域で観測を行うため、広域に渡ってかつ暗い銀河も含めた統計量を得ることができる。SPHEREx では $0.75\text{--}5 \mu\text{m}$ の分光測光観測が行われ、H α 線等の LIM を得ることが計画されている。星形成率や星間赤化は Balmer 系列の輝線を用いて算出されることが多いが、これらはダストによる吸収や散乱の影響を受けやすいという問題点がある。

そこで本研究では、より長波長の再結合線である Pa α 線の SPHEREx による観測可能性を検討する。連続光は分離可能と仮定し、Pa α と観測域の重なる輝線として H α , [SII], [NII], [OIII], H β , [OII] を考慮した。宇宙論的流体シミュレーション IllustrisTNG によって生成した星形成銀河の三次元分布から、星形成率と各輝線の明るさの線形関係を用いることにより、強度マップを作成する。その模擬観測データをもとに各種統計量を計算した結果、観測波長 $4 \mu\text{m}$ 以上では、Pa α 線の寄与が平均強度において平均 73% 、 $k=0.9 \text{ (Mpc/h)}^{-1}$ のパワーにおいて平均 86% を占めることが分かった。これは、それぞれ H α 線の約 5 倍、および 10 倍に当たる。長波長領域では Pa α 線が優位に観測されることから、例えば、Balmer 系列では光学的に厚い星形成領域の検出が期待できる。また、 $k=0.9 \text{ (Mpc/h)}^{-1}$ におけるパワーの赤方偏移進化を調べたところ、観測波長 $4\text{--}5 \mu\text{m}$ での平均パワーの、観測波長 $2\text{--}3 \mu\text{m}$ での平均パワーに対する比率が、ダストが存在しない場合は 1.9 倍であるのに対し、典型的な減光を仮定した場合は 5.1 倍と、ダストの有無によってパワー進化の形状に違いが見られた。この結果は、パワースペクトルの波長依存性を用いて、赤方偏移 $z \lesssim 1.5$ 程度における典型的なダスト量の推定が可能であることを示唆する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X72a Utilizing a Dust and Chemical Evolution Model with MCMC to Derive the Physical Conditions of Dust Clumps in High- z Galaxies

加納龍生, 名古屋大学

Dust plays a pivotal role in the evolution of galaxies, affecting key physical attributes such as the spectral energy distribution (SED) and the history of star formation. In this work, we propose a detailed model that integrates both dust and chemical evolution to compute the SEDs of galaxies. Although our model is successful in reproducing the SEDs of nearby galaxies, applying it to high-redshift galaxies ($z \gtrsim 8$) necessitates theoretical adjustments due to variations in galaxy properties.

To tackle this challenge, we made revisions to our SED model to improve its alignment with the observations of distant galaxies. Specifically, we modeled the molecular clouds surrounding young stars (referred to as clumps) as spherical structures. Given that high-redshift galaxies are typically more compact, the density within these clumps is expected to be higher than local. To capture this, we applied a different scaling for the clump radius than that of the overall galaxy and increased the dust number density within the clumps.

To refine the model parameters and achieve the best fit with observed SEDs, we implemented the Markov Chain Monte Carlo (MCMC) method. This approach allowed us to systematically explore the parameter space and perform highly reproducible simulations that are in good agreement with observations. Our findings suggest that high-redshift galaxies have substantially higher dust number densities, leading to more intense dust emission compared to nearby galaxies.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X73a JWST 近赤外線分光観測で探る宇宙最初期のダスト放射の起源

武知可夏 (東京大学), 大内正己 (東京大学/国立天文台), 中島王彦 (金沢大学), 清田朋和 (総合研究大学院大学/国立天文台), 柳澤広登 (東京大学), 中根美七海 (東京大学), DREAMS チーム

宇宙初期の星形成を知るためには、効率的にガスを冷却する初期のダスト形成を調べるのが重要である。ダスト形成のメカニズムとして、AGB 星や重力崩壊型超新星爆発からのガス放出が挙げられるが、近年それらの寄与のみでは説明が難しい遠方のダストの存在が明らかになっている。特に、アルマ望遠鏡 (ALMA) の観測によってダスト連続光が検出された $z = 8.312$ の星形成銀河 MACS J0416-Y1 (以降 Y1) は最たる例であり、ダストの存在を確認された天体の中で最初期の宇宙に存在する。そのため、ダスト形成メカニズムを理解する上で鍵となる天体である。

本研究では、Y1 に対して JWST の DREAMS プログラムで、NIRSpec MSA による約 10 時間の深い近赤外線分光観測を行った。その結果、Y1 の $H\beta$ 輝線に速度幅が半値全幅 $2700^{+1000}_{-500} \text{ km s}^{-1}$ の広輝線成分が見つかった。禁制線 $[O III]$ では $H\beta$ のような広輝線がないため、 $H\beta$ の広輝線は、ブラックホール周辺の高密度ガス起源と考えられることから、Y1 は 1 型 AGN であり、超巨大ブラックホールが存在していることを示唆している。さらに、 $H\beta$ の広輝線からブラックホール質量を求めると $(0.4\text{--}2.1) \times 10^6 M_{\odot}$ であった。この超巨大ブラックホールは、ALMA で観測されているダスト放射と関係している可能性がある。また、直接温度法を用いて金属量を求めると、全体で平均して $12 + \log(O/H) = 7.7^{+0.3}_{-0.2}$ であり、Y1 に存在する 4 kpc 程度に広がる 3 つのクランプ構造で有意な違いが無いことがわかった。本講演では、超巨大ブラックホールの存在や近赤外線分光データから得られた金属量の空間分布と ALMA のダスト連続光の位置などから、この天体のダスト放射の起源を議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X74a 準解析的モデル “ ν^2GC ” への 2 サイズ近似ダスト形成・進化モデルの組み込み

五十嵐諒, 西亮一 (新潟大学), 大木平 (旭川高専), 長島雅裕 (文教大学)

ダストは観測や星形成に影響を及ぼすため、銀河の観測や、銀河進化を考えるうえで非常に重要な物質である。

ダストはサイズによって特性が異なるため、ダストの進化を考えるうえではこのサイズ分布の full-calculation が必要であるが、計算コストが大きくなってしまふ。この計算コストの問題は、ダスト進化モデルを宇宙論的流体シミュレーションや準解析的モデルに組み込む際のボトルネックとなっていた。しかし、天の川銀河におけるダストサイズ分布 (MRN 分布) に基づくと、2 サイズで近似した計算でも本質を見ることができるため、第一近似として 2 サイズ近似を用いた計算を採用する。この計算手法は Hirashita (2015) の着想に基づく。

赤方偏移 9 で、ハロー質量 $10^{10} M_{\odot}$ の銀河が形成するという条件の下、2 サイズ近似を用いて、ホットガス・コールドガスにおけるラージダスト・スモールダストの質量変化を計算した。その結果コールドガス中では、 $z \simeq 6.5$ でダスト質量が $\sim 10^5 M_{\odot}$ となり、そこから low- z にかけて減少し、最終的には $\sim 10 M_{\odot}$ となることが分かった。ピークから low- z にかけてのふりまは、ガス成分の傾向とリンクしているためと考えられる。一方ホットガス中では、ダストは単調に増加し、 $z = 0$ では $\sim 10^{-3} M_{\odot}$ であることがわかった。 $z = 0$ のホットガス中のダスト質量は、コールドガス中でのダスト質量に比べて 4 桁も小さい。また、星形成タイムスケールが短い ($5 \times 10^8 [\text{year}]$) 場合は、高赤方偏移でラージダストとスモールダストの質量比が急変し、 $z \sim 8.5$ でスモールダスト質量はラージダスト質量の約 4 倍となり、銀河進化に影響することが予想される。

上記の計算結果はクローズドな単一銀河の計算であるが、本講演では準解析的モデル ν^2GC に適用した計算結果も紹介する予定である。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Y01a 物理に苦手意識を持つ女子学生に対する天文学教育の可能性

下井倉ともみ (大妻女子大学)、土橋一仁 (東京学芸大学)

天文学は物理学の応用分野であるが、我々の教育経験では、文系学生の多くが物理に強い苦手意識を持っており、これが天文学離れの一因となっている可能性がある。特に女子学生については、ジェンダーに関わる要因が理系学問意欲に影響を与えている可能性も考えられる。本研究では、物理に苦手意識を持つ女子学生の認識変化とジェンダーバイアスの実態を定量的に分析し、天文学教育への示唆を得ることを目的とした。この目的のため、大妻女子大学1年生の「物理の基礎」受講生57名(主に文系学生)を対象に、数学の基礎から円運動まで力学を段階的かつ丁寧に教える授業実践を行った。具体的には、身近な現象と物理法則の関連付け、動画教材の活用、物理原理を視覚化するスマートフォン対応アプリケーションの制作・実行により理解度を深めさせた。また、毎回の小テスト実施と解説による復習の徹底などを通じて、理解の定着を図った。この授業と並行して、2024年10月から2025年1月にかけて毎月1回、計4回の物理に関する意識調査を実施した。その結果、物理に苦手意識を示す学生が、94%(調査開始時)から78%(学期終了時)に減少し、統計的に有意な改善を確認した($p < 0.05$)。一方、79%の学生が「女性も物理学が得意になれる」と回答したものの、48%が幼少期から「女性には理系分野が苦手」という言葉を見聞きした経験があり、無意識のバイアスの浸透が示唆された。また、理系分野でのキャリア形成への懸念として「男性中心環境での働きにくさ」が最多回答となった。学生の自由記述から、「身近な現象との関連付け」「視覚的教材への要望」「段階的理解の重要性」が学習促進要因として抽出された。これらの結果は、物理苦手意識の背景に社会的バイアスが存在することを示すとともに、天文学の持つ視覚的魅力と身近さが物理学習への新たなアプローチとなる可能性を示唆している。

[スケジュール\(セッション毎\)に戻る](#)[スケジュール\(全体\)に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Y02a 天文・宇宙に関するリベラルアーツ科目の改善と、その科学リテラシー習熟度への影響

山崎大 (茨城大学)

情報通信技術の急速な発展により、だれでも自由意志に従って制限なく情報を発信・受信できる現代社会において、科学的に正しい情報を見分け、安全に活用するための科学リテラシーが必要不可欠になっている。

先行研究では、自然科学教養授業(自然科学系リベラルアーツ科目)として実施した授業に科学リテラシーの知見獲得を目的とした授業回を設け、その授業の講義内容に関わるアンケートや成績などの情報を複合的に解析したうえで、科学リテラシーに関する知見獲得を目的とする科目の授業作成指針について議論した。その結果、(1) 科学リテラシーの習熟度は、成績や出席数と単純な相関を持っているわけではなく、逆に、成績が良い方が成績下位と同じように情報源の確認をしない可能性が高いこと、(2) 出席数と科学リテラシーを内容とする授業の受講の有無が、科学リテラシーの習熟度の向上に無視できない影響があることが分かった。そして、これらの結果を受けて、自然科学のリベラルアーツとしての科目内容を確保し科学リテラシーに関する内容の受講機会の喪失を避けるためには、複数授業回において、その授業回の主題の説明量を確保したうえで、関連した科学リテラシー関連の話題を挿入するなど、科学リテラシーに関連する内容の受講機会の分散化の工夫が必要となることを考察した。

今回の発表では、この先行研究の結果を受け、できるだけ授業の本筋の内容を大きく変えないように、複数回の科学リテラシー獲得のための内容を挿入した場合の、科学リテラシー習熟度への影響について調査した成果について報告する。

[スケジュール\(セッション毎\)に戻る](#)[スケジュール\(全体\)に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)Y03a 地域公開天文台と連携して行う理工系学生を対象とした天体観測実習の報告
-愛媛大学宇宙進化研究センターと久万高原天体観測館の取り組み-

鈴木悠太, 栗木久光, 近藤光志, 松岡良樹 (愛媛大学), 重藤遼太郎 (久万高原天体観測館)

愛媛大学は、2007年に宇宙進化研究を総合的に行う宇宙進化研究センターを設立し、「課題挑戦プログラム宇宙科学分野」を開設している。課題挑戦プログラムでは2年生後期から、センターのスタッフが担当する「宇宙科学セミナー」を通して、天文学/宇宙物理学を学ぶことができる。本センターの設立により、愛媛大学は四国のみならず西日本地区において、天文学/宇宙物理学を体系的に学べる数少ない大学として、大きな役割を果たしている。

2017年に愛媛大学は愛媛県上浮穴郡久万高原町と連携協力協定を結び、宇宙進化研究センターは2023年より、公開天文台である久万高原天体観測館と連携して、課題挑戦プログラムの学部3年生を対象とした天体観測実習を実施している。久万高原天体観測館は、宇宙、地球、地球環境に関する知識の普及と地域文化、天文学の発展に寄与する生涯学習、自然体験の場として、1992年より公開天文台として開館し、60 cm 反射望遠鏡を設置している。そこに冷却 CCD カメラおよび測光システム (BVR) を装着することで、実際に科学的なデータの取得と解析が可能となっている。

本実習は天体観望に留まらず、観測データの解析、討論、成果発表を通じ、天体現象を解明するという、研究の過程を体験させることを重視している。例年10-20名の学生が参加し、現段階では、散開星団を観測・校正・測光解析をすることでHR図を作成し、転向点から地球からの距離と年齢を推定させる実習を組んでいる。本講演では、本観測実習の概要および実施後の反省点などについて詳細に報告する。

[スケジュール\(セッション毎\)に戻る](#)[スケジュール\(全体\)に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Y04a 東京学芸大学における中性水素原子 21cm 線望遠鏡の制作・観測実習

土橋一仁、松尾英里子、大磯佳苗、中村朝陽、西浦慎悟（東京学芸大学）、下井倉ともみ（大妻女子大学）、中村文隆（国立天文台）、瀧崎智佳（上越教育大学）、浅山慎一郎（SKA 天文台）

本講演では、東京学芸大学で実施した中性水素原子 21cm 線望遠鏡（以後、HI21cm 鏡）の制作・観測実習について報告する。HI21cm 線は天文学上最も重要なラインの一つであり、大学レベルの学生実験のテーマとしてもしばしば取り上げられている。周波数が低い（1.4GHz）ためミリ波・サブミリ波帯の電波望遠鏡に比べれば制作は比較的容易なので、学生実験のテーマの 1 つとして「つくってみよう」と思う大学教員は多いであろう。しかし、実際にラインを検出できる電波望遠鏡システムを制作することは、電波望遠鏡の構造や原理にあまり詳しくない教員・学生にとってはやはり敷居が高く、結局、HI21cm 線を扱う学生実験では LAB サーバイなどの既存のデータを利用した座学に留まることが多いと思われる。

最近の技術革新は目覚ましく、市販の無線機器で容易に HI21cm 線を検出できるようになった。これを利用した教育用 HI21cm 線望遠鏡も実現している（例えば、瀧崎ほか 日本天文学会 2025 春季年会 Y07a）。我々は、天文学を学ぶ学部 3・4 年生の学生 20 名弱を対象に、2025 年 6 月に東京学芸大学でこの教育用 HI21cm 線望遠鏡を制作して実際に 21cm 線のスペクトルを取得する実習を行なった。講師は浅山・瀧崎が務め、他のメンバーは受講学生の作業のサポートを行なった。実習は全部で 3 時間で、前半の 1 時間半で事前に用意しておいた SAWbird+H1 及び他の部品を組み立て、後半の 1 時間半で組み立てた望遠鏡を用いて銀河面からの HI21cm 線のスペクトルの検出を試みた。本講演では、実習の概要や得られたスペクトルデータを示し、参加学生たちの反応・感想について紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Y05a 東京学芸大学 40cm 望遠鏡の開発・整備状況と研究活動

松尾英里子、土橋一仁（東京学芸大学）

本講演では、東京学芸大学の口径 40cm 光学望遠鏡（以後、40cm 鏡）の開発・整備状況と、それらを活用した研究活動について報告する。

東京学芸大学の天文学研究室では、2020 年 3 月に導入した 40cm 鏡の開発・整備を進めてきた（例えば、富田ほか 2022 年秋季年会）。40cm 鏡は現在、CCD カメラとカラーフィルター群を備え、本格的な測光観測が可能な観測システムが整った状態にある。最近の 40cm 鏡を用いた観測では、系外惑星の検出や変光星の光度曲線の測定を行っている。しかし、現状の 40cm 鏡の観測システムでは、トラッキング精度に問題がある。以前我々は、この問題の解決のために赤道儀の赤経軸周りのウォームギアの歪みに起因する誤差の補正を行ったが（土橋ほか 2022 年秋季年会）、完全な解決には至っていない。そこで我々は新たに、40cm 鏡にオートガイダーの導入を試みている。オートガイダーとは、赤道儀の追尾誤差を常時監視し、その都度誤差補正を行うものである。具体的には、40cm 鏡にガイド用の望遠鏡を取り付けて追尾誤差をモニターし、赤道儀にフィードバックをかけることで追尾誤差を補正している。このオートガイダー導入によるトラッキング精度の改善により、長時間露光での撮影が可能になることが期待される。

また、40cm 鏡にカラーでの動画撮影が可能な CMOS カメラの導入を試みている。CMOS カメラを用いることで、三色合成などの処理を行わなくてもカラー映像を簡単に取得できるようになった。その特性を活かし、恒星の色の違いをその場で観察する理科授業のための遠隔観測も行える（松尾ほか 2025 春季年会）。CMOS カメラの導入により、さまざまな教育活動が展開可能になることが期待される。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Y06a Teaching of Astronomy in Asian-Pacific Region: 最初期の天文教育国際誌

富田晃彦（和歌山大）

天文教育に焦点を当てた中心的な学術誌が継続して存在しないことは国内だけでなく国際的にも長い間問題となっていることである。そういった学術誌が存在してこなかったわけではない。現在、例えば IAU の Commission C1 によって企画・編集されている Astronomy Education Journal (AEJ) がある。一方、そういった学術誌は始まっては消えていったという歴史の繰り返しでもあった。AEJ の説明文には、先行する学術誌として 3 誌が紹介されている。Astronomy Education Review (アメリカ) は 2001 年から 2013 年まで続いた。現在はその公式サイトさえもない。Latin-American Journal of Astronomy Education (ブラジル) は 2007 年に始まり、現在も継続している。Journal of Astronomy & Earth Sciences Education (アメリカ) は 2014 年に始まり、まだ廃刊になっていないようだが、2022 年の発行以降、情報がなく、バックナンバーもサイト上にない。この 3 誌については英文で発行された過去 100 年間以上の天文教育論文を調査した Salimpour, Fitzgerald, Eriksson (2014) AEJ, Vol.4, No.1 でも言及されている。なお AEJ は 2019 年に始まった。上記には言及がないが、これらの学術誌に先行するものとして 1990 年から 2003 年まで三鷹（東京天文台、国立天文台）から発行されていた Teaching of Astronomy in Asian-Pacific Region がある。1 年に 1-2 号の頻度で全体として 20 号の冊子体として発行され、168 編の記事が掲載されている。これは情報共有、開発教材の紹介、各種報告等を主とする回報であり、その点からいえば上記 4 誌と並ぶ査読学術誌であったとまでは言えない。一方、有用情報が多く掲載されており、また、現在も続く IAU の諸活動の原型を見ることができるといえる記事が多い。どのような論文・記事が掲載されていたのかのレビューを紹介するとともに、査読学術誌と並んで情報共有の回報が存在する有用性についても議論したい。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Y07a モンゴルにおける天文教育・普及の実践 - 「君もガリレオ！」プロジェクトの一例として -

縣 秀彦 (国立天文台), 関口和寛 (自然科学研究機構), Tsolmon Renchin (モンゴル国立大学)

国立天文台では、2008 年度より「君もガリレオ！」プロジェクトを実施し、小型天体望遠鏡による天体観察の機会や教員研修会などを国内外で実施してきた。海外においてはアジアの発展途上国を中心に 10 か国で実施したが、継続した支援活動の一例としてモンゴル国立大学との協同事業について紹介する。

モンゴルへは 2008 年以降 2023 年までに計 7 回訪問し、各地にて天文講演、望遠鏡製作ワークショップ、観望会、教育普及に関する研究会等を実施してきた。特に 2011 年にはユネスコ日本委員会からの支援を受けて、モンゴル国内 5 か所で大規模な「君もガリレオ！」ワークショップを実施するなど、この間、計 450 個の組立式望遠鏡キットの他、小型望遠鏡や簡易プラネタリウムなども活用し、モンゴルの天文教育・普及の向上に努めてきた。

更にウランバートルでの科学館建設への支援 (2010 年代) や、大学院生の受け入れ制度の拡大 (2016 年)、ゴビ砂漠の緑化及びアストロ・エコ・ツーリズムの立ち上げ (2023 年) をモンゴルと日本の協同事業として実施した。2014 年のバヤン・ウルギー遠征の成果として、2020 年に設立したモンゴル初の星空観光専門旅行社にこの時の「君もガリレオ！」参加者が就職するなどのバタフライ効果も現れている。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Y08a 三年目となる宇宙天気インタプリタ育成カリキュラム開発の状況

野澤恵、高城有生 (茨城大学)、カリキュラム開発チーム

今年は太陽活動のピークを迎えると予想され、6 月初頭に大規模なコロナ質量放出 (CME) が発生し、日本各地で赤いオーロラの複数の確認報告があった。このように太陽活動の諸現象が電離圏や磁気圏など地球に与える影響のことを宇宙天気と呼ぶ。宇宙天気が与える被害に対して、社会的影響範囲の広さから宇宙天気の専門家だけでは社会システム全てに応ずることは難しい。宇宙天気に対応するためにはそれぞれの業界の専門家がリスク対応を正しく行う必要がある。そのため宇宙天気リスクを評価し、対応する宇宙天気インタプリタの育成が急務となっている。また宇宙天気をわかりやすく伝える人材 (宇宙天気キャスター) や、宇宙天気予報士の育成のためのカリキュラムが必要である。そこで、2023 年度から科研費基盤 C「宇宙天気予報を深化させた宇宙天気インタプリタ育成カリキュラムの開発」(23K02807、期間 5 年) に採択され、この実践を行なっている。

実践は三年目となり、昨年度は二つの目標を立て、初学者にも伝わる資料作成、講義内容を太陽から地球側の宇宙天気現象全般のテキスト作りを一つの柱とした。もう一つは、初年度から行なっている気象キャスター向け宇宙天気講座を継続的に行ない、上の宇宙天気キャスターの育成を目指している。二つは並行した講義となり、前者は大学院生を中心としたスライド資料を作り初等者向けの資料を作ることを目指し、宇宙天気をわかりやすくかみ砕いてはあるが、正しく宇宙天気を怖がるための内容とした。しかし、難易度の設定に苦しみ、太陽や磁気圏の物理的な現象の理解不足でテキストの完成は難しかった。これについては、初学者が能動的に学べる仕掛けや関心層を拡大するアプローチが必要であることがわかった。そこで、昨年度終りに、対象を限定した、宇宙天気インタプリタ養成講座を行なっている。本講演では、今までのまとめと今年度前期の評価などの報告も行なう。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Y09b 宇宙天気予報業務

久保勇樹, 大辻賢一, 森田 諭, 秋山さなえ, 鷺見知彦 (情報通信研究機構)

宇宙天気とは、太陽活動による地球周辺の宇宙環境の乱れを議論する太陽地球系物理学の枠にとどまらず、宇宙環境の乱れの結果として起こる社会インフラへの影響まで含めて議論する分野あり、我々の社会生活との接点が薄いと思われがちな天文学の中で、社会生活と直接の接点を持つ分野である。

太陽活動が極大期を迎え、ここ 1 年ほどの間に低緯度オーロラが複数回観測されるなど、太陽活動の地球への影響が話題になることが多くなってきた。それとともに、太陽活動の我々の社会インフラへの影響についても注目されるようになってきている。過去には、日本の X 線天文衛星 ASCA が、太陽活動が原因で観測停止、運用終了に追い込まれたことはご存じの方も多いただろう。

地球の天気と同じように、宇宙天気に関しても総務省傘下の国立研究開発法人情報通信研究機構 (NICT) により、24 時間 365 日体制で宇宙天気予報が発信されている。NICT は、宇宙天気予報を業務として行っている国内唯一の公的機関である。宇宙天気予報業務は、1940 年代後半頃の電波伝搬警報に端を発し、1988 年に宇宙天気予報と名称を変え、現在まで続いている。しかしながら、実際にどのような情報が発信されているのか等については、まだ認知度が高いとは言えない。一方で、航空業界では宇宙天気情報が実用化されており、国際民間航空機関 (ICAO) の規定により、ICAO 宇宙天気センターから発出される宇宙天気情報が、民間航空機の運航に既に利用されている。

本発表では、現在、NICT で発信している宇宙天気情報の内容を中心に、宇宙天気予報業務の概要を紹介する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Y10b オンデマンド授業を用いた市民天文学：GALAXY CRUISE 銀河分類への貢献

新居 舜 (名古屋大学)

市民天文学は、非専門家が天文学の研究に貢献する機会を広く提供する分野で、インターネットの普及や宇宙科学技術への関心の高まりに伴って日々発展している。本発表では、講演者が非常勤講師として担当した 2024 年度拓殖大学のオンデマンド授業「天文学 A: 太陽系のしくみ」「天文学 B: 宇宙のしくみ」の期末レポート課題を通じた市民天文学の結果を報告する。授業では、銀河分類プロジェクト GALAXY CRUISE 第 2 シーズン Deep Quest を期末課題に採用した。受講者は理系文系問わず全学年におよび、約 600 名のうち約 8 割 (586 名) が課題を提出し、分類総数は 38 万 9,073 回に達した。最多分類者は 6,078 個、平均 664 個、中央値 516 個であった。分類数に応じた成績評価が学生の積極的な参加を促進した。銀河の衝突・合体履歴の解明は宇宙進理解に不可欠であり、機械学習活用のためにも人の目による質の高い分類が重要とされる。今回、オンデマンド教育と学術研究を橋渡しする新たな試みの有効性が示され、今後の授業でも市民天文学ツール活用が期待される。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Y11b 学生団体 AstroKIT (Kyushu Institute of Technology) による天文学教育の実践

當銘優斗、佐野圭、瀧本柚月歌、藤川至誠、AstroKIT メンバー (九州工業大学)

天文観測プロジェクトの推進には、理学的な知見に加え、工学的な素養が必要不可欠である。天文研究者の多くは理学部出身であるが、工学部にも、天文に興味を持つ学生が存在する。工学部から天文学に携わる人材を輩出するためには、理学的な問題意識や科学的探究心を持って研究活動を進められる環境を提供することが非常に重要である。しかし、九州工業大学は工学単科大学であり、天文に触れる機会が少ない。そこで、我々は工学的な素養に基づき、理学的な視点で観測装置開発に取り組む人材の育成を目指し、学生団体「AstroKIT (アストロキット)」を設立した。AstroKIT の特色は、学部生が一つのプロジェクトに長期間専念するのではなく、短期間で遂行可能なプロジェクトに複数関わることで、科学的な仮説の立案から実験・観測、データ解析までを一貫して経験できる点にある。これにより、理学的な探究心と工学的な実践力、さらにプロジェクト遂行に必要なシステム工学の素養を実践的に養うことを目指している。

現在、学部生 15 名、大学院生 5 名で活動しており、参加学生から自発的に複数のプロジェクトが立案され、「小惑星の掩蔽観測」では、移動式地上望遠鏡を用いて、独自に小惑星の恒星食の観測に成功した。「本学の屋上望遠鏡の修繕・運用」では、長期間稼働していない、口径 38cm 屋上望遠鏡の再運用に向けた改修を行っており、科学観測を立案・実施する。また、「超小型天文ミッションの検討」にて、10cm 角サイズで達成可能な科学観測の検討を行い、観測部の設計・製造・試験を実施予定である。本講演では、学部生が短期間で取り組むことのできる天文ミッションについて、幅広い分野の研究者と議論を行いたい。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Y12a 木曽観測所 50 周年を機に実施した地域連携事業

衣笠健三、近藤莊平、新納悠、森由貴、高橋英則、小林尚人 (東大木曽観測所)、瀧田伶、酒向重行 (東大天文学教育研究センター)、渡邊文雄、川村品、神前卓爾ほか木曽観測所サポーターズクラブ、大西浩次 (国立長野高専)、宮地美由紀 (塩尻星の会) ほか「長野県は宇宙県」連絡協議会

木曽観測所は東京大学東京天文台の 5 番目の観測所として 1974 年 10 月に開所されました。以来、口径 105cm シュミット望遠鏡を中心とした観測研究や観測機器の開発、大学や大学院教育活動、そして、アウトリーチや星空振興などの社会還元や地域連携活動といった 3 つを柱として活動を行っています。特に、地域の方々との対話や協力関係は開所以前から行われており、観測所の運営等を支えて頂いています。一昨年には地域の方々を中心とした木曽観測所サポーターズクラブが設立され、観測所の環境維持やイベント開催などで多大な貢献を頂いています。このように、木曽観測所は東京大学の地方施設として大学と社会と繋げる大きな役目も果たしてきています。

このような地域との協力関係を維持し、さらに発展させていくことを踏まえ、昨年 2024 年に木曽観測所が 50 周年を迎えたことを記念して、いくつかの地域連携イベントを開催しました。地元木曽町で開催した記念シンポジウムや記念式典をはじめ、木曽郡内を巡る巡回写真展、そして、木曽郡内の小中学校を対象とした見学受け入れ事業などを、地域との共催や協力によって実施しました。さらに、木曽観測所 50 周年記念として「長野県は宇宙県」連絡協議会が主催した星空観望会は、長野県の科学館やプラネタリウムなどの社会教育施設、星の会等と呼びかけて実施したもので、合計で 23 ヶ所、41 回の観望会が開催され、のべ 1000 人にも及ぶ方々に参加いただきました。

本講演では、50 周年を記念したイベントの詳細とともに木曽観測所の地域連携の現状について紹介します。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Y13a VR × プラネタリウムドームによる科学コミュニケーション活動の評価

平松正顕（国立天文台）、高梨直紘（東京大学）、川越至桜（東京大学）、日下部展彦（アストロバイオロジーセンター）、佐藤祐介（和歌山大学）、亀谷和久（国立天文台）

バーチャル空間にあたかも入りこんだように様々な体験ができるバーチャルリアリティ（VR）は、科学コミュニケーション活動（以下、SC 活動）においても様々に活用されている。一方、VR ゴーグル等の機器使用に対する障壁があり、VR 機器を利用して多くの人が SC 活動に参加できる状況にはまだなっていない。

この課題の克服を目指し、VR コンテンツをプラネタリウムドームに投影する形の科学コミュニケーションの実践を行ったのでその結果を報告する。2024 年 9 月にディスカバリーパーク焼津天文科学館で実施したイベントでは、前半にパワーポイントを投影した講演でアルマ望遠鏡について紹介し、後半に VR 空間に構築されたバーチャルアルマ望遠鏡をドームに投映し、アバターをまとめて VR 空間に入ったガイド役によるガイドツアーを実施した。イベント後のアンケートでは「立体的に理解できた」「実物を見ることでよりわかりやすかった」など、VR 空間でのガイドツアーが理解度向上に役立ったことが明らかになった。一方、参加者と講師とのコミュニケーションはイベント最後の質疑応答時間に限られ、ガイドツアー中の臨機応変なコミュニケーションは生じなかった。この点は、個人々が VR 機器を使う環境で先行して実施したバーチャルツアーとは大きく異なる。「プラネタリウムは静かに聞くもの」という意識が働いた可能性や、プラネタリウムではガイド役が来場者の様子を見ることができなかったことなどが理由として考えられる。講演ではアンケート結果の分析をもとに、VR とドームを使った SC 活動について議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Y14a 星空視聴による癒し効果の予備的検討：プラネタリウムを用いた生理・心理指標の変化

田中幹人、山本晃輔、小西香緒里（法政大学）

星空を眺めることは心理的安定や癒しをもたらすという実感が広く共有されているが、その効果を科学的に検証した実証研究は限られている。本研究では、プラネタリウム内での星空視聴が心身に与える影響を、生理指標および心理指標から予備的に検討した。

実験参加者 6 名に対し、(1) 自然映像（統制群）、(2) 星空の自動解説（実験群 1）、(3) 星空の生解説（実験群 2）の 3 条件を順に視聴させ、各回の前後で心拍変動（LF/HF 比、RRI、HR）をウェアラブルセンサにより測定した。加えて、PHRF、PSS、リラクゼーション尺度による質問紙も用いて、主観的な癒しやストレスの変化を評価した。

結果として、統制群では LF/HF 比の上昇や RRI の短縮が見られた一方、生解説条件では LF/HF 比の有意な低下および RRI の延長が観察され、副交感神経優位への変化が示唆された。心理的指標においても不安やネガティブ感情の低下、心理的安寧の上昇が確認された。自由記述では「もっとも癒されたのは星空の生解説だった」との感想が多く、主観・客観両面から癒し効果が支持された。

一方で個人差は大きく、逆反応を示す被験者も見られた。また、視聴回数を重ねることで空間への慣れの影響も示唆された。予備実験の結果を踏まえ、今後は実験参加者数の拡大や条件の統制強化など、プラネタリウム内でもより精緻な定量的検証を進めることが必要である。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Y15a Wikipedia 日本語版星座記事の抜本的改稿による天文文化の普及 (II)

小林道生

2024 年春季年会 Y23a や『天文月報』2025 年 3 月号の拙稿で既報のように、星座の由来・成立史や星座に纏わる伝承を取り扱う日本語文献には 2020 年代に至ってもなお多くの誤りが残されたままとなっており、現在もそれらを典拠とする誤情報がプラネタリウムやブログ、YouTube などの場で強い発信力を持つインフルエンサーから日々拡散されている。

かかる現状を鑑み、世により事実に近い情報を広めることで一般層および天文のアウトリーチ従事者に情報更新を促すべく、2022 年初秋から Wikipedia 日本語版の星座関連記事を抜本的に改稿する取り組みを開始した。本実践では、Wikipedia の「誰でも編集可能」「独自研究の禁止」「信頼できる情報源」「検証可能性」といった特徴を活かし、1) 星座に属する天体に関する近年の研究結果や天文学史上の情報 2) 星座の由来・成立史 3) 星座と直結した伝承 4) 日本での呼称の変遷 5) 星・星群の和名の 5 つの観点を軸に加筆修正を重ねてきた。その結果、現行の 88 星座とアルゴ座について 1 回目の改稿作業を終える目処が立った。

本講演では、足掛け 4 年に及ぶこれまでの活動を総括し、成果や新たに得られた知見、今後の改稿作業の方針等について報告する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Y16a 天文学研究に対する寄附意識とその背景要因の分析

生田ちさと (JAXA), 高梨直紘 (東京大学), 平松正顕 (国立天文台), 玉澤春史 (東京大学), 川越至桜 (東京大学), 日下部展彦 (自然科学研究機構 アストロバイオロジーセンター)

本講演では、天文学研究への寄附に関する市民意識を把握するため、2023 年および 2024 年に実施された全国調査データの分析結果を発表する。2023 年調査では、20~69 歳の 2,000 名を対象に科学技術への関心や天文学に関する行動・知識等を調査し、寄附意欲によって 4 群に分類した。その結果、寄附意欲層は講演会や施設訪問への関心が高く、科学概念の理解度や情報アクセス力も高い傾向が見られた。2024 年の調査 (n=19,860) では、「天文学に寄附する」と回答した割合は約 5 % であり、寄附意識は「興味がある」「魅力を感じる」といった情緒的要因に基づく傾向が強かった。寄附意欲は、科学技術への関心 (VSEG 分類)、高年取層、男性で有意に高かった。寄附意欲が高い層の内、天文学への興味をもったきっかけとして上位だったのは「テレビ」「科学館・プラネタリウム」「授業」などであった。また興味をもった時期は、10 代以前が 6 割を超えていた。以上の結果を踏まえた、より寄附が集まりやすく、継続性のある支援者との関係を築けるような施策についても議論する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Y17a プラネタリーディフェンス会議の成果と課題

熊谷謙一 東京国際大学、日本スペースガード協会

小惑星の地球衝突に関する専門家の国際会議である「プラネタリーディフェンス会議 (PDC: Planetary Defense Conference) は、2009 年にはじまり、今年 5 月の南アフリカ・ケープタウンでの会議で 9 回目を迎えた。本発表では、まず、発表者が 2017 年以降、5 回連続で PDC に参加しており、その視点から、同会議の成果と課題を論ずる。さらに、2029 年に小惑星アポフィス (Apophis) が地球に著しく接近し、また、国連がこの年を「世界小惑星認識・地球防衛年 (International Year of Asteroid Awareness and Planetary Defense)」に指定しことを踏まえ、世界が天文学の普及と宇宙への関心の高揚に重要な時期を迎えていることを示す。PDC のあゆみは、その前身から 2010 年までが第一期で、地上や探査機による観測と理論分析が中心であった。2010 年末の日本のはやぶさのサンプルリターンで第二期に入り、小惑星の構成や形成を直接分析する時代を迎えた。第三期は、米国の探査機が小惑星の軌道変更に成功したことに始まり、地球防衛の最有力手段の一つの実証が始まった。またアポフィス超接近に向けて、欧米、日本がプログラムを展開し、中国もこれとは別に小惑星探査に加わった。また、PDC の第二期以降には、天文宇宙の分野に加え、防災、人権、経済など社会的分野の対策や研究も進められている。これからは、国連などの活動との協力の実質を高めるとともに、専門家と市民の取り組みが連携し、2030 年には次世代を迎えるといわれる国連の SDGs (Sustainable Development Goals:2030 年がゴール) との連携も視野に、宇宙と天文の分野の研究の前進ならびに社会的責任を推進する道を探る。

以下で、講演の登録時や予稿を作成

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Y18a 掩蔽観測の最近の状況

野田寛大 (国立天文台), 吉田二美 (産業医科大学・千葉工業大学), 早水勉 (佐賀市星空学習館)

太陽系小天体が恒星の前を通過する時にできる影の観測をここでは掩蔽観測と呼ぶ。本講演では教育・広報普及関係者への掩蔽観測の普及を目的に、直近約 5 年の国内のアマチュア天文家が関連する掩蔽観測の状況を報告する。掩蔽観測は市民天文学の代表格でもあり、天文学の教育・普及にも大いに役に立つ。

i) 掩蔽観測では観測時刻における小天体の断面が画像の時間分解能の精度で分かる。このために小天体の影を複数地点で観測する必要があるが、多くの場合、観測地点を適切に配置した移動観測が必要である。したがって掩蔽帯の予報精度が重要であるが、Gaia 星表が公開され恒星の位置精度が約 2 桁上の 10 マイクロ秒角程度まで向上して観測成功の割合が格段に向上した。同時に掩蔽観測データが小天体の軌道改良にも役立つようになった。

ii) 安価な CMOS カメラが出回り、パソコンで客観的にデータを取得するのが容易になり、かつては困難と考えられていた継続時間 1 秒未満の現象でも捉えられるようになってきた。2019 年に直径約 5 km の (3200)Phaethon による恒星食の観測が初めて成功し、国内でも同年以降同天体の観測に複数回成功している。これらの継続時間はほぼ 0.5 秒未満である。また、2025 年 3 月の直径約 800 m の (65803)Didymos による恒星食では、継続時間 0.03 秒と更に一桁短い現象にもかかわらず探査機データで作成された形状モデルをよく再現する複数の観測データが得られた。これらは探査ミッションの対象天体であり、掩蔽観測は探査前後の地上観測の一部を担っている。

iii) 2023 年にはアマチュア天文家と職業研究者の連携により、東アジアでの観測をコーディネートする団体 IOTA/EA が設立された。日常的な少数グループによる観測だけでなく、観測キャンペーンや講習会も定期的に実施し、高校生の部活動単位でも参加者が増えつつある。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Y19a 星空定点観測による地球の公転速度測定

幅 良統, 中村 周福 (愛知教育大学)

地球が自転・公転運動をしていることは、一般に広く知られており、特に自転運動については、太陽、月および恒星の日周運動を通じて観測が可能である。一方、秒速 30 km にもなる公転運動については、季節によって観測可能な星座が異なることなどから理解は可能であるが、その変化のタイムスケールが数ヶ月と長いため、自転運動に比べ観測が難しい。

そこで本研究では、天文衛星や大気球実験で利用される「スタートラッカー」の技術を応用することで、一晩の星空定点観測から地球の公転速度測定を実施した。スタートラッカーとは、視野内に映った恒星の配置に対して、恒星カタログをパターンマッチングさせることで、視野方向の絶対座標を算出する装置である。このスタートラッカーを用いて星空の定点観測を行うと、視野中心の座標が日周運動に伴って変化していく様子を観測することができる。もし、地球の公転速度が 0 であれば、視野中心の赤緯は一定となるが、実際には公転運動に伴う光行差が生じるため、赤緯は時間とともに三角関数的な変化を示す。この三角関数の振幅は公転速度と正の相関を示すため、得られた振幅の値から公転速度を見積もることが可能である。このような方法で、2025 年 1 月 8 日の 18:00 から 1 月 9 日の 6 時まで観測を実施し、得られた赤緯変化の振幅から公転速度を見積もったところ、 $28.2 \pm 1.4 \text{ km s}^{-1}$ が得られた。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Y20a 光害についての判断とその判断基準についてのオンラインアンケート：倫理的判断

玉澤春史 (東京大学/京都市立芸術大学)、澤田幸輝 (沖縄女子短期大学)、平松正顕 (国立天文台)、高梨直紘 (東京大学)、川越至桜 (東京大学)、日下部展彦 (自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター)、杉本俊介 (慶應大学)

都市化が進むにつれて夜間でも明るいままとなり天体観測のみならず住環境や生態系、交通にも影響する「光害」について、様々な環境モニタリングが実施されている。一方で公害の一つとして認識されている光害に対する感覚は個人によって様々であり、どのような判断基準によって光害の是非を判断しているかを把握することでより実効的な対策につながる。2025 年 2 月にインターネット調査会社を利用した光害に関するオンラインアンケートを国内の 2000 人に対して実施した。アンケートの中では光害に関する認識のほか、具体的なシナリオに対しての是非を回答してもらうとともに、科学技術への関心や道徳基盤尺度 2 (Atari et al. 2023) を利用して、どのような判断基準に基づいて判断をしているかの調査を行った。環境省の定義する光害についての認知度は 2 割強程度であった。広告として夜空にサーチライトを照らす行為に対しての行政が規制するシナリオに対して積極的な見解を示す人は道徳基盤のうちが Care (ケア/危害) や Proportionality (自由/抑圧) の重視する傾向が出る一方、衛星コンステレーションの規制についてのシナリオでは規制に積極的な人は Loyalty (忠誠/背信) や Authority (権威/転覆) を重視する傾向が出ており、問題によって重視する道徳基盤が違ふことが示唆される。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Y21b 終戦直前のアマチュア天文家による太陽黒点観測報告

玉澤春史 (東京大学/京都市立芸術大学)、磯部洋明、山田佳代子 (京都市立芸術大学)

京都大学の花山天文台 (1929 年開台) 初代台長である山本一清は 1920 年に天文同好会 (後の東亜天文学会) を立ち上げ、全国のアマチュアまで含めた天文観測体制の充実をうったえ (山本・古川他 1920)、後に太陽黒点の国内における観測をよびかけている (山本 1926)。当時のアマチュア天文家たちは神田茂や山本一清に黒点観測記録を送付し、集計された結果は「天文月報」や「天界」で発表されていた。山本の元に集められた記録の一部は残っており、当時の全国のアマチュア天文家の観測状況が伝わってくる。1940 年代に入り戦争が激しくなると報告に使用されている紙が専用の記録用紙だけでなくはがきや他の用紙などに手書きの表を作成して使用するなどして物資の確保が困難になる中で報告を継続している者もいる一方、様々な理由から観測の継続が続けられない旨の連絡や、家族に観測を引き継ぐなど、観測家それぞれの状況が伝わってくる。1945 年 8 月 15 日の観測記録報告も残っており、当時の混乱状況の中でも続けられた太陽黒点観測の状況がどのようなものであったかが垣間見える貴重な記録群となっている。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Y22b 国立天文台野辺山での地域連携事業 – 観光資源としての観測所 –

衣笠健三 (東大木曽観測所/国立天文台), 西村淳, 立松健一 (国立天文台)

国立天文台野辺山宇宙電波観測所は、1982 年の開所以来、開かれた観測所として一般公開や特別公開など、継続的に公開事業を行ってきました。2010 年代には、地域における星空観光のニーズが高まったこともあり、地元感謝デーのほか、信州佐久星空案内人、日本三選星名所といった地域と連携した事業を数多く展開しました。そして、2019 年には、地元南牧村と国立天文台との間で、「野辺山宇宙電波観測所と南牧村の相互協力に関する協定」が締結されました。南牧村は、野辺山宇宙電波観測所を活用して、研究成果の普及と活用とともに、観光や教育のための事業を行うことができることとなりました。これまで無料で一般公開を継続してきましたが、それだけでなく、有料にて観光や教育等の事業を展開することになりました。その一つが観測所の案内の有料化です。以前は地元小中学生など限られた範囲に職員による案内を行っていましたが、この有料化により一般の方々も観測所 OB などによる説明を聞きながら施設見学を行うことができるようになりました。さらには、観測所にある設備（シアター）を利用した学びの部屋ガイド、また、普段は入ることのできない観測所の夜の時間を利用したナイトツアー、アンテナと夜空を撮影する撮影イベントなど、数多くの有料事業を展開しています。

これらの事業は、野辺山宇宙電波観測所という 40 年以上継続する大型観測研究施設を観光資源として評価することになります。ナイトツアーのアンケートからは、90 % 以上の参加者から「満足した」との回答があり、さらに、80% 以上の方から星や天文、観測所についての興味関心が高まったとの返答を得ました。さらに、参加者数や売上額などの面からも、観光資源としても価値は高いという結果が得られています。本講演では、2023 年 1 月から 2024 年 12 月までに行った有料事業の内容とともに、アンケート結果から得られた内容について議論します。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

Y23c 臼田 64 m アンテナを用いた Call to the Cosmos '83 (アルタイル・メッセージ) 50 周年記念 SETI 観測

鳴沢真也 (兵庫県立大学)、村田泰宏 (福井工業大学)、岳藤一宏・冨木淳史・米倉克英・鳥居航 (JAXA)、林義也 (総務省)

1983 年 8 月 15 日、集英社「少年ジャンプ」創刊 15 周年を記念して、スタンフォード大学 46 m アンテナからアルタイル (α Aql) に向けて 13 枚の画像と、少年たちの音声メッセージが 1 時間にわたり送信された (Call to the Cosmos '83、以下 CC83)。これは日本人が行った最初の地球外知的生命へのメッセージ (METI) である。送信された画像は地球生命の進化過程を説明したもので、平林 久氏と故森本雅樹氏が考案した。

アルタイルまでの距離は 16.7 光年であることから、返答が送信されていた場合はすでに地球に到達するはずである。CC83 の 50 周年を記念して、講演者らは 2023 年 8 月 22 日 13:00:00–14:00:00 UT に JAXA・臼田宇宙空間観測所の 64 m アンテナを用いた SETI 観測を実施した。観測周波数は 2194–2322 GHz (S バンド) と 8374–8502 GHz (X バンド) で、5 分ごとにターゲットと Sky (ターゲットから仰角方向に 1°) を切り替えて行った。計算上では、カルダシェフ・タイプ I 文明のエネルギーレベルで電波が送信されていれば、64 m アンテナの感度でもそれを受信することが可能である。

取得されたデータを SPEANA2 タスク (近藤 2015) を用いて解析した結果、X バンドでは特に信号の検出はなかったが、S バンドでは 2 回に渡り強い電波が受信された。検討の末、電波源について特定することはできなかったが、それらの継続時間、スペクトル等から 2 回の電波とも地球人が送信した可能性が考えられる。

講演では、今後の METI-SETI ターゲットについても議論を行いたい。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)

【2025 年 春季年会講演取消一覧】

- V339a 炭素繊維強化プラスチック (CFRP) を用いた 1 周 X 線反射鏡の開発
粟木久光 (愛媛大学)
- W57a The redshift-evolving eccentricity distribution of gravitational wave sources
Dorozsmai, Andris (NAOJ)
- X07a JWST 銀河と直接温度法で探る $z \sim 10$ までの $\text{SFR}-M_{*}-Z$ 関係の進化
西垣萌香 (総合研究大学院大学/国立天文台)

講演者索引
(50音順)

【A】 – 【Z】

Alsaberi, Rami Z. E.....	Q16a
Arzoumanian, Doris.....	P136a
Barnier, Samuel Hans.....	W55a
Baxter, Joshua Ryo.....	S02a
Chen, Junling.....	R10b
Cooray, Suchetha.....	X06a
Deepshikha.....	S29a
Gadikere Rajendra, Bhuvana.....	Q18a
Goto, Tomotsugu.....	P319a
GU, TIANYI.....	R11b
GU, YUCHENG.....	W16a
Horowitz, Benjamin.....	Z116a
Hosokawa, Ko.....	Z114a
Hwang, Jihye.....	P104a
Ichikawa, Kohei.....	Z230a
Ishikawa, Keitaro.....	Z109a
Jiang, Hanchun.....	U07a
Jun, Rui Lan.....	U23a
Kang, Haoran.....	V120a
Kido, Miyu.....	P224a
Kobayashi, Yosuke.....	Z108a
Kong, Youwen.....	X68a
Kuzma, Pete.....	X19a
Lee, Kianhong.....	X64a
Li, Yin.....	Z115r
LIANG, shaohua.....	R14c
Lim, Sung Hak.....	Z111a
Liu, Meizhi.....	P126b
MCNEILL, LUCY OLIVIA.....	N34a
Miyazaki, Shota.....	Z103a
Mondal, Habib Ahammad.....	S28a
Nguyen, Nhat-Minh.....	Z117a
Nie, Runqi.....	T02a
Olguin Choupay, Fernando Andres.....	P121a
Park, Sangjin.....	M41a
Pirlot Jankowiak, Paul.....	P115a
Pope, Benjamin.....	Z112r
RAMOS, Pau.....	Z106a

Ren, Yi.....	X43a
Saranakomkoop, Sirawich.....	Z118a
Shan, Wenlei.....	V122a
Sofia Lykawka, Patryk.....	P320b
Tada, Shotaro.....	Z104a
Tsuboi, Masato.....	Q21a
WU, Yuxin.....	N39a
Yama, Hibiki.....	Z121a
Yeung, Paul K. H.....	W09a
Yun, Jeung.....	X53a
Zhong, Yuxing.....	S27a

【あ】

逢澤正嵩（あいざわ まさたか）.....	P225a
相原樹（あいはら いつき）.....	T05a
青木悠馬（あおき ゆうま）.....	V305a
青山翔平（あおやま しょうへい）.....	U19a
赤井嵩宙（あかい たかひろ）.....	S15a
縣秀彦（あがた ひでひこ）.....	Y07a
赤穂龍一郎（あかほ りゅういちろう）.....	N22a
赤堀卓也（あかほり たくや）.....	V137a
秋田桜佑（あきた おうすけ）.....	Q34a
秋山正幸（あきやま まさゆき）.....	V201a
芥川慧大（あくたがわ けいた）.....	M08a
阿久津智忠（あくつ ともただ）.....	V220a
浅野裕也（あさの ゆうや）.....	Q15a
朝比奈雄太（あさひな ゆうた）.....	W57a
安達大揮（あだち だいき）.....	P102a
厚地凧（あつち なぎ）.....	W27a
天野雄輝（あまの ゆうき）.....	Q35a
新居舜（あらい しゅん）.....	U18a
新居舜（あらい しゅん）.....	Y10b
新井涼夏（あらい すずか）.....	X45a
新井怜児（あらい れいじ）.....	W17b
新井怜児（あらい れいじ）.....	X59c
荒川創太（あらかわ そうた）.....	P201a
蘭尚道（あららぎ なおみち）.....	M22b
有馬宣明（ありま のりあき）.....	V264c
栗木久光（あわき ひさみつ）.....	V353a

安藤誠（あんどう まこと）.....X63a
 安藤慶之（あんどう よしゆき）.....V341a
 安福千貴（あんぷく かずき）.....V320a

【い】

李尚姫（い さんひ）.....N04a
 五十嵐太一（いがらし たいち）.....W39a
 五十嵐諒（いがらし りょう）.....X74a
 幾田佳（いくた かい）.....Z119a
 生田ちさと（いくた ちさと）.....Y16a
 井口聖（いぐち さとる）.....V133a
 池田達紀（いけだ とうき）.....P120a
 池田義隆（いけだ よしたか）.....P205a
 伊師大貴（いし だいき）.....V361a
 石垣美歩（いしがき みほ）.....N18a
 石川裕太（いしかわ ゆうた）.....X36b
 石倉丈裕（いしくら じょうすけ）.....Q25a
 石崎渉（いしざき わたる）.....S11b
 石田光宏（いしだ みつひろ）.....N15a
 石田侑一郎（いしだ ゆういちろう）.....P310a
 石田怜士（いしだ れいし）.....X07a
 石橋志悠（いしばし しゅう）.....P221a
 石原維子（いしはら ゆきこ）.....V309a
 石原稜也（いしはら りょうや）.....V262b
 石山智明（いしやま ともあき）.....U24a
 和泉究（いずみ きわむ）.....V219a
 泉啓太（いずみ けいた）.....W07a
 泉拓磨（いずみ たくま）.....V101a
 泉奈都子（いずみ なつこ）.....P119a
 泉浦秀行（いずみうら ひでゆき）.....V208a
 磯部直樹（いそべ なおき）.....V236a
 板由房（いた よしふさ）.....N20c
 市川太一（いちかわ たいち）.....W15a
 市堰いろは（いちせき いろは）.....Q33a
 市橋正裕（いちはし まさひろ）.....Q38a
 市原晋之介（いちばら しんのすけ）.....M34a
 伊藤侃（いとう あきら）.....N25a
 伊藤哲司（いとう さとし）.....V206a
 伊藤世織（いとう せおる）.....W30a
 伊藤大将（いとう だいすけ）.....T06a
 伊藤拓冬（いとう たくと）.....P106a
 伊東拓実（いとう たくみ）.....U29a
 伊藤希美（いとう のぞみ）.....V226a
 伊藤洋一（いとう よういち）.....P110b
 稲井雅之（いない まさゆき）.....P312b
 稲見華恵（いなみ はなえ）.....V234b
 稲見華恵（いなみ はなえ）.....Z221a
 稲元燎平（いなもと りょうへい）.....Q49a
 犬山文孝（いぬやま ふみたか）.....U12c
 井上昭雄（いのうえ あきお）.....Z220a
 井上壮大（いのうえ あきひろ）.....W43a
 井上峻（いのうえ しゅん）.....M32a
 井上拓也（いのうえ たくや）.....U15a
 井上一（いのうえ はじめ）.....W41a
 井上陽登（いのうえ はると）.....Q14a
 井上裕介（いのうえ ゆうすけ）.....N41a
 今井裕（いまい ひろし）.....N52a
 入部正継（いりべ まさつぐ）.....V204a
 岩井一正（いわい かずまさ）.....V124a
 岩木鴻太（いわき こうた）.....R15c
 岩切渉（いわきり わたる）.....V316a
 岩崎一成（いわさき かずなり）.....P226a
 岩崎未玖（いわざき みく）.....P322b
 岩田和也（いわた かずや）.....N30b
 岩田悠平（いわた ゆうへい）.....N45a
 犬童真衣人（いんどう まいと）.....V343a

【う】

上田和茂（うえだ かずしげ）.....U13c
 上田周太朗（うえだ しゅうたろう）.....V340a
 鵜飼祥（うかい しょう）.....U28a
 氏原秀樹（うじはら ひでき）.....V138a
 臼田知史（うすだ とものり）.....V271a
 内田舜也（うちだ しゅんや）.....Z110a
 内田裕之（うちだ ひろゆき）.....N46a
 内田悠介（うちだ ゆうすけ）.....T07a
 内村迅渡（うちむら はやと）.....P216c
 内山秀樹（うちやま ひでき）.....Q04b

内海秀介（うつみ しゅうすけ）.....	P148a
宇野慎介（うの しんすけ）.....	V115b
梅木匠斗（うめき しょうと）.....	V360a
梅澤和真（うめざわ かずま）.....	M30a
梅田秀之（うめだ ひでゆき）.....	N38a
鵜山太智（うやま たいち）.....	P301a
浦郷陸（うらごう りく）.....	N54a
嬉野大和（うれしの やまと）.....	Z120a

【え】

江副祐一郎（えぞえ ゆういちろう）.....	V322a
榎木谷海（えのきだに うみ）.....	V224a
榎木谷海（えのきだに うみ）.....	V256b
榎谷玲依（えのきや れい）.....	Q44a
榎本晴日（えのもと はるひ）.....	P228a
胡田蓮（えびすだ れん）.....	S20a
塩谷圭吾（えんや けいご）.....	V270a

【お】

及川凜（おいかわ りん）.....	W51a
大朝由美子（おおあさ ゆみこ）.....	Z214a
大窪遼介（おおくぼ りょうすけ）.....	M21b
大熊佳吾（おおくま けいご）.....	V349a
大里健（おおさと けん）.....	Z107a
大澤亮（おおさわ りょう）.....	Z105r
大島修（おおしま おさむ）.....	V259b
大城榛音（おおしろ はると）.....	P211b
大滝恒輝（おおたき こうき）.....	X70a
大津天斗（おおつ たかと）.....	M11b
大辻賢一（おおつじ けんいち）.....	M25b
大辻賢一（おおつじ けんいち）.....	V248a
大西宗博（おおにし むねひろ）.....	V338a
大林花織（おおばやし かおり）.....	W38a
大原有稀（おおはら ゆうき）.....	X62c
大前陸人（おおまえ りくと）.....	R17c
大宮悠希（おおみや ゆうき）.....	T03a
大村充輝（おおむら みつき）.....	P118a
大屋真（おおや しん）.....	Z206b

大家寛（おおや ひろし）.....	S30a
大屋瑤子（おおや ようこ）.....	P135a
大山航（おおやま わたる）.....	P229a
岡崎敦男（おかざき あつお）.....	W31a
小笠原勇翔（おがさわら ゆうと）.....	V324b
尾形絵梨花（おがた えりか）.....	X33a
岡田健太郎（おかだ けんたろう）.....	Q40a
岡田望（おかだ のぞみ）.....	V126b
岡田寛子（おかだ ひろこ）.....	N17a
岡田佳純（おかだ よしずみ）.....	Q36a
小上樹（おがみ いつき）.....	X18a
岡本桜子（おかもと さくらこ）.....	Z213a
岡本結人（おかもと ゆいと）.....	V118a
岡山璃紗（おかやま りさ）.....	W34a
小川翔司（おがわ しょうじ）.....	V308a
小川洸（おがわ ひかる）.....	W22a
小川涼（おがわ りょう）.....	N12a
奥村哲平（おくむら てつぺい）.....	U06a
奥本祐生（おくもと ゆい）.....	V209a
尾崎朝世（おざき あさよ）.....	T01a
小鹿哲雅（おじか あきまさ）.....	X58a
小高裕和（おだか ひろかず）.....	V329a
越智日向子（おち ひなこ）.....	R02a
小野壮洵（おの そうじゅん）.....	P143a
小野宜昭（おの よしあき）.....	X38a
小野川絢心（おのがわ けんしん）.....	Q51a
小野里宏樹（おのざと ひろき）.....	Z211b
小淵紗希子（おぶち さきこ）.....	X35b
小山貴裕（おやま たかひろ）.....	P116a
小山友明（おやま ともあき）.....	V132c
折原龍太（おりはら りゅうた）.....	P219a
恩田詩緒梨（おんだ しおり）.....	Q10c

【か】

柿内健佑（かきうち けんすけ）.....	Q52a
鍵谷将人（かぎたに まさと）.....	V235c
柿元拓実（かきもと たくみ）.....	X50a
影山璃音（かげやま りのん）.....	V245b
笠井梨名（かさい りな）.....	Q47a

笠木結（かさぎ ゆい）.....	P209b
笠木結（かさぎ ゆい）.....	V263b
桎崎太希（かしぎき だいち）.....	W18b
柏野大地（かしの だいち）.....	X66a
柏野大地（かしの だいち）.....	Z208b
勝田哲（かつだ さとる）.....	M13a
加藤ちなみ（かとう ちなみ）.....	N26a
加藤寛之（かとう ひろゆき）.....	W23a
加藤大翔（かとう まさと）.....	V121a
加藤裕太（かとう ゆうた）.....	M15a
加藤裕太（かとう ゆうた）.....	Z122c
加藤遼（かとう りょう）.....	P202a
金井昂大（かない たかひろ）.....	Z215b
金子真太郎（かねこ しんたろう）.....	V350a
金丸善朗（かねまる よしあき）.....	Q32a
鹿野良平（かの りょうへい）.....	Z219a
加納龍生（かのう りゅうせい）.....	X72a
榎木大修（かやのき たいしゅう）.....	S32a
鴈野重之（かりの しげゆき）.....	N59a
川勝望（かわかつ のぞむ）.....	S23a
川島朋尚（かわしま ともひさ）.....	W49a
川中宣太（かわなか のりた）.....	Q46a
川端弘治（かわばた こうじ）.....	P152a
河原創（かわはら はじめ）.....	Z101r
川東凜子（かわひがし りんこ）.....	X71a
川邊良平（かわべ りょうへい）.....	P133a
管野大二郎（かんの だいじろう）.....	Q37a

【き】

菊田智史（きくた さとし）.....	X67a
菊田諒（きくた りょう）.....	R16c
北島欽大（きたじま かんた）.....	W32a
北出直也（きたで なおや）.....	P232a
衣笠健三（きぬがさ けんぞう）.....	Y12a
衣笠健三（きぬがさ けんぞう）.....	Y22b
紀基樹（きの もとき）.....	S24a
木原健司（きはら けんじ）.....	X16a
木村和貴（きむら かずたか）.....	X31a
喜友名正樹（きゆな まさき）.....	X28a

【く】

草壁克典（くさかべ かつのり）.....	S14a
日下部晴香（くさかべ はるか）.....	X09a
草深陽（くさふか よう）.....	W37a
櫛引洸佑（くしびき こうすけ）.....	Z207b
楠田匠平（くすだ しょうへい）.....	V314b
楠根貴成（くすね たかよし）.....	P153a
屈楚舒（くつ そじょ）.....	W03a
工藤哲洋（くどう たかひろ）.....	P125b
國友正信（くにとも まさのぶ）.....	M36a
国吉秀鷹（くによし ひでたか）.....	M06a
久保真理子（くぼ まりこ）.....	Z212a
久保勇樹（くぼ ゆうき）.....	Y09b
久保元由樹（くぼ よしゆき）.....	V242a
久保池結（くぼいけ ゆい）.....	N36a
熊谷謙一（くまがい けんいち）.....	Y17a
熊野朱里（くまの あかり）.....	N31b
倉島啓斗（くらしま けいと）.....	V279a
倉嶋順（くらしま じゅん）.....	M29a
藏原昂平（くらはら こうへい）.....	X32a
倉本春希（くらもと はるき）.....	V352a
栗原明稀（くりはら みき）.....	M35a
黒崎香名（くろさき かな）.....	Q01a
黒住健吾（くろずみ けんご）.....	V217c
桑村進（くわむら すすむ）.....	V218c
桑山裕斗（くわやま ゆうと）.....	X26a

【こ】

小出眞路（こいで しんじ）.....	S26a
黄天鋭（こう たかとし）.....	N37a
高妻真次郎（こうづま しんじろう）.....	N13a
河野孝太郎（こうの こうたろう）.....	Z222a
河本琉風（こうもと るか）.....	V117a
古賀亮一（こが りょういち）.....	V225a
越田進太郎（こしだ しんたろう）.....	V272a
小嶋一生（こじま いっせい）.....	P124b
小島 諒也（こじま りょうや）.....	S06a
小関知宏（こせき ともひろ）.....	V109a

小谷隆行(こたに たかゆき).....	V283a
小谷竜也(こたに たつや).....	U09a
児玉工門(こだま えもん).....	V278a
児玉忠恭(こだま ただゆき).....	Z201r
後藤颯太(ごとう そうた).....	N51a
後藤優祈(ごとう ゆうき).....	Q12a
小西亜侑(こにし あゆ).....	R09a
小林康大(こばやし こうた).....	P146a
小林浩(こばやし ひろし).....	P307a
小林美樹(こばやし みき).....	P314a
小林道生(こばやし みちお).....	Y15a
小林雄大(こばやし ゆうだい).....	P215b
小道雄斗(こみち ゆうと).....	P117a
小麥真也(こむぎ しんや).....	S09a
呉屋和保(ごや かずほ).....	Q31a
小山舜平(こやま しゅうへい).....	X01a
今度隆二(こんど りゅうじ).....	V339a
近藤依央菜(こんどう いおな).....	V238a
近藤克(こんどう かつし).....	P212b
近藤勇仁(こんどう ゆうと).....	M02a
近藤勇仁(こんどう ゆうと).....	V230b

【さ】

蔡淑琄(さい しゅうくん).....	M05a
崔仁士(さい じんし).....	P217a
西合一矢(さいごう かずや).....	P131a
齋藤隆之(さいとう たかゆき).....	V336a
斉藤結菜(さいとう ゆうな).....	T08a
斎藤芳隆(さいとう よしたか).....	V327b
酒井大裕(さかい だいすけ).....	Q08c
坂井延行(さかい のぶゆき).....	S13a
酒井優輔(さかい ゆうすけ).....	W40a
坂井了(さかい りょう).....	V104a
坂内峻真(さかうち りょうま).....	V228b
榑原大貴(さかきばら まさき).....	V119a
坂本洸(さかもと こう).....	W25a
阪本成一(さかもと せいいち).....	V106a
坂本文平(さかもと ぶんぺい).....	M07a
坂本雄哉(さかもと ゆうや).....	S04a

坂本怜央(さかもと れお).....	P127b
作田皓基(さくた こうき).....	N09a
櫻井大夕(さくらい だいゆう).....	W10a
酒向重行(さこう しげゆき).....	V277a
左近樹(さこん いつき).....	Q07b
笹岡大雅(ささおか たいが).....	N48a
佐々木大地(ささき だいち).....	U33a
笹山涼(ささやま りょう).....	V227b
佐藤駿也(さとう しゅんや).....	V213b
佐藤寿紀(さとう としき).....	N35a
佐野圭(さの けい).....	V266a
佐野栄俊(さの ひでとし).....	Q11a
澤田真理(さわだ まこと).....	Q41a
澤田涼(さわだ りょう).....	W45a
澤田-佐藤聡子(さわださとう さとこ).....	S05a
澤村真星(さわむら まほし).....	X30a

【し】

盛宇凡(しえん ゆうふあん).....	P214b
塩田大幸(しおた だいこう).....	M24b
志賀文哉(しが ふみや).....	V344a
茂山俊和(しげやま としかず).....	N43a
篠崎愛翔(しのざき まなと).....	P130a
篠田兼伍(しのだ けんご).....	N58a
柴井すばる(しばい すばる).....	Z113a
芝池諭人(しばいけ ゆひと).....	P206a
柴崎清登(しばさき きよと).....	M26a
柴田航平(しばた こうへい).....	X25a
柴田洋佑(しばた ようすけ).....	P108a
渋川雅人(しぶかわ まさと).....	P318a
鳶田遼太(しまだ りょうた).....	M42a
鳶田遼太(しまだ りょうた).....	N29b
清水咲来(しみず さく).....	M40a
清水静(しみず しず).....	P204a
清水颯人(しみず はやと).....	P308a
清水太翔(しみず ひろと).....	V325b
清水悠矢(しみず ゆうや).....	M39a
清水里香(しみず りこ).....	V232b
清水里香(しみず りこ).....	V318a

清水莉沙(しみず りさ).....	V212b
下井倉ともみ(しもいくら とみみ).....	Y01a
霜田治朗(しもだ じろう).....	Q45a
城壮一郎(じょう そういちろう).....	P113b
城壮一郎(じょう そういちろう).....	W05a
庄田宗人(しょうだ むねひと).....	M45a
所司歩夢(しよし あゆむ).....	P222a
白崎裕治(しらさき ゆうじ).....	V265c
白戸春日(しらと はるひ).....	M10b
白鳥希拓(しろとり まひろ).....	T11a

【す】

菅原悠馬(すがはら ゆうま).....	X40a
杉浦蒼(すぎうら そう).....	N28b
杉本正宏(すぎもと まさひろ).....	V107a
鈴木昭宏(すずき あきひろ).....	N57a
鈴木大介(すずき だいすけ).....	Z216a
鈴木建(すずき たける).....	P213b
鈴木寛大(すずき ひろまさ).....	Q09c
鈴木悠太(すずき ゆうた).....	X34b
鈴木悠太(すずき ゆうた).....	Y03a
鈴木善久(すずき よしひさ).....	X22b
鈴木陸斗(すずき りくと).....	X23b
鈴木亮(すずき りょう).....	M23b
鈴口智也(すずぐち ともや).....	W56a
須田拓馬(すだ たくま).....	N19a
住貴宏(すみ たかひろ).....	Z225a
角越仰(すみこし こう).....	Q05b
角越仰(すみこし こう).....	V139a
諏訪雄大(すわ ゆうだい).....	N55a

【せ】

盛顯捷(せい けんしょう).....	W04a
瀬野泉美(せの いずみ).....	Q48a
妹尾梨子(せのお りこ).....	Q03a
世良直也(せら なおや).....	V311b

【そ】

曹愛奈(そう あいな).....	X52a

【た】

大工原一貴(だいくはら かずき).....	Z228a
田尾萌梨(たお もえり).....	Q30a
高木一樹(たかぎ かずき).....	V328b
高岸優希(たかぎし ゆうき).....	X12b
高倉隼人(たかくら はやと).....	V141a
高田剣(たかた つるぎ).....	N21a
高橋葵(たかはし あおい).....	V237a
高橋亘(たかはし こう).....	N16a
高橋宏典(たかはし こうすけ).....	Z203b
高橋茂(たかはし しげる).....	P321b
高橋隼(たかはし じゅん).....	V281a
高橋正大(たかはし しょうた).....	N24a
高橋拓也(たかはし たくや).....	W26a
高橋英則(たかはし ひでのり).....	V261b
高橋博之(たかはし ひろゆき).....	W42b
高橋理音(たかはし りおん).....	V142a
高橋龍一(たかはし りゅういち).....	U30a
高間大輝(たかま だいき).....	V249a
高山昂大(たかやま こうた).....	V304a
瀧哲朗(たき てつお).....	P203a
瀧田怜(たきた さとし).....	V255a
竹岡大輝(たけおか だいき).....	V312b
武田朋志(たけだ ともし).....	V317a
武田唯(たけだ ゆい).....	X27a
武知可夏(たけち かな).....	X73a
竹原大智(たけはら だいち).....	V123a
岳藤一宏(たけふじ かずひろ).....	V125a
岳本廉央(たけもと れお).....	V303a
田中邦彦(たなか くにひこ).....	Q19a
田中健翔(たなか けんしょう).....	V250a
田中賢(たなか さとし).....	U25a
田中周太(たなか しゅうた).....	Q50a
田中匠(たなか たくみ).....	X44a
田中匠(たなか たくみ).....	Z232b

田中颯(たなか はやと).....	M14a
田中颯(たなか はやと).....	X61c
田中美由子(たなか ふゆこ).....	U21a
田中賢幸(たなか まさゆき).....	X49a
田中幹人(たなか みきと).....	Y14a
田中佑希(たなか ゆうき).....	P207b
田邊ひより(たなべ ひより).....	V202a
谷川衝(たにかわ あたる).....	N56a
谷口暁星(たにぐち あきお).....	V128b
谷口あゆみ(たにぐち あゆみ).....	V358a
谷口琴美(たにぐち ことみ).....	Q02a
谷田幸貴(たにだ こうき).....	U14a
玉井桃子(たまい ももこ).....	V229b
玉置拓土(たまおき たくと).....	P302a
玉川徹(たまがわ とおる).....	V315a
玉澤春史(たまざわ はるふみ).....	Y20a
玉澤春史(たまざわ はるふみ).....	Y21b
田村陽一(たむら よういち).....	X55a
田村玲子(たむら れいこ).....	P123b
樽家篤史(たるや あつし).....	U31a
丹海歩(たん みほ).....	W46a

【ち】

千葉遼太郎(ちば りょうたろう).....	N40a
千葉凜平(ちば りんぺい).....	X14a
中馬史博(ちゅうまん ふみひろ).....	U20a
趙宸湊(ちよう しんこう).....	V254a
趙展浩(ちよう てんこう).....	M33a
趙彪(ちよう ひょう).....	V253a

【つ】

塚越崇(つかごし たかし).....	V103a
津久井崇史(つくい たかふみ).....	X03a
柘植紀節(つげ きせつ).....	Q17a
辻直美(つじ なおみ).....	Q42a
土屋史紀(つちや ふみのり).....	V111b
土屋史紀(つちや ふみのり).....	V223a
津名大地(つな だいち).....	N42a

恒任優(つねとう ゆう).....	S18a
坪井陽子(つばい ようこ).....	N01a
鶴剛(つる たけし).....	V348a

【て】

出町史夏(でまち ふみか).....	Q23a
寺澤凌(てらさわ りょう).....	U26a
手良脇大誠(てらわき たいせい).....	U17a
照井禪(てるい ゆずる).....	X46b
照山玄太(てるやま げんた).....	V216b

【と】

土井靖生(どい やすお).....	P151a
堂谷忠靖(どうたに ただやす).....	W29a
當銘優斗(とうめ ゆうと).....	Y11b
徳田一起(とくだ かずき).....	P101a
徳野鷹人(とくの たかと).....	P304a
戸頃響吾(ところ きょうご).....	M43a
利川潤(としかわ じゅん).....	X57a
栃原淑慧(とちはら すみえ).....	S01a
土橋一仁(どばし かずひと).....	Y04a
戸丸一樹(とまる かずき).....	X17a
富阪幸治(とみさか こうじ).....	P105a
富田晃彦(とみた あきひこ).....	Y06a
富田沙羅(とみた さら).....	W35a
豊内大輔(とようち だいすけ).....	X05a
島海森(とりうみ しん).....	M01a

【な】

内藤由浩(ないとう よしひろ).....	M03a
永井誠(ながい まこと).....	V105a
中尾颯吾(なかお そうご).....	W54a
中川亜紀治(なかがわ あきはる).....	N32b
中川貴雄(なかがわ たかお).....	V269a
中川雄登(なかがわ ゆうと).....	V357a
中里剛(なかざと たけし).....	V102a
仲里佑利奈(なかざと ゆりな).....	X42a

中澤風音（なかざわ かのん）.....P208b
 中澤風音（なかざわ かのん）.....P305a
 長澤俊作（ながさわ しゅんさく）.....V331a
 長沢真樹子（ながさわ まきこ）.....P311a
 中島拓（なかじま たく）.....V116a
 長島汀（ながしま なぎさ）.....V274a
 中嶋大（なかじま ひろし）.....V302a
 中島基樹（なかじま もとき）.....W14a
 仲宗根宏心（なかそね ひろと）.....N03a
 永田伸一（ながた しんいち）.....V260b
 永田晴飛（ながた はるひ）.....N06a
 長田真季（ながた まき）.....X24b
 中武隼汰（なかたけ しゅんた）.....V306a
 中野覚矢（なかの さとや）.....X20a
 中野新太郎（なかの しんたろう）.....U10a
 長野冬瑚（ながの とうご）.....N11a
 仲野悟帆（なかの のりと）.....V333a
 中道晶香（なかみち あきか）.....W20b
 中村健太（なかむら けんた）.....V205a
 中村航（なかむら こう）.....W21c
 中村文隆（なかむら ふみたか）.....P103a
 中村桃太郎（なかむら ももたろう）.....P114a
 中村優梨佳（なかむら ゆりか）.....P132a
 中本泰史（なかもと たいし）.....P137b
 中森健之（なかもり たけし）.....V334a
 中山和哉（なかやま かずや）.....M31a
 永山貴宏（ながやま たかひろ）.....Z223a
 夏目純也（なつめ じゅんや）.....M09a
 行方宏介（なめかた こうすけ）.....N02a
 奈良崎裕汰（ならさき ゆうた）.....P122b
 成田拓仁（なりた たくと）.....W24a
 鳴沢真也（なるさわ しんや）.....N14a
 鳴沢真也（なるさわ しんや）.....Y23c
 成瀬元希（なるせ げんき）.....U27a
 南岳（なん がく）.....U04a

【に】

新沼遥明（にいぬま はるあき）.....V246b
 西浦怜（にしうら れい）.....W06a

西尾颯斗（にしお はやと）.....W19b
 西岡政寛（にしおか まさひろ）.....X60c
 西垣萌香（にしがき もか）.....X37a
 西川淳（にしかわ じゅん）.....V214b
 西澤淳（にしざわ あつし）.....U01a
 西田峻（にしだ しゅん）.....U22a
 西村淳（にしむら あつし）.....V127b
 西本晋平（にしもと しんぺい）.....P140a
 西山正吾（にしやま しょうご）.....Z229a
 新田伸也（にった しんや）.....S10b

【ぬ】

布田寛介（ぬのた かんすけ）.....P303a
 沼澤正樹（ぬまざわ まさき）.....V310b

【ね】

根根津正大（ねづ しょうだい）.....N10a

【の】

野崎信吾（のざき しんご）.....P129a
 野澤恵（のざわ さとし）.....Y08a
 野田宗佑（のだ そうすけ）.....S16a
 野田緋奈子（のだ ひなこ）.....V215b
 野田寛大（のだ ひろとも）.....Y18a
 野中志織（のなか しおり）.....W52a
 信川久実子（のぶかわ くみこ）.....V342a

【は】

袴田知宏（はかまた ともひろ）.....W61a
 萩尾陽菜（はぎお はるな）.....V241a
 萩野浩一（はぎの こういち）.....V321a
 萩本将都（はぎもと まさと）.....X54a
 萩原喜昭（はぎわら よしあき）.....S07a
 橋ヶ谷武志（はしがや たけし）.....V240a
 橋爪大樹（はしづめ まさき）.....V337a
 橋本遼（はしもと りょう）.....V268a

羽田弘臣（はた ひろおみ）..... V134a
 波多野駿（はたの しゅん）..... S08a
 波多野駿（はたの しゅん）..... S12c
 廿日出文洋（はつかで ぶんよう）..... R01a
 馬場俊介（ばば しゅんすけ）..... V251a
 馬場萌花（ばば もえか）..... V313b
 幅良統（はば よしと）..... Y19a
 濱田朝晃（はまだ あさひ）..... X47b
 浜名崇（はまな たかし）..... U16a
 浜本百夏（はまもと ももか）..... S17a
 早川喬（はやかわ たかし）..... P230a
 林航平（はやし こうへい）..... U02a
 林佑（はやし たすく）..... V351a
 原弘久（はら ひろひさ）..... V221a
 原田直人（はらだ なおと）..... P145a
 原田ななせ（はらだ ななせ）..... R04a
 播金優一（はりかね ゆういち）..... X39a
 播金優一（はりかね ゆういち）..... Z227b

【ひ】

樋口茉由（ひぐち まゆ）..... V307a
 平居悠（ひらい ゆたか）..... X21a
 平岡勇人（ひらおか ゆうと）..... M17a
 平田玲央（ひらた れお）..... T10a
 平野信吾（ひらの しんご）..... X69a
 平松大地（ひらまつ だいち）..... N49a
 平松正顕（ひらまつ まさあき）..... Y13a
 平山慶（ひらやま けい）..... R08a
 廣瀬維士（ひろせ ただし）..... V319a
 廣瀬優樹（ひろせ ゆうき）..... V267a

【ふ】

深川美里（ふかがわ みさと）..... V110b
 深沢泰司（ふかざわ やすし）..... V332a
 吹原瑠（ふきはら はるか）..... P128a
 福井康雄（ふくい やすお）..... Q22a
 福一誠（ふくいち まこと）..... W60a
 福島光太郎（ふくしま こうたろう）..... T09a

福島優（ふくしま ゆう）..... V326b
 藤井扇里（ふじい みさと）..... V280a
 藤川一樹（ふじかわ かずき）..... S19a
 藤川百花（ふじかわ ももか）..... X65a
 藤澤幸太郎（ふじさわ こうたろう）..... W08a
 藤田紗弓（ふじた さゆみ）..... V345a
 藤田真司（ふじた しんじ）..... R12b
 藤田裕（ふじた ゆたか）..... T04a
 藤林翔（ふじばやし しょう）..... N27a
 藤原晨司（ふじはら しんじ）..... M44a
 藤丸祐生（ふじまる ゆうせい）..... N44a
 藤本源（ふじもと げん）..... V335a
 藤本湧大（ふじもと ゆうだい）..... P141a
 藤原寛太（ふじわら かんた）..... S31a
 藤原立貴（ふじわら たつき）..... Q43a
 船木美空（ふなき みく）..... Z204b
 古澤順子（ふるさわ じゅんこ）..... Z224b
 古田悠真（ふるた ゆうま）..... U05a
 古野雅之（ふるの まさゆき）..... S22a

【ほ】

保家大将（ほけ ひろまさ）..... N60a
 星満（ほし みつる）..... P142a
 堀田英之（ほった ひでゆき）..... M38a
 堀友哉（ほり ともや）..... P112b
 堀友哉（ほり ともや）..... V244a
 堀江秀（ほりえ しゅう）..... X04a
 堀切月葉（ほりきり つきは）..... N50a
 本多俊介（ほんだ しゅんすけ）..... V108a

【ま】

前川正貴（まえかわ まさき）..... W28a
 前城美羽（まえしろ みう）..... V258b
 前田龍也（まえだ たつや）..... Q28a
 前田郁弥（まえだ ふみや）..... R03a
 前田龍之介（まえだ りゅうのすけ）..... P144a
 前原裕之（まえはら ひろゆき）..... N08a
 牧島一夫（まきしま かずお）..... W02a

蒔田桃子（まきた ももこ）.....	Q20a
政田洋平（まさだ ようへい）.....	N33a
増田賢人（ますだ けん）.....	Z102a
増田智（ますだ さとし）.....	M28a
松井瀬奈（まつい せな）.....	X15a
松井理輝（まつい りき）.....	W36a
松尾英里子（まつお えりこ）.....	Y05a
松尾宏（まつお ひろし）.....	V273a
松岡良樹（まつおか よしき）.....	X29a
松坂怜（まつさか れん）.....	R07a
松月大和（まつづき やまと）.....	Q27a
松永典之（まつなが のりゆき）.....	Z217a
松野なな（まつの なな）.....	T12b
松橋裕洋（まつはし ひろうみ）.....	V347a
松林和也（まつばやし かずや）.....	V282a
松林優太（まつばやし ゆうた）.....	W12a
松藤勇希（まつふじ ゆうき）.....	W50a
松本明訓（まつもと あきのり）.....	U34a
松本佳祐（まつもと けいすけ）.....	U11b
松本仁（まつもと じん）.....	M37a
松本琢磨（まつもと たくま）.....	M04a
松本健（まつもと たける）.....	V135a
松本達矢（まつもと たつや）.....	W48a
松本倫明（まつもと ともあき）.....	P147a
松本浩典（まつもと ひろのり）.....	V359a
松本洋介（まつもと ようすけ）.....	W47a
丸田哲温（まるた てつはる）.....	P150a
馬渡健（まわたり けん）.....	X48b

【み】

三浦大貴（みうら だいき）.....	W59a
御子裕治（みこ ゆうじ）.....	P316a
三澤浩昭（みさわ ひろあき）.....	V112b
水木敏幸（みずき としゆき）.....	P306a
三杉佳明（みすぎ よしあき）.....	P107a
水口由莉乃（みずぐち ゆりの）.....	U03a
水谷耕介（みずたに こうすけ）.....	W11a
水野旭（みずの あさひ）.....	X10b
水野恒史（みずの つねふみ）.....	Q29a

水本琴美（みずもと ことみ）.....	P149a
水本拓走（みずもと たくと）.....	P111b
水本岬希（みずもと みさき）.....	S33a
道下野々夏（みちした ののか）.....	X11b
道山知成（みちやま ともなり）.....	R13c
三石郁之（みついし いくゆき）.....	V354a
美濃和陽典（みのわ ようすけ）.....	Z205a
三原建弘（みはら たてひろ）.....	W13a
宮崎正成（みやざき まさなり）.....	V129b
宮田隆志（みやた たかし）.....	V275a
宮武広直（みやたけ ひろなお）.....	Z226b
宮本明日香（みやもと あすか）.....	W58a
三好真（みよし まこと）.....	S03a

【む】

向井一真（むかい かずま）.....	V140a
宗像勇輔（むなかた ゆうすけ）.....	V233b
村上豪（むらかみ ごう）.....	V231b
村上尚史（むらかみ なおし）.....	V207a
村社伊樹（むらこそ いつき）.....	P139b
村瀬建（むらせ たける）.....	Q24a
村瀬建（むらせ たける）.....	V130c

【も】

望月優子（もちづき ゆうこ）.....	M18a
望月優子（もちづき ゆうこ）.....	M20b
元木業人（もとぎ かずひと）.....	V131c
本原顕太郎（もとはら けんたろう）.....	Z202a
森寛治（もり かんじ）.....	N23a
森昇志（もり しょうじ）.....	P227a
森正光（もり まさみつ）.....	W44a
森泉怜（もりいずみ れん）.....	P109b
森川翼（もりかわ つばさ）.....	P313c
森川雅博（もりかわ まさひろ）.....	M19a
森田愛子（もりた あいこ）.....	V211b
森鼻久美子（もりはな くみこ）.....	Z210b
森本大輝（もりもと だいき）.....	V323a
守屋堯（もりや たかし）.....	Z209b

森山拓磨（もりやま たくま）.....N07a

【や】

保田悠紀（やすだ ゆうき）.....N53a
 柳川晏里（やながわ あんり）.....X56a
 柳澤一輝（やなぎさわ かずき）.....S21a
 柳澤広登（やなぎさわ ひろと）.....X08a
 矢野太平（やの たいへい）.....V247b
 山岡和貴（やまおか かずたか）.....W53a
 山形大青（やまがた たいせい）.....X51a
 山岸光義（やまぎし みつよし）.....V276a
 山口正行（やまぐち まさゆき）.....P223a
 山口未沙（やまぐち みさ）.....X13a
 山崎大（やまざき だい）.....Y02a
 山崎康正（やまさき やすまさ）.....V136a
 山崎陸太郎（やまざき りくたろう）.....W01a
 山崎了（やまざき りょう）.....V210a
 山下晃矢（やました こうや）.....V113b
 山下真依（やました まい）.....N05a
 山田祥悟（やまだ しょうご）.....P138b
 山田真也（やまだ しんや）.....V301a
 山田亨（やまだ とおる）.....Z218r
 山田祐佳（やまだ ゆうか）.....U32a
 山田理央奈（やまだ りおな）.....P309a
 山田麟（やまだ りん）.....Q13a
 大和義英（やまと よしひで）.....P134a
 山中雅之（やまなか まさゆき）.....N47a
 山室良太（やまむろ りょうた）.....P231a
 山本卓（やまもと たかし）.....X02a
 山本晴香（やまもと はるか）.....P154a
 山本美咲（やまもと みさき）.....R05a
 楊毅（やん い）.....P220a

【ゆ】

由良海翔（ゆら かいと）.....U08a

【よ】

横山将汰（よこやま しょうた）.....Q06b
 吉田大雅（よしだ たいが）.....V346a
 吉田猛人（よしだ たけと）.....Z231b
 吉田有宏（よしだ ともひろ）.....P218a
 吉田南（よしだ みなみ）.....V222a
 吉田有佑（よしだ ゆうすけ）.....V355a
 吉原諒（よしはら まこと）.....V356a
 吉久健朗（よしひさ たけろう）.....M12b
 吉本愛使（よしもと あんじえ）.....Q39a
 米倉覚則（よねくら よしのり）.....V114b
 米田隼（よねだ しゅん）.....V203a
 米田浩基（よねだ ひろき）.....V330a
 米徳大輔（よねとく だいすけ）.....V243a
 米永直生（よねなが なおき）.....W33a
 米原厚憲（よねはら あつのり）.....S25a

【り】

李欣儒（り きんじゅ）.....Q26a
 李源（り げん）.....V252a

【わ】

鷺ノ上遥香（わしのうえ はるか）.....P233a
 和田空大（わだ そらと）.....P317a
 和田武彦（わだ たけひこ）.....V239a
 和田武彦（わだ たけひこ）.....V257b
 渡邊晶（わたなべ あきら）.....R06a
 渡邊恭子（わたなべ きょうこ）.....M16a
 渡辺くりあ（わたなべ くりあ）.....X41a
 渡部潤一（わたなべ じゅんいち）.....P315a
 渡邊太一（わたなべ たいち）.....P210b
 渡邊鉄哉（わたなべ てつや）.....M27a

2025 年 8 月 20 日発行

年会実行委員会

委員長 和 泉 究 (宇宙航空研究開発機構)

委 員	泉	拓	磨	(国立天文台)		
	大	澤	亮	(国立天文台)		
	大	藪	進	喜	(徳島大学)	
	小	西	美穂子	(大分大学)		
	佐	藤	寿	紀	(明治大学)	
	庄	田	宗	人	(東京大学)	
	鈴	木	知	治	(中部大学)	
	野	津	翔	太	(東京大学)	
	米	山	知	景	(中央大学)	
	信	川	久美子	(近畿大学)	保育室担当	
	信	川	正	順	(奈良教育大学)	保育室担当

年会開催地理事

新 沼 浩太郎 (山口大学)