

2025年 春季年会

講演予稿集

電子版

於 水戸市民会館

2025年3月17日(月)～3月20日(木)

日本天文学会

日本天文学会 2025年 春季年会プログラム

期 日 2025年3月17日(月)～3月20日(木・祝)
 場 所 水戸市民会館／オンライン
 電 話 090-4387-6893(学会事務局) <使用期間 2025年3月17日(月)～3月20日(木・祝)>
 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
3月14日 (金)							記者会見					
3月16日 (日)							公開講演会					
3月17日 (月)	A	受付	T. 銀河団	昼 休 み 12:40-14:00		T. 銀河団/U. 宇宙論	ポスター 16:10 17:00		天文教育 フォーラム 17:00-18:30		理事会 19:00 20:30	
	B		Q. 星間現象			Q. 星間現象						
	C		N. 恒星・恒星進化			N. 恒星・恒星進化						
	D		Y. 教育・広報・他			Y. 教育・広報・他						
	E		R. 銀河			P1. 星形成						
	F		P3. 惑星系			P3. 惑星系						
	G		X. 銀河形成・進化			X. 銀河形成・進化						
	H		W. コンパクト天体			W. コンパクト天体						
3月18日 (火)	A	受付	U. 宇宙論	昼 休 み 11:40-13:00 (代議員総会)		M. 太陽	ポスター 15:10 16:00	会員 全体集会 16:00-17:30				
	B		Q. 星間現象			Q. 星間現象						
	C		N. 恒星・恒星進化			N. 恒星・恒星進化						
	D		V3. 観測機器(X線・γ線)			V3. 観測機器(X線・γ線)						
	E		P1. 星形成			P1. 星形成						
	F		V2. 観測機器(光赤・重)			V2. 観測機器(光赤・重)						
	G		X. 銀河形成・進化			X. 銀河形成・進化						
	H		W. コンパクト天体			W. コンパクト天体						
3月19日 (水)	A	受付	M. 太陽	昼 休 み 11:40-13:00		M. 太陽	ポスター 15:10 16:00	受賞 記念講演 16:00-17:30		懇親会 18:00-20:00		
	B		V1. 観測機器(電波)			V1. 観測機器(電波)						
	C		S. 活動銀河核			S. 活動銀河核						
	D		V3. 観測機器(X線・γ線)			V3. 観測機器(X線・γ線)						
	E		P1. 星形成/P2. 原始惑星系円盤			P2. 原始惑星系円盤						
	F		V2. 観測機器(光赤・重)			V2. 観測機器(光赤・重)						
	G		X. 銀河形成・進化			X. 銀河形成・進化						
	H		W. コンパクト天体			W. コンパクト天体						
3月20日 (木・祝)	A	受付	M. 太陽	昼 休 み 11:40-13:00	ポスター 13:00-14:00	特別セッション 14:00-16:00						
	B		V1. 観測機器(電波)									
	C		S. 活動銀河核									
	D		P2. 原始惑星系円盤									
	E		V2. 観測機器(光赤・重)									
	F		X. 銀河形成・進化									
	G											
	H											
ジュニアセッション(詳細は https://www.asj.or.jp/jsession/ にて)												
		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
 2～4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、予備室などからオンラインでご参加ください。

A 会場：3F-大会議室 A	予 備 室：3F-小会議室 305～307
B 会場：3F-大会議室 B	受 付：1F-エントランスロビー
C 会場：3F-大会議室 C	展示コーナー：3F-ミーティングラウンジ
D 会場：3F-中会議室 301	ポスター：2F-展示室/オンライン公開
E 会場：3F-中会議室 303&304	
F 会場：4F-小ホール	
G 会場：4F-中ホール(ユードムホール)	
H 会場：1F/2F-大ホール(グロービスホール)	

◎講演数

講演数：合計 612

(口頭講演 (a)：508、ポスター講演 (b)：89、ポスター講演 (c)：15)

◎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おります。

○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	—
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2月6日(木)正午～3月20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

- 口頭発表は現地8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。

- 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3月14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。
- 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。講演者をご参加ください。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。
- 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)

- 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。
- 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
3月14日(金)	13:00～14:45	オンライン/ 茨城大学水戸駅南サテライト	記者会見
3月16日(日)	13:30～16:30	水戸市民会館 ユードムホール(中ホール)	公開講演会
3月17日(月)	17:00～18:30	G会場/オンライン	天文教育フォーラム
3月18日(火)	16:00～17:30	H会場/オンライン	会員全体集会
3月19日(水)	16:00～17:30	H会場/オンライン	受賞記念講演(林忠四郎賞・研究奨励賞)
3月20日(木)	14:00～16:00	G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2回)

◎会合一覧表

月日	時間	会場	会合名	参加可否 [※]
3月17日(月)	12:50～13:50	B会場	理論天文学宇宙物理学懇談会報告会	C
3月17日(月)	19:00～20:30	オンライン	理事会	D
3月18日(火)	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
3月18日(火)	11:50～12:50	B会場	NASA Habitable Worlds Observatory (HWO) と FIR-Probe PRIMA および日本主導 GREX-PLUS の現状紹介	A
3月18日(火)	11:50～12:50	D会場	「天文学と社会」連絡会(仮)設立準備会合	A
3月19日(水)	11:50～12:50	A会場	太陽研究者連絡会報告会	B
3月19日(水)	11:50～12:50	B会場	光学赤外線天文連絡会 総会	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

正会員展示

◎「アルマーの冒険」で電波天文学の原理と歴史を自作しよう! -連載・25春-

日時: 2025年3月17日(月)～3月20日(木)

場所: 水戸市民会館 3F ミーティングラウンジ

概要: 電波天文広報まんが「アルマーの冒険」は、電波天文学の世界を紹介するアウトリーチコンテンツです。国立天文台の広報機関誌『国立天文台ニュース』誌上で2011年から掲載を開始し、2024年現在も継続中の連載記事です(これまでに11話分を掲載)。親しみやすいストーリーまんがを下敷きに、自作アンテナによるさまざまな天体の電波を実地に観測して(これまでのターゲットは太陽、流星、木星など)、電波天文学の原理を学びその歴史を追体験する構成で、天文台のみならず、全国の研究教育機関による最新の研究成果も逐次紹介しています。2023年秋の年会、2024年春の年会に続いて今回で3回目の出展。とくにジュニアセッションに参加する学生・生徒のみなさんに向けたプログラムで電波天文ワールドにご案内します。技術革新によって安価かつ平易に電波天文学の世界を実体験できるようになった「これから」を、アルマーといっしょに冒険してみませんか。ブースにてお待ちしております。

世話人: 高田裕行(国立天文台)、山岡均(国立天文台)、唐崎健嗣(合同会社プラネタリウムワークス)

◎天文教育フォーラム：「天文教育における STEM/STEAM とこれから」

日 時：2025年3月17日（月）17：00～18：30

場 所：G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： STEM/STEAM 教育という言葉が聞かれるようになって久しい。STEM は Science(科学)、Technology(技術)、Engineering(工学)、Mathematics(数学) の頭文字を取り、これらの教育を横断的・総合的に進めていくもので、これに Art(s)(芸術、リベラルアーツ)を加えた STEAM 教育として各国に広がりつつある。本フォーラムでも 2016 年秋季年会にて「STEM/STEAM 教育と天文学」というテーマで取り上げたことがあったが、DX（デジタル・トランスフォーメーション）化や、生成 AI 技術の急速な発展など、社会情勢の変化を受けて、いま再び注目を集めるようになってきている。また、STEAM 教育は予測困難な変化の時代において「総合知」により課題解決できる人材育成をできる手段としても期待がされており、日本の学校教育の中でも、「総合的な探究の時間」や「理数探究」において導入が進んでいる。

天文学は、もとより科学や技術だけでなく、芸術や哲学なども扱うことができる総合的な分野であるが、よりその姿を明確にするため、今回の天文教育フォーラムでは招待講演者より STEAM 教育の現状、また天文学に関わる STEAM の実践例などを共有する。また、STEAM 教育の課題や今後の方向など、パネルディスカッションを通じ、その中で天文分野における可能性を探っていく。

プログラム：1. 話題提供

川越至桜氏（東京大学）、大谷忠氏（東京学芸大学）、中島さち子氏（株式会社 steAm）

2. パネルディスカッション

実行委員：日下部展彦、玉澤春史、高梨直紘、大朝由美子、ほか

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2回）」

日 時：2025年3月20日（木）14：00～16：00

場 所：G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。2024 年秋季年会の特別セッションでキックオフイベントを開催し、趣旨説明や基調講演、パネルディスカッションを行いました。本年会では第2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

赤堀卓也（国立天文台）、石川遼子（国立天文台）、岡本桜子（国立天文台）、鴈野重之（九州産業大学）、河原創（JAXA 宇宙科学研究所）、高橋慶太郎（熊本大学、委員長）、田中雅臣（東北大学）、富田賢吾（東北大学）、野田浩司（千葉大学）、野田博文（大阪大学）、米徳大輔（金沢大学）

◎日本天文学会公開講演会

日 時：2025年3月16日（日）13：30～16：30（開場 13:00）
 形 式：対面
 場 所：水戸市民会館 ユードムホール（中ホール）
 住所：〒310-0026 茨城県水戸市泉町1丁目7番1号
 対 象：中学生以上・一般向け
 テー マ：「宇宙の始まりから生命が集う星へ ～最新天文学と宇宙天気予報の挑戦～」
 講師・タイトル：下記をご参照ください。
 参加費：無料
 定 員：482名（申込不要）

<講演内容の紹介>

講演1：「アルマ望遠鏡とジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡が明らかにした宇宙の始まりの銀河たち」

講師：橋本拓也（筑波大学 数理物理系・助教）

私たち人類は天の川銀河に住んでいますが、実はこの宇宙にはたくさんの銀河が存在していることが知られています。私たちは、南米チリにある電波干渉計アルマ望遠鏡や、欧米が2021年12月に宇宙へ打ち上げたジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡などの最先端の巨大望遠鏡を駆使することで、はるか遠くすなわち過去の宇宙にあった銀河を調べています。これによって、銀河がいつ誕生し、どのように現在の姿になったのかを明らかにしようとしています。本講演では、最新の遠方宇宙像を紹介しつつ、さらに筑波大学が推進している南極天文学の計画についても触れます。

講演2：「第二の地球を探る ～将来観測から解き明かすその誕生と環境～」

講師：逢澤正嵩（茨城大学 基礎自然科学野・助教）

1995年に太陽とは異なる太陽型恒星の周りに惑星が発見されて以降、これまでに数多の太陽系外惑星が発見されていますが、「地球のように生命に満ちた惑星は太陽系外にもあるのか？」「地球のような惑星はどのように形成されるのか？」といった素朴な問いへの明確な答えは得られていません。本講演では、太陽系外惑星に関するこれまでの知見を紹介するとともに、将来の観測によって上述の問いに対して何がわかると期待されるかについて議論します。

講演3：「気象予報士が考える宇宙天気キャスターが活躍する未来」

講師：斉田季実治（株式会社ヒンメル・コンサルティング代表取締役、気象予報士）

宇宙天気とは、私たちの社会に影響を及ぼす宇宙環境の変化のことです。太陽の表面で大爆発が起こると、高速の太陽風や高エネルギー粒子が地球に降りそそぎ、人工衛星や通信・測位（GPS）、電力にも影響を及ぼすことがあります。文明が進化することで影響が大きくなってきました。2024年5月、日本の各地でオーロラが見られたことで宇宙天気に注目が集まり、ニュースやSNSで多く取り上げられました。現在はどうのように報道されているのかを検証し、今後の伝え方について皆さんと一緒に考えたいと思います。

主 催：公益社団法人 日本天文学会

後 援：茨城大学

※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

//公共交通機関ご利用の方//

●JR 水戸駅から

【路線バス】北口（4～7番のりば）から約5分～10分、「泉町一丁目」下車、徒歩1分。

【徒歩】約20分（JR 水戸駅改札口から約1500 m）。

【自転車】水戸駅北口のステーションから15分以内。

みとチャリ: <https://www.city.mito.lg.jp/site/sharecycle/>

○JR水戸駅まで

◎JR 東京駅から

【特急】常磐線『ひたち』・『ときわ』約65分～85分。

【普通列車】常磐線約130分～150分。

【高速バス】約110分～120分。

※赤塚ルートは、水戸駅北口の次に南口にも停車します。県庁ルートは南口のみ停車です。

◎JR いわき駅から

【特急】常磐線『ひたち』約70分。

【普通列車】常磐線約100分。

◎茨城空港から

【連絡バス】約40分～70分

◎羽田空港から

【リムジンバス】約120分。

◎成田空港から

【リムジンバス】約120分。

●JR 東京駅から（直通）

【高速バス】『みと号』（赤塚ルート）: 約100分～110分、「泉町一丁目」下車: 徒歩1分。

時刻表: http://www.ibako.co.jp/contents/files/sites/2/2024/04/20230901_mito_v2.pdf

※JR 東京駅からの下り路線のため、水戸市民会館前のバス停「泉町一丁目」は、

JR水戸駅より2つ前となります。

※**県庁ルート**は「泉町一丁目」を**通りません**。行き先をご確認の上お乗り下さい。

//お車をご利用の方//

●E6 常磐道 水戸 IC から

【国道50号】約20分。

●駐車場・駐輪場のご案内

近隣・周辺の駐車場をご利用下さい。

○周辺駐車場マップ: https://www.mito-hall.jp/access/MitoriO_parkingmap.pdf

○敷地内に駐輪場（87台）

交通のご案内

会場周辺マップ



会場周辺情報

- 水戸市民会館HPのアクセスページ

<https://www.mito-hall.jp/access/>

- MitoriO周辺グルメガイド

<https://www.mito-hall.jp/guide/gourmet/index.html>

- 一般社団法人 水戸観光コンベンション協会 宿泊情報

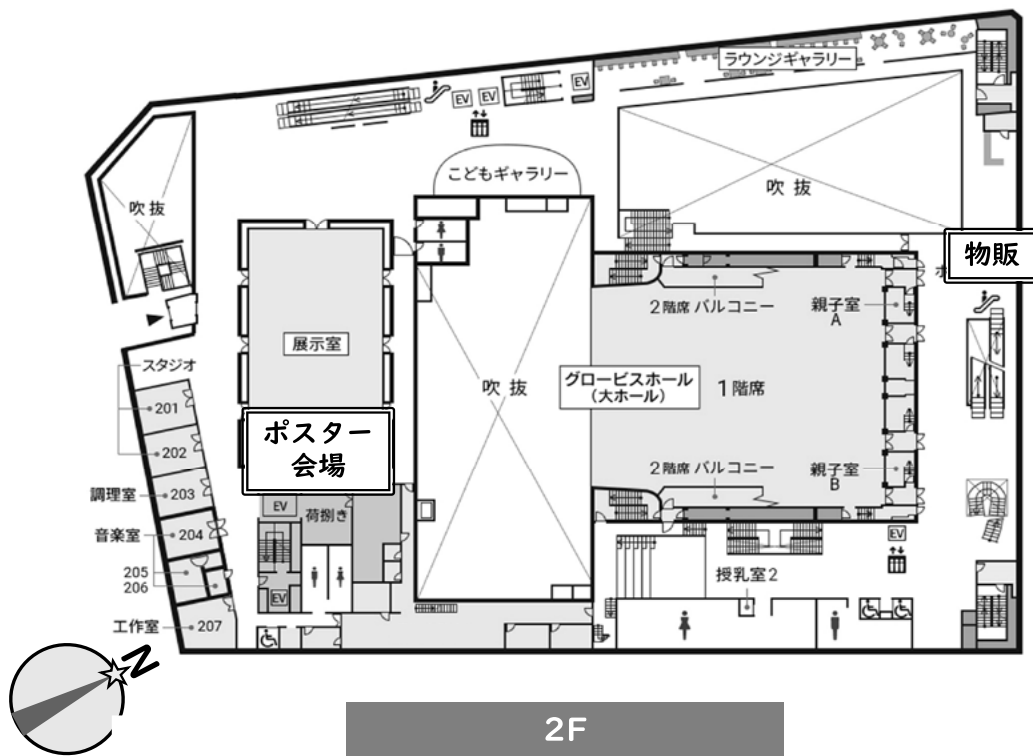
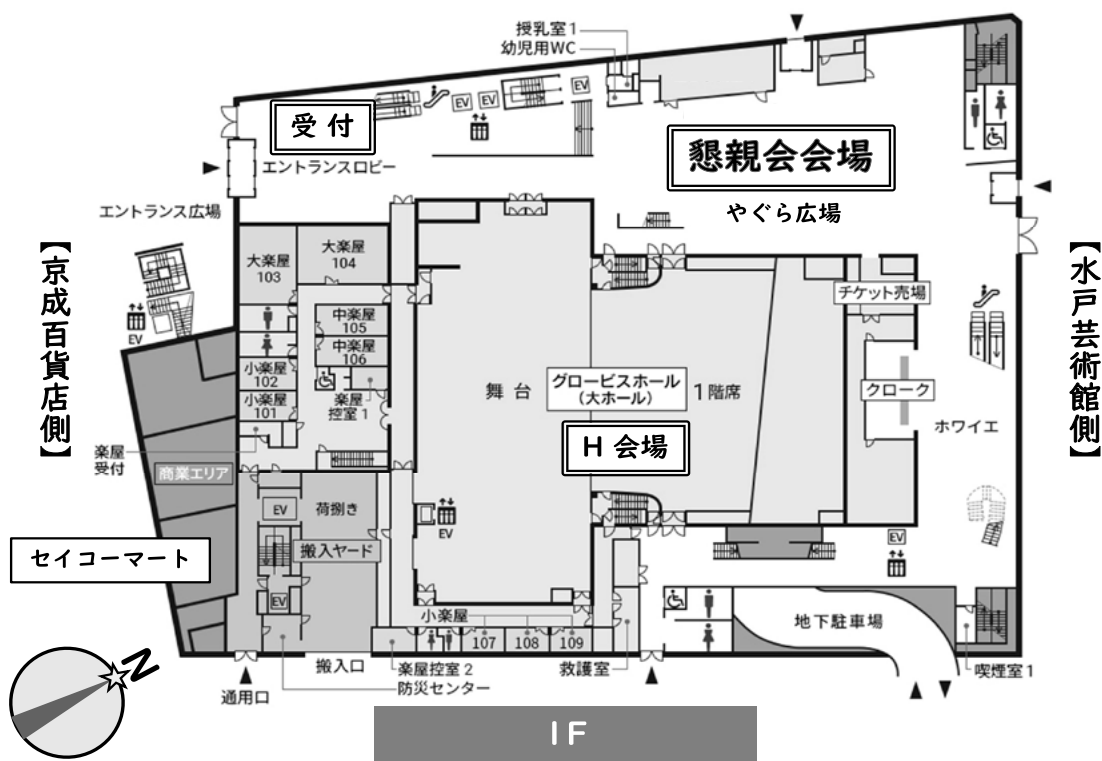
<https://mitokoumon.com/stay/>

※『第129回水戸の梅まつり』が2025年2月11日(火)～2025年3月20日(木)に開催されるため、混雑が予想されます。宿泊施設は早めにご予約をお願いいたします。

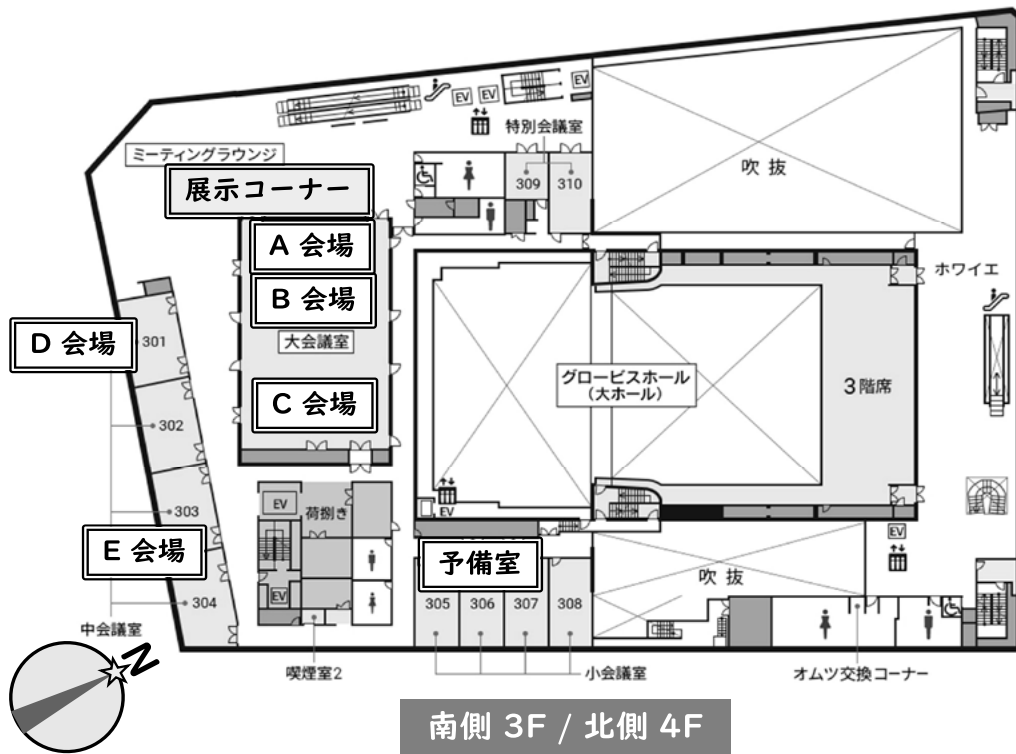
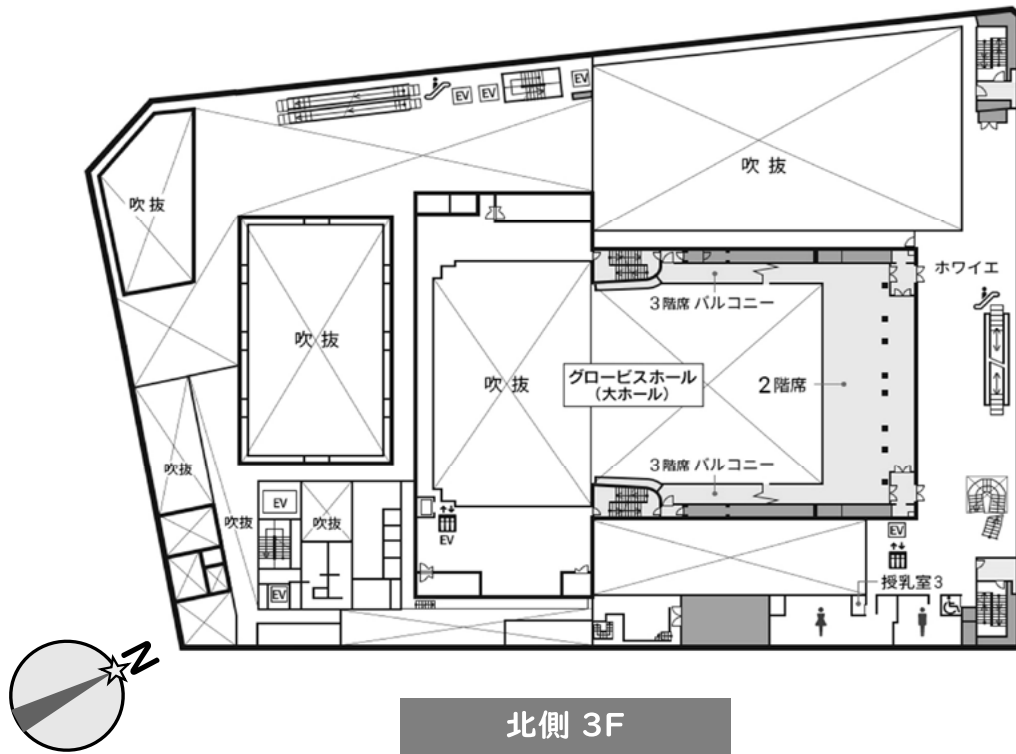
※交通のご案内、宿泊、会場周辺などに関しては、開催地HPにも情報を掲載しています。

開催地HP URL: <https://sites.google.com/view/asj25mito0317-20/>

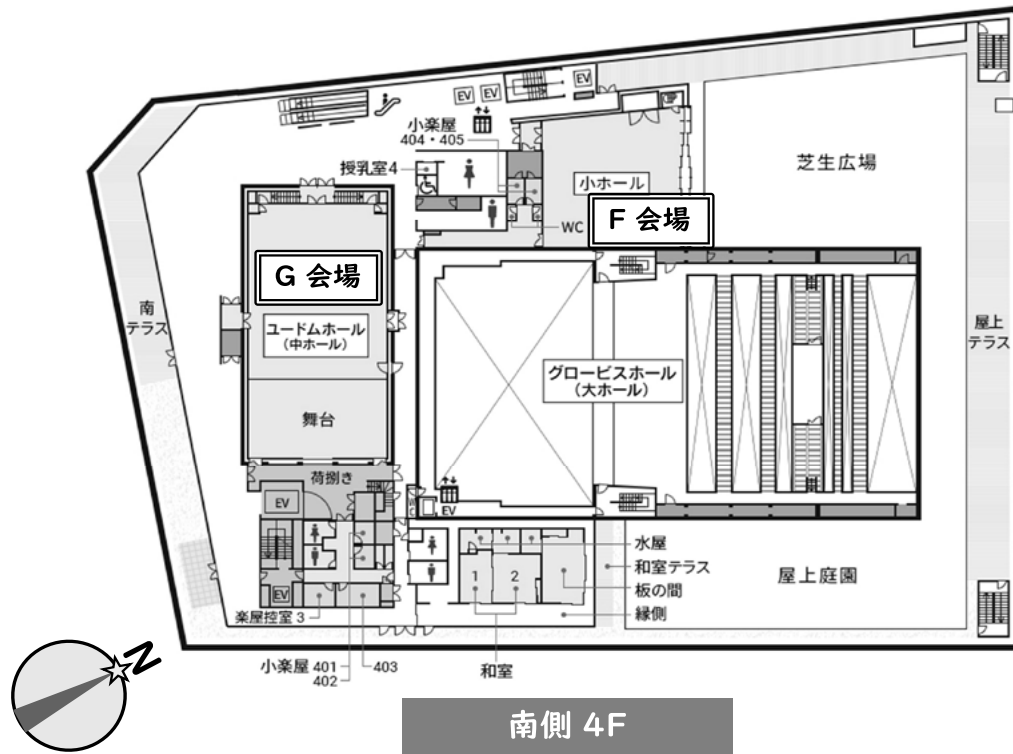
会場のご案内



会場のご案内



会場のご案内



- ◎ 来場初日に IF にて QR コード受付後、必ず参加証を受け取ってください。
- ◎ 会場混雑時は予備室などをご利用ください。
- ◎ 館内での飲食は、決められた場所をお願いいたします。
- ◎ 館内にゴミ箱はありません。各自で持ち帰るようお願いいたします。

座長一覽表

2025年春季年会

日時 / 会場名	3月17日(月)		3月18日(火)		3月19日(水)		3月20日(木)
	10:30 - 12:40	14:00 - 16:10	09:30 - 11:40	13:00 - 15:10	09:30 - 11:40	13:00 - 15:10	09:30 - 11:40
A 会場	T. 銀河団 三石郁之 (名古屋大学)	T. 銀河団 / U. 宇宙論 石山智明 (千葉大学)	U. 宇宙論 正木彰伍 (中京大学)	M. 太陽 今田晋亮 (東京大学)	M. 太陽 上野 悟 (京都大学)	M. 太陽 石川憲太郎 (核融合科学研究所)	M. 太陽 松本琢磨 (名古屋大学)
B 会場	Q. 星間現象 川中宣太 (東京都立大学)	Q. 星間現象 田中周太 (青山学院大学)	Q. 星間現象 山本宏昭 (名古屋大学)	Q. 星間現象 岩田悠平 (国立天文台)	V1. 観測機器 新沼浩太郎 (山口大学)	V1. 観測機器 村瀬 建 (岐阜大学)	V1. 観測機器 谷口隼星 (北見工業大学)
C 会場	N. 恒星・恒星進化 上塚真史 (東京大学)	N. 恒星・恒星進化 松永典之 (東京大学)	N. 恒星・恒星進化 西村信哉 (東京大学)	N. 恒星・恒星進化 小形美沙 (早稲田大学)	S. 活動銀河核 川室太希 (大阪大学)	S. 活動銀河核 秦 和弘 (名古屋市立大学)	S. 活動銀河核 小出眞路 (熊本大学)
D 会場	Y. 教育・広報・他 伊藤信成 (三重大学)	Y. 教育・広報・他 林 隆之 (麻布中学校・高等学校)	V3. 観測機器 江副祐一郎 (東京都立大学)	V3. 観測機器 北本後二 (立教大学)	V3. 観測機器 玉川 徹 (理化学研究所)	V3. 観測機器 中嶋 大 (関東学院大学)	
E 会場	R. 銀河 小藜真也 (工学院大学)	P1. 星形成 大橋聡史 (国立天文台)	P1. 星形成 廣田朋也 (国立天文台)	P1. 星形成 下西 隆 (新潟大学)	P1. 星形成/P2. 原始惑星系円盤 安井千香子 (国立天文台)	P2. 原始惑星系円盤 田崎 亮 (東京大学)	P2. 原始惑星系円盤 奥住 聡 (東京科学大学)
F 会場	P3. 惑星系 青山雄彦 (中山大学)	P3. 惑星系 小林 浩 (名古屋大学)	V2. 観測機器 本田充彦 (岡山理科大学)	V2. 観測機器 柳引洗佑 (国立天文台)	V2. 観測機器 平原 靖大 (名古屋大学)	V2. 観測機器 白崎裕治 (国立天文台)	V2. 観測機器 松浦周二 (関西学院大学)
G 会場	X. 銀河形成・進化 馬渡 健 (早稲田大学)	X. 銀河形成・進化 礼本佳伸 (千葉大学)	X. 銀河形成・進化 兒玉忠恭 (東北大学)	X. 銀河形成・進化 長島雅裕 (文教大学)	X. 銀河形成・進化 泉 拓磨 (国立天文台)	X. 銀河形成・進化 小久保亮 (国立天文台)	X. 銀河形成・進化 市川幸平 (早稲田大学)
H 会場	W. コンパクト天体 柴田晋平 (山形大学)	W. コンパクト天体 土肥 明 (理化学研究所)	W. コンパクト天体 山口弘悦 (宇宙航空研究開発機構)	W. コンパクト天体 煙山和己 (東北大学)	W. コンパクト天体 水本研希 (福岡教育大学)	W. コンパクト天体 鈴木寛大 (宇宙航空研究開発機構)	

口頭セッション 3月17日(月)

	A会場	B会場	C会場	D会場	E会場	F会場	G会場	H会場
開始時刻	銀河団	星間現象	恒星進化	教育・他	銀河	惑星系	銀河形成	コンパクト天体
10:30	T01a	Q01a	N01a	Y01a	R01a	P301a	X01a	W01a
10:42	T02a	Q02a	N02a	Y02a	R02a	P302a	X02a	W02a
10:54	T03a	Q03a	N03a	Y03a	R03a	P303a	X03a	W03a
11:06	T04a	Q04a	N04a	Y04a	R04a	P304a	X04a	W04a
11:18	T05a	Q05a	N05a	Y05a	R05a	P305a	X05a	W05a
11:30	T06a	Q06a	N06a	Y06a	R06a	P306a	X06a	W06a
11:42	T07a	Q07a	N07a	Y07a	R07a	P307a	X07a	W07a
11:54	T08a	Q08a	N08a	Y10b Y11b	R08a	P308a	X08a	W08a
12:06	T09a	Q09a	N09a	-	R09a	P309a	X09a	W09a
12:18	T10b	Q10a	N10a	-	R10a	P310b P311b P312b	X10b X11b X12b	W10a
12:30	-	-	-	-	R11b R12b	-	-	W11a
12:40	昼休み							
開始時刻	銀河団/ 宇宙論	星間現象	恒星進化	教育・他	星形成	惑星系	銀河形成	コンパクト天体
14:00	T11a	Q11a	N11a	Y12a	P101a	P314a	X13a	W12a
14:12	T12a	Q12a	N12a	Y13a	P102a	P315a	X14a	W13a
14:24	T13a	Q13a	N13a	Y14a	P103a	P316a	X15a	W14a
14:36	U01a	Q14a	N14a	Y15a	P104a	P317a	X16a	W15a
14:48	U02a	Q15a	N15a	Y16a	P105a	P318a	X17a	W16a
15:00	U03a	Q16a	N16a	Y17a	P106a	P319a	X18a	W17a
15:12	U04a	Q17a	N17a	Y18a	P107a	P320a	X19a	W18a
15:24	U05a	Q18a	N18a	Y19a	P108a	P321a	X20a	W19a
15:36	U06a	Q19a	N19a	Y20b Y21b Y22b	P109a	P322a	X21a	W20a
15:48	U07a	Q20a	N20a	PDL01	P110a	P323a	X22b X23b	W21a
16:00	U08a	Q21a	N21a	-	P111b P112b P113b	P324a	-	W22a
16:12	U09b U10b	Q22a	N22a	-	P114b P115b	-	-	W23b
16:24	-	-	N23b N24b N25b	-	-	-	-	-
16:10	ポスター							
17:00	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 3月18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
開始時刻	宇宙論	星間現象	恒星進化	観測機器 (X線・γ線)	星形成	観測機器 (光赤・重)	銀河形成	コンパクト 天体
9:30	U11a	Q23a	N26a	V301a	P116a	V201a	X25a	W24a
9:42	U12a	Q24a	N27a	V302a	P117a	V202a	X26a	W25a
9:54	U13a	Q25a	N28a	V303a	P118a	V203a	X27a	W26a
10:06	U14a	Q26a	N29a	V304a	P119a	V204a	X28a	W27a
10:18	U15a	Q27a	N30a	V305a	P120a	V205a	X29a	W28a
10:30	U16a	Q28a	N31a	V306a	P121a	V206a	X30a	W29a
10:42	U17a	Q29a	N32a	V307a	P122a	V207a	X31a	W30a
10:54	U18a	Q30a	N33a	V308a	P123a	V208a	X32a	W31a
11:06	U19a	Q31b	N34a	V309a	P124b P125b P126b	V209a	X33b X34b X35b	W32a
11:18	U20a	-	N35b N36b	V310b V311b V312b	-	V210b V211b V212b	X36b X37b	W33a
11:40	昼休み							
開始時刻	太陽	星間現象	恒星進化	観測機器 (X線・γ線)	星形成	観測機器 (光赤・重)	銀河形成	コンパクト 天体
13:00	M01a	Q34a	N38a	V313a	P127a	V213a	X38a	W34a
13:12	M02a	Q35a	N39a	V314a	P128a	V214a	X39a	W35a
13:24	M03a	Q36a	N40a	V315a	P129a	V215a	X40a	W36a
13:36	M04a	Q37a	N41a	V316a	P130a	V216a	X41a	W37a
13:48	M05a	Q38a	N42a	V317a	P131a	V217a	X42a	W38a
14:00	M06a	Q39a	N43a	V318a	P132a	V218a	X43a	W39a
14:12	M07a	Q40a	N44a	V319a	P133a	V219a	X44a	W40a
14:24	M08a	Q41a	N45a	V320a	P134a	V220a	X45a	W41a
14:36	M09a	-	N46a	V321a	P135a	V221b V222b V223b	X46a	W42a
14:48	M10b M11b M12b	-	N47a	V322a	-	V224b V225b V226b	X47a	W43a
15:00	-	-	N48a	V323b V324b V325b	-	V227b	-	W44a
15:10	ポスター							
16:00	会員全体集会							

※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 3月19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
開始時刻	太陽	観測機器 (電波)	活動 銀河核	観測機器 (X線・γ線)	星形成/原始 惑星系円盤	観測機器 (光赤・重)	銀河形成	コンパクト 天体
9:30	M15a	V101a	S01a	V327a	P136a	V228a	X48a	W45a
9:42	M16a	V102a	S02a	V328a	P137a	V229a	X49a	W46a
9:54	M17a	V103a	S03a	V329a	P138a	V230a	X50a	W47a
10:06	M18a	V104a	S04a	V330a	P201a	V231a	X51a	W48a
10:18	M19a	V105a	S05a	V331a	P202a	V232a	X52a	W49a
10:30	M20a	V106a	S06a	V332a	P203a	V233a	X53a	W50a
10:42	M21a	V107a	S07a	V333a	P204a	V234a	X54a	W51a
10:54	M22a	V108a	S08a	V334a	P205a	V235a	X55a	W52a
11:06	M23a	V109b V110b V111b	S09b S10b S11b	V335a	P206b P207b P208b	V236a	X56a	W53a
11:18	M24a	V112b V113b V114b	S12b S13b S14b	V336a	P209b P210b P211b	V237b V238b V239b	X57b X58b X59b	W54a
11:30	-	-	S15b S16b	V337a	-	-	-	W55a
11:40	昼休み							
開始時刻	太陽	観測機器 (電波)	活動 銀河核	観測機器 (X線・γ線)	原始惑星 系円盤	観測機器 (光赤・重)	銀河形成	コンパクト 天体
13:00	M25a	V116a	S17a	V338a	P212a	V240a	X60a	W56a
13:12	M26a	V117a	S18a	V339a	P213a	V241a	X61a	W57a
13:24	M27a	V118a	S19a	V340a	P214a	V242a	X62a	W58a
13:36	M28a	V119a	S20a	V341a	P215a	V243a	X63a	W59a
13:48	M29a	V123a	S21a	V342a	P216a	V244a	X64a	W60a
14:00	M30a	V124a	S22a	V343a	P217a	V245a	X65a	W61a
14:12	M31a	V125a	S23a	-	P218a	V246a	X66a	W62a
14:24	M32a	V126a	S24a	-	P219a	V247a	X67a	W63a
14:36	M33a	V127b	S25a	-	P220a	V248a	X68a	W64a
14:48	M34a	-	S26a	-	P221a	V249a	X69b	W65a
15:00	M35a	-	S27a	-	-	V250b	-	W66b W67b W68b
15:12	-	-	S28a	-	-	-	-	-
15:10	ポスター							
16:00	受賞記念講演							
18:00	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 3月20日(木)

	A会場	B会場	C会場	E会場	F会場	G会場
開始時刻	太 陽	観測機器 (電波)	活動 銀河核	原始惑星 系円盤	観測機器 (光赤・重)	銀河形成
9:30	M36a	V128a	S29a	P222a	V251a	X70a
9:42	M37a	V129a	S30a	P223a	V252a	X71a
9:54	M38a	V130a	S31a	P224a	V253a	X72a
10:06	M39a	V131a	S32a	P225a	V254a	X73a
10:18	M40a	V132a	S33a	P226a	V255a	X74a
10:30	M41a	V133a	S34a	P227a	V256a	X75a
10:42	M42a	V134a	S35a	P228a	V257a	X76a
10:54	M43a	-	S36a	-	V258a	X77a
11:06	M44a	-	S37a	-	-	-
11:18	M45a	-	S38a	-	-	-
11:30	M46a	-	-	-	-	-
11:42	M47a	-	-	-	-	-
11:40	昼休み					
13:00	ポスター					
14:00	特別セッション					

※各セッション(午前)の最後に質疑応答(10分)があります

ポスターセッション 3月17日(月) - 3月20日(木)

<p>【M. 太陽】(5)</p> <p>M10b M11b M12b M13c M14c</p> <p>【N. 恒星・恒星進化】(6)</p> <p>N23b N24b N25b N35b N36b</p> <p>N37c</p> <p>【P1. 星・惑星形成(星形成)】(8)</p> <p>P111b P112b P113b P114b P115b</p> <p>P124b P125b P126b</p> <p>【P2. 星・惑星形成(原始惑星系円盤)】(6)</p> <p>P206b P207b P208b P209b P210b</p> <p>P211b</p> <p>【P3. 星・惑星形成(惑星系)】(4)</p> <p>P310b P311b P312b P313c</p> <p>【Q. 星間現象】(3)</p> <p>Q31b Q32c Q33c</p> <p>【R. 銀河】(2)</p> <p>R11b R12b</p> <p>【S. 活動銀河核】(9)</p> <p>S09b S10b S11b S12b S13b</p> <p>S14b S15b S16b S39c</p> <p>【T. 銀河団】(1)</p> <p>T10b</p>	<p>【U. 宇宙論】(2)</p> <p>U09b U10b</p> <p>【V1. 観測機器(電波)】(11)</p> <p>V109b V110b V111b V112b V113b</p> <p>V114b V115c V120c V121c V122c</p> <p>V127b</p> <p>【V2. 観測機器(光赤外・重力波・その他)】(14)</p> <p>V210b V211b V212b V221b V222b</p> <p>V223b V224b V225b V226b V227b</p> <p>V237b V238b V239b V250b</p> <p>【V3. 観測機器(X線・γ線)】(7)</p> <p>V310b V311b V312b V323b V324b</p> <p>V325b V326c</p> <p>【W. コンパクト天体】(4)</p> <p>W23b W66b W67b W68b</p> <p>【X. 銀河形成・進化】(15)</p> <p>X10b X11b X12b X22b X23b</p> <p>X24c X33b X34b X35b X36b</p> <p>X37b X57b X58b X59b X69b</p> <p>【Y. 天文教育・広報普及・その他】(8)</p> <p>Y08c Y09c Y10b Y11b Y20b</p> <p>Y21b Y22b PDL01</p>
--	---

M. 太陽

3月18日(火) 午後・A会場		14:48	M12b 前主系列星, 太陽型主系列星, 太陽の磁場強度の変動 山下真依(宇宙航空研究開発機構)
13:00	M01a 高感度太陽紫外線分光観測衛星SOLAR-C: プロジェクト最新状況(2025年春) 清水敏文(宇宙航空研究開発機構)		M13c Simulations of solar prominence formation driven by magnetic emerging flux: I. Setup of background flux rope and emergence fields Huang, Chujie (Kyoto University)
13:12	M02a SUNRISE-3/SCIPで観測されたMクラスフレアに伴う光球・彩層スペクトル線の偏光信号 石川遼太郎(核融合科学研究所)		M14c 差分の取り方を変えたprojection法によるdivB除去 小川智也(北里大学)
13:24	M03a SUNRISE-3/SCIPで捉えた浮上磁場領域の3次元構造 川畑佑典(国立天文台)	15:00	質疑応答(10分)
13:36	M04a GREGOR-IRISの共同観測で探る小規模増光現象の3次元速度場・磁場構造 市川椋大(茨城大学)	3月19日(水) 午前・A会場	
13:48	M05a Statistical Spectral Diagnosis on Synthetic Ca II 8542 Å Stokes Profiles for Chromospheric Shock Waves in Simulated Quiet Sun Regions ZHOU, Xinyu (The University of Tokyo)	09:30	M15a COSI衛星による月面MeVガンマ線観測: 宇宙線とSolar Energetic Particleイベントの間接観測の検討 大熊佳吾(名古屋大学)
14:00	M06a コロナ中における熱的非平衡発生のループ長依存性の調査 吉久健朗(京都大学)	09:42	M16a MAXIによる月からの太陽フレアの反射X線 三原建弘(理化学研究所)
14:12	M07a Formation of a magnetic flux rope in complex active region in MURaM simulation Wang, Can (Nanjing University/Kyoto University)	09:54	M17a Fermi衛星で観測されたフレアの粒子加速領域の時間変化 矢倉昌也(名古屋大学)
14:24	M08a 太陽遷移層モデリング: 非平衡電離効果の空間解像度依存性 松本琢磨(名古屋大学)	10:06	M18a マイクロ波観測で探る微小な太陽フレアにおける粒子加速 谷口英駿(名古屋大学)
14:36	M09a 太陽コロナ加熱における渦の役割 国吉秀鷹(東京大学)	10:18	M19a 説明可能な太陽高エネルギー粒子事象発生予測AIモデルの高度化について 加藤裕太(富士通株式会社/名古屋大学)
14:48	M10b CaII IRトリプレットで偏光分光観測したUmbral Flashの特徴 廣瀬維士(総合研究大学院大学)	10:30	M20a 太陽フレアが生み出すプラズモイドと磁気音叉周辺における電子加速率の調査 佐藤慶暉(総合研究大学院大学)
14:48	M11b 太陽近くの膨張する太陽風中での温度異方性を考慮に入れたアルヴェン波のパラメトリック崩壊不安定性の動径方向発展 佐口隼斗(東北大学)	10:42	M21a 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マルチスケール構造に関する研究 芥川慧大(東京大学)

10:54	M22a	観測ロケット実験 FOXSI-3 が検出した Giant Arcade の多温度構造の精査 廣瀬維士（総合研究大学院大学）	14:36	M33a	人工衛星画像の白色輝点解析による宇宙天気現象の影響について 野澤恵（茨城大学）
11:06	M23a	太陽 X 線集光撮像分光観測ロケット実験 FOXSI-3 による X 線輝点におけるコロナ加熱エネルギーの精査 井口恵（慶應義塾大学）	14:48	M34a	ガウス混合モデルを用いた恒星磁気活動のベイズクラスタリング分析 森山拓磨（福岡大学）
11:18	M24a	Solar Flare Spectra of Fe xxvi/xxv Line Complex and Fe $K\beta$ at 6.9 keV 渡邊鉄哉（国立天文台）	15:00	M35a	本邦低緯度オーロラへの関連が疑われる欧文史料の批判的検討 服部健太郎（関西大学）
11:30		質疑応答（10 分）	15:12		質疑応答（10 分）
3 月 19 日（水）午後・A 会場			3 月 20 日（木）午前・A 会場		
13:00	M25a	2024 年に京都大学飛騨天文台で観測された大フレアについて 浅井歩（京都大学）	09:30	M36a	数値的収束の兆し：太陽内部熱対流の場合 堀田英之（名古屋大学）
13:12	M26a	Characteristics, evolution, and fate of NOAA active region 12665 Cabezas, Denis Pavel (Nagoya University)	09:42	M37a	太陽表面熱対流の位相幾何学的特徴：高速下降流領域が局在する可能性 政田洋平（福岡大学）
13:24	M27a	デルタ型黒点および太陽フレアの多波長 2 次元分光観測 上野悟（京都大学）	09:54	M38a	太陽探査機 Solar Orbiter/Polarimetric and Helioseismic Imager を用いた光球対流運動のステレオスコピック観測 大場崇義（マックスプランク太陽系研究所）
13:36	M28a	活動領域ダークフィラメントで見られる He I 10830 Å の横ゼーマン効果偏光スペクトルの解釈と磁場強度の推定 II 山崎大輝（宇宙航空研究開発機構）	10:06	M39a	線形断熱振動理論に基づく、重力波モードにより生じる太陽ニュートリノフラックス変化の予測 八田良樹（名古屋大学）
13:48	M29a	H α 線ポストフレアループの出現時間に関する統計的研究 大津天斗（京都大学）	10:18	M40a	PFSS 磁場外挿における source surface 半径の最適化 庄田宗人（東京大学）
14:00	M30a	太陽と太陽型星における黒点進化に伴うフレア発生率の時間発展 徳野鷹人（東京大学）	10:30	M41a	中間高度の磁束管形状が太陽風速度に与える影響 戸頃響吾（東京大学）
14:12	M31a	アルゴルで発生した食を含む恒星フレアの NICER X 線観測とフレアサイズ 中山和哉（京都大学）	10:42	M42a	活動領域で観測されるプラズマ上昇流と太陽風の流源および加速機構の検証 森島啓太（名古屋大学）
14:24	M32a	太陽風と M 型星恒星風におけるアルベーン波乱流加熱の重要性 鈴木海渡（京都大学）	10:54	M43a	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）

N. 恒星・恒星進化

11:06	M44a	SUSANOO-CME を用いた CME 地球到達時刻における初期条件特性の評価 磯貝拓史(名古屋大学)	3月17日(月) 午前・C会場
11:18	M45a	ALPACA 実験 10: 太陽からのコロナ質量放出に伴う ALPAQUITA アレイで観測される宇宙線頻度変化の測定限界の評価 瀧田正人(東京大学)	10:30 N01a すばる望遠鏡 IRD による金属欠乏星の化学組成解析 青木和光(国立天文台)
11:30	M46a	圧縮性磁気流体方程式における離散的なライプニッツ則を活用した差分解法の直交曲線座標系への拡張 飯島陽久(名古屋大学)	10:42 N02a すばる望遠鏡による超金属欠乏主系列星の観測 須田拓馬(東京工科大学)
11:42	M47a	ケルビン力を含む電磁運動量保存則 柴崎清登(太陽物理学研究所)	10:54 N03a 超金属欠乏星から探る weak r-process の起源 岡田寛子(兵庫県立大学)
11:54		質疑応答(10分)	11:06 N04a 銀河系棒状構造終端部付近の赤色超巨星の化学組成 谷口大輔(国立天文台)
			11:18 N05a 近赤外線高分散分光観測によるリン過剰星の元素組成測定 松永典之(東京大学)
			11:30 N06a ミラ型変光星の金属量依存性と銀河 Bulge の構造と進化 浦郷陸(アストロバイオロジーセンター)
			11:42 N07a How the 'superwind' is blowing - AGB 星進化の終末 藤本正行(北海道大学)
			11:54 N08a 磁気拡散するアルフベン波により駆動される赤色巨星風 鈴木健(東京大学)
			12:06 N09a Mira 型変光星の Cet からの磁気駆動風 保田悠紀(北海道大学)
			12:18 N10a ナノ粒子凝縮実験によるアストロミカルシリケートに代わる光学定数の提案 榎本華子(東京大学)
			12:30 質疑応答(10分)

3月17日(月) 午後・C会場		3月18日(火) 午前・C会場	
14:00	N11a XRISM/Xtend transient search で検出された K2 巨星の X 線フレア 石原維子(中央大学)	16:24	N23b 褐色矮星 Luhman 16 B における近赤外線スペクトルの分スケール変動の兆候 鮫島寛明(東京大学)
14:12	N12a Tomo-e Gozen による T タウリ型星の短時間変動観測(2) おうし座分子雲 根津正大(東京大学)	16:24	N24b 光度曲線の導関数を利用した接触食連星の分類 高妻真次郎(中京大学)
14:24	N13a M 型矮星 YZ CMi のフレアの測光・分光同時観測 II : プロミネンス噴出の統計性調査 梶木屋裕斗(東京科学大学)	16:24	N25b AGB 星の OH メーザー観測による物質輸送と加速モデルの検証 中川亜紀治(鹿児島大学)
14:36	N14a TriCGS 分光モードを用いた恒星フレアの高速分光観測 II 前原裕之(国立天文台)	16:36	質疑応答(10分)
14:48	N15a スパースモデリングによる太陽型星表面の動的マッピング 幾田佳(東京大学)	3月18日(火) 午前・C会場	
15:00	N16a 近赤外 Mg I 輝線を用いた前主系列星の彩層活動の調査 山下真依(宇宙航空研究開発機構)	09:30	N26a M31 における赤色超巨星の突発的減光に関する統計的調査 米村優輝(中央大学)
15:12	N17a Brown dwarf number density in the JWST COSMOS-Web field Goto, Tomotsugu (National Tsing Hua University)	09:42	N27a First VLBI Imaging of SiO $\nu=0, J=1 \rightarrow 0$ Masers in VY Canis Majoris Shinnaga, Hiroko (Kagoshima University)
15:24	N18a 活動的アルゴル系 U Cep の食外光度曲線にみられる大変動 鳴沢真也(兵庫県立大学)	09:54	N28a RAMBO I: Project introduction and first results with uGMRT Keszthelyi, Zsolt (NAOJ)
15:36	N19a 大質量星連星系における共通外層進化後の軌道進化について 鷹野重之(九州産業大学)	10:06	N29a 連星種族合成計算で明かす Ibn 型超新星爆発の姿 黄天鋭(東京大学)
15:48	N20a 共通外層期における放出物と軌道進化に対する輻射圧の影響 水谷耕介(大阪大学)	10:18	N30a 非球対称衝撃波ブレイクアウトの偏光 本庄亮雅(東京大学)
16:00	N21a 冷却に伴う高速回転する白色矮星の進化 小形美沙(早稲田大学)	10:30	N31a 特異な precursor を持つ IIn 型超新星 SN2023vbg の紫外可視赤外線観測 後藤颯太(鹿児島大学)
16:12	N22a XRISM Resolve による WR 140 の星風衝突衝撃波の速度プロファイルの導出 宮本明日香(東京都立大学)	10:42	N32a 炭素殻燃焼時の大質量赤色超巨星の動径振動と超新星爆発への示唆 鈴木昭宏(東京大学)
		10:54	N33a XRISM/Resolve による Cassiopeia A 鉄 ejecta の 3 次元膨張構造の測定 馬場彩(東京大学)
		11:06	N34a 超新星残骸の天球面上における分布 田邊健茲(岡山理科大学)

11:18	N35b	可視光分光モニター観測で探る Be 星の円盤構造 II 石田光宏 (横浜市立戸塚高等学校)	14:36	N46a	ニュートリノのフレーバー不安定性を現象論的に考慮した 3 次元超新星爆発シミュレーション 森寛治 (国立天文台)
11:18	N36b	SN 2024iss: ショックブレイクアウト冷却期の紫外可視赤外観測 山中雅之 (鹿児島大学)	14:48	N47a	重力崩壊型超新星における Sc, Ti, V の合成による爆発メカニズムへの制約 播田實りょう太 (総合研究大学院大学)
	N37c	MGFLD と M1 を用いたニュートリノ輸送方程式の定常流における解の比較 志村威樹 (東京理科大学)	15:00	N48a	重力崩壊型超新星での爆発的要素合成: 重要な反応率と観測量への影響 西村信哉 (東京大学)
11:30		質疑応答 (10 分)	15:12		質疑応答 (10 分)
3 月 18 日 (火) 午後・C 会場					
13:00	N38a	大質量星から切り離された星周物質と相互作用する超新星の光度曲線 武井勇樹 (京都大学)			
13:12	N39a	Ibc 型超新星の副次的ピークを用いた星周物質の調査 千葉遼太郎 (国立天文台/総合研究大学院大学)			
13:24	N40a	長い増光時間を持つ II _n 超新星の星周物質形成機構 加藤数麻 (東北大学)			
13:36	N41a	多波長ニュートリノ天文学的アプローチによる高密度星周物質の起源解明 芦田洋輔 (京都大学)			
13:48	N42a	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の相関調査 加藤ちなみ (東京理科大学)			
14:00	N43a	超新星中ニュートリノにおける機械学習を用いた closure relation の構築 高橋正大 (東京大学)			
14:12	N44a	ボルツマン輻射流体計算による空間三次元重力崩壊型超新星計算の進展 岩上わかかな (早稲田大学)			
14:24	N45a	超新星フォールバックの流体シミュレーション 篠田兼伍 (東京大学)			

P1. 星・惑星形成(星形成)

3月17日(月) 午後・E会場		16:12	P114b 大質量原始星 G353.273+0.641 に付随する 6.7GHz メタノールレーザーの周期変動モニター 原尻颯太(山口大学)
14:00	P101a ALMA と JWST が解き明かす星形成フィードバックが生み出す複雑な分子雲構造: 近傍星団形成領域 Oph A 領域の詳細解析 中村文隆(国立天文台)	16:12	P115b 大マゼラン雲のホットコアに対する 1mm 帯ラインサーベイ 金子紘之(新潟大学)
14:12	P102a ALMA-ACA を用いた星形成極初期分子雲コアに対する ortho-H ₂ D ⁺ 輝線の観測 徳田一起(九州大学/国立天文台)	16:24	質疑応答(10分)
14:24	P103a ALMA ACA による NGC 1333 の広視野・多輝線観測 深谷直史(名古屋大学)	3月18日(火) 午前・E会場	
14:36	P104a 分子雲コアにおけるホスフィンの探索 古家健次(理化学研究所)	09:30	P116a Unveiling a Multiple System: Core and Disk Fragmentation in NGC 6334 I(N) 森井嘉穂(東京大学)
14:48	P105a アルマ望遠鏡による謎の氷天体の分子輝線観測 下西隆(新潟大学)	09:42	P117a 強磁場の分子雲から形成されるフィラメント状分子雲と分子雲コア 工藤哲洋(長崎大学)
15:00	P106a Polaris 分子雲の分子ガス形成と質量降着過程の研究 下井倉ともみ(大妻女子大学)	09:54	P118a 強く磁化したフィラメント状分子雲で形成されるコアの物理的性質 三杉佳明(国立天文台)
15:12	P107a NGC 1333における若い星の運動から探る分子雲衝突 伊藤拓冬(名古屋大学)	10:06	P119a 大質量星による輻射フィードバック過程の多次元輻射流体シミュレーション 小林康大(名古屋大学)
15:24	P108a Weighting all the protostars in Ophiuchus Ohashi, Nagayoshi (ASIAA)	10:18	P120a ハブ-フィラメント系の形成・進化の輻射磁気流体シミュレーション 安部大晟(東北大学)
15:36	P109a 分子雲進化に対応した NH ₃ 輝線がトレースする高密度ガスの温度変化 柴田洋佑(鹿児島大学)	10:30	P121a 磁気流体計算とトレーサー粒子で迫る分子雲形成期の化学進化過程 小道雄斗(東京大学)
15:48	P110a GMC進化の駆動源としての H _I ガスの降着 山田麟(名古屋大学)	10:42	P122a コアの衝突・合体の数値シミュレーションで探るコア成長と星形成の誘発 吉野碧斗(東京大学)
16:00	P111b すばる HDS を用いた、活発な前主系列星 DG Tau A からの円盤風およびジェットの観測 高見道弘(台湾中央研究院)	10:54	P123a ポリトロップガス雲における連星の種の成長過程 松永拓巳(茨城大学)
16:00	P112b IC1396 HII 領域のグロービュール内における磁場が星形成プロセスに与える影響 Shinnaga, Hiroko (Kagoshima University)	11:06	P124b GPU 上で動く AMR 法による自己重力流体コードの開発 福島肇(筑波大学)
16:00	P113b ALMA 望遠鏡による天の川銀河外縁部ホットコアサーベイの初期解析結果 池田達紀(新潟大学)		

11:06	P125b 3次元磁気流体数値計算で探る原始星への質量降着過程の定量的評価 野崎信吾(九州大学)	14:36	P135a 分子雲の構造進化の理解に向けたシミュレーションと観測データの解析 佐々木誇虎(筑波大学)
11:06	P126b 磁場に貫かれたフィラメント状分子雲同士の衝突進化シミュレーション IV. 斜め衝突により形成された圧縮雲の不安定条件 柏木頼我(国立天文台)	14:48	質疑応答(10分)
11:18	質疑応答(10分)	3月19日(水) 午前・E会場	
3月18日(火) 午後・E会場		09:30	P136a KH収縮期における近接連星形成の可能性 定成健児エリック(甲南大学)
13:00	P127a 2体相関関数に注目したオリオン領域の星形成解析 西亮一(新潟大学)	09:42	P137a 安定・不安定境界の階層的三体系の軌道周期性と安定性 岩倉龍太郎(神戸大学)
13:12	P128a Gaia DR3とAPOGEE-2を用いたOrion OB1 associationの解析 富井耀(新潟大学)	09:54	P138a 多数回圧縮による分子雲進化とその観測的検証 小林将人(ケルン大学)
13:24	P129a 巨大分子雲複合体RCW 106のミニ・スターバーストの起源 河野樹人(名古屋市科学館)	11:30	質疑応答(10分) ※P211bの講演後
13:36	P130a ホットコア化学の解明に向けたメタノール安定同位体種の分子分光測定 坂井南美(理化学研究所)		
13:48	P131a 統計平衡計算による重水素濃縮度導出に向けたH ₂ COおよびHCOOH輝線の圧力幅測定 小山貴裕(理化学研究所)		
14:00	P132a 炭素同位体異性体比から探る複雑な有機分子の生成過程 一村亮太(国立天文台/総合研究大学院大学)		
14:12	P133a 深層学習を用いた赤外線リング構造の検出 西本晋平(大阪公立大学)		
14:24	P134a 宇宙初期のHIガス衝突による大質量星団形成とその環境依存性の研究 前田龍之介(東北大学)		

P2. 星・惑星形成(原始惑星系円盤)

3月19日(水) 午前・E会場		3月19日(水) 午後・E会場	
10:06	P201a 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)	13:00	P212a 始原的微惑星衝突のためのSPH衝突シミュレーション法の開発 山田理央奈(名古屋大学)
10:18	P202a JWSTによるHH 30周りのエッジオン原始惑星系円盤の近・中間赤外線撮像観測 田崎亮(東京大学)	13:12	P213a Evolution of protoplanetary disks in a low-metallicity environment. JWST NIRCам/MIRI imaging of Digel Cloud 2 clusters in the Outer Galaxy Yasui, Chikako (NAOJ)
10:30	P203a Dust Grain Growth in the Protostellar Disk Surrounding a FU Orionis Type Star Zhuang, Rui (The University of Tokyo)	13:24	P214a 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 小林雄大(鹿児島大学)
10:42	P204a 原始惑星系円盤における圧縮ダストアグリゲイトの跳ね返り障壁 大城榛音(東京科学大学)	13:36	P215a 原始惑星系円盤進化に対する星間ガス降着の寄与 大山航(京都大学)
10:54	P205a ダストモノマーの回転とねじれ相互作用に関する分子動力学シミュレーション 吉田雄城(神戸大学)	13:48	P216a Ophiuchus Class I/Flat/II 円盤の超解像サーベイII: 円盤半径の統計と円盤詳細構造の形成時期 所司歩夢(九州大学)
11:06	P206b 原始惑星系円盤中の磁気回転不安定性が駆動するダスト成長 下川貴史(九州大学)	14:00	P217a ALMA高分解能観測による若い爆発型変光星EX Lupiに付随する特異な円盤構造の発見 山口正行(台湾中央研究院)
11:06	P207b 2次元流体計算から解き明かす大質量原始星円盤におけるダスト成長 山室良太(東京科学大学)	14:12	P218a ALMA 1au分解能で見るTWHya円盤の微細構造 塚越崇(足利大学)
11:06	P208b 原始惑星系円盤におけるミリ波散乱偏光の輻射輸送計算と半解析解の比較 北出直也(総合研究大学院大学)	14:24	P219a 巨大惑星による原始惑星系円盤のギャップ形成と衝撃波加熱の整合モデリング 奥住聡(東京科学大学)
11:18	P209b FU Ori型星に付随する円盤/エンベロープの中間赤外放射分布(II): 欧州超大型望遠鏡の観測シミュレーション 高見道弘(台湾中央研究院)	14:36	P220a 離心軌道を持つ巨大ガス惑星の原始惑星系円盤内でのギャップ形成と軌道進化 田中佑希(福島工業高等専門学校)
11:18	P210b リュウグウ母天体の熱進化: 岩石コアにおける水循環の重要性 荒川創太(海洋研究開発機構)	14:48	P221a 宇宙線による電離が原始惑星系円盤に与える影響 西尾恵里花(東北大学)
11:18	P211b 大質量星形成における「熱い円盤」の化学モデル 金子寛明(東京科学大学)	15:00	質疑応答(10分)
11:30	質疑応答(10分)		

P3. 星・惑星形成(惑星系)

3月20日(木) 午前・E会場		3月17日(月) 午前・F会場	
09:30	P222a 多波長ミリ波偏光観測による原始惑星系円盤 HD 142527 の3次元磁場強度分布の推定 大橋聡史(国立天文台)	10:30	P301a 崩壊しなかった紫金山・アトラス彗星(C/2023 A3) 渡部潤一(国立天文台)
09:42	P223a The Necessity of Far-infrared Space-based Observatory for Star and Planetary Science Yang, Yao-Lun (RIKEN)	10:42	P302a 氷の昇華に伴う収縮を考慮した多孔質彗星核の熱進化モデル 三浦均(名古屋市立大学)
09:54	P224a TW Hya 円盤における局在した一酸化硫黄放射の発見と原始惑星アウトフローによる解釈 吉田有宏(総合研究大学院大学/国立天文台)	10:54	P303a 大質量天体 - 小質量連星三体系のヒル安定性と終状態の初期離心率依存性 林利憲(京都大学)
10:06	P225a HD 163296 周りの円盤における H ₂ S の検出と硫黄の存在形態 大和義英(東京大学)	11:06	P304a 月形成円盤の内側領域におけるスパイラル構造 吉村洋一(神戸大学)
10:18	P226a Central Star and Nearby Massive Star Influence on UV Synthesis of Organics in Protoplanetary Disks Manoraj, Ivan Judah (Institute of Science Tokyo)	11:18	P305a 弾性体力学シミュレーション手法の新しい定式化 内海秀介(名古屋大学)
10:30	P227a ALMA による FU Ori 型星 V883 Ori の原始惑星系円盤における水輝線の観測 仲宗根宏心(京都大学)	11:30	P306a 衝突シミュレーションに基づく微惑星衝突モデルの構築と衝突進化の考察 小林浩(名古屋大学)
10:42	P228a 初期太陽系における短寿命放射性核種の起源に関する統一的説明と、地球型惑星の普遍性への示唆 澤田涼(東京大学)	11:42	P307a 小天体衝突が系外惑星の大気運動に与える影響 御子裕治(名古屋大学)
10:54	質疑応答(10分)	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)
		12:06	P309a 岩石惑星形成の巨大衝突段階における化学平衡計算とコア組成の見積もり 前田悠陽(京都大学)
		12:18	P310b Karin 族小惑星の近赤外多色測光観測 高橋茂(東京大学)
		12:18	P311b 高空隙率ダストにかかるガス抵抗の性質について 森川翼(鹿児島大学)
		12:18	P312b JWSTによるタイタン大気中間赤外分光観測データにおける輝線同定の初期成果 飯野孝浩(東京大学)

12:30	<p>P313c レゴリスを模擬した砂標的へのクレーター形成過程の数値シミュレーション 黒崎健二（神戸大学）</p> <p>質疑応答（10分）</p>	16:00 16:12	<p>P324a 短周期系外惑星における一次大気から二次大気への遷移 黒川宏之（東京大学）</p> <p>質疑応答（10分）</p>
3月17日（月）午後・F会場			
14:00	<p>P314a 微惑星円盤からの惑星形成過程における planetesimal-driven migration の効果 神野天里（神戸大学）</p>		
14:12	<p>P315a 円盤移動が示唆されるホットジュピターの同定 河合優悟（東京大学）</p>		
14:24	<p>P316a 高温星 TOI1355 周辺の楕円軌道ホットジュピターの発見 渡辺紀治（東京大学）</p>		
14:36	<p>P317a 惑星質量天体での質量降着に伴う水素輝線の放射機構 青山雄彦（中山大學）</p>		
14:48	<p>P318a IRD-SSP による M 型星周りの惑星サーベイ：6年目の観測状況 大宮正士（アストロバイオロジーセンター）</p>		
15:00	<p>P319a トランジット時刻変動による Kepler-51 系の第 4 惑星の検出 増田賢人（大阪大学）</p>		
15:12	<p>P320a 高分散分光による褐色矮星連星 Luhman16AB のキャラクタリゼーション 2 山響（大阪大学）</p>		
15:24	<p>P321a PRIME プロジェクトのステータス 住貴宏（大阪大学）</p>		
15:36	<p>P322a マイクロレンズ惑星シグナルの自動検出 アルゴリズムによる長周期惑星の系統的探索 布田寛介（大阪大学）</p>		
15:48	<p>P323a 黒点を横切るトランジット惑星 TOI-3884b の多色測光観測 森万由子（アストロバイオロジーセンター）</p>		

Q. 星間現象

3月17日(月) 午前・B会場		3月17日(月) 午後・B会場	
10:30	Q01a XRISM 衛星による超新星残骸 W49B の鉄族元素組成比の測定 澤田真理(立教大学)	14:00	Q11a XRISM 衛星によるティコの超新星残骸における噴出物の視線方向速度の測定 松田真宗(京都大学)
10:42	Q02a XRISM 衛星を用いた超新星残骸 W49B の空間構造の調査 鈴木那梨(奈良女子大学)	14:12	Q12a 野辺山 45m 鏡を用いた Tycho' SNR に付随する分子雲の観測的研究 濱田莉来(岐阜大学)
10:54	Q03a かに星雲のフィラメントの起源と役割及び σ 問題 田中周太(青山学院大学)	14:24	Q13a 超新星残骸 Cassiopeia A における中間質量元素イジェクタのダイナミクス解明 鈴木俊輔(青山学院大学)
11:06	Q04a 「かに星雲・パルサー」の West Bay とジェットにおける偏光スペクトル同時解析 呉屋和保(広島大学)	14:36	Q14a 超新星残骸 Cassiopeia A の南西部リムにおける熱的 X 線放射狭輝線成分の観測 園田悠人(東京大学/宇宙航空研究開発機構)
11:18	Q05a 多波長データ解析によるガンマ線未同定天体 HESS J1626-490 の起源の解明 岡知彦(立命館大学)	14:48	Q15a XRISM/Resolve を用いた Cassiopeia A 超新星残骸からの低エネルギー宇宙線由来の中性鉄輝線の探査 立石大(東京大学)
11:30	Q06a ALMA ACA による大マゼラン雲の超新星残骸 N157B の CO 多輝線観測 井上陽登(岐阜大学)	15:00	Q16a XRISM 衛星による SN1987A 観測 1 : 爆発噴出物プラズマの膨張構造の測定 寺田幸功(埼玉大学/宇宙航空研究開発機構)
11:42	Q07a ALMA ACA による LMC SNR N103B の CO 多輝線観測 浅野裕也(岐阜大学)	15:12	Q17a XRISM 衛星による SN1987A 観測 2 : 爆発後 37.3 年時点での進化段階 松島司(宮崎大学)
11:54	Q08a ALMA による超新星残骸 W44 超高速成分 Bullet の観測的研究 蒔田桃子(慶應義塾大学)	15:24	Q18a 超新星残骸 RX J1713.7-3946 の南西および南東部の X 線ホットスポット探査 川端裕也(甲南大学)
12:06	Q09a ATCA Study of Small Magellanic Cloud Supernova Remnant 1E 0102.2-7219 Alsaberi, Rami Z. E. (Gifu University)	15:36	Q19a X 線天文衛星「すざく」によるシェル型超新星残骸 G296.1-0.5 のプラズマの観測 竹内清香(奈良女子大学)
12:18	Q10a ALMA ACA による超新星残骸 Puppis A 東部の CO 輝線観測 有賀麻貴(名古屋大学)	15:48	Q20a 効率的な粒子加速現場の特定を目指した超新星残骸 RCW 86 北東部の広帯域解析 2 藤本源(東京大学)
12:30	質疑応答(10分)	16:00	Q21a CTA 大口径望遠鏡初号機による超新星残骸 G17.8+16.7 の観測 片桐秀明(茨城大学)

16:12	Q22a	ガンマ線天体 HESS J1646-458 (Westerlund 1)に付随する星間ガスの発見 佐野栄俊 (岐阜大学)		Q32c	あかり衛星 IRC カメラ LG2 スリット分光による銀河拡散光の中間赤外線分光観測 鈴木はるか (東京大学)
16:24		質疑応答 (10 分)		Q33c	大規模構造シミュレーションに基づく重元素最高エネルギー宇宙線起源の検討 樋口諒 (理化学研究所)
3 月 18 日 (火) 午前・B 会場			11:18		質疑応答 (10 分)
09:30	Q23a	X 線分光撮像衛星 XRISM による天の川銀河の中心領域からの中性元素輝線の測定 青木悠馬 (近畿大学)	3 月 18 日 (火) 午後・B 会場		
09:42	Q24a	X 線分光撮像衛星 XRISM による銀河系中心 X 線放射の精密分光 信川正順 (奈良教育大学)	13:00	Q34a	GASKAP-OHプロジェクトによる CO-dark 分子ガス探査 笠井梨名 (鹿児島大学)
09:54	Q25a	CTA 大口径望遠鏡初号機による天の川銀河中心領域からの超高エネルギーガンマ線観測 (3) 阿部正太郎 (東京大学)	13:12	Q35a	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 水野恒史 (広島大学)
10:06	Q26a	銀河系中心部 CMZ から伸びる分子雲フィラメントの発見: 新たな磁気浮上の証拠 福井康雄 (名古屋大学)	13:24	Q36a	W50/SS433 西側領域の HI 吸収線解析 山本宏昭 (名古屋大学)
10:18	Q27a	銀河系中心部の分子ループ 1, 2 に付随する HI ガスの高分解能観測 榎谷玲依 (九州産業大学)	13:36	Q37a	高速度雲 Complex C と銀河系における相互作用 泉奈都子 (国立天文台)
10:30	Q28a	Cygnus Loop 北東部領域の衝撃波直下におけるプラズマの加熱・急電離の観測 市橋正裕 (東京大学)	13:48	Q38a	マゼラニックストリームのダスト / ガス比 早川貴敬 (名古屋大学)
10:42	Q29a	VERA アーカイブデータを用いた Sgr B2 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)	14:00	Q39a	電波銀河 M87 におけるジェットと星間物質の相互作用 大曾根聡子 (元産総研)
10:54	Q30a	Automated extraction of peculiar velocity structures in nearby star-forming clouds with the FilFinder algorithm 李欣儒 (東京大学)	14:12	Q40a	Chandra によるスターバースト銀河 M82 の詳細 X 線分光解析 笹俣聖也 (名古屋大学)
11:06	Q31b	ALMA による銀河系中心高速度コンパクト雲 CO 0.02-0.02 の高分解能観測 岩田悠平 (国立天文台)	14:24	Q41a	宇宙線による初期宇宙の銀河間空間の加熱と 21cm 線による観測可能性 横山将汰 (東京大学)
			14:36		質疑応答 (10 分)

R. 銀河

3月17日(月) 午前・E会場		12:30	R12b	Kernel PCA × Kernel SHAP による特徴抽出手法の新展開 大久保宏真(筑波大学)
10:30	R01a	12:42		質疑応答(10分)
	R02a			
	R03a			
	R04a			
	R05a			
	R06a			
	R07a			
	R08a			
	R09a			
	R10a			
	R11b			

S. 活動銀河核

3月19日(水) 午前・C会場		11:18	S12b	ガンマ線で増光を示したブレーザー OP 313のかなた望遠鏡による偏光撮像観測 橋爪大樹(広島大学)	
09:30	S01a	BH 探査の新たな観測量の考察: BH に落ちる光源放射のパワースペクトル 齋田浩見(大同大学)	11:18	S13b	X線で暗い活動銀河核の性質調査に向けたスタッキング解析方法の検討 曾我天美(奈良女子大学)
09:42	S02a	観測イメージからブラックホールスピンを推定するための同変ニューラルネットワーク 高橋幹弥(東京工業高等専門学校)	11:18	S14b	SDSSとeFEDSを用いたBALクエーサーのX線吸収強度の統計的調査 渡邊一樹(信州大学)
09:54	S03a	磁気流体シミュレーションによる強磁場ジェットにおけるケルヴィン・ヘルムホルツ不安定性 一ノ瀬愉斗(東京大学)	11:30	S15b	クエーサーの接線方向に対する近接効果の多視線観測 佐藤良(信州大学)
10:06	S04a	ブラックホール磁気圏における磁氣的ペンローズ過程 高橋真聡(愛知教育大学)	11:30	S16b	SED fittingを用いたBALクエーサーの統計的調査 柳谷百合(信州大学)
10:18	S05a	ジェット偏光画像の非対称性と相対論的ビーミング・収差効果、スピン依存性 恒任優(ハーバード大学)	11:42		質疑応答(10分)
10:30	S06a	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 石崎渉(東北大学)	3月19日(水) 午後・C会場		
10:42	S07a	渦状腕による銀河中心への質量供給: 銀河中心の分子ガスの起源について 油谷直道(鹿児島大学)	13:00	S17a	NGC4151のXRISM 連携可視赤外モニター観測: ダスト反響探査解析 趙光遠(東京理科大学)
10:54	S08a	極低密度領域における二流体不安定性による電流層崩壊の数値計算 小出眞路(熊本大学)	13:12	S18a	NGC 4151のXRISM 連携可視分光モニター観測: H β 輝線の時間変動 平田悠馬(東京理科大学)
11:06	S09b	降着円盤とラインフォース駆動型円盤風の同時計算による ultra fast outflow の時間変動の研究 黒田裕太郎(筑波大学)	13:24	S19a	近赤外長期モニターで探る、 $z \geq 6$ クエーサーの質量降着史 斎藤智樹(兵庫県立大学)
11:06	S10b	一般相対論的輻射磁気流体計算に基づく高/低光度 AGN ジェットの収束形状 芳岡尚悟(京都大学/筑波大学)	13:36	S20a	極高光度クエーサーの測光モニター観測で確認された周期的な光度変動傾向 堀内貴史(東京大学)
11:06	S11b	Discovery of a hyperluminous quasar at $z = 1.62$ with Eddington ratio > 3 in the eFEDS field confirmed by KOOLS-IFU on Seimei Telescope 鳥羽儀樹(国立天文台)	13:48	S21a	ダスト減光量が非常に大きい1.9型AGNのH α 広輝線強度変動調査 水越翔一郎(東京大学)
			14:00	S22a	活動銀河中心核 sub-mm 波連続放射における電離ガスアウトフローの寄与 工藤祐己(東北大学)

14:12	S23a	JWST から探る中間赤方偏移における低質量 SMBH の調査 星篤志 (東北大学/宇宙航空研究開発機構)	10:30	S34a	ALMA で観測されたミリ波帯光度曲線の解析による銀河系中心核 Sgr A* における降着円盤傾斜角の決定 柳澤一輝 (慶應義塾大学)
14:24	S24a	AGN アウトフローによる吸収線の線幅と時間変動性の関係 古布諭 (信州大学)	10:42	S35a	2018 年の EHT 観測に同期した M87 の多波長観測キャンペーン 秦和弘 (名古屋市立大学)
14:36	S25a	Tracing the fading phase of active galactic nuclei in $z < 0.4$ using eROSITA, WISE, and SDSS Gauchan, Samip (Waseda University)	10:54	S36a	Very High Energy observations and multiwavelength study of blazar 1ES 1218+304 Roy, Abhradeep (Hiroshima University)
14:48	S26a	量子機械学習による XMM-Newton カタログからの異常 X 線変動天体の検出 川室太希 (大阪大学)	11:06	S37a	銀河系中心大質量ブラックホール Sgr A* の 340 GHz 帯短期強度変動 (III) 三好真 (国立天文台)
15:00	S27a	軟 X 線のみが変動した特異な AGN 4XMM J004727.3-204722 滝沢風佳 (愛媛大学)	11:18	S38a	極端 2 重星型超巨大ブラックホールと結論される M87*VLBI 電波像の再検討とその確証 大家寛 (東北大学)
15:12	S28a	PDS 456 の軟 X 線時間変動から探る超高速アウトフローのジオメトリ 佐藤璃輝 (東京大学)		S39c	クェーサー HE0151-4326 に見られる line-locking 吸収線の時間変動傾向の考察 劉強 (信州大学)
15:24		質疑応答 (10 分)	11:30		質疑応答 (10 分)
3 月 20 日 (木) 午前・C 会場					
09:30	S29a	XRISM observation of the broad-line radio galaxy 3C 111 萩野浩一 (東京大学)			
09:42	S30a	電波銀河 Cen A のガンマ線ジェットの研究 大庭伊織 (広島大学)			
09:54	S31a	XRISM で探る 2 型電波銀河 Centaurus A の鉄輝線構造 中谷友哉 (京都大学)			
10:06	S32a	ALMA による M87 の中心領域からの分子ガス検出報告の真偽 川中宣太 (国立天文台/東京都立大学)			
10:18	S33a	埋もれた活動銀河核が示唆される超高光度赤外線銀河の電波放射の起源 林隆之 (麻布中学校・高等学校/国立天文台)			

T. 銀河団

3月17日(月) 午前・A会場		3月17日(月) 午後・A会場	
10:30	T01a XRISM/Resolve を用いたケンタウルス座銀河団中心部のガスの温度、速度構造の精密分光観測 近藤麻里恵(埼玉大学)	14:00	T11a Abell 3376 内のコールドフロントとジェットの相互作用に関する二次元電磁流体+熱伝導シミュレーション 松野なな(総合研究大学院大学/国立天文台)
10:42	T02a X線天文衛星 XRISM による Abell 2199 銀河団中心部のガスの速度構造の解明 須田一功(東京理科大学)	14:12	T12a AGN properties of about 1 million member galaxies of galaxy groups and clusters at $z < 1.4$ based on the Subaru Hyper Suprime-Cam survey 鳥羽儀樹(国立天文台)
10:54	T03a XRISM observations of the merger cluster A2319 内田悠介(東京理科大学)	14:24	T13a Spectroscopically confirmed quiescent galaxies in the Spiderweb protocluster at $z=2.16$ Naufal, Abdurrahman (SOKENDAI/NAOJ)
11:06	T04a XRISM 衛星による衝突銀河団「かみのけ座銀河団」の ICM 運動の観測 中澤知洋(名古屋大学)	16:24	質疑応答(10分) ※ U10b の講演後
11:18	T05a XRISM 衛星による Abell 3667 銀河団の観測成果 大宮悠希(名古屋大学)		
11:30	T06a 衝突銀河団 Abell 3667 の北西電波レリック周辺の ICM(2) 伊藤大将(名古屋大学)		
11:42	T07a X線天文衛星「すざく」のデータを用いた Abell399/401 銀河団間のフィラメントの観測 尾崎朝世(奈良女子大学)		
11:54	T08a すざく衛星による銀河団銀河群外縁部の銀河団ガスの熱力学的構造 松下恭子(東京理科大学)		
12:06	T09a 衝突銀河団中の高温ガス・BCG およびダークマターの系統的な形態比較 原田空凱(名古屋大学)		
12:18	T10b 全天サーベイへの適用に向けた銀河団スタッキング解析手法の開発 辻田悠佳奈(奈良女子大学)		
12:30	質疑応答(10分) ※ X10b の講演後		

U. 宇宙論

3月17日(月) 午後・A会場		3月18日(火) 午前・A会場	
14:36	U01a Ia型超新星に対する前景銀河による赤化のモンテカルロシミュレーションと赤化検出に必要なサンプルサイズの推定 松本佳祐(早稲田大学)	09:30	U11a 角度方向の系統誤差の影響を抑えた銀河パワースペクトルの解析法の開発 中野新太郎(東京大学/Kavli IPMU)
14:48	U02a ボイドのサイズ推定に与える選定銀河の種類の影響 吉崎允泰(名古屋大学)	09:42	U12a 銀河弱重力レンズ効果とCMBの同時解析による原始パワースペクトル、成長指数の制限 寺澤凌(東京大学/Kavli IPMU)
15:00	U03a PFS観測での宇宙論解析に向けた宇宙泡状構造の性質の解明 山田祐佳(東京大学)	09:54	U13a 非等方な宇宙複屈折効果を取り入れた厳密なBモード角度パワースペクトル 並河俊弥(カブリ数物連携宇宙研究機構/ケンブリッジ大学カブリ宇宙論研究所)
15:12	U04a 畳み込みニューラルネットワークとUchuu-UniverseMachineカタログを用いた銀河団質量とスケール半径の推定 富永浩文(千葉大学/明治大学)	10:06	U14a パリティ対称性を破るヘリカル原始磁場の銀河トリスペクトルへの影響 由良海翔(名古屋大学)
15:24	U05a HSC-Wide領域の銀河スピネクトルの大域分布の異方性解析 家正則(国立天文台)	10:18	U15a 観測領域の形状に影響されないパワースペクトルの推定法と銀河バイアスの測定 手良脇大誠(東京大学/Kavli IPMU)
15:36	U06a 物質分布の統計的非等方性に起因する非等方ハローバイアスの初確認 正木彰伍(中京大学)	10:30	U16a 超高エネルギー宇宙線の宇宙論的影響とそのマルチメッセンジャー探査 井上進(千葉大学/東京大学)
15:48	U07a 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(III) 小谷竜也(慶應義塾大学)	10:42	U17a Dynamical dark energyモデルを採用した大規模宇宙論的シミュレーション 石山智明(千葉大学)
16:00	U08a 正規化フローモデルを用いた21cm線イメージングデータからのパラメータ推定 森脇可奈(東京大学)	10:54	U18a マルチスケールを取り入れた畳み込みニューラルネットによる初期密度揺らぎの再構築 中島光一郎(名古屋大学)
16:12	U09b 「あかり」と他衛星のデータを組み合わせた全天遠赤外線マップの作成 森口諒介(関西学院大学)	11:06	U19a MGCAMBを実装したCOCOAによる現象論的な重力検証 谷田幸貴(名古屋大学)
16:12	U10b 大規模構造の識別とグラフ理論による新たな統計量の探索 山崎壮一郎(東京大学)	11:18	U20a 赤方偏移空間におけるハローアセンブリバイアスの機械学習モデリング 石川慶太郎(名古屋大学)
16:24	質疑応答(10分)	11:30	質疑応答(10分)

V1. 観測機器 (電波)

3月19日(水) 午前・B会場		11:18	V113b 次世代センチ波干渉計に向けた超広帯域クアットリッジアンテナの開発：製造方法の確立 亀山晃(大阪公立大学)
09:30	V101a 野辺山45m電波望遠鏡 100-GHz帯 LEKID カメラの試験搭載における性能評価 李豪純(筑波大学)	11:18	V114b 惑星電波望遠鏡 IPRT 用メートル波広帯域アンテナフィードの開発 桑山陽次(東北大学)
09:42	V102a 岐阜大学 11m 電波望遠鏡の運用状況 - IV 村瀬建(岐阜大学)	V115c	高萩・日立 32 m 電波望遠鏡の整備・運用状況 2025A 米倉寛則(茨城大学)
09:54	V103a 86GHz 帯常温受信機を用いた VERA 観測システムの整備状況 近藤奨紀(大阪公立大学)	11:30	質疑応答(10分)
10:06	V104a 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 (VII) 氏原秀樹(立命館大学)	3月19日(水) 午後・B会場	
10:18	V105a ASTE 望遠鏡の運用 (7) 南谷哲宏(国立天文台)	13:00	V116a 大型サブミリ波望遠鏡の実現に向けた主鏡支持構造の設計：構造の特徴を活かした鏡面の超高精度化 今村千博(名古屋大学)
10:30	V106a DESHIMA 2.0: 集積型超伝導フィルタバンクによる超広帯域分光観測 西村優里(東京大学)	13:12	V117a 南極新ドームふじ基地の建物と必要電力の検討 中井直正(関西学院大学)
10:42	V107a 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 VII. 受信システムの要素製作および性能評価試験 谷口暁星(北見工業大学)	13:24	V118a 南極 30 cm サブミリ波望遠鏡のアンテナ駆動系と光学性能評価 栄野比里菜(筑波大学)
10:54	V108a リアルタイム制御と分散処理を両立する望遠鏡制御システム NECST v4 の開発 高山楓菜(名古屋大学)	13:36	V119a SKA1 サブプロジェクト報告 2025 春 新沼浩太郎(山口大学)
11:06	V109b NANTEN2 望遠鏡の再稼働に向けた活動報告 立原研悟(名古屋大学)	V120c	SKA1 サブプロジェクト科学部門報告 2025 春 町田真美(国立天文台)
11:06	V110b DESHIMA 2.0: ガンマ線突発天体サブミリ波帯追観測支援システムの開発 佐藤瑞月(北見工業大学)	V121c	SKA1 サブプロジェクト SRC 部門報告 2025 春 岩田悠平(国立天文台)
11:06	V111b 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 VIII. 広帯域分光計のデジタルサイドバンド分離機能の実証とその時間安定性の評価 加藤大翔(名古屋大学)	V122c	SKA1 サブプロジェクト技術部門報告 2025 春 新沼浩太郎(山口大学)
11:18	V112b 深層学習 CNN を用いた画像認識による RFI/EMI 除去のアルゴリズム構築 大野知希(名古屋大学)	13:48	V123a The Next Generation Very Large Array - Spring 2025 泉拓磨(国立天文台)

V2. 観測機器(光赤外・重力波・その他)

14:00	V124a アルマバンド 8v2 受信機プロジェクトにおける光学設計案 今田大皓(国立天文台)	3月18日(火) 午前・F会場	
14:12	V125a アルマバンド 8v2 受信機プロジェクトにおける導波管回路の開発状況 2 増井翔(国立天文台)	09:30	V201a TMT 計画 - 進捗報告 臼田知史(国立天文台)
14:24	V126a アルマバンド 8v2 受信機プロジェクトにおけるカートリッジ設計検討 坂井了(国立天文台)	09:42	V202a TAO 望遠鏡 TARdYS 分光器校正のための近赤外天文コムの開発 小口和真(東京大学)
14:36	V127b Update on ALMA Operations and Development Program - Spring 2025 深川美里(国立天文台)	09:54	V203a TAO6.5m 望遠鏡に向けた新しい SWIMS-IFU の自由曲面鏡を用いた光学設計 櫛引洸佑(東京大学)
14:48	質疑応答(10分)	10:06	V204a せいめい望遠鏡の分割主鏡における位相合わせの進捗状況 木野勝(京都大学)
3月20日(木) 午前・B会場		10:18	V205a ULTIMATE-Subaru: 近赤外線広視野カメラ WFI の開発状況 本原顕太郎(東京大学)
09:30	V128a LiteBIRD 低周波望遠鏡に入射する赤外線天体のコンタミネーション評価 森口諒介(関西学院大学)	10:30	V206a ULTIMATE-Subaru: GLAO 波面センサーに用いるマイクロレンズアレイの表面形状と光学性能の評価 寺尾航暉(国立天文台)
09:42	V129a CMB 望遠鏡 GroundBIRD の観測運用と校正の現状 辻井未来(東北大学)	10:42	V207a SuMIRe-PFS[42]: PFS プロジェクトの進捗状況 越田進太郎(国立天文台)
09:54	V130a 機械学習を用いた次世代太陽風観測装置のシステムヘルスマネジメントの完全自動化 竹原大智(名古屋大学)	10:54	V208a すばる望遠鏡広帯域分光装置 NINJA: 装置概要と現状報告 幸野友哉(東京大学)
10:06	V131a 次世代太陽風観測装置用アナログ信号受信系の開発 II 渡部温(名古屋大学)	11:06	V209a NINJA 近赤外検出器 H2RG の読み出し最適化の試み 田中健翔(東京大学)
10:18	V132a 月面天文台 TSUKUYOMI の実現に向けた概念設計検討 6 井口聖(国立天文台)	11:18	V210b MACIE を介した HxRG 検出器の通信制御コードの作成 柳澤顕史(国立天文台)
10:30	V133a アナログデジタル変換器の非線形応答による入出力特性と量子化損失の周波数特性の評価 山崎康正(国立天文台)	11:18	V211b ULTIMATE-START: レーザートモグラフィ補償光学におけるアップリンクジッターの推定 小鹿哲雅(関西学院大学)
10:42	V134a テラヘルツ強度干渉計による画像合成の実証に向けた実験システムの評価 丹羽綾子(筑波大学)	11:18	V212b TMT の科学活動と科学運用の進捗 安井千香子(国立天文台)
10:54	質疑応答(10分)	11:30	質疑応答(10分)

3月18日(火) 午後・F会場		14:48	V225b 東京都市大学望遠鏡における光害の影響 吉崎謙(東京都市大学)
13:00	V213a 近赤外線高分散分光器WINERED:観測 モードチェンジャーの開発 竹内智美(京都産業大学)	14:48	V226b JVO 開発状況:すばる望遠鏡 HDS 処理 済みデータ配信サービスの機能拡張 白崎裕治(国立天文台)
13:12	V214a PRIME 望遠鏡の近赤外線検出器 (H4RG-10) の非線形補正 2 濱田龍星(大阪大学)	15:00	V227b 銀河画像の点拡がり関数逆畳み込みに おける不定性 村田一心(神奈川工科大学)
13:24	V215a 高速撮像システム IMONY の開発と運用 の現状 中森健之(山形大学)	15:12	質疑応答(10分)
13:36	V216a 小型高感度近赤外線高分散分光器 GARNET の開発 猿楽祐樹(京都産業大学)	3月19日(水) 午前・F会場	
13:48	V217a 高コントラスト観測法 Coherent Differential Imaging on Speckle Area Nulling (CDI-SAN) の開発 5 米田謙太(国立天文台)	09:30	V228a 国際大気球実験 SUNRISE-3 の 2024 年 フライト観測結果 久保雅仁(国立天文台)
14:00	V218a レーザレーザーガイド星の基礎実験 米田隼(東京大学)	09:42	V229a CIB 観測ロケット実験 CIBER-2: 観測デー タの初期解析結果 松浦周二(関西学院大学)
14:12	V219a 機械学習を用いた Tomo-e Gozen 突発 天体アラートシステムの開発 笹岡大雅(東京大学)	09:54	V230a JASMINE のサイエンスと位置天文サイエ ンスコアチームの活動の現状報告 西山正吾(宮城教育大学)
14:24	V220a すばる望遠鏡の全天モニタ画像公開シ ステムの構築 内山久和(国立天文台)	10:06	V231a 赤外線位置天文観測衛星 JASMINE: 計 画および開発検討の進捗状況 鹿野良平(国立天文台)
14:36	V221b MAGNUM 望遠鏡近赤外線4色同時撮像 装置の概念設計と科学検討 左近樹(東京大学)	10:18	V232a JASMINE による系外惑星探査に向けた 望遠鏡姿勢ドリフトによる測光安定性へ の影響評価 笠木結(宇宙航空研究開発機構)
14:36	V222b ニューゼーランド 61cm 望遠鏡に搭載す る紫外線・可視光・近赤外線 3 バンド 同時撮像装置 ATEA の開発 山響(大阪大学)	10:30	V233a SOLAR-C 衛星 EUVST: 望遠鏡と搭載機 器の設計開発状況 勝川行雄(国立天文台)
14:36	V223b 大分大学望遠鏡に搭載する多色撮像装 置の開発 2 丸尾岳(大分大学)	10:42	V234a SOLAR-C EUVST における迷光評価と 構造設計への反映 石川遼子(国立天文台)
14:48	V224b 鏡筒長の測定値を用いた望遠鏡の自動 焦点合わせ機構の性能評価 植村誠(広島大学)	10:54	V235a SOLAR-C EUVST における太陽光斜入 射解析 森塚章恵(東京大学)

11:06	V236a SOLAR-C における検証計画と検証マネジメント 内山瑞穂(宇宙航空研究開発機構)	14:24	V247a GREX-PLUS 高分散分光器: CdZnTe の分光屈折率の温度依存性 榎木谷海(総合研究大学院大学/宇宙航空研究開発機構)
11:18	V237b SOLAR-C 搭載超高精度太陽センサ UFSS 性能評価のための太陽光量計測 近藤勇仁(東京大学)	14:36	V248a GREX-PLUS 高分散分光器: イメージング・グレーティング材料候補 CdZnTe の極低温での精密な吸収係数の導出 李源(名古屋大学)
11:18	V238b Daniel K. Inouye Solar Telescope (DKIST) 搭載用近赤外 Lyot/Michelson 干渉計 フィルターの設計 永田伸一(京都大学)	14:48	V249a GREX-PLUS 高分散分光器: イメージンググレーティングの光学特性評価に向けた広帯域 2D FT-IR 分光器の開発 趙彪(名古屋大学)
11:18	V239b 高高度軌道の人工衛星・スペースデブリの光学測光観測 藤原智子(日本スペースガード協会)	15:00	V250b GREX-PLUS 高分散分光器: 性能評価用分光器搭載二次元アレイ検出器ドライバーの設計 平原靖大(名古屋大学)
11:30	質疑応答(10分)	15:12	質疑応答(10分)
3月19日(水) 午後・F会場		3月20日(木) 午前・F会場	
13:00	V240a 紫外線宇宙望遠鏡 LOPYUTA 計画の検討状況 土屋史紀(東北大学)	09:30	V251a 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)
13:12	V241a The Current Status and Japanese Contributions to NASA FIR-Probe PRIMA Inami, Hanae (Hiroshima University)	09:42	V252a VERTECS 衛星バス・システムの開発状況 中川貴雄(宇宙航空研究開発機構)
13:24	V242a 初期宇宙ガンマ線バースト探査衛星 HiZ-GUNDAM 搭載の可視光・近赤外線望遠鏡開発の現状 津村耕司(東京都市大学)	09:54	V253a Integration and Verification of the ADCS for the VERTECS CubeSat Mission Cordova-Alarcon, Jose Rodrigo (Kyushu Institute of Technology)
13:36	V243a 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)	10:06	V254a 超小型衛星 VERTECS: ミッションペイロードの開発状況 瀧本幸司(宇宙航空研究開発機構)
13:48	V244a HiZ-GUNDAM 衛星搭載候補の可視光検出器 Canon LI3030SAM に対する放射線試験 益子瑛任(東京都市大学)	10:18	V255a VERTECS: 超小型衛星に搭載する可視光望遠鏡の光学試験結果 小鹿哲雅(関西学院大学)
14:00	V245a 赤外線天文衛星 GREX-PLUS 計画: 進捗報告 2025 春 井上昭雄(早稲田大学)	10:30	V256a 超小型衛星 VERTECS に搭載される検出器の γ 線照射試験結果 廣瀬優樹(関西学院大学)
14:12	V246a GREX-PLUS 高分散分光器: 地上望遠鏡搭載技術実証用分光器の進捗状況 馬場俊介(宇宙航空研究開発機構)		

V3. 観測機器 (X線・ γ 線)

10:42	V257a 超小型衛星 VERTECS の打ち上げに向けた振動衝撃・低温真空環境試験 橋本遼 (九州工業大学)	3月18日 (火) 午前・D会場
10:54	V258a VERTECS におけるヴィジビリティ解析および観測日決定アルゴリズムの開発 保田慶直 (総合研究大学院大学)	09:30 V301a X線分光撮像衛星 XRISM 搭載 Resolve の現状 石崎欣尚 (東京都立大学)
11:06	質疑応答 (10分)	09:42 V302a XRISM 衛星搭載 Resolve 用超流動ヘリウム排気系の軌道上性能 石川久美 (東京都立大学)
		09:54 V303a 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 (3) 米山友景 (中央大学)
		10:06 V304a X線分光撮像衛星 XRISM 搭載軟 X線撮像装置 (Xtend) の軌道上における有効面積と検出効率の評価 井上峻 (京都大学)
		10:18 V305a 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 (4) 坪井陽子 (中央大学)
		10:30 V306a X線分光撮像衛星 XRISM の科学運用の現状 (3) 小川翔司 (宇宙航空研究開発機構)
		10:42 V307a X線マイクロカロリメータの次世代室温エレクトロニクスの開発と将来展望 山田真也 (立教大学)
		10:54 V308a X線突発天体監視速報衛星こよう (KOYOH) の運用観測の現状 (1) 澤野達哉 (金沢大学)
		11:06 V309a 超小型 X線衛星の可能性 :NinjaSat の打ち上げから1年の現状と観測成果 岩切渉 (千葉大学)
		11:18 V310b 超小型 X線衛星 NinjaSat の光度曲線におけるバックグラウンドモデル 岩田智子 (東京理科大学/理化学研究所)
		11:18 V311b 超小型 X線衛星 NinjaSat におけるバックグラウンドスペクトルのモデル化 山崎楓 (理化学研究所/東京理科大学)
		11:18 V312b 超小型 X線衛星 NinjaSat の時刻較正とパルサー観測による検証 (2) 高橋拓也 (理化学研究所/東京理科大学)
		11:30 質疑応答 (10分)

3月18日(火) 午後・D会場		3月19日(水) 午前・D会場	
13:00	V313a 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 米徳大輔(金沢大学)	15:00	V324b 全天X線監視装置 MAXI の観測データのデータベースへの登録と再解析 西尾颯斗(日本大学)
13:12	V314a HiZ-GUNDAM 衛星搭載 広視野 X 線モニター: 2024 年度の進捗 坂本貴紀(青山学院大学)	15:00	V325b 光線追跡シミュレータによる高結像性能 X 線望遠鏡用迷光除去機構の検討 田中良磨(名古屋大学)
13:24	V315a HiZ-GUNDAM に向けた pnCCD イメージセンサの駆動及び読み出しシステムの開発 今度隆二(金沢大学)	V326c 超小型衛星による、宇宙空間からの太陽中性子の観測 (VIII) 山岡和貴(名古屋大学)	
13:36	V316a 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 で狙うサイエンスと軟 X 線装置の較正状況 成影典之(国立天文台)	15:12	質疑応答(10分)
13:48	V317a 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: 硬 X 線装置の較正状況と初期解析成果 長澤俊作(SSL/UC Berkeley)	3月19日(水) 午前・D会場	
14:00	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 搭載高結像性能 X 線望遠鏡の開発の現状 吉田有佑(名古屋大学)	09:30	V327a GRAMS 計画 14: 全体報告 高嶋聡(理化学研究所)
14:12	V319a ブラッグ反射型分光・偏光計 ParaDAXAS の有効面積と太陽フレアの観測シミュレーション 菅井春佳(中央大学)	09:42	V328a GRAMS 計画 15: 液体アルゴンコンプトンカメラ実証機のデータ取得系の開発 白濱健太郎(大阪大学)
14:24	V320a 地球磁気圏 X 線撮像衛星 GEO-X の現状 VIII 江副祐一郎(東京都立大学)	09:54	V329a 全天 MeV ガンマ線衛星計画 AMEGO-X の現状 須田祐介(広島大学)
14:36	V321a 地球オーロラ観測ロケット LAMP-2 に向けた X 線撮像分光観測装置の開発 吉原諒(名古屋大学)	10:06	V330a Cherenkov Telescope Array (CTA) 計画: 全体報告 (27) 齋藤隆之(東京大学)
14:48	V322a 太陽活動が人工衛星の軌道高度変化に与える影響 田中颯(東京科学大学/宇宙航空研究開発機構)	10:18	V331a ALPACA 実験 9: ALPAQUITA 現状報告 2025 春 大西宗博(東京大学)
15:00	V323b Au-L 輝線を用いた XRISM 衛星 Xtend 検出器のエネルギー較正 大宮悠希(名古屋大学)	10:30	V332a 狭視野 Si/CdTe コンプトン望遠鏡 miniSGD のダイナミックレンジ拡大と符号化マスクを用いた輝線イメージングにおける角分解能のさらなる検証 西村悠太(名古屋大学)
		10:42	V333a SOI 技術を用いた新型 X 線撮像分光器の開発 65: 現在の到達点と今後の開発 鶴剛(京都大学)
		10:54	V334a SOI 技術を用いた新型 X 線撮像分光器の開発 66: PDD 構造を有する新型大面積 X 線 SOI 検出器 XRPIX11 の性能評価 淵田悠太(宮崎大学)

W. コンパクト天体

11:06	V335a 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 II 中嶋大(関東学院大学)	3月17日(月) 午前・H会場	10:30	W01a 超高光度 X線パルサー NGC 7793 P13 におけるパルス位相のエネルギー変調 小林翔悟(東京理科大学)
11:18	V336a 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(2) 武田彩希(宮崎大学)		10:42	W02a 超臨界降着パルサー NGC7793 P13 の 長期的光度変動とスピンの進化 善本真梨那(大阪大学)
11:30	V337a 超高層大気を観測する ISS 曝露部搭載 X線カメラ SUIM の非 X線バックグラウンドのシミュレーション 伊藤耶馬斗(近畿大学)		10:54	W03a 超小型 X線衛星 NinjaSat を用いた X線バースター SRGA J144459.2-604207 の 長期観測による中性子星質量の制限 武田朋志(理化学研究所/東京理科大学)
11:42	質疑応答(10分)		11:06	W04a NinjaSat 観測から示唆される SRGA J144459.2-604207 の伴星の金属量 土肥明(理化学研究所)
3月19日(水) 午後・D会場			11:18	W05a 超新星残骸 RCW 103 の中心天体からの 1.01 秒パルスの検出 牧島一夫(東京大学)
13:00	V338a 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 倉本春希(大阪大学)		11:30	W06a 高速電波バーストの半数以上が「リピー ト型」であることを示す証拠の発見 山崎翔太郎(台湾国立中興大学)
13:12	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)		11:42	W07a 3次元一般相対論的輻射磁気流体力学 シミュレーションによる磁化中性子星への 超臨界降着流 井上壮大(大阪大学)
13:24	V340a 光線追跡シミュレーションによる小型飛 翔体搭載用高性能 X線望遠鏡の検討 三石郁之(名古屋大学)		11:54	W08a Examining the north-south symmetry of pulsars based on γ -ray phaseograms Yeung, Paul K. H. (The University of Tokyo)
13:36	V341a Si 高温塑性変形技術を用いた薄板型 X 線光学系の開発 沼澤正樹(東京都立大学)		12:06	W09a 高速撮像装置 IMONY によるカニパルサーの長期光学観測成果 橋山和明(東京大学/山形大学)
13:48	V342a Lobster Eye Optics を用いた広視野光 学系のアライメント実証 安藤慶之(金沢大学)		12:18	W10a XMM-Newton, NuSTAR を用いた PSR J1838-0655 に付随するパルサー星雲の X線スペクトルにおける折れ曲がり起源の詳細な調査 本上侑吾(埼玉大学)
14:00	V343a Si 高温塑性変形技術を用いた湾曲ブ ラッグ反射型偏光計の結像実証 伊師大貴(宇宙航空研究開発機構)		12:30	W11a 回転駆動型パルサーのシンクロトロン放 射による偏光の系統的研究 佐伯聖真(広島大学)
14:12	質疑応答(10分)		12:42	質疑応答(10分)

3月17日(月) 午後・H会場		3月18日(火) 午前・H会場	
14:00	W12a 相対論的遠心力風の加速効率と構造 柴田晋平(山形大学)	09:30	W24a Cir X-1 を取り巻くプラズマおよび吸収体の軌道位相に伴う変化について 厚地凧(東京大学)
14:12	W13a ALMA によるガンマ線連星 PSR B1259-63/LS 2883 の近星点通過付近の観測 藤田裕(東京都立大学)	09:42	W25a 低電離した鉄輝線に着目した降着型パルサー Cen X-3 の XRISM 解析 永井悠太郎(京都大学)
14:24	W14a XRISM で探る低質量 X 線連星 4U1916-053 の光電離プラズマ 宮城生成(東京科学大学/宇宙航空研究開発機構)	09:54	W26a 大質量連星系パルサー Cen X-3 の蝕中の高電離鉄輝線に着目した XRISM/Resolve で可能となったプラズマ診断 望月雄友(東京大学/宇宙航空研究開発機構)
14:36	W15a The high X-ray polarization from an accretion disk corona source 都丸亮太(大阪大学)	10:06	W27a Short Timescales of Normal X-ray Outbursts in Be/X-ray Binaries Investigated Through Hydrodynamical Simulations 岡崎敦男(北海学園大学)
14:48	W16a XRISM time-resolved spectroscopy of the transient eclipsing low-mass X-ray binary AX J1745.6-2901(II) 田中虎次郎(東京都立大学)	10:18	W28a X 線天文衛星「すざく」を用いた古典新星 V1280 Sco のスペクトル解析 黒川音彩(奈良女子大学)
15:00	W17a XRISM/Resolve による大質量 X 線連星 Cygnus X-3 の軌道運動速度測定 三浦大貴(東京大学/宇宙航空研究開発機構)	10:30	W29a XRISM の高精細 X 線分光観測で見えてきた矮新星 SS Cyg の境界層 石田学(宇宙航空研究開発機構)
15:12	W18a 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 福一誠(立教大学)	10:42	W30a XRISM/Xtend で銀河系中心に見つかったスペクトルが特異な点源の観測 吉本愛使(奈良女子大学)
15:24	W19a 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(2) 袴田知宏(大阪大学)	10:54	W31a 新天体 MAXI J1752-457 の報告より約 2.5 時間後からの NinjaSat 追跡観測 青山有未来(理化学研究所/東京理科大学)
15:36	W20a XRISM で検出された鉄の蛍光輝線で明らかにする Her X-1 の円盤構造 成田拓仁(京都大学)	11:06	W32a TESS・Gaia のサーベイ観測による恒星-コンパクト天体連星の探索 白石祐太(東京大学)
15:48	W21a MAXI による Her X-1 超軌道周期のターンオンの軌道位相 I 浅井和美(理化学研究所)	11:18	W33a ぎんが衛星搭載全天モニター装置(Ginga/ASM)による X 線新星の探索 北本俊二(立教大学)
16:00	W22a XRISM 衛星を用いた大質量 X 線連星 Vela X-1 の輝線解析 加藤寛之(京都大学)	11:30	質疑応答(10分)
16:12	W23b 対向伝播する大振幅アルフベン波によるプラズマ加熱と相対論的粒子加速 佐野孝好(大阪大学)		
16:24	質疑応答(10分)		

3月18日(火) 午後・H会場		3月19日(水) 午前・H会場	
13:00	W34a 天X線監視装置 MAXI のアーカイブデータを用いた突発天体の系統的調査と光度曲線解析システムの改良 II 工藤優乃(日本大学)	09:30	W45a ボルツマン放射輸送計算とコンプトン散乱を組み込んだ二温度一般相対論的磁気流体計算; 低光度降着円盤の電子温度分布 小川拓未(筑波大学)
13:12	W35a Quasi-Static Analysis of Collective Neutrino Flavor Conversions in Core-Collapse Supernovae Liu, Jiabao (Waseda University)	09:42	W46a 相対論的流体シミュレーションのためのパデ型状態方程式 銭谷誠司(オーストリア科学アカデミー)
13:24	W36a Einstein Probe で検出された X 線突発天体 EP240414a の残光モデル 松本達矢(京都大学)	09:54	W47a 一般相対論的偏光 X 線放射輸送計算によるジェットに沿った偏光 X 線の生成機構 小嶺龍生(筑波大学)
13:36	W37a Ic-BL 型超新星が付随する Off-axis GRB の電波残光 草深陽(東京大学)	10:06	W48a 一般相対論的モンテカルロ X 線放射輸送コードの開発 岩田季也(東京大学)
13:48	W38a 相対論的高温なプラズマ中の無衝突衝撃波の PIC シミュレーション 上井戸一紀(東京大学)	10:18	W49a 深層学習を用いた一般相対論的放射磁気流体力学計算の高精度・高速化 上野航介(筑波大学)
14:00	W39a 相対論的衝撃波と非一様媒質が作り出す乱流場の性質 森川莞地(東京大学)	10:30	W50a MAXI/GSC が検出した 2024 年度後半の突発現象: MAXI J1752-457 の発見 根来均(日本大学)
14:12	W40a 相対論的 Godunov SPH 法による高密度天体からの高速噴流の解析 北島歆大(名古屋大学)	10:42	W51a XRISM によるマイクロクエーサー V4641 Sgr の X 線精密分光観測 志達めぐみ(愛媛大学)
14:24	W41a 電子-陽電子-イオンプラズマにおける相対論的衝撃波による陽電子の選択的加速 荒井翔吏(千葉大学)	10:54	W52a XRISM によるマイクロクエーサー V4641 Sgr 周辺の広がった X 線放射の発見 鈴木寛大(宇宙航空研究開発機構)
14:36	W42a 数値相対論を考慮した非球対称エジェクタにおける sGRB ジェットの伝播 木戸大三郎(東京大学)	11:06	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 (I) 山岡和貴(名古屋大学)
14:48	W43a キロノバのスペクトルにおけるヘリウム吸収線 千葉公哉(東北大学)	11:18	W54a すざく衛星による GRS 1758-258 の low/hard state におけるスペクトル解析 小崎佑莉(奈良女子大学)
15:00	W44a 高密度星連星合体からの X 線・ガンマ線放射への内部転換 X 線と核異性体の影響 藤本信一郎(熊本高等専門学校)	11:30	W55a 白鳥座 X-1 における短時間減光現象の分類 大和田蒼馬(立教大学)
15:12	質疑応答(10分)	11:42	質疑応答(10分)

3月19日(水) 午後・H会場		15:00	W68b 線形解析に基づく磁気回転不安定性と Parker 不安定性の競合過程の考察 檜崎太希(東北大学)
13:00	W56a 大質量星内における中性子星への降着流の一般相対論的数値流体計算 櫻井大夕(早稲田大学)	15:12	質疑応答(10分)
13:12	W57a The redshift-evolving eccentricity distribution of gravitational wave sources Dorozsmai, Andris (NAOJ)		
13:24	W58a 潮汐破壊現象における降着円盤風駆動の薄い球殻状電波放射体の時間発展 早崎公威 (Chungbuk National University)		
13:36	W59a 静穏期・Hard状態のブラックホールX線連星でのジェット・強磁場降着流からのガンマ線・ニュートリノ・宇宙線放射 久世陸(東北大学)		
13:48	W60a ブラックホール連星 XTE J1859+226 のジェット噴出に付随する予兆現象 川口俊宏(尾道市立大学)		
14:00	W61a Chandra X線画像の高精度解析で鮮明化した SS 433 の双方向ジェット構造 酒井優輔(立教大学)		
14:12	W62a GRS 1915+105 の XRISM による高精度X線分光スペクトル輝線解析 菅原一希(東京理科大学)		
14:24	W63a Quasi-Periodic Eruptionの早期段階進化 鈴木智也(京都大学)		
14:36	W64a XRISM Spectroscopy of the Stellar-Mass Black Hole 4U 1630-472 in Outburst 水本岬希(福岡教育大学)		
14:48	W65a ブラックホールX線連星 MAXI J1820+070 のミニアウトバーストの多波長解析 樋口成和(東京科学大学)		
15:00	W66b High-energy neutrino emission from accretion shocks in black hole coronae Ly, Minh Nhat (Osaka University)		
15:00	W67b 大領域を用いた輻射磁気流体シミュレーションによる超臨界降着流ジェットの大局的構造 五十嵐太一(国立天文台/立教大学)		

X. 銀河形成・進化

3月17日(月) 午前・G会場		3月17日(月) 午後・G会場	
10:30	X01a JWSTで探る $z=2-7$ のLy α 輝線銀河の特性と再電離への寄与 清水駿太(東京大学)	12:18	X12b Mapping a kpc-scale outflow and the ionized circumgalactic medium of an extremely metal-poor galaxy 日下部晴香(NAOJ)
10:42	X02a $z=4-14$ のLy α 輝線観測で探る宇宙再電離史と再電離源の性質 影浦優太(東京大学)	12:30	質疑応答(10分)
10:54	X03a Zackrisson Methodを用いた宇宙再電離期銀河からの電離光子脱出率の推定2 前原瑚菜(総合研究大学院大学)	14:00	X13a DREAMS: Deep Reconnaissance of Early Assemblies with Metal-poor Star formation 中島王彦(国立天文台)
11:06	X04a 種族II星団の形成と合体による初代銀河の形成およびその普遍的性質について 石田怜士(東北大学)	14:12	X14a JWST, ALMA, Subaruで探る $z=6.6$ のHimikoとCR7の性質 清田朋和(総合研究大学院大学/国立天文台)
11:18	X05a Spectroscopic Constraints on the UV Luminosity Functions at $z=7-14$: Clumpiness and Compactness of the Brightest Galaxies 播金優一(東京大学)	14:24	X15a FOSSILS: Formation Of Sub-Structure In Luminous Submillimeter Galaxies 池田遼太(総合研究大学院大学/国立天文台)
11:30	X06a 赤方偏移 $z\sim 4-10$ 銀河の平均したJWSTスペクトルから探る物理状態 武田唯(総合研究大学院大学/国立天文台)	14:36	X16a RIOJA: JWST観測に基づく $z=6.81$ 合体銀河の空間分解された性質 馬渡健(早稲田大学)
11:42	X07a JWST銀河と直接温度法で探る $z\sim 10$ までの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)	14:48	X17a The discovery of dual and offset "little red dots" with a pixel-by-pixel color selection method 田中匠(東京大学/Kavli IPMU)
11:54	X08a JWST/NIRSpecによる $z\sim 10$ 銀河の[O/Fe]測定で探る遠方宇宙の星形成 中根美七海(東京大学)	15:00	X18a 2サイズ近似を用いたダストの形成・進化と銀河進化への影響 五十嵐諒(新潟大学)
12:06	X09a Blue Tilted Power Spectrumと準解析的モデルを組み合わせた高赤方偏移の銀河形成 長船大樹(北海道大学)	15:12	X19a 究極のすばる望遠鏡へ: 広視野補償光学による近赤外撮像が暴く銀河宇宙史 児玉忠恭(東北大学)
12:18	X10b 赤方偏移 $z\sim 10$ の明るいLyman Break銀河候補に対するALMA観測 新井涼夏(早稲田大学)	15:24	X20a 集積超伝導分光撮像装置TIFUUNによる再電離期の[CII]158 μm 輝線銀河のパワースペクトルの検出可能性 成田佳奈香(東京大学)
12:18	X11b Interactions of Five Galaxies at the Core of a Galaxy Over-Density at $z=7.88$ 札本佳伸(千葉大学)	15:36	X21a Galaxy evolution with NASA FIR-Probe PRIMA Hashimoto, Takuya (University of Tsukuba)

15:48	X22b	JWST/NIRSpec による $z \sim 2-3$ 銀河の分光分類の試み 佐藤理究 (早稲田大学)	11:06	X33b	Detection of a New Satellite Galaxy (Triangulum IV) in the M33 Halo 小上樹 (総合研究大学院大学/国立天文台)
15:48	X23b	$z \sim 2.5$ における quiescent な銀河団候補の発見 小松侑生 (東京大学)	11:06	X34b	こぐま座矮小楕円体銀河のハロー構造探査 佐藤恭輔 (総合研究大学院大学/国立天文台)
	X24c	ALMA を用いた高赤方偏移のダストに隠された銀河の探索 野澤大河 (広島大学)	11:06	X35b	りゅう座矮小楕円体銀河における Double Blue Straggler Sequence の可能性 鈴木陸斗 (法政大学)
16:00		質疑応答 (10 分)	11:18	X36b	近傍 LIRG IIZw096 の近赤外線域水素再結合線を用いたダスト減光分布 大槻真優 (広島大学)
3 月 18 日 (火) 午前・G 会場					
09:30	X25a	ALMA Total Power による Stephan's Quintet 全面 CO(1-0) マッピング 前田郁弥 (大阪電気通信大学)	11:18	X37b	深層学習を用いた画像処理手法の渦巻銀河の S 型 Z 型分類への適用 蔣仁杰 (芝浦工業大学)
09:42	X26a	棒渦巻銀河中心部における星形成の抑制 山本卓 (筑波大学)	11:30		質疑応答 (10 分)
09:54	X27a	アルマ望遠鏡で観測された近傍セイファート銀河 NGC 1808 の HCN(J=1-0)/CO(J=1-0) 強度比についての研究 渡邊友海 (福島大学 / 国立天文台)	3 月 18 日 (火) 午後・G 会場		
10:06	X28a	ALMA observation of a giant barred spiral at $z=2.467$ Huang, Shuo (NAOJ)	13:00	X38a	矮小銀河の星形成における輻射フィードバックの役割 岡本崇 (北海道大学)
10:18	X29a	Identification of > 40 gravitationally magnified stars in a galaxy at redshift of 0.725 札本佳伸 (千葉大学)	13:12	X39a	大規模並列計算と AI で実現する Star-by-star 銀河シミュレーションの高速化 平島敬也 (東京大学)
10:30	X30a	Probing the Inner and Outer Halos of M31 with Subaru/HSC and NB515 小上樹 (総合研究大学院大学/国立天文台)	13:24	X40a	The Milky Way Tomography with Subaru Hyper Suprime-Cam: Global halo structure 鈴木善久 (東北大学)
10:42	X31a	矮小銀河による摂動が円盤銀河の棒状構造の力学的進化に与える影響 児玉瑠美 (東京大学)	13:36	X41a	A Pristine Look at Extended Globular Cluster Structures: Morphology and Extra Tidal Stars Kuzma, Pete (NAOJ)
10:54	X32a	Extremely Diffuse Satellite in the Remote Halo of NGC 253 岡本桜子 (国立天文台)	13:48	X42a	Exploring the origin of the mysterious stellar stream "Leiptr" with Galactic Archaeology:II 松井瀬奈 (名古屋大学)
			14:00	X43a	パラレルステラーストリームを用いたダークマターサブハロー探索 金田優香 (筑波大学)

14:12	X44a	Simultaneous formation of the Andromeda Giant Southern Stream and Eastern Extent 山口未沙 (筑波大学)	10:42	X54a	あかり NEP Deep Field のチャンドラ X 線源同定と、埋もれた AGN の探索 宮地崇光 (メキシコ国立自治大学)
14:24	X45a	銀河スケールにおけるダークハローのカस्प - コア遷移とその起源 林航平 (仙台高等専門学校)	10:54	X55a	硬 X 線観測で探る矮小銀河 SBS~0335-052E に付随する赤外線変動天体の正体 小久保充 (国立天文台)
14:36	X46a	ダークマターハローのカस्प - コア遷移における臨界条件 篠崎倫 (筑波大学)	11:06	X56a	HERA 観測に基づいた Direct Collapse に対する X 線の影響 木村和貴 (東北大学)
14:48	X47a	Revealing the Cosmic Baryon Distribution with FRBs and Subaru PFS Lee, Khee-Gan (Kavli IPMU/The University of Tokyo)	11:18	X57b	初代銀河における恒星質量 BH の超臨界降着成長の統計的実現可能性 喜友名正樹 (京都大学)
15:00		質疑応答 (10 分)	11:18	X58b	[CII] 輝線のスタッキング解析による AGN 駆動アウトフロー探索 澤村真星 (東京大学)
3 月 19 日 (水) 午前・G 会場			11:18	X59b	H α 輝線銀河探査で明らかにする z=2.23 のクエーサーグループの周辺構造 石田光 (東北大学)
09:30	X48a	TDCOSMO: Updated constraints on the Hubble constant from time-delay cosmography Wong, Kenneth (The University of Tokyo)	11:30		質疑応答 (10 分)
09:42	X49a	A 10% H_0 measurement with the doubly lensed quasar HE 1104-1805 Paic, Eric (The University of Tokyo)	3 月 19 日 (水) 午後・G 会場		
09:54	X50a	Revealing the nature of Quadruply Lensed Quasar System (J0147+4630) LAKRA, ABHAY (University of Mumbai (UM-DAE CEBS))	13:00	X60a	eROSITA X 線とすばる HSC SSP 可視光サーベイで明らかにする X 線で明るい z \geq 4 クエーサー探査 石川裕太 (早稲田大学)
10:06	X51a	銀河中心核における大質量ブラックホールの質量進化 井上一 (宇宙航空研究開発機構)	13:12	X61a	クラスタリング解析に基づく JWST で発見された低光度 AGN のハロー質量 有田淳也 (東京大学)
10:18	X52a	中間質量ブラックホールがある場合の共鳴緩和 船渡陽子 (東京大学)	13:24	X62a	Removal of Molecular Gas: ALMA Observations of a Radio Galaxy at z=5.174 Lee, Kianhong (Tohoku University/NAOJ)
10:30	X53a	中心核ブラックホール質量 - バルジ質量関係の赤方偏移依存性とその不確実性の検討 淵本晃輝 (慶應義塾大学)	13:36	X63a	宇宙論流体シミュレーション CROCODILE による熱的 AGN フィードバックの銀河進化への影響 西濱大将 (大阪大学)
			13:48	X64a	銀河形成における環境依存性: 解釈可能な機械学習を用いた解析 内田舜也 (名古屋大学)

14:00	X65a	Stellar Metallicity and Quenching Mechanisms in Passive and Star-Forming Galaxies: Insights from the ν^2 GC Semi-Analytical Model 劉乾晟 (北海道大学)	10:30	X75a	ADF22-WEB: A giant barred spiral starburst galaxy in the $z = 3.1$ SSA22 protocluster core 梅畑豪紀 (名古屋大学)
14:12	X66a	A PAH deficit in the starburst core of a distant spiral galaxy Liu, Zhaoxuan (UTokyo/Kavli IPMU)	10:42	X76a	深層学習で検出した $z \sim 3.5$ 原始銀河団候補の分光同定とメンバー銀河の性質 武田佳大 (東京大学)
14:24	X67a	$z \sim 5.5$ のバルマーブレーク銀河で探る星形成活動の抑制機構 高橋宏典 (東北大学)	10:54	X77a	$z = 3.70$ の原始銀河団における内部構造と銀河の性質の関係 利川潤 (兵庫県立大学)
14:36	X68a	Systematic Exploration of massive quiescent galaxies at high redshift with JWST/NIRSpec 伊藤慧 (Cosmic Dawn Center/DTU)	11:06		質疑応答 (10分)
14:48	X69b	gzK 選択による赤方偏移 2 の電波銀河探査 小林星羅 (愛媛大学)			
15:00		質疑応答 (10分)			
3月20日 (木) 午前・G会場					
09:30	X70a	RIDEN Survey: Rubin/LSST を用いた ELAN 大規模探査 嶋川里澄 (早稲田大学)			
09:42	X71a	Anisotropic satellite galaxy quenching in clusters beyond $z = 1$ 安藤誠 (国立天文台)			
09:54	X72a	赤方偏移 7.9 の原始銀河団 A2744-z7p9OD のメンバー銀河の星間媒質 II 大曾根渉 (筑波大学)			
10:06	X73a	銀河形成最盛期の原始銀河団に見られる低質量銀河の活発な星形成活動の物理的起源について 萩原颯 (東北大学)			
10:18	X74a	HIMMEL: $z = 2.23$ 原始銀河団とその周辺領域における $Ly\alpha$ の共鳴散乱とダスト減光の環境依存性 船木美空 (東北大学)			

Y. 天文教育・広報普及・その他

3月17日（月）午前・D会場		3月17日（月）午後・D会場	
10:30	Y01a Raspberry Pi High Quality Cameraによる 国立天文台 三鷹キャンパスの夜空の明るさ観測結果 小野間史樹（星空公団）	14:00	Y12a 国立天文台水沢における最初の女性天文学者 馬場幸栄（国際日本文化研究センター）
10:42	Y02a 生涯学習のきっかけ作りとしての星空観望会 一周南公立大学地域ゼミでの実践一 道山知成（周南公立大学）	14:12	Y13a 国立天文台と上海天文台の写真乾板電子化共同事業 柳澤顕史（国立天文台）
10:54	Y03a 企業幹部人材を対象とした研修における天文学の活用とその評価 高梨直紘（東京大学）	14:24	Y14a オープンアクセスとプレプリントを取り巻く状況に対する学術分野ごとの認識差：天文学会会員を対象とした調査の自由記述の分析 玉澤春史（東京大学）
11:06	Y04a 東京学芸大学 40cm 望遠鏡を活用した昼間の一等星の遠隔観測 松尾英里子（東京学芸大学）	14:36	Y15a The impact of pop culture on astronomy and astrophysics terminology. 山崎大（茨城大学）
11:18	Y05a 定時制高校における可視光線とH α 輝線によるリアルタイム太陽観測授業の実践 土橋一仁（東京学芸大学）	14:48	Y16a 科学・技術に対する意識調査 生田ちさと（宇宙航空研究開発機構）
11:30	Y06a 高校理科必修科目に関するカリキュラム研究（Ⅲ） 縣秀彦（国立天文台）	15:00	Y17a 天文学と他分野とのコラボレーションで探る新たな天文普及の可能性 松本美帆（国立天文台）
11:42	Y07a 見えない宇宙を教室へー教室で使用できる宇宙電波望遠鏡と教育プログラムの開発 濤崎智佳（上越教育大学）	15:12	Y18a プラネタリウム 100周年と研究者とのコラボレーション 井上毅（明石市立天文科学館）
	Y08c 科目横断型学習教材開発に向けた東京学芸大学 40cm 鏡による狭帯域撮像 西浦慎悟（東京学芸大学）	15:24	Y19a すばる望遠鏡 25周年：マウナケアの星空を全国のプラネタリウムへ同時配信 臼田 - 佐藤功美子（国立天文台）
	Y09c 動的宇宙の理解を目指した観測データに基づく動画教材開発Ⅰ 伊藤信成（三重大学）	15:36	Y20b ハワイ島・マウナケア山頂域すばる望遠鏡全天カメラの映像活用 毛利勝廣（名古屋市立大学/名古屋市科学館）
11:54	Y10b 文学部における天文教育 - エーテルと暗黒物質 / 暗黒エネルギーの比較 林隆之（中央大学/麻布中学校・高等学校/国立天文台）	15:36	Y21b プラネタリウム 100周年記念事業公認企画の状況 大川拓也
11:54	Y11b 天文学史教育研究の場でのデジタルアーカイブの活用実践 玉澤春史（東京大学）	15:36	Y22b 国立天文台日食観測隊アーカイブ作成について (ii) 米谷夏樹（国立天文台）
12:06	質疑応答（10分）	15:36	PDL01 地球衝突の可能性が指摘された小惑星 2024 YR ₄ のすばる望遠鏡による緊急観測 吉川真（宇宙航空研究開発機構）
		15:48	質疑応答（10分）

予稿ページ

M01a 高感度太陽紫外線分光観測衛星 SOLAR-C: プロジェクト最新状況 (2025 年春)

清水敏文, 加藤秀樹, 松本純, 内山瑞穂, 備後博生, 三好航太, 鳥海森, 松崎恵一, 西山万里, 坂尾太郎, 山崎大輝, 峯杉賢治, 太刀川純孝, 田中寛人, 藤原正寛, 末松芳法 (ISAS/JAXA), 原弘久, 勝川行雄, 久保雅仁, 成影典之, 石川遼子, 岡本文典, 川畑佑典, 篠田一也, 光武正明, 浦口史寛, 都築俊宏, 小原直樹 (国立天文台), 今田晋亮 (東京大), 増田智 (名古屋大学), 渡邊恭子 (防衛大学校), 永田伸一, 浅井歩 (京都大学), 他 SOLAR-C 関連国際開発チーム

高感度太陽紫外線分光観測衛星「SOLAR-C」は、2028 年度打上げを予定し開発中の次期太陽観測衛星であり、日本天文学会、特に太陽研究者連絡会が総力を挙げて取り組む中核観測計画である。プロジェクト最新状況は、2022 年秋季年会 (M38a), 2023 年春季年会 (V242a), 2024 年春季年会 (V227a) の報告にて説明してきたが、今回の報告では前回の報告以降のプロジェクト動向を報告する。2024 年 3 月に高感度太陽紫外線分光観測衛星 (SOLAR-C) プロジェクトチームが JAXA 機構プロジェクトとして発足した。2024 年 6 月に基本設計審査 (PDR) が結審し先行開発を進める極紫外線高感度分光望遠鏡 (EUVST) の望遠鏡部および望遠鏡電気箱に加えて、各海外機関が提供するコンポーネントの PDR が進められている。また、衛星バスを中心とした衛星システムの基本設計が進められ、2025 年 1-3 月に衛星システムメーカ主催の PDR が予定されている。EUVST は日本の望遠鏡に対して海外機関コンポーネントを組み合わせることで、科学が要求する観測機能・性能が実現される。イプシロンロケットの搭載上限 (600kg) に合致する衛星総質量の確実な実現、増加する開発コストの抑制、スケジュールの維持、海外機関との技術調整での課題等に対応しながら、プロジェクトを推進している。なお、技術的およびプロジェクト推進上 JAXA 等各部門関係者から支援・協力を受けており、ここに感謝する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M02a SUNRISE-3/SCIP で観測された M クラスフレアに伴う光球・彩層スペクトル線の偏光信号

石川遼太郎 (核融合研), 勝川行雄, 久保雅仁, 川畑佑典 (NAOJ), 大場崇義 (MPS), 松本琢磨 (名大), 内藤由浩 (総研大), 清水敏文 (ISAS), 原弘久, 浦口史寛, 都築俊宏, 篠田一也, 田村友範, 末松芳法 (NAOJ), 草野完也 (名大), 伴場由美 (NICT), 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

太陽フレアは磁場に蓄えられたエネルギーを解放する爆発現象であるが、フレアを駆動する物理過程や、フレアによる低層大気磁場構造変化などは未解明である。この解明のためには、フレア発生前から連続的に偏光分光観測を行う必要があるが、フレアの予測困難性のために、特に彩層スペクトル線での観測例は限定的である。

国際気球観測実験 SUNRISE-3 は、フレア予測モデル K_{α} スキーム (Kusano et al. 2020) を用いることで、7 月 13 日 12:40UT 頃に AR13738 において発生した M5.3 クラスフレアについてフレア発生前からの連続的な偏光分光観測に成功した。SUNRISE-3 に搭載された近赤外偏光分光観測装置 SCIP は光球のスペクトル線に加えて Ca II 854.2 nm および 849.8 nm 線の偏光観測に成功した。X 線フラックス極大の 10 分前からこれら 2 つのスペクトル線で増光が確認され、この増光領域では強い円偏光および直線偏光が観測された。また光球で形成される Fe I 846.8 nm 線では吸収線が埋まるほどの増光とそれに伴う偏光信号の変化が確認された。本講演では、この偏光信号と磁場構造変化の関連、およびフレア全体のダイナミクス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](#)

M03a SUNRISE-3/SCIP で捉えた浮上磁場領域の 3 次元構造

川畑佑典, 勝川行雄, 久保雅仁 (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), 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, 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

太陽内部で生成された磁場は表面に浮上し、活動領域を形成する。ひのでや SDO の定常観測により、浮上磁場領域の光球磁場研究は大きく進展した。その一方で彩層磁場の観測は現状地上望遠鏡に限られ、シーイングの影響から 3 次元構造の長時間追跡は極めて困難である。我々は国際大気球実験 SUNRISE-3 に搭載された SCIP により、4 時間に及ぶ浮上領域の継続観測に成功した。本講演では多波長偏光分光データの初期解析結果を報告する。

SCIP は 7/15 10:05-14:12 UT の期間、浮上中の AR13753 を 1 スキャン 12 分の頻度、58"×58" の視野で連続的に観測した。浮上が進むにつれて、光球では強い円偏光が出現し、ウミヘビ状の磁場構造を示唆する円・直線偏光分布を示した。一方で彩層では浮上する 2 つの極を繋ぐように筋状の直線偏光信号が現れるのを検出した。この結果は浮上により大スケールの横磁場構造が彩層高度に形成されたことを示している。また浮上に伴う増光現象も複数捉えることに成功しており、Ca II 線では wing の増光、青方偏成分の出現、Fe I 線では吸収の減少が観測された。これらの観測結果は浮上中の低層大気磁気リコネクションを示唆しており、増光領域の三次元磁場・速度場構造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](#)

M04a GREGOR-IRIS の共同観測で探る小規模増光現象の 3 次元速度場・磁場構造

市川 大、野澤 恵 (茨城大学)、川畑 佑典 (国立天文台)

太陽では磁気リコネクション起源の小規模増光現象が様々な高度で観測される。彩層・遷移層領域では U 字型ループ (Peter et al. 2014) や、既存磁場に対して浮上磁場がリコネクションを起こすことによって発生する (Shibata et al. 2008) など、様々な磁場配置でリコネクションが発生する。その結果生じる温度・速度場・磁場構造の変化は、3 次元的な磁場配置の構造に依存することが予測される。そのため、磁気リコネクションの 3 次元解析・解釈が重要である。我々は口径 1.5 m の地上望遠鏡 GREGOR に搭載されている近赤外偏光分光装置 GRIS と、IRIS の分光観測による共同観測によって小規模増光現象を捉えることに成功したデータの解析を行った。さらに、SDO/AIA の UV・EUV データの解析もすることで、磁場を含む多波長解析による小規模増光現象の 3 次元物理量分布を議論することが本研究の目的である。

本イベントは光球からコロナまで全ての層で増光が見られ、増光位置・形状を考慮すると黒点を結ぶコロナループに沿った増光イベントだと考えられる。速度解析の結果、Mg II k2 の彩層中部以下では 12 km/s の下降流、C II の遷移層では 30 km/s の上昇流が得られ、inversion から彩層上部での磁気リコネクションによって発生したとわかった。profile 形状・エネルギーの観点から本イベントは microflare と近く、エネルギー推定からも microflare のオーダーと一致した。このエネルギーは UV burst よりも低く、コロナの増光を引き起こすのはエネルギーの大小より発生高度がコロナに近いことが大きい要因になりえることを示唆している。本講演では、磁場配置等の議論も行う。

[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](#)

M05a Statistical Spectral Diagnosis on Synthetic Ca II 8542 Å Stokes Profiles for Chromospheric Shock Waves in Simulated Quiet Sun Regions

ZHOU, Xinyu (The University of Tokyo); YOKOYAMA, Takaaki (Kyoto University); IJIMA, Haruhisa; MATSUMOTO, Takuma (Nagoya University); TORIUMI, Shin (JAXA/ISAS); KATSUKAWA, Yukio; KUBO, Masahito (NAOJ)

Shock waves are widely involved in the continuous evolution of chromospheric magnetic field structures. The polarization signatures associated with these shocks offer valuable insights into the local magnetic fields around the shock fronts. These signatures enable the inference of field strength, topology and formation processes within the sensitive layers of the spectrum as the shocks propagate through. Thus, it is important to investigate the statistical relationship between polarization signatures and local magnetic fields. We studied the Ca II 8542 Å synthetic disk-center Stokes profiles from a 2D realistic radiative MHD simulation, which reproduced a well-relaxed unipolar atmosphere. Chromospheric shocks, which appear ubiquitously, were categorized into two types based on the shock angle: perpendicular shocks (exclusively fast mode shocks) and parallel/oblique shocks (containing both fast and slow shocks). We selected 76705 fast shocks and 15959 slow shocks which are dominant in the associated core profiles based on the contribution function. We found that more than 70% of these observable shocks are propagating upward. Fast shocks are predominantly concentrated around shock angle of 90° and slow shocks are mainly found around shock angle of 0°. Consequently, fast shocks result in higher linear polarization and lower circular polarization, whereas slow shocks exhibit the opposite behavior.

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

M06a コロナ中における熱的非平衡発生のループ長依存性の調査

吉久 健朗、横山 央明 (京都大学)

太陽コロナでは、コロナレインといったコロナ温度から彩層温度へと段階的に冷却される現象が観測される。熱的非平衡や熱的不安定性に関連する冷却が、その発生メカニズムであると考えられている。さらに近年、コロナループにおいて 2-16 時間の EUV 光度周期変動が報告されている。この変動はコロナレインを伴う場合があり、ループ内での蒸発および冷却 (凝縮) サイクルに起因すると考えられている。コロナレインや EUV 光度周期変動は、静穏領域では活動領域に比べて観測頻度が低く、かつ周期が長いという特徴を持つ。本研究では、これらの観測事実を定性的に説明するため、60-200 Mm の異なる長さのループに沿った 1.5 次元 MHD シミュレーションを実施し、同一のナノフレア規模の単発的な足元加熱を与えて蒸発から冷却までの 1 サイクルを調査した。結果として、ループが長いほど凝縮発生までの時間が長くなり、最終的には凝縮が発生しなくなることが示された。足元加熱直後、すべてのループでコロナ平均温度が約 10^7 K まで上昇する。また、同程度のプラズマ蒸発量により、短いループほどコロナ平均密度が大きくなる。冷却と熱伝導タイムスケールの比 τ_R/τ_C ほどのループでも同程度で、凝縮発生に関する優位性は見られない。しかし、加熱に対して冷却が優位な状況下で、加熱、冷却、熱伝導間のエネルギーバランスするためコロナ平均温度は準定常的に低下する。このとき、短いループでは τ_R が相対的に短いため、熱伝導が早期に非効率化し凝縮が発生する。

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

M07a Formation of a magnetic flux rope in complex active region in MURaM simulation

Can Wang (Nanjing U./ Kyoto U.), Takaaki Yokoyama (Kyoto U.), Feng Chen, Mingde Ding, Chen Xing, Zekun Lu (Nanjing U.)

Magnetic flux ropes (MFR), qualitatively identified as a group of helical magnetic field lines that wind around a common axis, is the key magnetic structure in solar eruptions. Therefore, research on the formation of MFR can help to improve the understanding of solar eruptions. Theories about MFR formation can be divided into two categories: (1) formed in convection zone and emerging into atmosphere; (2) formed directly in atmosphere by photospheric motions (shearing, converging, and rotation) and magnetic reconnection. Based on a radiative magnetohydrodynamic (RMHD) simulation conducted with the MURaM code, we try to analyze the roles of these two mechanisms quantitatively. We calculate two main components of helicity injection rate on the photosphere: advection term related to emerging or submerging horizontal magnetic field, and shear term related to photospheric motions. The shear term is mainly located at edges of polarities, while the advection term is concentrated near the PIL region. When integrating the injection rate within whole AR, we notice that the shear term always dominates. However, if only focusing on MFR region, two terms make comparable contribution in early period; when close to eruption, the shear term increase quickly and dominate. We also calculate the helicity injected into the flux rope through different heights and find that as height increase, the distribution from advection term also increase, indicating there may be magnetic reconnection occurring above photosphere, which can generate rising horizontal magnetic field and provide additional advection term.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M08a 太陽遷移層モデリング：非平衡電離効果の空間解像度依存性

松本琢磨 (名古屋大学)

太陽の遷移層は、低温高密度な彩層と高温低密度なコロナの間に位置する狭い境界層であり、遷移層からの放射にはコロナ加熱過程に関連する重要な情報が含まれている。本研究では、適合細分化格子法 (adaptive mesh refinement) を用いた 2 次元輻射磁気流体シミュレーションを実施し、遷移層の微細構造を空間的に分解する一方で、表面对流から生じる大規模なダイナミクスも同時に再現した。このシミュレーションと並行して、酸素イオンに対する電離の時間発展も計算した。遷移層付近での最小格子サイズは 1.25 km に達し、遷移層上部 ($\log_{10}T \gtrsim 5$) を十分に空間分解できたものの、遷移層下部 ($\log_{10}T \lesssim 5$) は依然として未解像のままだった。シミュレーションから再現した遷移層輝線のドップラーシフトや非熱幅は、格子サイズが 40 km 程度ですでに収束したが、観測された遷移層輝線の特徴とは一致しなかった。また、OIV イオンからの輝線放射は格子サイズ 2.5 km で収束し、電離平衡下で予想される強度の 1.2 倍となった。これは遷移層と衝撃波の相互作用に起因するものと考えられる。モデルの改良は依然として必要であるが、遷移層を解像できるモデルは、非平衡電離状態にある遷移層輝線の特徴を理解するために必須であり、コロナ加熱問題に観測から迫る上で重要になる。

[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](#)

M09a 太陽コロナ加熱における渦の役割

国吉秀鷹, 今田晋亮, 横山央明

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。これまで粒状斑セルスケールの対流運動により磁場がランダムにシャッフルされる効果が、コロナへの磁気エネルギー供給に主要な役割を果たすと考えられてきた。しかし 2010 年代以降、観測精度の向上により従来のシャッフルモデルでは説明できない観測事実が次々と明らかになった。その中でも特に重要なのが対流層上端で発生する小スケール (< 100 km) な渦であり、コロナへの新たな磁気エネルギー供給源となる可能性が指摘されている。これまで数値計算によって局所的にシャッフルモデルの 10 倍近くの磁気エネルギーを供給できることが示されたが、コロナへの磁気エネルギー供給量全体に対する寄与は依然として不明である。さらに近年の理論研究では、シャッフルモデルの磁気エネルギー散逸量では、普遍的に観測されている加熱シグナルを説明するのに 1-2 桁不足している可能性が示唆されている。渦がこれらの加熱シグナルの発生メカニズムの候補として注目されているが、磁気エネルギー散逸量を導出する理論モデルは未だに構築されていない。そこで我々は対流層からコロナまでを一貫して解く輻射磁気流体シミュレーションを用いて統計解析を行い、渦によるコロナへの磁気エネルギー供給・散逸の統計的性質を一貫して調査した。その結果、渦が磁気エネルギー供給総量の約半分を占めること、また磁気リコネクションを引き起こし、観測を説明可能な磁気エネルギー散逸量を達成し得ることを明らかにした。本講演では、低質量星への応用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](#)

M10b Call IRトリプレットで偏光分光観測した Umbral Flash の特徴

廣瀬 維士 (総合研究大学院大学), 一本 潔 (立命館大学), 浅井 歩, 上野 悟 (京都大学)

Umbral Flash は黒点暗部上空の彩層で観測される、およそ 3 分周期の増光現象である。我々は、京都大学飛騨天文台のドームレス太陽望遠鏡を用いて、CaII IR トリプレット (8498Å, 8542Å, 8662Å) の波長域で黒点の暗部を sit-and-stare で約 1 時間にわたり偏光分光観測した。CaII IR の増光成分を抽出したものと、光球で形成される FeI 線 (8514Å, 8515Å, 8689Å) について、明るさ、視線方向速度、視線方向磁場の時間変化やそれらの空間分布、さらに吸収線による違いを調べた。

CaII IR の増光成分の視線方向速度と明るさの時間変化については、明るくなる時にほぼ一致して blue shift が最も強くなることが確認でき、その視線方向速度はおよそ 4km/s であった。これは増光成分が衝撃波によって形成されていることを示唆している。視線方向磁場と明るさの時間変化については、暗部の中心付近では明るさが増光 (高度が上昇) するとともに磁場が弱くなる一方、暗部の端付近ではその逆の関係が得られた。また、CaII8542Å と CaII8498Å との間で視線方向磁場の強度について比較すると、暗部の中心では CaII8498Å の方が強いという結果が得られ、CaII8498Å の方が形成高度が低いということが示唆された。さらに明るさの時間変化を周波数解析したところ、CaII8498Å の方が CaII8542Å よりおよそ 3 秒はやく位相が変化していることがわかり、Umbral Flash の増光は下層から上層に伝播していることがわかった。また、FeI 線の速度の時間変動に対して周波数解析を行ったところ、いずれも 3 分振動の成分をもっていた。特に強いピークを持っていた FeI8689Å の速度と CaII8542Å の明るさの位相差は、およそ 70 秒で FeI の速度の位相が先んじることがわかった。

本講演では、これら Umbral Flash についての詳細解析結果と、それから得られた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](#)

M11b 太陽近くの膨張する太陽風中での温度異方性を考慮に入れたアルヴェン波のパラメトリック崩壊不安定性の動径方向発展

佐口隼斗 (東北大学), 川面洋平 (宇都宮大学), 加藤雄人 (東北大学), 庄田宗人 (東京大学)

光球の温度が約 6000K であるのに対しコロナでは 100 万 K 以上に達する。なぜそのような温度構造になっているかについては未だに議論が続いておりこれはコロナ加熱問題と呼ばれている。また、太陽近傍の太陽風は加速していることが分かっており、この加速を上手く説明するためのメカニズムについても未だに議論が続いている。

コロナ加熱や太陽風加速の源としてアルフベン波という磁気流体波動が注目されており、アルフベン波は実際に太陽風中に乱流として観測されている (e.g., Zank et al., 2023)。Shoda et al. (2019) では圧縮性波動を含めたアルフベン乱流による太陽風加速の数値計算を行い、結果としてアルフベン波のパラメトリック不安定性 (PDI) が太陽風乱流の成長に本質的に重要な物理過程であることを示した。多くの PDI の先行研究では温度異方性を考慮しない MHD モデルが使われてきたが、Tenerani et al. (2017) で初めて温度異方性を考慮した MHD モデルである Chew-Goldberger-Low (CGL) モデルを用いて温度異方性が PDI に影響を与えることを調べた。しかし、ここでの計算において動径方向の物理量の変化は考慮していなかった。

本研究では標準的な MHD モデルと CGL モデルからそれぞれ導出される PDI の分散関係式を用いて、太陽近傍 (30 太陽半径以内) の磁場が開いている領域の太陽風において太陽風の膨張によって背景場が変化したときに、温度異方性が PDI にどのような影響を与えるか調べた。その結果、断熱仮定においては太陽風の膨張による温度異方性を考える事によって PDI は標準的な MHD モデルに比べて早く抑えられてしまうことが分かった。本講演ではより現実に近い状況を仮定した結果も含めてそれらを比較し、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](#)

M12b 前主系列星, 太陽型主系列星, 太陽の磁場強度の変動

山下 真依 (ISAS/JAXA), 伊藤 洋一 (兵庫県立大学), 鳥海 森 (ISAS/JAXA)

黒点・彩層輝線の起源は、自転と対流により磁場が増幅されるダイナモ活動にある。前主系列星や零歳主系列星の自転は速いため、表面磁場は強い。Shu et al. (1994) の理論計算では、T タウ型星は最大 3000 G の強い表面磁場を持つ。実際に Zeeman broadening (ゼーマン効果による吸収線の広がり) や Zeeman-Doppler imaging により、若い主系列星や T タウ型星から 1000 – 3000 G の強い磁場が検出された (e.g. Johns-Krull & Valenti 2000; Donati et al. 2008)。また、自転に伴う磁場強度の変動が観測されてきた。

本研究では太陽、主系列星、T タウ型星の平均磁場強度と磁場強度の変動との関連を調査した。平均磁場強度 $\langle B \rangle$ と磁場強度の変動 $\Delta B = B_{\max} - B_{\min}$ を先行研究より引用し、両者の関係を調べた。また SOHO 衛星/MDI と SDO 衛星/HMI により取得された 1996 年から 2019 年の太陽の磁場変動データを同様に解析した。

対象天体は、まず 4 つの分子雲 Tau, Lup, Ori, Sco または 3 つの運動星団 β Pic, TWA, AB Dor に属する、質量 $\sim 0.5 - 2.0 M_{\odot}$ 、年齢 $\sim 10^5 - 10^7$ yr の前主系列星 28 天体である。主系列星は太陽も含んで 42 天体である。背景星と太陽を除く主系列星は、散開星団 M45, Her-Lyr, Coma Ber, Hyades に所属する。

その結果、3 桁に渡る正の相関が見られた。太陽と主系列星、T タウ型星では磁場を駆動する機構が共通していることが示唆される。黒点が大きいくほど、自転による磁場強度の変動量も大きいくと考えられる。太陽では活動期のほうが静穏期よりも平均磁場強度と磁場強度の変動の両方が大きいくという傾向があった。また若い星ほど黒点群の面積が大きいくだけでなく、黒点群を形成する黒点の数も多い可能性が示唆された。講演では、日本が所有する望遠鏡と装置を用いて磁場強度を測定する可能性について言及したい。

[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](#)

M13c Simulations of solar prominence formation driven by magnetic emerging flux: I. Setup of background flux rope and emergence fields

Huang, C. J.; Yokoyama, Takaaki (Kyoto University)

Solar prominences are cool, dense plasma structures suspended in the hot corona. Their formation and evolution are closely linked to thermal instability, mass circulation, and coronal magnetic field dynamics, making them crucial for understanding solar atmospheric processes and space weather. In our previous studies primarily based on 1D and 2D numerical simulations, we came up with a self-consistent model that explains the two most popular models for prominence formation, which are evaporation-condensation model and direct-injection model, as a unified model driven by magnetic reconnection at the footpoint of the prominence magnetic structures. However, previous studies mainly focus on individual prominence threads, but lack a comprehensive understanding of the complete prominence structure and its fine features, such as filament barbs. To address these gaps, this research will employ 3D MHD simulations based on previous models. A magnetic emerging flux is set at the footpoint of a magnetic flux rope in the solar atmosphere. During the emerging motion, it will interact with different location of the footpoint, thus leading to various thread formation process. This work intend to investigate the collective behavior of prominence threads, their interactions, features of the footpoint magnetic reconnection and the formation of fine structures like barbs. This work aims to extend current models, provide deeper insights into prominence dynamics, and bridge the gap between theoretical predictions and observational appearance.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M14c 差分の取り方を変えた projection 法による divB 除去

小川智也 (北里大学), 田光江 (情報通信研究機構), 山下和之 (山梨大学)

磁気流体力学 (MHD) シミュレーションでは $\text{div}\mathbf{B} = 0$ が保証されておらず、発生した $\text{div}\mathbf{B}$ を放置すると計算が破綻するため、対処が必要である。projection 法 (Brackbill&Barnes 1980) は、 $\Delta\phi = \text{div}\mathbf{B}$ を解き、得られた ϕ から求められる $\bar{\mathbf{B}} = -\text{grad}\phi$ を磁場 \mathbf{B} から差し引く方法である。この時、 $\text{div}\mathbf{B}$ を中心差分によって求めると、チェッカーフラグ状の異常を検出できない。また、 x, y, z 方向で隣接セルの差分を用いようとすると、例えば x 方向の差分を計算する際には y, z 方向の隣接セルの平均値を用いることになり、やはりチェッカーフラグ状の異常を検出できない。そこで、本研究では、 x, y, z 方向のうち 1 方向だけ隣接セルの差分を用い、残り 2 方向は平均値の中心差分を用いることにした。方向による違いをなくすために、隣接セルを用いる方向を切り替えて 3 回の計算を行なう。今回は、この手法を高密度立方体移動問題とショックチューブモデル問題に適用し、その効果を検証した。いずれの計算でも、中心差分のみを用いる方法より良好な結果が得られた。この手法は中心差分のみを用いる方法に比べ 3 倍の計算コストがかかるのが難点である。そのため、移流拡散法の一つ 9-wave 法 (Dedner 2002) との併用についても検討した。

[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](#)

M15a COSI 衛星による月面 MeV ガンマ線観測: 宇宙線と Solar Energetic Particle イベントの間接観測の検討

大熊佳吾 (名大理), 中澤知洋 (名大 KMI), 米田浩基 (JMU Würzburg), 長澤俊作 (UC Berkeley/SSL), Thomas Siegert (JMU Würzburg), COSI Science Team

NASA の MeV ガンマ線観測衛星 COSI は 2027 年に打ち上げ予定であり、COMPTEL 以来約 20 年ぶりの全天観測により MeV 天文学や DM 探査が大きく前進することが期待されている。目標天体として太陽系天体も注目されており (Siegert et al. 2023)、宇宙線との相互作用によるガンマ線の観測が予想されている。実際に Fermi 衛星では月面からの GeV ガンマ線が観測されており (Ackermann et al. 2016)、COSI でも同様に月面 MeV ガンマ線を観測、宇宙線の間接観測につながる可能性がある。また、瞬間的に宇宙線よりも明るい Solar Energetic Particles (SEP) においても、月面ガンマ線放射による太陽高エネルギー粒子分布への制限の可能性もある。

そこで本研究では、COSI における月面ガンマ線観測を用いた宇宙線と SEP の間接観測の検討のため、月面での粒子の相互作用と検出器のシミュレーションを実施し、ガンマ線検出可能性を推定した。加えて、Fermi-LAT の 2008–2020 年の 12 年分のデータから SEP イベント由来の月面 GeV ガンマ線のフラックス解析を行った。

その結果、COSI では宇宙線由来のガンマ線については 2 年間の観測で検出可能であることがわかった。SEP については、過去最大級である 2005 年 1 月 20 日のイベントを仮定し、1 日の観測で検出可能であることがわかった。また、Fermi-LAT の解析では、SEP イベントの期間に有意なガンマ線の増光は見られなかった。シミュレーション結果から SEP のスペクトルが power law の場合は Fermi でも検出可能であったため、これはスペクトルにカットオフがあることを強く示唆している。

[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](#)

M16a MAXI による月からの太陽フレアの反射 X 線

三原建弘 (理研)、菅原詩乃、北本俊二 (立教大学)、MAXI チーム

1962 年、ジャコビーニ達は月からの反射 X 線をとらえるべく、真夜中にロケットを打ち上げた。月齢 16 の月からの X 線は検出されなかったが、さそり座 X-1 からの X 線が検出され、X 線天文学が幕開いた。2024 年 2 月 22 日 22 時 34 分 (UT)、その月からの X 線を全天 X 線監視装置 MAXI がとらえた。MAXI の観測 15 年目にして初めてであった。MAXI は夜のタンザニア上空を北東の方向へ飛行していた。その時、X6.3 クラス (6.3×10^{-1} [erg/cm²/s]) の強力な太陽フレアが起り、ほぼそのピーク時に、MAXI は天頂から左側 33.4° にあった月齢 13 の月を天頂カメラでスキャンした。X 線強度は約 1 Crab と強く、太陽フレアと月の反射 X 線の強度比で言うと 3×10^{-8} であった。X 線スペクトルは Si と Ca と Fe の 3 本の中性蛍光輝線からのみであった。これらは実際に月表面で O について多い元素である。同年 9 月 14 日には X4.5 クラスの太陽フレアが発生し、MAXI はまたもや月からの X 線をとらえた。月齢は 11.5、X 線強度は 150 mCrab であった。1 回の X クラスフレアを MAXI が検出する確率は、満月近く (月齢 11-19) や、フレアの継続時間等を考えて 0.7% と見積もられる。今年になって X クラスフレアは約 50 回起きていて、期待値は 0.4 個。オーダー的にはありうる例数である。

先行研究にならい温度 4M~24MK までの熱制動放射の重ね合わせで、GOES の X 線強度を説明するフレアスペクトルを構築し、月の海と陸の元素組成、X 線吸収係数、蛍光 X 線収率を用い、月はなめらかな球面とし、太陽-月-地球の配置を考慮し X 線強度を計算したところ、Si, Ca, Fe とともに観測の約 1.5 倍 (1 回目)、約 3 倍 (2 回目) の強度となった。可視光では満月から欠けるにつれ明るさが急激に下がる。それは月表面がごつごつしていることによる影の効果だとされている。今回の 2 回の X 線観測も月齢により減光していて、同様の影の効果であろう。

[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](#)

M17a Fermi 衛星で観測されたフレアの粒子加速領域の時間変化

矢倉昌也、増田智 (名古屋大学)

太陽フレアにおいて、ループトップの硬 X 線源付近もしくはその上空に粒子加速領域が存在することが “Time-of-Flight” (TOF) 解析で示されている (Aschwanden et al. 1996)。一方で、その加速領域の時間発展については明らかにされていない。そこで我々は、先行研究の TOF 解析手法をフレア中の複数の硬 X 線スパイクごとに適用したイベント解析を実施し、一つのフレア中に加速領域から硬 X 線の放射領域 (フットポイント) 間の距離が増加したことを示唆する結果を得た (2023 年春季年会 M17a)。しかし、解析したフレア数が限られていたことから、統計的な議論は行われていなかった。

そこで、 γ 線天文衛星 Fermi の Gamma-ray Burst Monitor で 2008 年から 2024 年までにトリガー観測 (時間分解能 0.064 秒) された全てのフレアを対象に TOF 解析を実施した。解析対象となる 2000 件近くのフレアのうち、49.9 keV から 101.4 keV のエネルギーバンドで硬 X 線スパイクを有するものは、その総数の 10% 未満であった。これらに対し TOF 解析を実施したところ、前述のイベント解析時に見られた加速領域とフットポイント間の距離の有意な変化は、半数以上のフレアで認められなかった。したがって、フレア中での粒子加速領域の移動は、TOF で分解可能な距離未満にとどまっていると考えられる。一方で、イベント解析と同様に有意な距離の変化を示すフレアも複数存在していた。本講演では、この統計解析の結果について考察するとともに、有意な距離の変化を示したフレアの特徴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](#)

M18a マイクロ波観測で探る微小な太陽フレアにおける粒子加速

谷口英駿、増田智 (名古屋大学)

太陽フレアでは大量の電子が加速されることが分かっているが、その物理過程は未解明である。また、フレアで解放されるエネルギーが粒子加速エネルギーに配分される割合がフレアの規模によってどのように変わるか、もしくは変わらないかもよく分かっていない。本研究では、これまでほとんど研究されていない微小フレアにおける加速電子の研究を通じて、太陽フレアにおける粒子加速過程に新しい知見を得ることを目指す。

加速電子の観測には、これまで主に硬 X 線 (制動放射) とマイクロ波 (ジャイロシンクロトロン放射) が使われてきた。放射機構が異なるにも関わらず、両者のピーク強度には強い相関があることが分かっている (Krucker et al. 2020)。この研究でも示されているように、マイクロ波を観測する野辺山電波ヘリオグラフ (NoRH) は、RHESSI 衛星や他の硬 X 線観測機器に比べて微小フレアに対する検出感度が高い。NoRH のこの特徴を活かして微小フレアの特徴を統計的に研究するために、NoRH の 1 秒ごとの全面画像から、微小フレアを自動で検出するアルゴリズムを開発した。その結果を用いて、まずは、粒子加速の指標となるマイクロ波ピーク強度と、熱エネルギーの指標となる軟 X 線ピーク強度を比較した。Kawate et al. (2011) では、17GHz でのピーク強度が 20SFU 以上のフレアを用いて同様の解析を行ったが、本研究ではフレアの規模は 0.3SFU までカバーされており、より発展したものになっている。結果としては、4 桁以上のフレアエネルギー幅において、両者の相関の傾向に有意な違いは見られなかった。この結果は、微小フレアでも C クラス以上の一般的な規模のフレアと同様に粒子加速にエネルギーが配分されている可能性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](#)

M19a 説明可能な太陽高エネルギー粒子事象発生予測 AI モデルの高度化について

加藤裕太 (富士通株式会社、名古屋大学), 藤田菜穂 (富士通株式会社), 草野野也 (名古屋大学), 光田千紘 (富士通株式会社、名古屋大学)

富士通株式会社と東海国立大学機構は、宇宙環境における人類活動の安全確保を見据えた包括協定を 2023 年 2 月に締結し、共同研究を実施している。太陽高エネルギー粒子 (Solar Energetic Particle; SEP) イベントは、太陽フレアやコロナ質量放出といった太陽の突発現象に伴い発生し、人体への被ばくや宇宙システムへの障害といった影響を及ぼす、重要な研究対象である。我々はこれまで、富士通の開発する説明可能 AI である Wide Learning を用いた分類タスクを、太陽活動第 24 周期における NOAA SWPC データベースの ≥ 10 MeV, ≥ 10 pfu を満たす SEP イベントに紐づいているフレアを正例、それ以外の GOES フレアカタログ記載のフレアについてを負例とする二値分類問題として、予測モデルを構築してきた (加藤ほか, 日本天文学会 2024 年春季年会, M45a)。

今回、2024 年 7 月までに掲載された、太陽活動第 25 周期における同様の条件を満たす SEP イベントに紐づいているフレア約 20 例を追加し、更に NOAA の S2 スケール以上 (≥ 10 MeV, ≥ 100 pfu) を新たな予測クラスとして追加するマルチクラスの分類問題として実施した。X 線や磁場に関する観測データおよび、 κ スキーム (Kusano et al. 2020) によるフレア予測に用いられるパラメーターから計 56 特徴量を作成した。Wide Learning による分類タスクでは、予測確率に加えて、学習したデータの各クラスに顕在的に現れる、特徴量の数値範囲やカテゴリカルな特徴の組合せの条件を自動で抽出し、判断根拠として提示することが可能である。今回、SEP イベントを伴わないクラス、S2 スケール未満の SEP イベントを伴うクラス、S2 スケール以上の SEP イベントを伴うクラスといった各予測クラスに現れる条件について解析を行ったため、そ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](#)

M20a 太陽フレアが生み出すプラズモイドと磁気音叉周辺における電子加速率の調査

佐藤慶暉 (総研大), 金子岳史 (新潟大学), 成影典之 (国立天文台), 高棹真介 (大阪大学)

これまでの硬 X 線や電波での観測により、太陽フレアは数十 keV から MeV 帯に至る高エネルギー電子を生成することが知られている。しかし、電子がいつどこでどのように加速されているのか、特定には至っていない。

加速源の候補として、電流シート中のプラズモイドやループトップにおける磁気音叉が、近年の高分解能な観測から着目されている [Cheng et al. 2023, French et al. 2024 等]。しかし、このような構造を持つ空間スケールは、粒子の運動論的空間スケール (e.g., ラーモア半径) と、7 桁程度のスケール間ギャップを持つため、粒子の加速メカニズムを特定することは容易ではない。このギャップを埋める数値的なアプローチとして、フレア MHD 計算結果を背景場 (電場、磁場) とした、テスト粒子計算 [Birn et al. 2017 等] がある。この手法では、マクロな流体の運動とミクロな粒子の運動を別々に計算するため、スケール感の隔たりを近似的に埋めることが可能となる。

過去の研究では、フレア中の特定の時刻・構造における加速を精査すべく、それらを模擬した MHD 計算結果を用いたテスト粒子計算が主に実施されてきた [Bacchini et al. 2024 等]。一方、本研究では、フレアがシステムとして生み出す諸構造の加速率を、時間的空間的に調査することを目的とし、2次元フレア MHD シミュレーションの時系列結果に対し、テスト粒子計算を逐次実施した。結果、比較的加速率の高い電子は準定常的にプラズモイドと磁気音叉周辺に局在し、それぞれ 1 次フェルミ加速とベータトロロン加速による寄与が主であることがわかった。また、プラズモイドとの衝突によって加速率が一時的に上昇することがわかった。加えて、プラズモイド内の粒子における平均的な加速率を計算すると、そのサイズに依存して加速率が変化することが確認できた。本講演では、ループトップにおける平均加速率の関係性も踏まえて、フレア中の電子加速について議論する。

[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](#)

M21a 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マルチスケール構造に関する研究

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は、磁力線が繋ぎ変わることで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となるスケールになるが、太陽フレアのような大きなスケールの現象を理解する際には MHD シミュレーションを用いる研究が主流である。MHD モデルでは局所抵抗による 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が、抵抗を自己無撞着に記述できる無衝突系で生じるかは明らかではない。そこで本研究では、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、 $O(10^{2\sim 3})$ イオン慣性長程度の長さのカレントシートを用いた、磁気リコネクションの数値シミュレーションの結果を紹介する。これまでの研究では 100 イオン慣性長程度のボックスを用いることが殆どであり、結果として運動論効果が効いているスケールしか見ることができていなかった (J. F. Drake et al. 2009)。本研究の数値シミュレーションの結果、リコネクション領域では先行研究と同様に、Hall 電場に相当するイオンと電子の密度分布に違いが見られた。一方で、リコネクション領域から $O(10^{1\sim 2})$ イオン慣性長程度離れたアウトフロー領域では、両者の密度分布は同じようになり MHD の描像に近づくことが確認された。以上の結果の詳細を説明すると共に、連結階層シミュレーションが到達できるスケールの限界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](#)

M22a 観測ロケット実験 FOXSI-3 が検出した Giant Arcade の多温度構造の精査

廣瀬 維士 (総合研究大学院大学), 成影 典之 (国立天文台), 石川 真之介 (立教大学), FOXSI-3 team

Focusing Optics X-ray Solar Imager 3 (FOXSI-3) は 2018 年 9 月 7 日に打ち上げられた太陽 X 線観測ロケット実験であり、およそ 5 分間にわたって太陽全面を観測した。FOXSI-3 は軟 X 線での集光撮像観測を世界で初めて実現し、空間・時間分解された X 線のスペクトルの取得に成功した。FOXSI-3 の観測では、2keV 以上の X 線を放出している領域として、活動領域や X 線輝点の他に、長さ約 200Mm の Giant Arcade 構造が見られた。

Giant Arcade は、フィラメント噴出後にしばしば軟 X 線で見ることができるとされる巨大なアーケード構造であり、1990 年代から 2000 年代にかけて Yohkoh/SXT によって頻繁に観測されていた (McAllister et al. 1992 など)。Yohkoh/SXT で観測された 17 個の Giant Arcade について統計的に解析した Yamamoto et al. 2002 では、温度は 1.8-4.4MK、密度は 10^8cm^{-3} 程度という報告がなされている。

我々は、FOXSI-3 の X 線のスペクトルデータを用いて Giant Arcade の温度・密度解析を行った。その結果、Yamamoto et al. 2002 で報告されていた 2 成分の温度 (バックグラウンドとしての静穏コロナ成分と Giant Arcade の成分) に加えて、温度が 6MK 以上、密度が 10^7cm^{-3} 以下という超高温かつ低密度の 3 成分目を検出した。この成分は、Yohkoh/SXT と同様の広帯域 X 線フィルターを用いた観測装置である Hinode/XRT では検出されておらず、未発見の温度成分と言える。これら 3 つの温度成分の空間分布を調査したところ、超高温成分には空間による違いが確認できた一方で、そのほかの従来成分では高温成分ほど顕著な違いが見られなかった。

本講演では、FOXSI-3 が取得した空間分解されたスペクトルとその元素組成比を考慮することで得られた Giant Arcade の精査結果と、それに基づいて考察した加熱機構について報告する。

[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](#)

M23a 太陽 X 線集光撮像分光観測ロケット実験 FOXSI-3 による X 線輝点におけるコロナ加熱エネルギーの精査

井口 恵 (慶應義塾大学), 成影 典之 (国立天文台), 廣瀬 維士, 佐藤 慶暉 (総合研究大学院大学), 石川 真之介 (立教大学), FOXSI-3 team

FOXSI-3 は 2018 年 9 月 7 日に打ち上げられた太陽 X 線観測ロケット実験であり、高精度 X 線ミラーと高速カメラの組み合わせにより世界初の軟 X 線集光撮像分光観測を実現した。広帯域 X 線フィルターを用いた既存の X 線撮像装置と異なり、FOXSI-3 のエネルギー・時間・空間分解された観測データは、太陽コロナ構造の詳細な温度・密度診断を可能にした。本研究ではこの新しい観測データを用いてコロナ加熱問題に取り組む。

太陽上空には、光球や彩層より 2 桁以上温度が高い約 100 万 K のコロナが定常的に存在するが、その加熱機構は未解決である。加熱メカニズムとしてナノフレア加熱説と波動加熱説の 2 つのモデルが提唱されているが、本研究ではナノフレア加熱説に焦点をあてた。これは小さな多数のフレア (磁気再結合) によってコロナが定常的に加熱されているというものであるが、必要なエネルギー量に対する観測されたエネルギー量の不足が課題である。

ナノフレア説の検証には、磁気再結合が作り出す高温成分の検出が鍵となる。そこで我々は、FOXSI-3 の 5 分間の観測時間中に観測された 16 点の X 線輝点に着目し、特に観測時間内に増光がピークを迎えた X 線輝点について詳細な温度・密度解析とエネルギーの見積りを行った。その結果、温度約 400 万 K、エミッションメジャー約 10^{23}cm^{-5} といった微量の高温成分の生成を発見した。これは従来の観測手法では明確に検出することができないものであり、先行研究で考えられていた微小フレアによるコロナ加熱のエネルギーが過小評価されていたことを示唆するものである。本講演では、これら FOXSI-3 によるコロナ加熱エネルギーの精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](#)

M24a Solar Flare Spectra of Fe XXVI/XXV Line Complex and Fe K_{β} at 6.9 keV

渡邊鉄哉 (国立天文台)

第 7 号科学衛星「ひのと」(1981 年飛翔) には軟 X 線高分散ブラッグ分光器 (SOX) が搭載され、衛星スピンを利用して、太陽フレアに伴う 1.75 ~ 1.95Å (6.7 ~ 6.9 keV) 境界の鉄高階電離イオン輝線の高分散観測が行われている。就中、波長 1.75 ~ 1.81 Å (6.9 keV) 波長域に出現する、鉄 H 様イオンの共鳴線、及び He 様イオンによる二電子再結合線からなる輝線複合体、並びに鉄 蛍光 X 線輝線 Fe K_{β} の分光観測では、同時期 (SMM/BCS)、またその後 (Yohkoh/BCS) の観測の追従を許さない良質なスペクトルが得られている。

今回は、ISAS/DARTS 公開のデータベース (†) を用いて、上記輝線複合体全体の線輪郭を、CHIANTI ver. 10 による合成スペクトルと適合させることにより、鉄 H 様イオンの共鳴線・Lyman α^1 、 α^2 の線強度比、また蛍光 X 線と輝線複合体との輻射強度比の観測値を理論予測値と比較した。

結論として：(a) 輝線複合体全体の線輪郭と、単電子温度解析による理論合成スペクトルとは、一般的により一致を示すが、共鳴線間強度比 (Lyman α^2/α^1) については、Lyman α^2 のピークが、系統的に理論予想より、およそ 10% ほど大きいこと、また、(b) 1982-June-6 のフレア (X12) における蛍光 X 線と輝線複合体との輻射強度比の時系列データから、このフレアの初期において、蛍光 X 線強度を 2 倍程度引き上げる X 線源が必要である、ことが判明した。

† <https://darts.isas.jaxa.jp/solar/hinotori/data/soxarchive.html>

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M25a 2024 年に京都大学飛騨天文台で観測された大フレアについて

浅井歩, 石井貴子, 上野悟, 永田伸一, 伊集朝哉, 大津天斗, 夏目純也 (京都大学), Denis P. Cabezas (名古屋大学)

2024 年は、第 25 期太陽活動サイクルの極大期を迎え、大フレアやコロナ質量放出 (CME)、磁気嵐などが頻発している。本講演では、京都大学飛騨天文台太陽磁場活動望遠鏡 (SMART) やドームレス太陽望遠鏡 (DST) により、2024 年の特に 5 月および 10 月に観測された X クラスフレアを中心に、観測されたイベントの特徴について報告する。

いくつかのイベントをピックアップすると、5 月 11 日 01:10UT に AR NOAA13664 で発生した X5.8 フレアでは、SMART に搭載された Solar Dynamics Doppler Imager (SDDI) でフレアに伴うモートン波が観測された。これは、2016 年に SMART/SDDI が設置され $\pm 9 \text{ \AA}$ にわたる 73 波長点での H α 線撮像分光観測が可能となって以降、初めてのモートン波観測事例であり、その波面の速度場の詳細な特徴が調査可能である。5 月 10 日 06:27UT に同じく NOAA13664 で発生した X4.0 フレアでは、DST の水平分光器により H α 線/CaII K 線/CaII IR(8542 \AA) 線でスリットスキャンによる撮像分光観測に成功しており、複数の彩層ラインでフレアカーネルのスペクトルが得られた。またこのフレアでもモートン波が観測されている一方、モートン波の伝搬方向とは異なる方向にフィラメントの噴出が確認されている。5 月 11 日の X5.8 および 10 月 1 日 21:58UT の NOAA 13842 で発生した X7.1 フレアでは、SMART 搭載の Flare Imaging System in Continuum and H-alpha (FISCH) の高速撮像観測により白色光増光が確認されている。これらの大フレアの多くは CME を伴っており、その原因となるフィラメント噴出が SMART/SDDI などによる彩層観測で受かっている。

[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](#)

M26a Characteristics, evolution, and fate of NOAA active region 12665

Denis P. Cabezas (Nagoya University), K.D. Leka (NWR, Nagoya University), Yeongmin Kang, Kanya Kusano (Nagoya University)

NOAA AR 12665 which transited in mid-July 2017, exhibited an unexpected evolution that contradicts our standard views. Despite being a low-complexity active region without a strong gradient Polarity Inversion Line (PIL), AR 12665 produced M-class flares and a fast CME. Using data from Hinode SOT/XRT, SDO AIA/HMI, and SMART/SDDI H α , we examine AR 12665 in light of the appearance of bald-patch separatrix surfaces (BPs) on the photosphere, evolution of H α filaments, formation of a coronal sigmoid, and the later M-class flare on July 14. We found that the appearance of BPs spatially coincides with the formation of the H α filament, but without immediate evidence of a magnetic flux rope in the corona. During this period, highly red- and blue-shifted plasma also manifest in the photosphere, and the vertical electric current is also enhanced. Subsequently, the horizontal field strength across the PIL decreased and re-oriented, during which we observed the disintegration of BPs and the formation of a twisted flux rope in the corona. We address the fundamental question of how much magnetic energy was accumulated from the initial activities in the photosphere to the flare time on July 14 by computing the Poynting flux and magnetic helicity. The total magnetic energy supplied from the photosphere to the corona amounted to $\sim 4.2 \times 10^{33} \text{ erg}$, with the largest contribution coming from the photospheric shear motion. Such an accumulated magnetic energy, which eventually a great amount of it was released during the flare, may account for the energetic events produced by AR 12665.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

M27a デルタ型黒点および太陽フレアの多波長 2 次元分光観測

上野悟, 夏目純也, 大津天斗, 浅井歩, 石井貴子 (京都大学), 幾田佳 (東京大学), 一本潔 (立命館大学), 柴田一成 (同志社大学/京都大学)

恒星スーパーフレアの温床となる恒星デルタ型黒点を検出するための基礎データ (Sun-as-a-star 観測データ) の取得を目的として、太陽デルタ型黒点の多波長 2 次元分光観測を進めている。今回、デルタ型黒点および太陽フレアの CaII K、H α 、H β 、H γ 線での同時 2 次元分光観測に成功したので、その初期結果を報告する。

観測は、2024 年 11 月 25 日に飛騨天文台ドームレス太陽望遠鏡の分光器を用いて、デルタ型黒点 AR3906 などの黒点群数例に対し、連続的にスリットスキャン方式の 2 次元分光観測を行なった。特に AR3906 について計 4 時間余り観測を行なったところ、2 例の M クラスフレア (0159UT の M1.1、0453UT の M1.8) の観測に成功した。とりわけ、M1.1 フレアに関しては、フレアの始まりから減衰期まで約 27 秒間隔でデータを得ることができた。CaII K、H α 、H β 、H γ 線の同時 2 次元分光観測によるフレア観測は、我々の知る限り、世界初である。

クイックルックデータから判明した初期結果は以下の通り：(1) フレアの初期では、H α ツーリボン (カーネル) の明るさは、H β 、H γ でもあまり変わらない、(2) 時間とともに H α リボン (カーネル) の明るさが減少するのにに対し、H β 、H γ でのカーネルの明るさはそれよりもさらに速く減少し、フレア後半では H γ でカーネルは見えなくなる、(3) 近傍のフィラメントの黒みも、H α \rightarrow H β \rightarrow H γ となるにつれて減少。(4) H β でのプラージュの明るさ分布は、H α ウィングでの明るさ分布と相関が良い。

講演ではより詳細な解析結果と恒星観測 (特に岡山天文台せいめい望遠鏡による恒星黒点とスーパーフレア観測) への示唆について述べる。

[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](#)

M28a 活動領域ダークフィラメントで見られる He I 10830 Å の横ゼーマン効果偏光スペクトルの解釈と磁場強度の推定 II

山崎大輝 (ISAS/JAXA)、黄于蔚、橋本裕希、上野悟 (京都大)、一本潔 (立命館大)

ダークフィラメントは、太陽コロナ中で磁場に支えられた低温高密度プラズマ雲である。光学的に薄い近赤外吸収線 (He I 10830 Å) の偏光分光観測を用いた先行研究によると、静穏領域上空に出現するダークフィラメントの磁場強度は、典型的に数 10 G とされる (Casini et al. 2003, Yamasaki et al. 2023)。一方、活動領域上空に出現するものについては、しばしば「横ゼーマン効果偏光スペクトル」が見られ、その解釈によって磁場強度に 1 桁以上の開きが生じている。代表的には、本スペクトルをダークフィラメント高度の数 100 G 磁場によるゼーマン効果によるものと解釈する 1 コンポーネント説 (Kuckein et al. 2009, Xu et al. 2012) や、ダークフィラメント下部の数 100 G 磁場とダークフィラメント高度の数 10 G 磁場で解釈する 2 コンポーネント説 (Diaz Baso et al. 2019) が挙げられる。本研究では、飛騨天文台 DST による、2022 年 9 月 5 日に出現した活動領域ダークフィラメントの He I 10830 Å 偏光分光観測データの解析を行った (cf. 2024 秋年会 M09a)。その結果、ダークフィラメントの複数のピクセルで「横ゼーマン効果偏光スペクトル」らしきプロファイルを発見した。HAZEL (Asensio Ramos et al. 2008) を用いた解析から、1 コンポーネントでは本スペクトルが再現されないこと、2 コンポーネントでは再現されるがダークフィラメント下部に 1000 G の磁場強度の仮定が必要であり、Si I 10827 Å の光球同時観測による 100 G 程度と矛盾することが分かった。そこで我々は、本スペクトルは Ly α の偏光観測 (Kano et al. 2017) で見られるような、スペクトル線中心とウイングでの多重散乱の発生確率の違いによって生じると解釈する説を考えた。本講演では、我々の本スペクトルの解釈に基づく磁場強度診断について議論する。

[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](#)

M29a H α 線ポストフレアループの出現時間に関する統計的研究

大津天斗、浅井歩 (京都大学)、幾田佳 (東京大学)、柴田一成 (同志社大学/京都大学)

ポストフレアループは太陽フレア標準モデルの重要な構成要素の一つであり、恒星フレアにおいてもその存在が観測的に示唆されている (Wollmann et al. 2023 他)。Otsu et al. (2024) では典型的な太陽フレアについて Sun-as-a-star 解析を実施し、空間積分した H α 線ライトカーブにおいて、GOES 軟 X 線ピークに遅れて彩層温度のポストフレアループに対応するピークが出現することを発見した。この結果は空間積分された恒星データからでもポストフレアループを検出できる可能性を示している。一方で、恒星観測との詳細な比較のためには、H α 線ポストフレアループの出現時刻が何によって決定されるのか定量的に調査しておく必要がある。

そこで、本研究では京都大学飛騨天文台 SMART および花山天文台ザートリウス望遠鏡で観測された太陽フレアの H α 線データを用いて、H α 線ポストフレアループの出現時刻を統計的に調査した。結果として、GOES 軟 X 線ピーク時刻と H α 線ポストフレアループの出現時刻の時間差 $\tau_{X-H\alpha}$ と、GOES 軟 X 線のピークフラックス F_X との間に、 $\tau_{X-H\alpha} \propto (F_X)^{-0.47}$ というスケールリング則を発見した。このスケールリング則は電子密度 n_e に対する、放射冷却時間の依存性 $\tau_{rad} \propto n_e^{-1}$ と軟 X 線フラックスの依存性 $F_X \propto n_e^2$ から導かれる $\tau_{rad} \propto (F_X)^{-0.5}$ と整合しており、H α 線ポストフレアループが出現するタイミングは、放射冷却によって決定されることを示している。本講演では、これらの結果の詳細を報告するとともに、今後の恒星観測との比較の方針について議論する。さらに、今回得たスケールリング則を活用した恒星フレアの空間スケール推定手法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](#)

M30a 太陽と太陽型星における黒点進化に伴うフレア発生率の時間発展

徳野鷹人 (東京大学)、行方宏介 (京都大学)、前原裕之 (国立天文台)、鳥海森 (宇宙航空研究開発機構)

太陽および太陽型星 (G 型主系列星) のフレア活動は黒点の磁場構造に由来すると考えられている。その為、フレアを引き起こす黒点の性質はこれらの磁気活動を包括的に理解する上で非常に重要である。しかし、フレアを引き起こす黒点の性質として黒点の形成や衰退といった時系列的な観点に着目した統計的に調査した例は少ない。この現状を踏まえ、本研究では太陽および太陽型星で観測された黒点領域の時間発展とフレアの発生時刻をまとめ、黒点の進化に伴うフレア発生率の時間変動について統計的に調査した。太陽のデータとしては NOAA 及び GOES が報告する 1996 年から 2024 年までの太陽面観測にて得られた太陽黒点と太陽フレアのカタログを使用した。一方太陽型星に関しては、Kepler 宇宙望遠鏡の光度曲線における極小を用いる手法 (Namekata et al. 2019, 2020) から推定した恒星黒点の時間発展に対し、同じく Kepler 宇宙望遠鏡の光度曲線にて検出された恒星フレアのカタログ (Okamoto et al. 2021) を組み合わせたデータを使用した。得られた 11980 個の太陽フレアと 180 個の恒星フレアそれぞれに対し、フレア発生時刻 t_{flare} と発生源の黒点領域が最大となった時刻 t_{max} との差分を取る事で、フレアが黒点進化においていつ起きたかを示す $t_{\text{flare}} - t_{\text{max}}$ を求めた。この $t_{\text{flare}} - t_{\text{max}}$ の頻度分布から、黒点の大きさやエネルギーに関わらず、黒点領域が最大に達した時にフレアが最も発生しやすく、形成期と減衰期でフレア発生率に大きな違いはないという傾向が示された。また、この頻度分布を黒点領域の最大値から推定した黒点寿命で規格化すると同じ形状となる事から、黒点進化に伴うフレア発生率の時間発展は黒点寿命を用いて統一的に記述できる可能性が示された。本講演は上記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](#)

M31a アルゴルで発生した食を含む恒星フレアの NICER X 線観測とフレアサイズ

中山 和哉, 井上 峻, 榎戸 輝揚 (京都大学), 岩切 渉 (千葉大学), 野津 湧太 (コロラド大学)

アルゴルは距離 28 pc にあるペルセウス座の β 星で、B 型主系列星の主星 A の近傍を K 型スペクトルの準巨星である伴星 B が 2.867 日の周期で公転する連星系である。この伴星 B は磁気活動が活発なため、フレアを頻発する系になっている。また、伴星 B が主星 A の前方を通過することで食が起こる食変光星として知られている。太陽以外の恒星は点源のため、通常はフレアの発生位置を推定するのは困難であり、フレアのループサイズに関しても X 線スペクトルの情報から磁気リコネクションモデル (Shibata & Yokoyama 2002) を用いてフレアピーク時の温度や X 線放射量から計算するのが一般的である。一方で、アルゴルでは恒星フレア中に食が起きること、光度の変化からフレアの発生位置やループサイズに制限をかけることができる。

国際宇宙ステーションの X 線望遠鏡 NICER (Neutron star Interior Composition Explorer) は、2018 年 7 月 4 日から 7 月 6 日までアルゴルでの恒星フレアの X 線観測を約 15 ks 行った。観測中に食に起因すると思われる X 線の減光も確認された。2.0 - 10.0 keV の X 線光度はピーク時に 4.0×10^{31} ergs s^{-1} で、食での減光時は 4.0×10^{30} ergs s^{-1} であった。X 線スペクトルは、星間吸収モデル (tbabs) をかけた 2.6 - 4.0 keV の高温と 0.8 - 0.9 keV の低温の二成分の衝突電離平衡モデル (vapec) でよく再現された。特にフレアピーク時には、高温成分の温度は 4.0 keV、エミッションメジャーは 4.3×10^{54} cm^{-3} であった。これらの X 線スペクトルのデータから磁気リコネクションモデルを用いて、恒星フレアのループサイズは 10^{10-11} cm であると推定できた。また、連星系のシミュレーションを行い、観測された光度曲線を再現する手法からも、フレアの発生位置やループサイズを推定する。本講演では、これらについて X 線スペクトルを用いた解析と光度変化を用いた解析の両面から議論する。

[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](#)

M32a 太陽風と M 型星恒星風におけるアルベーン波乱流加熱の重要性

鈴木海渡, 横山央明 (京都大学), 庄田宗人 (東京大学)

恒星から流れ出るプラズマ流である恒星風は、周囲の惑星の大気と相互作用を起こすことで惑星進化に影響を与えると考えられている。その中でも比較的質量の小さい M 型星は太陽近傍に多く見つかっており、惑星を持った星も確認されている。恒星風の観測は困難で例が少ないため、太陽風モデルを基にした数値シミュレーションによる研究が求められている。太陽風の加速機構は、太陽表面の対流によって励起されたアルベーン波が大気へ伝播し散逸するというものが主流である。その中でも、アルベーン波同士の衝突で発生した乱流による散逸が重要であることが知られており、1 次元 MHD シミュレーションではこれを現象論的にモデル化した計算がされている (Shoda et al. 2018b)。一方で、アルベーン波乱流加熱が考慮されていない計算 (Suzuki & Inutsuka 2005) でも太陽の再現に成功している。このような差異は乱流加熱の有無による違いを直接比較によって検証されるべきであるが、未だ明らかにされていない。また、以上のような太陽風の加速モデルを基に M 型星恒星風の数値計算も行われるが、アルベーン波乱流加熱を考慮した研究の例は未だ数少ない。

そこで本研究では、太陽風と M 型星恒星風の加熱・加速におけるアルベーン波乱流加熱の重要性を調べるため、両者についての 1 次元 MHD シミュレーションを行った。太陽風については、アルベーン波乱流加熱を考慮した計算と考慮しない計算を行いそれぞれ比較した。その結果、乱流加熱は彩層やコロナの温度を上昇させることに加え、太陽風内のアルベーン波の伝播方向という点で観測と一致させる効果があることがわかった。また、M 型星恒星風についてはアルベーン波乱流加熱を考慮した計算を行い、太陽風同様にアルベーン波の乱流による加熱の寄与が大きいことがわかった。

[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](#)

M33a 人工衛星画像の白色輝点解析による宇宙天気現象の影響について

蘭尚道, 野澤恵 (茨城大学)

地球磁気圏には高エネルギー粒子が捕らえられた場所が存在しており、放射線帯と呼ばれている。通常放射線帯は地球を取り囲むように形成しており、内帯と外帯の二重構造になっている。ブラジルから大西洋上空付近には内帯由来の南大西洋異常帯 (South Atlantic Anomaly : SAA) があり、低軌道を周回している人工衛星は大量の高エネルギー粒子を浴びることになる。また SAA の要因となる地磁気が年々弱まり、形状は一定ではなく年変化していることが分かっている。また太陽活動 (宇宙天気現象) により形状が変化することも知られている。

本研究では SAA 内でも活動を行っている太陽観測衛星 IRIS の観測画像を利用し、画像には高エネルギー粒子が白色輝点として撮影されると仮定した。そこで白色輝点を同定し、数が増えた画像の撮影時間と、IRIS 衛星の軌道伝播解析より、世界地図上の緯度経度を求めた。これにより高エネルギー粒子がどこに降り注いでいるか、SAA の形状変化も含め調べることを目的とした。

結果として SAA に高エネルギー粒子の降り込みを確認した。打ち上げ当初の 2014 年から現在までに SAA の形状が変化している様子が確認できた。これは太陽活動と相関があることを示唆している。また、2024 年 5 月の太陽 X フレアが頻発したときは、短期的な形状変化などがあることを確認した。講演では人工衛星が白色輝点として撮影された高エネルギーの解析から、宇宙天気現象が与える影響について報告を行なう。

[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](#)

M34a ガウス混合モデルを用いた恒星磁気活動のベイズクラスタリング分析

森山拓磨、松本仁、政田洋平（以上、福岡大学）

恒星磁気活動の観測は『太陽磁場の起源』をひも解く鍵である。宇宙には数多くの太陽型星が存在する一方、それらの金属量やスペクトル型、進化段階（すなわち自転周期や年齢）はそれぞれ異なる。よって、恒星磁気活動の統計的振る舞いを調べることで、太陽・恒星の磁場生成機構を特徴づける物理的要素を抽出できる。

太陽型星の磁気活動周期（ $= P_{\text{cyc}}$ ）と自転周期（ $= P_{\text{rot}}$ ）の間の相関が観測的に示唆されている（e.g., Noyes et al. 1984）。しかし、その系統性については未だ議論が収束していない。特に、太陽型星の $P_{\text{cyc}}-P_{\text{rot}}$ 関係に、2つのブランチ（active branch と inactive branch）が存在するか否か、が重要な争点になっている（Saar & Brandenburg 1999; Bohm-Vitense 2007; Olsperg et al. 2018; Boro Saikia et al. 2018）。

本研究の目的は、太陽型星の $P_{\text{cyc}}-P_{\text{rot}}$ 関係が2つのブランチに類別される可能性を統計的に検証することである。そのために、Boro Saikia et al. (2018) と同様のデータセット（67個の太陽型星の P_{cyc} と P_{rot} ）に対し、ガウス混合モデルに基づくベイズクラスタリング解析を行った（c.f., Bonanno & Corsaro 2022）。ガウス混合モデルを用いることで、データを事前知識に基づき分割する必要が無く、恣意性を排除した分類が可能になる。本研究の結果、(i) $P_{\text{cyc}}-R_{\text{o}}$ （ロスビー数）関係は1本のスケールリング則で記述されること（i.e., $P_{\text{cyc}}/P_{\text{rot}} \propto R_{\text{o}}^{-1.1}$ ）、(ii) 単純なガウス混合尤度を用いた解析では、 $P_{\text{cyc}}-P_{\text{rot}}$ 関係はシングルブランチで分類する方が尤もらしいこと、を明らかにした。本講演では、Bonanno & Corsaro (2022) らが提案したベイズ推定アルゴリズムを使った場合の結果についても議論するとともに、低質量星（M型星）の磁気活動周期のデータを加えた場合のクラスタリング分類について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](#)

M35a 本邦低緯度オーロラへの関連が疑われる欧文史料の批判的検討

服部健太郎（関西大学）、早川尚志（名古屋大学）

通常、明治維新より前の本邦の過去の天文観測を振り返る際、日本語史料が用いられてきたことは論を俟たない。しかし幕末期は例外的な時期で、開港地で欧米出身者が欧文で史料を残している。実際にこのような史料には過去の天文現象、気象現象を記録したものが散見される。本報告ではその内、1859年と1872年の日本における低緯度オーロラを目撃記録の可能性がある同時代の欧文史料について批判的検討を行う。まず、1859年当時、蝦夷地の箱館（現北海道函館市）に存在していたロシア領事館に勤める医師により記されたドイツ語記録を取り上げる。ユリウス暦1859年8月21日（グレゴリオ暦1859年9月2日）に、箱館から北方に位置する有珠山が噴火したことを記していた。この日はキャリントンイベントに伴う低緯度オーロラの観測記録が日本各地に見られる日と一致する。現地史料では有珠山や駒ヶ岳等、箱館より北に位置する火山でこの年の噴火記録が見つかっておらず、観測者がオーロラを火山噴火と誤解した可能性が高い。次に、グレゴリオ暦1872年2月10日付の長崎の週刊英字新聞にて報じられた Omura（現長崎県大村市）の火事の記事を取り上げる。大村から火災の報告が届いたわけではなく、水平線に見えた光より、長崎から北方に位置する町の大村に火事があったと推定されたものとみられる。時期は過去1週間のうちとされており、2/3-2/10の間と考えられる。この中に、日本で1872イベントに伴う低緯度オーロラが見られた1872年2月4~6日が含まれてはいるが、日は確定できない。前者は発生時間、後者は発生日が特定できない。また両者いずれも、空の様子に関する具体的な記述はない。しかし、低緯度オーロラ、火山の活動、都市の災害の履歴を考える上で、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](#)

M36a 数値的収束の兆し：太陽内部熱対流の場合

堀田英之（名古屋大学）

格子点間隔が240 kmを切るような超高解像度の数値シミュレーションを、太陽対流層をターゲットとして実施し、差動回転などの大スケール流れ場の解像度に対する依存性を調査した。乱流は、多くの天体に存在し、エネルギー・運動量輸送、磁場生成などの重要な役割を持っている。しかし、エネルギー注入領域と散逸領域の極端な差、つまり巨大なレイノルズ数のために、実際の天体で実現しているすべての乱流スケールを数値シミュレーションの中で実現することは近い将来でも不可能である。その一方で、近年の大規模シミュレーションでは、差動回転などの大スケール流れ場が、解像度に強く依存することがわかっており（Hotta and Kusano, 2021: HK21）、数値シミュレーションの解像度の意味での妥当性検証が急務である。本研究では、HK21の格子点間隔の3倍もの高解像度シミュレーションを実施し、さらなる解像度依存性を調査した。その結果では、HK21の結果は、すでにほぼ数値的に収束しており、さらなる解像度向上は結果をほとんど変えないことがわかった。実際の太陽の最小スケールは分解できていないが、数値的収束の兆しを示す結果である。

[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](#)

M37a 太陽表面熱対流の位相幾何学的特徴：高速下降流領域が局在する可能性

政田洋平 (福岡大学)、本武陽一 (一橋大学)、仲田資季 (駒澤大学)

位相的データ解析 (Topological Data Analysis: TDA) とは、トポロジーの視点からデータの特徴を捉えて分類・定量化を行う解析手法であり、近年、科学諸分野への応用が急速に進んでいる (e.g., Mototake et al. 2022)。TDA では、データを「穴」の集合として解釈し、穴構造のサイズや形状の情報をパーシステントホモロジーと呼ばれる数学理論に基づき代数化、特徴量として抽出する (e.g., Edelsbrunner et al. 2002)。これは、複雑なデータを階層的な「穴」を使って縮約する方法であり、フーリエ変換等の従来手法による特徴づけが難しい非周期的な局在構造を抽出するのに有効である。天文学への応用も始まっており、例えば太陽物理の分野では、Santamarina Guerrero et al. (2024) が、太陽光球面の磁場構造を TDA を使って分類する新しい方法を提案している。

本研究の目的は太陽表面熱対流の位相幾何学的特徴を抽出することである。そのために、DKIST と Hinode/SOT、SST (Swedish Solar Telescope) による粒状斑のイメージングデータに対し TDA を行い、抽出した穴構造に関する情報をパーシステント図 (Persistent Diagram: PD) 上で比較・考察した。本研究の結果、(i) Hinode と SST の粒状斑データは PD 上でよく似た特徴を示す一方、(ii) DKIST の PD には Hinode や SST の PD には見られない浮島構造が存在することがわかった。また、(iii) 観測と比較可能なシミュレーションモデルに対する TDA から、PD 上の浮島構造は『局在化した高速下降流領域』に由来することを明らかにした。これらの結果は、太陽表面に Hinode や SST の分解能では解像できない『高速下降流の局在領域』が存在していることを示唆する (e.g., Rast 1995)。最近、SDO/HMI のデータを使った局所日震学診断から、Hanson et al. (2024) が我々と同様の示唆を得ているようである。本講演では、異なる手法で得られたこれら 2 つの結果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](#)

M38a 太陽探査機 Solar Orbiter/Polarimetric and Helioseismic Imager を用いた光球対流運動のステレオスコピック観測

大場崇義 (マックスプランク研究所)、Luis Bellot Rubio (アンダルシア天体物理学研究所)、Daniele Calchetti, Johann Hirzberger, Sami Solanki (マックスプランク研究所)、勝川行雄 (国立天文台)

太陽大気中の構造やダイナミクスの理解には速度場・磁場ベクトル情報が重要であるが、視線方向成分は高精度に決定できる一方で、視線方向に垂直な成分を決定することは困難である。ESA・NASA の共同ミッションとして 2020 年に打ち上げられた太陽探査機 Solar Orbiter (SO)/Polarimetric and Helioseismic Imager (PHI) は、地球外軌道から異なる視線方向のドップラー・偏光測定を行う。本探査機と地球の 2 地点からのステレオスコピック観測により、ベクトル成分を仮定無く決定することが可能になる。一方、両観測像の精密な位置合わせが求められるが、像の歪み・観測角度の違い・スリットスキャン/撮像方式の差に伴う観測時間差などの課題が存在する。本研究では、上記課題を克服し、ステレオスコピック診断の枠組みの構築および対流運動のベクトル速度場診断を目指す。

本研究には、安定した高解像度イメージを提供できる「ひので」との共同観測データを使用した。SO/PHI が近日点に接近した 2023 年 4 月 10 日においては、「ひので」と同程度の空間分解能となり、分離角 (Hinode-Sun-SO) は 63 度であった。X/Y 方向のスケールとオフセットを合致させるため、アフィン変換を用いた写像アルゴリズムを開発した結果、相関係数 0.91 を達成し、両観測像を 1 対 1 対応させることが可能になった。位置合わせを行ったドップラー速度場から、両機器の粒状斑手前側で青方偏移が顕著に確認された。これは、粒状斑において上昇流および水平方向への発散流が生じていることを示しており、対流運動で期待される特徴と整合している。本講演では、SO/PHI と「ひので」によるステレオスコピック観測の有用性・難点・科学課題への応用性を議論する。

[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](#)

M39a 線形断熱振動理論に基づく、重力波モードにより生じる太陽ニュートリノフラックス変化の予測

八田良樹 (名古屋大学)、國友正信 (久留米大学)、中野佑樹 (富山大学)、伊藤博士 (東京理科大学)

太陽重力波モード (浮力が復元力) は中心付近 ($r/R_{\odot} < 0.2$; r は中心からの距離、 R_{\odot} は太陽半径) で大きな振幅を持ち、その振動に由来する温度・密度変化を通し、太陽ニュートリノフラックスの時間変動を引き起こす (Gough 1991 など)。このニュートリノフラックス変動の周期は重力波モードの周期に対応するため、ニュートリノ時系列データ解析に基づく重力波モード探査が考えられる (Lopes & Turck-Chi eze 2014)。以上の観測手法は、史上初の太陽重力波モード発見に向けたアプローチの一つとして期待されている。

本研究ではニュートリノ将来観測を念頭に、線形断熱振動の理論に基づき、重力波モード由来のニュートリノフラックス時間変動を評価した。まず、フラックス変動量を摂動とみなした上で定式化を行い、その一次成分は 0 となること、及び、その二次成分は重力波モードの周期に対応して時間変化する成分と、時間不変成分とに分けられることを確かめた。次に、一次元太陽モデル (Kunitomo et al. 2022 など) に対する固有振動計算の結果と先述の定式化を元に、重力波モードの振幅に仮定をおいた上でフラックス変動量を定量化した。その結果、重力波モードの周期に対応するフラックス変動は微小で、Hyper-Kamiokande などの将来ニュートリノ観測を持ってしても検出は困難であることが分かった。一方、時間不変成分は重力波モードの数に比例して大きくなるため、時間変動成分よりも影響が大きいことも分かった。興味深いことに、重力波モードの振幅が太陽活動周期に伴い変化する場合、時間不変成分も活動周期に伴い変化する。従って、仮に太陽活動周期程度の長周期ニュートリノフラックス変化が見出された場合、一つの解釈として、それは重力波モード振動の現れである可能性がある。

[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](#)

M40a PFSS 磁場外挿における source surface 半径の最適化

庄田宗人, 戸頃響吾 (東京大学)

PFSS (potential field source surface) 法は磁場外挿手法の一つであり、太陽中心から一定の距離 (source surface 半径: R_{SS}) までは磁場をポテンシャル磁場として、 $r > R_{SS}$ ではすべての磁場が惑星間空間へと開くとして、磁場を外挿する手法である。PFSS 法の唯一のフリーパラメータである R_{SS} は多くの場合 $2.5R_{\odot}$ に固定されるが、実際には太陽活動度によって R_{SS} の最適値は上下することが示唆されている。ただし、具体的にどう R_{SS} を調整すべきかはコンセンサスが得られておらず、活動極大期に (相対的に) R_{SS} を下げるほうが良いと主張する研究 (Arden et al. 2014, Benavitz et al. 2024) もあれば、逆に活動極小期こそ R_{SS} を下げるほうが良いと主張する研究 (Huang et al. 2024) もある。このような結論の発散は 1. PFSS 法のインプットに用いるマグネトグラム、2. 解析期間、3. PFSS 法の比較対象 (モデル妥当性検証方法) の違いに由来するものであり、したがって「多様なマグネトグラムを用いて」「可能な限り長い期間」「同じ比較対象で」 R_{SS} の最適値を議論する必要がある。

そこで本研究では複数の異なるマグネトグラム (SOLIS/VSM, ADAPT-GONG, ADAPT-VSM) を用いて R_{SS} の最適値、およびそのスケーリング則の導出を試みた。地球近傍で観測した惑星間空間磁場 (IMF) からオープンフラックス (開いた磁束量) を計算し、PFSS 法のオープンフラックスを計算することで最適な R_{SS} の推定、得られた R_{SS} が太陽活動度や磁場のパラメータに対しどのように依存するかを調査した。その結果、用いるマグネトグラムに関わらず、 R_{SS} は極大期で小さく、極小期で大きくなるように調整すると IMF から推定したオープンフラックスと PFSS 法から推定したオープンフラックスが一致することがわかった。本講演では R_{SS} のスケーリング則およびその解析期間やマグネトグラムへの依存性を紹介する。

[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](#)

M41a 中間高度の磁束管形状が太陽風速度に与える影響

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 ($r = 2.5R_{SS}$) 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スードストリーマーという同一の磁気極性を持ったコロナホールの狭間の領域では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がある。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 et al. 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、これらの特徴量を包括的に評価するためにコロナ底部から source surface の間における磁束管形状変化の影響を物理モデルの面から調査した。前回の 2024 年秋期年会では光球面磁場が一種類の場合のみを報告したが、今回は複数の種類について計算し、更に実際の観測からモデル計算が可能な特徴量についても考察を行う。結果として、中間空間の磁束管形状変化によって太陽風速度は最大 300 km s^{-1} ほど低下した。また太陽風速度との相関については expansion factor とコロナ底部の磁場の比をコロナ空間で積分した値が最も強かった。これは密度やエネルギー変換過程の違いによるものと考えられる。

[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](#)

M42a 活動領域で観測されるプラズマ上昇流と太陽風の流源および加速機構の検証

森島啓太, 岩井一正, 藤木謙一 (名古屋大学)

太陽風は太陽コロナから吹き出す超音速のプラズマ流であり、高速太陽風 ($>500 \text{ km/s}$) と低速太陽風 ($<500 \text{ km/s}$) に大別される。低速太陽風の流源は活動領域の端で観測されるプラズマ上昇流 (upflow) が有力視されている (e.g. Brooks et al., 2015) が、その場観測による検証例 (e.g. Baker et al., 2023) は限られている。また、太陽風の加速機構は Alfvén 波モデル (e.g. Suzuki, 2006) と交換型再結合モデル (e.g. Cranmer et al., 2018) が提唱され、様々な議論がなされてきた。そこで本研究では、1) upflow が低速太陽風の流源となり得るかの検証、2) upflow 起源と示唆される太陽風による Alfvén 波モデルの検証を目的としている。本研究では、Hinode 衛星の極端紫外線撮像分光装置で観測される upflow ($\sim 0.01 \text{ AU}$) と、惑星間空間シンチレーション観測で得られる太陽風速度 ($0.1 \text{ AU} \sim$) を PFSS モデルで外挿される磁力線で接続する手法により、計 51 のデータセットから upflow と太陽風の関係を調べた。まず目的 1 に対して、Fe XIII (202.04 \AA) 輝線から抽出した upflow では 23/51 例が低速太陽風の流源となり得ることが示唆された。続いて目的 2 に対して、(Suzuki, 2006) で示される Alfvén 波モデルを検証した。ここで、(Suzuki, 2006) ではコロナホール起源の太陽風速度の二乗 V_{sw}^2 が $B_{r,\odot}/f_{tot}$ に比例すると示唆されており、 $B_{r,\odot}$ は光球磁場の動径方向成分、 f_{tot} は光球から 1 AU にかけての磁力線拡大率である。先の解析で upflow 起源と示唆された 29/51 例の太陽風で検証した結果、 $B_{r,\odot}/f_{tot}$ への依存性の有無で分類された。特に、 V_{sw}^2 が $B_{r,\odot}/f_{tot}$ に比例する群では、upflow がコロナホールの境界に存在し、 f_{tot} が小さかった (< 440)。加えて、理論式のフィッティングから得られる温度は $(1.60 \pm 0.02) \times 10^6 \text{ K}$ となり、典型的なコロナ温度と概ね等しくなった。以上から、一部の upflow 起源の太陽風では Alfvén 波が加速機構へ寄与していると示唆される。

[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](#)

M43a 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 Imada et al. 2011 で議論された dimming flow のモデルを用いて、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、CME に伴う瞬間的な質量供給量と dimming flow による継続的な質量供給量を算出し、K.Dissauer et al. 2018, 2019 で算出された CME 本体の放出質量に対して dimming flow が十分に寄与するか定量的に調査する。

[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](#)

M44a SUSANOO-CME を用いた CME 地球到達時刻における初期条件特性の評価

磯貝拓史, 岩井一正, 藤木謙一 (名古屋大学), 塩田大幸 (情報通信研究機構)

突発的な太陽プラズマ放出であるコロナ質量放出 (CME) は宇宙天気擾乱の主因として知られ、大きな南向き磁場を伴って地球へ到来すると、短波通信・地上電力網などの社会基盤へ種々の影響をもたらす。CME の地球到来予測は宇宙天気予報の重要事項であり、そのツールとして磁気流体力学 (MHD) モデルによる惑星間空間プラズマ伝搬シミュレーションが広く用いられている。MHD モデルでは、太陽観測による初期条件の決定誤差に起因して、出力される予報に有限の不定性が生じる。したがって、宇宙天気予報の高精度化や確率予報の導入において、初期条件による予報出力への寄与を個別に、かつ定量的に評価することが重要となる。MHD モデルにおいて CME 内部に注入される全磁束は、CME の惑星間空間での膨張に重要な役割を果たす初期条件であるが、そのパラメータサーベイは十分に実施されていない。本研究では、SUSANOO-CME モデル (Shiota and Kataoka, 2016) を用いたアンサンブルシミュレーションを実施し、地球到達時刻に対する磁束パラメータの特性を初めて定量的に評価した。その結果、到達時刻の磁束特性は他の初期条件の値により系統的に変化することが確認され、CME の初速度や背景太陽風がより低速である場合に、磁束によって到達時刻が大きく変動する傾向が明らかとなった。これは予報計算において、初期条件の組み合わせに応じて磁束の慎重な推定が求められることを示唆する。そこで、本研究では複数の初期条件下で計算された到達時刻を一覧できる、簡便な予報ツールであるパラメータダイアグラムを提案する。これは実際の CME 予報において、予報のリードタイムを短縮しうる新たな試みになる可能性がある。また、本講演では名古屋大学宇宙地球環境研究所 (ISEE) による太陽風観測データを用いた、SUSANOO-CME へのデータ同化におけるパラメータダイアグラムの有用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](#)

M45a ALPACA 実験 10: 太陽からのコロナ質量放出に伴う ALPAQUITA アレイで観測される宇宙線頻度変化の測定限界の評価

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), 後藤佳歩 (中部大工), 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 (信州大理工), 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), 小井辰巳 (中部大理工), 小島浩司 (中部大天文台), 横島拓音 (横浜国大工), 増田吉起 (信州大理工), 松橋祥 (横浜国大工), 松本瑞生 (信州大理工), R. Mayta (サン・アンドレス大), P. Miranda (サン・アンドレス大), 水野敦之 (東大宇宙線研), 宗像一起 (信州大理工), 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), 大西宗博 (東大宇宙線研), 奥川創介 (横浜国大工), 大嶋晃敏 (中部大工, 中部大理工), M. Rajjevic (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 (長野工短大情エ), J. Salinas (サン・アンドレス大), 柴崎季哉 (日本大生産工), 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), 瀧田正人 (東大宇宙線研), 多米田裕一郎 (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), 碓井玲 (横浜国大工), R. I. Winkelmann (サン・アンドレス大), 山岸元輝 (横浜国大工), 山崎勝也 (中部大理工), 横江諛衡 (東大宇宙線研) 他 The ALPACA Collaboration

11 年周期の太陽活動は 2024 年に太陽周期 25 の極大期に近づいており、地球に向かう大規模なコロナ質量放出 (CME) が多数発生している。ボリビアのアンデス高原 (標高 4,740 m) に設置された宇宙線観測装置 ALPAQUITA アレイ (1 m² のプラスチックシンチレーション検出器 97 台を 15m 間隔に総面積約 18,000 m² に配置) は、この CME に起因する宇宙線強度の変化を高い統計量で検出することが可能である。本講演では、強度変化の測定限界を支配する観測装置の系統誤差の評価を試みる。

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

M46a 圧縮性磁気流体方程式における離散的なライプニッツ則を活用した差分解法の直交曲線座標系への拡張

飯島陽久 (名古屋大学)

圧縮性磁気流体方程式はマクロスケールプラズマの挙動を記述し、天文学におけるプラズマシミュレーションで広く用いられる方程式系である。この方程式系の1つの特徴として、内部エネルギー、運動エネルギー、磁気エネルギーという3つのエネルギーの総和が閉鎖系で保存するという点が挙げられる。太陽コロナに代表される、磁気エネルギーが熱エネルギーより圧倒的に大きい環境でプラズマの加熱過程を調査するには、磁気エネルギーの輸送と変換を正確に追跡していくことが不可欠である。

我々は以前、デカルト座標において、差分法で現れる離散的なライプニッツ則 (積の微分法則) を活用した新たな差分解法を提案した (Iijima, JCP, 435, 110232, 2021.)。内部・運動・磁気エネルギー方程式を陽にそれぞれ解くことなく、各エネルギー間のやり取りを空間離散化として厳密な形で保存させることが可能であり、全エネルギー保存を保ちながら頑健な数値シミュレーションを実現出来ることを示した。

今回の発表ではこの離散的なライプニッツ則を活用した差分解法の直交曲線座標系への拡張を報告する。物理成分表示の直交曲線座標系において、球座標系における角運動量保存といった重要な性質を保ちながら、デカルト座標と同様の離散的なエネルギー整合性を維持する離散形式を発見した。提案する離散形式は、円柱座標や球座標だけでなく、磁力線に沿った直交座標系のような太陽物理学で頻繁に利用される座標系への応用も可能である。

[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](#)

M47a ケルビン力を含む電磁運動量保存則

柴崎清登 (太陽物理研)

熱的プラズマは磁場中で磁気モーメントを有し、磁気モーメントにはケルビン力が働く。しかし、通常の電磁運動量保存則には力としてはローレンツ力が現れるだけでケルビン力は現れない。それではケルビン力はどこに隠れているのであろうか。磁気モーメントは電磁場と物質の2重性を有するため、磁気モーメントに働く力は場の運動量や応力テンソルに含まれているはずである。よってこれを陽に示す電磁運動量保存則を求める。熱的プラズマの磁気モーメントは磁場強度に反比例するので、透磁率を用いることができない。そこで補助場 H を用いて磁気モーメント M と磁場 B との関係を示す構成式を利用する。磁性体中のマクスウェル方程式 (アンペール=マクスウェル則) は H を用いて記述されているが、構成式を用いて B と M の式に変形する。そうすると磁化電流 ($\nabla \times M$) が現れ、これが物質の透磁率に代わって磁性を表す物理量となる。この新たな方程式を用いて電磁エネルギー保存則や電磁運動量保存則を求める。エネルギー保存則は、エネルギーの時間変化とエネルギー流束の発散を加えたものが0であるとする。電磁力の仕事によって力学的エネルギーが増加する場合、それを加えたものが0であり、全エネルギー保存則となる。運動量保存則も同様に、電磁運動量の時間変化に運動量流束の発散を加えたものが0となる。運動量流束は逆向き電磁応力に対応する。さらに電磁力は力学的運動量の増加率なので、これを加えると全運動量保存則となる。この式を用いて電磁応力の中に隠れているケルビン力を探す。電磁運動量は電磁エネルギー流束を光速の2乗で割ったものであり、電磁圧力は電磁エネルギー密度でもあるので、エネルギー保存則を参考にしながら電磁運動量保存則を導くと、ケルビン力を求めることができる。

[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](#)

N01a すばる望遠鏡 IRD による金属欠乏星の化学組成解析

青木和光 (国立天文台)、T.C. Beers (Univ. Notre Dame)、本田敏志 (兵庫県立大学)、松野允郁 (Heidelberg University)、V. Placco (NSF's NOIRLab)、J. Yoon (STScI)、IRD チーム

金属欠乏星の化学組成の多くは可視光・紫外線領域のスペクトル線を用いて測定されてきているが、これに加えて近赤外線領域に有用なスペクトル線が多い元素も存在する。我々はすばる望遠鏡 IRD で取得された金属欠乏星の近赤外線高分散スペクトルの解析から、金属欠乏星のケイ素 (Si) とストロンチウム (Sr) 組成を精度よく測定できる可能性を示した (2022 年秋季年会、Aoki et al. 2022, PASJ 74, 273)。この観測を拡張し、金属量が $-4 < [Fe/H] < -1.5$ の範囲にある赤色巨星 44 天体の化学組成を測定した結果を報告する。すべての天体で Mg と Si 組成を決定することができ、特に Si については測定精度が向上したことで、金属欠乏星の間で組成のばらつきが小さいこと、両元素とも化学進化モデルが示す α 元素/鉄組成比の傾向とよく一致する組成比 ($[Mg/Fe]$ 、 $[Si/Fe]$) をもつことが明らかになった。これは銀河初期の化学進化に寄与した天体の質量範囲や星間物質の混合に制限を与える結果である。また、27 天体に対してアルミニウム (Al) 組成を決定することができ、 $-3 < [Fe/H] < -2$ の範囲では $[Al/Fe]$ に金属量依存性が見られないという結果となった。これは化学進化モデルの予測と必ずしも一致しないが、測定精度や non-LTE 効果の影響を考慮する必要がある。さらに、40 天体に対して Sr 組成を決定することができたが、可視光のスペクトル線から決定された組成比 ($[Sr/Fe]$) に対して系統的に高い値となった。今回の観測対象である低金属の赤色巨星では近赤外線領域のスペクトル線は non-LTE 効果で吸収が強まると推定されており、これを支持する結果である。

[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](#)

N02a すばる望遠鏡による超金属欠乏主系列星の観測

須田 拓馬 (東京工科大)、Patrick Francois, Elisabetta Caffau, Piercarlo Bonifacio (パリ天文台)、青木 和光 (国立天文台)、和南城 伸也 (東北大学)

金属欠乏星は宇宙初期に誕生した星であり、銀河系および局所銀河群の化学進化を探る重要な手がかりとなる。これまでに、高分散分光によって金属量が太陽の千分の一以下 ($[Fe/H] < -3$) であると確認された超金属欠乏星が、銀河系ハローで 700 個以上報告されている。一方、さらに一桁鉄組成が小さい星は極超金属欠乏星と呼ばれ、まだ 60 個程度しか報告されておらず、そのうち主系列段階にある星は 30 個にも満たない。

$[Fe/H] \sim -4$ 以下では、多くの元素について化学進化の振る舞いが $[Fe/H] \sim -3$ 以上とは異なることが分かっており、初代星の超新星や連星進化の影響を強く受けている可能性がある。その中でも、リチウム組成は $[Fe/H] \sim -4$ の付近で、鉄組成の減少とともにいわゆる Spite plateau から減少する傾向が見られる。また、 $[Fe/H] < -4$ では炭素過剰星の割合も非常に高いことが知られており、炭素過剰星の比率が星の生い立ちを知る上で重要な鍵を握る。

本講演では 2024 年 10 月にすばる望遠鏡で観測した超金属欠乏星の候補天体の分光観測による組成解析の結果を報告する。観測対象は、SDSS DR17 から主系列段階にいる金属欠乏星の候補から選んだ 4 天体であり、408.4 nm から 689.2 nm の波長域で観測を行った。今回の観測では良好なシーイングに恵まれ、すべてのターゲットについて予定通りに観測が実施された。観測対象のうち、少なくとも 2 天体は $[Fe/H] < -3$ が確認され、そのうち 1 天体はリチウム組成の減少が見られないことが分かった。本講演では、リチウム組成の金属量依存性について議論するとともに、他の元素組成分布についても概観する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N03a 超金属欠乏星から探る weak r-process の起源

岡田寛子 (兵庫県立大学)、青木和光、富永望 (国立天文台)、本田敏志 (兵庫県立大学)

速い中性子捕獲過程 (r プロセス) の起源は、天文学における重要な問題のひとつである。この問題の解決には、単一の元素合成の結果を反映する超金属欠乏星 ($[Fe/H] < -3$; 金属量が太陽金属量の 1000 分の 1 以下) の化学組成が鍵となる。近年の高分散分光観測によって、多くの金属欠乏星の中性子捕獲元素の組成は太陽の r プロセス元素組成とよく一致することから、r プロセスの普遍性が示されていた (e.g., Sneden et al. 2008)。一方、太陽の r プロセス元素組成よりも、バリウム (Ba) 以降の重中性子捕獲元素に比べてストロンチウム (Sr) などの軽中性子捕獲元素が過剰な金属欠乏星 (HD122563; Honda et al. 2006) も確認されており、主に軽中性子捕獲元素を生成する弱 r プロセスの存在が提案されている。

我々は弱 r プロセスの起源を解明するために、Jacobson et al. (2015) で報告された極端に高い $[Sr/Ba]$ の下限値を示す超金属欠乏星 SMSS J022423.27-573705.1 に注目し、VLT/UVES で取得された近紫外線・可視分光データの解析を行った。高 S/N の観測によって、新たに窒素や亜鉛、バリウムの存在量を決定した。中性子捕獲元素の組成について、太陽の r プロセス元素や先行研究の金属欠乏星の中性子捕獲元素の組成と比較し、これまで観測された金属欠乏星の中で最も高い $[Sr/Ba]$ を示すことを確認した。本講演では、SMSS J022423.27-573705.1 の化学組成の特徴について元素合成の理論モデルと比較し、そ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](#)

N04a 銀河系棒状構造終端部付近の赤色超巨星の化学組成

谷口大輔, 濱野哲史, 辻本拓司, 安井千香子 (国立天文台), 松永典之, 小林尚人, 近藤荘平, 鮫島寛明 (東京大学), Mingjie Jian (Stockholm University), Brian Thorsbro (Observatoire de la Côte d'Azur), 福江慧 (滋賀医科大学), 池田優二, 大坪翔悟, 河北秀世, 猿楽祐樹, 竹内智美 (京都産業大学)

近年の大規模サーベイ観測の進展により、太陽から数 kpc 以内に位置する若い恒星の化学組成の空間非一様性が議論されている。他方、銀河系内縁部の若い恒星に対しても、限られた天体数のセファイド型変光星や赤色超巨星などの観測で、化学組成の空間分布が調べられつつある。特に銀河系中心から約 4 kpc の位置では、広い方位角に散らばったいくつかのセファイドの金属量が +0.2 から +0.4 dex 程度と測定されているのに対し (Matsunaga ら 2023 など)、銀河系棒状構造終端部周辺に位置する 5 個の若い大質量星団に属する赤色超巨星の金属量は約 -0.2 dex と測定されている (Davies ら 2009 など)。両者の 0.5 dex もの金属量の差は、赤色超巨星の化学組成解析における系統的なバイアスに起因する可能性があり、よく検証された解析手法を用いて再確認する必要がある。

そこで我々は、銀河系棒状構造終端部付近に位置する若い大質量星団 RSGC2 と巨大分子雲複合体 G23.3-0.4 の方向にいる合計 10 天体の赤色超巨星候補を近赤外線高分散分光器 WINERED の WIDE mode (0.90-1.36 μm , $R = 28,000$) を用いて観測した。観測ターゲットのうち 4 天体のスペクトルは、通常の赤色超巨星では見られないほど強い TiO 分子と VO 分子の吸収バンドを呈したため、サンプルから除外した。残る 6 天体のスペクトルを、太陽近傍の赤色超巨星を用いて信頼度を検証した化学組成解析法 (谷口ら 2022 年秋季年会 N16c) で解析した結果、RSGC2 の金属量は $+0.2 \pm 0.2$ dex, G23.3-0.4 は $+0.2 \pm 0.1$ dex であった。これらの測定値は散らばったセファイドの金属量と無矛盾であり、今後の若い恒星に対するより大規模なサンプルでの研究が望まれる。

[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](#)

N05a 近赤外線高分散分光観測によるリン過剰星の元素組成測定

松永典之, 鮫島寛明 (東京大学), 辻本拓司, 谷口大輔 (国立天文台), 大坪翔悟, 竹内智美, 猿楽祐樹 (京都産業大学), WINERED チーム

リンは、DNA など多くの生体分子に含まれる元素であり、宇宙化学・宇宙生命学などからの関心も高い。銀河系および近傍銀河における元素組成測定の主な対象となっている晩期型星のスペクトルには、可視光域にリンの吸収線が現れないため、(宇宙からの観測が必要な紫外を除けば) 近赤外線における吸収線を測定する必要がある。このため、これまでリンの組成が測定された天体の数は、他の元素の場合と比べて非常に限られている。そして、どのような天体が宇宙におけるリンの原子核合成を担ってきたかという点についても不定性が大きく、これまで測定されてきたリン組成を無矛盾に再現する元素組成進化のシナリオははまだ確立されていない。その中で、特に説明の難しい天体が、金属量 ($[\text{Fe}/\text{H}]$) が太陽の 10 分の 1 程度であるにもかかわらず、リン組成 ($[\text{P}/\text{H}]$) が太陽と同程度というリン過剰星である ($[\text{P}/\text{Fe}] > 1$)。これまで、APOGEE 分光サーベイによる H バンドスペクトル ($\sim 1.5 \mu\text{m}$) での測定によって数十個のリン過剰星が発見・報告されている。我々は、そのうちの 6 天体について、マゼラン 6.5m 望遠鏡に設置した WINERED 近赤外線高分散分光器を用いて、リンおよび数種の元素の組成を測定した。Y バンド ($\sim 1.05 \mu\text{m}$) にあるリンの吸収線を用いた測定では、APOGEE による H バンドの測定の結果を支持し、全ての天体がリン過剰であることを確認した。さらに、Sr と Y の 2 つの元素の吸収線にもとづき、リン過剰星が中性子捕獲元素でも過剰であるという先行研究での結果も確認した。本講演では、これらの元素組成測定を報告し、いまだ全容の明らかになっていないリンの合成天体について議論する。

[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](#)

N06a ミラ型変光星の金属量依存性と銀河 Bulge の構造と進化

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

これまで、ミラ型変光星による AGB 星の進化研究において、Period-Bolometric Magnitude diagram を用いた新たな手法が有効であることを示してきた。 $P-M_{\text{bol}}$ 図は、HR 図の表面温度の代わりにミラ型変光星の脈動周期を導入する。脈動周期は、質量、半径への依存性を通じて、内部の物質分布を含む全体的な構造に関する情報を包含するパラメータである。AGB 星の表面温度は、進化による半径の膨張に伴う遷移の範囲が狭いが、脈動周期は半径膨張とともに成長するため詳細な解析が可能となる。天の川銀河と LMC, SMC のミラ型変光星の比較を通して、銀河ごとの進化の違いが $P-M_{\text{bol}}$ 図で明らかになり、進化の金属量依存性、および、炭素と酸素の組成比による進化の違いを論じることができた。ミラ型変光星は、AGB 期の最終進化段階であり、星が進化によって、脈動が 1st overtone mode から fundamental mode へ遷移したとき、 $P-M_{\text{bol}}$ 図に現れ、その点を始点として、初期質量、金属量、また、炭素/酸素比に依存した進化経路に沿って、図上を遷移する。脈動周期が長くなると、optical で脈動が観測できなくなり、ミラ型変光星としての寿命を終える。この図を用いた研究手法は、銀河や星集団に対して適用することで、環境ごとに異なる AGB の進化を把握し、その構造の形成史研究への応用が期待できる。本講演では、天の川銀河 Bulge のミラ型変光星に $P-M_{\text{bol}}$ 図を適用することによって、金属量ごとに、LMC 程度以下の低金属量の成分、銀河円盤のミラ型星と同じ太陽組成程度の金属量、および超太陽組成を含む 3 つの成分に分類されること示す。ミラ型変光星の周期光度関係を用いて、各々の成分がそれぞれ異なった空間分布をもつことを示したが、金属量ごとの Bulge の恒星の空間分布が得られたのは初めてである。これらの結果から導かれる、Bulge の構造と形成史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](#)

N07a How the 'superwind' is blowing — AGB 星進化の終末

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

恒星は進化の最後に外層 (envelope) の殆どを放出して、中心部 (core) を degenerate stars として残すことになる。重力の引力に抗してこの core と envelope の分断を可能にする機構については、長年の研究にも拘わらず、未解明の問題として残っている。大質量星の場合は、この過程は、超新星爆発に当たる。中・低質量星の場合は、AGB 星の膨らんだ外層を放出し、さらに、残された外層を殻燃焼で燃やし尽くして、白色矮星の形成に至るが、この半径収縮に伴う表面温度の上昇による UV photon の放射で、星周の放出物質が電離、加熱され、惑星状星雲として輝くとされている。この外層の放出機構に関しても、首尾一貫した解明には至っていない。

'superwind' は、観測される惑星状星雲の物質分布をもたらすには、AGB 星の最終段階でそれまで観測されるよりも大きな質量放出が必要であるとして提唱された (Renzini 1981)。¹ 'superwind' は、赤外線が強い、すなわち、星周 dust の多い、OH/IR 星と結び付けられて流布していく。その後、mid-IR で観測される、高密度の extreme OH/IR 星からは、さらに大きな質量放出が導かれるが、一方、compact なため、'superwind' phase の寿命が短すぎる。また、物質の放出量が外層の質量に比して少なすぎるとの齟齬が指摘されている。

本研究では、銀河系と大マゼラン銀河のミラ型変光星の $\text{period}-M_{\text{bol}}$ 図上での進化の軌跡の解析を通して、質量放出率、放出機構の変遷が議論できることを示す。これまで恒星からの質量放出は、'superwind' も含め、critical point を通過し、超音速で膨脹する solar wind 型の outflow が考えられてきたが、AGB 星の外層の動的不安定を考慮すると、亜音速で、表面では局所的な脱出速度に達する低膨脹速度の質量放出が可能となる。これは、AGB 星からの質量放出に伴う dust の形成・成長、分子進化の新たな枠組みを提供するであろう。

[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](#)

N08a 磁気拡散するアルフベン波により駆動される赤色巨星風

鈴木 建 (東京大学), 大仲 圭一 (アンドレス・ペーリヨ大学), 保田 悠紀 (北海道大学)

赤色巨星は表面对流層を持つため、太陽と同じく磁場が存在し、アルフベン波が励起されていると考えられる。一方で大気の温度が低いため電離度が低く、アルフベン波は双極性拡散などの磁気拡散の影響を大きく受ける。本研究では、太陽質量程度の赤色巨星である、アークツルス (有効温度 $T_{\text{eff}} = 4300$ K) とアルデバラン ($T_{\text{eff}} = 3900$ K) からアルフベン波により駆動される恒星風を、磁気拡散を取り入れた非理想磁気流体数値実験により調査した。

磁気拡散を考慮しない理想磁気流体計算の場合に比べ、磁気拡散を考慮するとアークツルスからの恒星風による質量放出率は 1 桁以上低下し、その時間平均値は $\langle \dot{M} \rangle = 3.3 \times 10^{-11}$ (太陽質量/年) となり、ちょうど観測値と同程度となる。さらに、輻射冷却に起因する熱不安定性により、大気から恒星風領域にかけて、100 万度を超える高温プラズマが数千度の低温ガスと共存する期間が断続的に発現することが分かった。このような非一様大気は、質量放出率の大きな時間変動を引き起こしている。

磁束密度と金属量が異なる場合についても多数計算し、アルフベン波の双極性拡散が両者に非常に強く依存し、恒星風の密度、ひいては質量放出率が、磁束密度と金属量のそれぞれに対して強い正相関を示した。

アークツルスより若干進化が進み、磁場が弱いと推測されているアルデバランの計算では、質量放出率の時間平均値は $\langle \dot{M} \rangle = 1.5 \times 10^{-12}$ (太陽質量/年) となり、観測値より 1 桁程度低くなった。しかし、アルデバランについては局所的に強い磁場の存在を示唆する観測もあるため、磁場強度を 2 倍にして計算を行ったところ、上述した磁場強度への強い非線形的依存性により、質量放出率は 13 倍程度上昇し、観測と同程度にな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](#)N09a Mira 型変光星 α Cet からの磁気駆動風

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)

Mira 型変光星の代表例である α Cet の質量放出率 \dot{M} は $10^{-7} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ のオーダーであり (e.g., Young 1995; De Beck et al. 2010)、質量放出は脈動も考慮したダスト駆動機構によると考えられている (e.g., Höfner 2008; Höfner et al. 2016)。しかし \dot{M} が低いためガスとダストが連動すると近似した星風モデル (連動ダスト駆動モデル) の有効性が疑問視される (保田他 2016 年春季年会)。

我々は MHD 星風モデルを使用し AGB 星からの質量放出が磁気駆動機構による可能性を示し (Yasuda et al. 2019)、更に脈動に伴う上層大気を持ち上げの効果を組み込むとともに磁束管の形状に周期的な変化を仮定して近傍の AGB 星 α^1 Her や RY Dra に適用してきた (保田他 2021 年春季年会; 2024 年秋期年会)。最近 α Cet の表面磁場が観測から見積もられた (0.3-8.9G; Marinho et al. 2024)。そこで今回は MHD 星風モデルを α Cet に適用し磁束管の時間変動と星風特性 (\dot{M} とガス速度 v_{gas}) の再現可能性を検証する。モデル計算に際して質量を $1.18 M_{\odot}$ 、有効温度を 3055 K、半径を $332 R_{\odot}$ 、脈動周期を 332 日とした (Wyatt and Cahn 1983; Woodruff et al. 2004)。

弱い表面磁場 (0.3G) を仮定すると管内の内部境界で横波の擾乱速度 δv_{\parallel} を縦波の擾乱速度 δv_{\perp} より高くとした場合に限り \dot{M} の再現が可能である。管外の脈動の速度振幅 Δv_{up} は管の形状の時間変化がないとすると 8 km s^{-1} 以上必要であるが、時間変化を仮定するとより低い値で \dot{M} を再現できる。一方 v_{gas} は大半の場合で 10 km s^{-1} 以上となり観測値 (8.1 km s^{-1} ; De Beck et al. 2010) より高い。またより強い表面磁場 (2.6G) を仮定すると安定な星風が生成する場合 \dot{M} は観測値より一桁以上高くなる。このように星風を再現する上でサブガウスの表面磁場が望まれる。発表では計算結果を示し、磁気駆動風の生成条件及びダスト駆動機構との両立について論じる。

[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](#)

N10a ナノ粒子凝縮実験によるアストロノミカルシリケートに代わる光学定数の提案

榎本華子 (東京大学), 瀧川晶 (東京大学)

非晶質シリケートダストは、星間空間、AGB 星周、原始惑星系円盤や太陽系内の彗星塵に豊富に観測される主要な難揮発性ダストである (Henning 2010)。観測される非晶質シリケートピークの特徴は天体ごとに異なるが、その化学組成は十分に制約されていない。複数の観測データと実験室での鉱物の測定データから合成された光学定数であるアストロノミカルシリケート (Draine & Lee, 1984; Ossenkopf et al., 1992) がダスト観測の解釈に広く用いられてきたが、現実の固体物質ではないため、ダストの化学組成の議論に用いることができない。一方、実験室でダスト模擬物質 (e.g., Dorschner et al. 1995) が合成されてきたが、アストロノミカルシリケートよりも観測をよく説明する物質は見つかっていない。本研究は、誘導熱プラズマ装置 (JEOL TP-40020NPS; Kim et al., 2021) を用い、幅広い化学組成範囲で非晶質ケイ酸塩のナノ粒子を生成し、生成物の結晶相を XRD (Rigaku RINT-2100)、構造を STEM (JEOL JEM-2800) で分析し、透過・反射スペクトル測定 (JASCOFT/IR-4200, Thermo Nicolet 6700) により、光学定数を決定した。生成物は主に球状の非晶質シリケートナノ粒子 (10–150 nm) であった。Mg-Ca-Al-Na-Si-Fe-Ni-O 系では、比較的大きな非晶質シリケート粒子の内部に、半径比 0.3~0.9 の Fe-Ni 合金粒子 (カマサイト) をもつコアシェル構造が見られたが、金属コアの有無によりスペクトルは変化しなかった。Mg(-Ca)-Al-Si-O 系では、(Mg+Ca)/Si ~ 1 で Ca/Mg が 0, 0.48, 1, Al/Si が 0.07, 0.53 の生成物、(Mg+Ca)/Si ~ 2 で Ca/Mg ~ 0.2, 0.5 の生成物が得られた。それぞれの化学組成の非晶質シリケートについて、光学定数を定量的に決定することに成功した。得られた光学定数を用い、AGB 星ごとのダストの化学組成の違いを推定した。今回決定した非晶質シリケートの光学定数は、AGB 星周のみならず様々な場でダストを扱うモデルに応用可能である。

[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](#)

N11a XRISM/Xtend transient search で検出された K2 巨星の X 線フレア

石原維子, 坪井陽子 (中央大学), 前田良知 (宇宙科学研究所), 濱口健二 (NASA), Eta Carinae チーム

XRISM/Xtend Transient Search (XTS) は X 線天文衛星 XRISM の広視野 X 線撮像装置 Xtend による突発天体の探査、速報プロジェクトである。2024-06-10 に η Car 付近の視野で X 線フレアを検出した。この天体は、X 線では CXOGNC J104457.51-595429.5、可視光では Gaia DR2 5350302509372303744 または Cl Collinder 228 113 (ATel #16652) と同定した。この天体の X 線スペクトルには、フレア期に強いヘリウム状鉄輝線があり、熱プラズマ (APEC) モデルでフィッティングすると、太陽アバundance の 2 倍という大きなアバundance が必要であることがわかった。典型的に恒星 X 線フレアは 0.3 太陽アバundance 程度である。これまでもアバundance が 0.3 より大きいものが観測された例はあるが、光度が大きく、アバundance が大きくとも 1 太陽アバundance 程度であった (例えば Tsuboi et al. 1995 ApJ)。本天体のフレア時の光度は 4×10^{31} erg/s 程度であり、これまで XTS で検出した恒星フレアの中では小規模なものであるが、アバundance は最大級であった。この天体の素性を調べるため、Cl Collinder 228 113 の可視光・赤外 SED を調べ、温度が 4.1×10^3 K であることがわかった。また、約 1.3 kpc の距離からボロメトリックルミノシティは 2×10^{35} と求められた。これらのことから K7 型巨星であると考えられる。本講演では、その素性とフレア中の高いアバundance 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](#)

N12a Tomo-e Gozen による T タウリ型星の短時間変動観測 (2) おうし座分子雲

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

”Tomo-e Gozen” は、東京大学木曾観測所の 105cm シュミット望遠鏡に搭載された CMOS カメラにより、広視野 ($\sim 20 \text{ deg}^2$) を高速 (最大 2 fps) で動画撮像できる可視光観測システムである。T タウリ型星は、活発な磁場活動による表面の巨大な黒点の見え方の自転による変化や、星表面におけるフレア、そして降着円盤からの質量降着といった現象により、可視光領域において数時間~数日のタイムスケールで大きな変動を示すことが知られているが、秒~分スケールの変動についてはほとんど調べられていない。そこで、Tomo-e Gozen の特徴を活かし、広がった星形成領域中の複数の T タウリ型星についてモニタリング観測を行い、短いタイムスケールの変動について統計的な研究を進めている。

昨年秋の年会では、近傍分子雲 MBM12 中の 7 個の T タウリ型星をターゲットとした累計 40 star*hours 程度の試験的な観測結果から、T タウリ型星では秒~分スケールでも何らかの増光現象が起きている可能性を示した。より多くの観測によって統計を有意にするため、2023 年 11 月から 2024 年 1 月にかけて数 10 個の T タウリ型星が分布するおうし座領域の分子雲 L1551 を完全に覆う広い視野での本観測を行い、総観測時間を数 100 star*hours 程度にまで伸ばすことに成功した。本講演では、その解析の進捗を報告するとともに、今後の観測計画についても触れる。

[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](#)

N13a M型矮星 YZ CMi のフレアの測光・分光同時観測 II：プロミネンス噴出の統計性調査

梶木屋裕斗 (Science Tokyo), 行方宏介 (京大/NASA), 幾田佳 (東大), 野津湧太 (コロラド大学), 前原裕之 (国立天文台), 佐藤文衛 (Science Tokyo), 野上大作 (京大)

M型矮星は、主星から近距離にハビタブルゾーンを持つため、ハビタブル惑星探索の最優先ターゲットであり、これまでに複数のハビタブル惑星が発見されている。一方、M型矮星は太陽に比べて高いフレア活動性を示し、フレアやそれに伴うコロナ質量放出 (CME) は、周囲の惑星のハビタビリティに甚大な影響を与え得る。その為、系外惑星における生命探査において、これらの起源や統計性調査は不可欠である。近年、M型矮星のフレアの分光観測では、プロミネンス噴出 (CME 初期段階) を示唆するイベントが複数報告されている。しかし、太陽ではプロミネンス噴出の起源が黒点に関連していることが知られる一方で、M型矮星では、測光観測による黒点やフレアの大部分のエネルギーを解放する可視連続光放射の同時観測例が不足しており、プロミネンス噴出の起源や統計性については依然として理解が進んでいない。

私たちは、活動的な M型矮星 YZ CMi を対象とし、TESS による測光観測と同時に、せいめい望遠鏡で約 1 分の高時間分解能の H α 線分光観測を行なった。その結果、プロミネンス噴出を示唆する 4 例のイベント検出に成功した (梶木屋ら 2024 秋季年会 M04a)。本研究では、これらと先行研究を合わせた計 7 例のプロミネンス噴出候補に対して、付随する可視連続光増光の有無や黒点配置 (Ikuta et al. 2023) との関係性を調査した。その結果、内 5 例は、可視連続光の顕著な増光を伴わないことが明らかになった。さらに、全 7 例のイベントが、巨大黒点が見えるタイミングで発生していることが示唆された。本発表では、これらの統計性と黒点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](#)

N14a TriCCS 分光モードを用いた恒星フレアの高速度分光観測 II

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)。しかし、可視 2 バンド測光観測の結果 (e.g., Howard et al. 2020) によると、エネルギーが大きくかつピーク光度と減光時間の比率が大きい (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にあり、また、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。

フレアの連続光成分の SED がフレア中にどのように変化するかを詳細に調べるため、我々はせいめい望遠鏡と TriCCS 分光モードを用いて M 型フレア星と近傍の参照星を同時に分光し、可視光域全体にわたって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ている。今回我々は 2024 年 7-8 月に M 型フレア星 GJ1243 の TESS との同時観測を行い、振幅は大きい (TESS バンドで $\sim 3.0\%$) が継続時間の短い (e -folding time $\tau_e \sim 180$ sec) フレア A と、振幅は小さい ($\sim 1.4\%$) が継続時間の長い ($\tau_e \sim 900$ sec) フレア B の、それぞれ 1 件ずつの観測に成功したのでその結果を紹介する。フレア A の TESS バンドの放射エネルギーは $\sim 2 \times 10^{31}$ erg、フレア B は $\sim 3 \times 10^{31}$ erg と同程度であった。フレア A においては TESS および TriCCS の観測からフレアピーク時の連続光の有効温度は $T_{\text{eff}} \sim 8000$ K であり、フレア連続光の減光とともに有効温度が低下する様子が観測された。一方、フレア B ではフレアピーク時の連続光の有効温度は $T_{\text{eff}} \sim 6000$ K とフレア A と比べて低かった。講演ではこれら 2 件のフレアの観測結果と先行研究の結果を比較して議論する。

[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](#)

N15a スペースモデリングによる太陽型星表面の動的マッピング

幾田 佳 (東京大学)

恒星黒点は太陽黒点と同様に星表面の局所的に磁場の強い領域であり、M, K, G 型星などにおいて普遍的に存在している。黒点は星の自転に伴って星の明るさを変動させるため、その光度曲線の周期性や振幅の変化から黒点の位置や大きさの変化などの情報が得られる (Ikuta et al. 2023 & submitted)。これまでの研究により、単色の光度曲線からはおよその黒点の位置と大きさの推定が可能であるが、黒点の個数が異なる複数の解 (ヌル空間) が存在することが示されている (Ikuta et al. 2020; Luger et al. 2021)。そこで、多色の光度曲線による恒星黒点のマッピングを導入することで、定常的な黒点の位置と大きさと温度の分布の推定を行った。また、その解の推定にはスペースモデリング (L1 と Total Squared Variation) でのスパース性と連続性による正則化が有効であり、多色では黒点の輝度と星の周縁減光が異なることから、解の縮退がある程度解けることを示した (2023 年春季年会 N35a)。

太陽型星の光度曲線は自転に伴って時々刻々その形状が変化し、黒点の生成消滅や星の差動回転に起因すると考えられている (Basri & Shah 2020)。本研究では、黒点や白斑 (見込み角によって輝度が異なる) の大きさの時間変化や差動回転を実装し、新たに時間方向への連続性による正則化を課すことで、動的な恒星表面マッピングを開発した (GitHub: KaiIkuta/jaxsmap)。そこで、太陽型星の人工的な光度曲線を最適化した結果、時間変化する星表面の輝度分布の推定が可能である示唆が得られた。この恒星表面マッピングによって、高分散分光観測による (ゼーマン) ドップラーイメージングとの同時最適化が可能となり、星表面の時間変化のロバストな推定が期待できる。本講演では、動的な恒星表面マッピングの性能や観測精度の評価を行った結果を報告し、その適用と必要な観測について提示する。また、将来的なドップラーイメージングへの示唆を与える。

[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](#)

N16a 近赤外 Mg I 輝線を用いた前主系列星の彩層活動の調査

山下 真依 (ISAS/JAXA), 伊藤 洋一 (兵庫県立大学), 高木 悠平 (国立天文台)

星の内部構造を解明するために、ロスビー数 N_R (\equiv 自転周期/対流の周期) と彩層輝線との関係が調べられてきた。例えば対流の混合距離パラメータ α (\equiv 混合距離/圧力スケールハイト) に制限をかけられる (e.g. Noyes et al. 1984, D'Antona & Mazzitelli 1994)。 α は進化の経路に関わるが、前主系列星では α が求められた例は 1 天体しかない。筆者らの過去の研究でも前主系列星のロスビー数は小さく、近赤外 Ca II 彩層輝線 (8542 Å) の強度は零歳主系列星のうち最大級のものと同程度であることが明らかになった。ただし Ca II の輝線強度はロスビー数に対して saturation しており、前主系列星では活動度の指標にならない。さらに弱い近赤外 Mg I 彩層輝線 (8807 Å) を用いると、ロスビー数が小さい天体の活動度を区別できることを筆者らは明らかにした。

本研究では Mg I 輝線が前主系列星でも活動度の良い指標となり得るのかを調べるべく、Very Large Telescope で取得された 64 天体のスペクトルを解析した。まず光球モデルスペクトル PHOENIX BT-Dusty を、前主系列星の観測スペクトルから引き、光球の吸収線を除去した。強い Ca II 輝線のほか、Mg I や Fe I などの多くの微弱な彩層輝線を前主系列星から検出した。先行研究では Mg I 輝線と Fe I 輝線はどちらも検出率が 24% だったが、本研究では検出率はそれぞれ 73%, 64% へと向上した。そして原始惑星系円盤の存在を示唆する連続光 (ベリング) を示さなかった前主系列星では、ロスビー数が小さいほど強い Mg I 彩層輝線を放射することが分かった。前主系列星にとっても、光学的に薄い Mg I 輝線が彩層の活動性を示す良い指標であると言える。一方でベリングや赤外超過が多い前主系列星は、さらに明るい Mg I 輝線を示した。これは一部の前主系列星の彩層活動を活発にさせる原因がダイナモ機構だけではなく、円盤からの質量降着にもよることを意味する。

[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](#)

N17a Brown dwarf number density in the JWST COSMOS-Web field

Amos Y.-A. Chen, Tomotsugu Goto, Cossas K.-W. Wu, Chih-Teng Ling, Seong Jin Kim, Simon C.-C. Ho, Ece Kilerci, Yuri Uno, Terry Long Phan, Yu-Wei Lin, Tsung-Ching Yang, Tetsuya Hashimoto

Brown dwarfs (BDs), often called failed stars, have very low masses ($13 - 75 M_{Jup}$) and effective temperatures below 2500 K, bridging the gap between planets and red dwarfs. Due to their faintness, previous searches were mostly limited to the solar neighborhood (< 20 pc). This study uses JWST COSMOS-Web data to identify distant brown dwarfs at kiloparsec scales, improving our understanding of the low-mass stellar population and Milky Way star formation history. JWST's sensitivity allows detecting brown dwarfs up to 100 times farther than earlier infrared surveys.

We applied two color criteria, $F115W - F277W < -0.8$ and $F277W - F444W > 1.1$, to identify BD candidates, followed by SED fitting and MCMC simulations to determine physical properties. Our search found 21 T-dwarf and 2 Y-dwarf candidates, ranging from 0.2 to 4 kpc away, surpassing previous JWST studies. Among them, 16 ± 4 T0-T5 dwarfs match the local luminosity function. The number of T0-T5 dwarfs aligns with the solar neighborhood's brown dwarf luminosity function, and the brown dwarf number density matches the exponential density model. Along with earlier studies, the JWST has opened a new window of brown dwarf research in the Milky Way thick disk and halo.

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

N18a 活動的アルゴル系 U Cep の食外光度曲線にみられる大変動

鳴沢真也 (兵庫県立大学), 永井和男 (VSOLJ), 前原裕之 (国立天文台), 矢田猛士 (三瓶自然館)

短周期アルゴル系 U Cep ($P=2.493$ 日, B7-8 V + G5-8 III-IV) は、主極小が皆既食であるにもかかわらず、その光度曲線が頻繁に部分食的になることで知られており、Olson (1982) が定めた Active Algols の中でも最も活動的な系である。一方で Olson (1978) は食外の光度曲線でも変動 (特に ϕ 0.6 前後、I バンドで約 0.2 等の減光) が見られると報告し、それは周囲より 2500 K 程低温な主星表面上の斑点に起因していると解釈した。しかし、B 型星の表面でそのような斑点が形成されるとは考えにくく、またそれ以降、食外の詳細な観測の報告もなされていない。

そこで我々は TESS が取得した U Cep の光度曲線の調査を行った。用いたデータは 2 分 cadence mode の sector58, 59, 73, 78, 79 で、補足的に 30 分 cadence mode の sector18, 19, 25, 26 も調査に利用した。結論を述べると、これらの TESS 光度曲線には劇的な変動が見られた。すなわち、 ϕ 0.61 \pm 0.03 での減光に加え、 ϕ 0.80 \pm 0.04 では逆に増光が起きていた (両者とも理論光度曲線より flux で 1 割程の変動)。利用した TESS の光度曲線は 4 年半の観測によるものであるが、上述の変動のパターンはほぼ一定であった。また全体的に、peak to peak が 1-10 時間、振幅 0.1- 数% の不規則な変動も容易に認められる。位相毎の光度曲線の時間変化を分析すると、これら変動は脈動や斑点で説明することは難しく、おそらく複雑な形状の星周物質が原因であると考えられる。降着円盤のサイズの指標となる皆既食継続時間 (27-86 分の間で変動している) と副極小および ϕ 0.8 付近のピーク時のフラックスには相関が見られることから、これらの変動は質量移動率に対応していると予測できる。さらに公転周期 $O-C$ 図からは、U Cep が 2018-19 年に公転周期変化を起こしていたことも判明した。

[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](#)

N19a 大質量星連星系における共通外層進化後の軌道進化について

鷹野重之 (九州産業大学)

中性子星同士の連星系 (NS-NS 連星) の形成プロセスを考える上で、大質量星連星の連星進化は非常に重要である。大質量星同士の連星系では、一発目の超新星爆発後に、大質量星と中性子星 (NS) が残る。残された方の大質量星が進化して膨らむと、大質量星から NS への質量輸送が始まり、この過程で軌道が不安定になると共通外層進化 (CEE) に入ることとなる。CEE 中は NS の軌道運動のエネルギーが大質量星外層の束縛エネルギーの解放に費やされることとなり、軌道は収縮し、外層は吹き飛ぶと考えられている。この段階で大質量星コアと NS が合体しなければ、最終的に残されたコアと NS との連星ができ、その後コアが爆発して NS になると、NS-NS 連星になると考えられる。

しかし、多くの連星進化計算では、CEE 後にはコアと NS だけが残りとして、その後のコアの進化計算に繋いでいくが、実際には CEE 後には大質量星外層の残骸が取り残される可能性がある。外層の残骸がフォールバックして、周連星系円盤を作ると、連星系と相互作用することで、連星の軌道進化に影響を与える可能性がある。これは、惑星系形成における type II migration と同じメカニズムと考えられる。そこで、本研究では、CEE 後に形成される周連星系円盤が、連星軌道進化に与える影響を評価する。テスト計算の結果として、周連星系円盤の存在は、従来の連星進化モデルと比べ、無視できないほどの軌道収縮をもたらす可能性があることが示唆されている。NS-NS 連星系の形成率を性格に見積もるためには、このような post-CEE 連星の軌道進化が重要となるかも知れない。

[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](#)

N20a 共通外層期における放出物と軌道進化に対する輻射圧の影響

水谷耕介 (大阪大学), 高棹真介 (大阪大学)

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。一部の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を共通外層部へ受け渡すことで連星間距離を縮めることができる。しかし、共通外層期は非線形な流体现象でありその解析的取り扱いが困難であるため、連星進化理論における不定性として残されている。これまでに共通外層期を対象とした 3 次元流体計算がいくつか行われてきたが、そのほとんどが小質量星に焦点を当てており、大質量星で起こる共通外層期に関する議論は十分にされていない。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、大質量星で重要になる輻射圧の影響を調べる。特に連星の軌道進化と、ガス放出の力学的構造のそれぞれに与える影響に注目する。今回は輻射圧の効果を考慮するため、輻射圧を状態方程式に組み込んだ 3 次元流体計算を Athena++ (Stone et al. 2020) を用いて実行した。結果として輻射圧を考慮した計算ではそうでない場合にはみられない、連星の軌道が円軌道から楕円軌道へと変化する現象がみられた。この軌道進化についてはまだ解像度に対する収束性を確認している最中であるが、輻射圧を考慮したことで、よりガスが圧縮されやすくなり、連星相互作用に起因する密度偏りが巨星内部に生まれたことが原因と考えられる。また、輻射圧を考慮しない計算では放出物が脱出速度にほとんど達していないのに対して、輻射圧を考慮した計算ではより密度が小さく脱出速度を超える放出物が見られた。本講演では両者の結果とともに、連星の軌道進化と放出物の特徴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](#)

N21a 冷却に伴う高速回転する白色矮星の進化

小形美沙 (早稲田大学), 大川博督 (青森大学), 藤澤幸太郎 (東京工科大学), 安武信俊 (千葉工業大学), 山田章一 (早稲田大学)

Ia 型超新星爆発の起源として知られる白色矮星は、その爆発のシナリオが連星に基づくものであるように、連星系に存在しているものが多く存在している。連星系の割合は星の質量と共に増加し、太陽質量程度でもその半数近くが連星系を成しているとされているため、白色矮星を形成するような中小質量の星でも多くが連星系を成している。伴星から質量降着を受けた白色矮星は角運動量をもらうことで回転分布を変化させ、高速回転するものも予想されている。このような高速で自転する星は、強い遠心力の影響で形状が扁平なものに変化していくが、従来の 1 次元の恒星進化コードでは形状を正しく追うことができなかった。

我々は 2 次元での進化計算を視野に入れ、形状の変形も考慮することのできる 2 次元の平衡形状計算コードを開発してきた。本講演では、高速回転する白色矮星が非常に熱い状態から冷却する過程について、熱の輸送を考慮した 2 次元のコードを用いて進化計算を行い、自転が存在することによって形状や熱分布にどのような影響が発生するのかを調べ、そ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](#)

N22a *XRISM* Resolve による WR 140 の星風衝突衝撃波の速度プロファイルの導出

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、WC7pd 型の WR 星と O5.5fc 型の O 型星からなる大質量連星系である。両恒星は質量損失率が 10^{-5} - $10^{-6} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ 、終端速度が $\sim 3000 \text{ km s}^{-1}$ の恒星風を放出している。これらの恒星風が衝突することで、O 型星を包み込むようにコーン型の衝撃波 (shock cone) が形成され、そこから X 線が放射される (Sugawara+2015, Pollock+2021)。WR 140 は、約 8 年の軌道周期を持ち、X 線光度が最大となるのは軌道位相 ~ 0.98 付近である (Thomas+2021)。このタイミングに該当する 2024 年 10 月に、*XRISM* 衛星による観測が実施された (PI: Kenji Hamaguchi)。我々は X 線マイクロカロリメータ Resolve のデータを解析し、He-like, H-like に電離した Si, S, Ar, Ca, Fe の $K\alpha$ 線を検出した。これらの輝線は shock cone の軸対称のリング状領域から放射されていると考えられる。そこで、リング領域内の各点において軌道位相を考慮したプラズマ流速を計算し、リング全体で積分したプラズマ放射スペクトルモデルを構築して、観測データから得られた各輝線の視線速度および速度分散と比較する。また、得られた速度プロファイルから各元素の放射領域の特定、並びに星風の動圧から計算した shock cone の接触不連続面の形状 (Miyamoto+2020) に沿った物理量のマッピングを試み、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](#)

N23b 褐色矮星 Luhman 16 B における近赤外線スペクトルの分スケール変動の兆候

鮫島寛明, 松永典之 (東京大学), 谷口大輔 (国立天文台), 大坪翔悟, 猿楽祐樹, 竹内智美 (京都産業大学), WINERED チーム

我々から僅か 2 パーセクの距離にある L7.5 + T0.5 褐色矮星連星 Luhman 16 AB (以下、Luh16AB) は、褐色矮星の大気特性を調査するためのベンチマークとなる天体である。特に Luh16B は我々の視線とおおよそ垂直な自転軸を持って 4.9 時間で自転しているとされ、時間変動を示すことが知られている。過去には CRIRES を用いて 2.288-2.345 μm の非常に狭い波長域で H_2O + CO 分子吸収の高分散モニター分光観測が行われ、トモグラフィ手法による Luh16B 表面マップの再現も試みられている (Crossfield et al., 2014)。しかし、他の近赤外線波長域に関する調査は、依然として十分には進んでいない。

そこで我々は、近赤外線高分散分光器 WINERED をチリ共和国の 6.5 m マゼラン望遠鏡に搭載し、2023 年 6 月に Luh16AB を観測した。取得したスペクトルは波長分解能 $\lambda/\Delta\lambda \sim 28000$ で、0.9-1.3 μm の範囲をカバーしている。1 フレームあたりの積分時間は 2-3 分で、約 2.5 時間の間に断続的に 17 個のスペクトルを取得した。観測時には連星間隔が僅か 0.55" しかなかったため、2 次元スペクトルの各波長ビンにおいて空間方向に 2 つのガウシアンをフィットする手法を用い、1 次元スペクトルの分離抽出を試みた。こうして得られた Luh16AB のスペクトルで J バンドにある強い吸収線 $K \text{ I } \lambda 12525$ の時間変化を調べた結果、Luh16A は先行研究と同じく時間変動をほぼ示さなかった一方で、Luh16B では 10 分ほどの間に吸収線の深さが 40% 近くも変化し、その後元に戻るといった興味深い現象が一度観測された。また他の $K \text{ I}$ や水蒸気においても、同時に吸収線の深さの変化が確認された。講演では、この新たに見つかった分スケール変動を中心に、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](#)

N24b 光度曲線の導関数を利用した接触食連星の分類

高妻 真次郎 (中京大学)

光度曲線を利用した天体の分類は重要であり、天体の性質を探るうえで基礎となる情報を分類によって得ることもできる。食連星では、光度曲線の極大・極小部の形状から分類する方法が知られている。その分類法を使うと、例えばロッシュ・ローブの状態やスペクトル型のような成分星のおおまかな物理的性質がわかる。しかし、光度曲線の形状の違いを判別することが難しい場合もあり、得られる情報も限定的なことが多い。

本研究では、光度曲線の導関数を用いて接触食連星を分類する新たな方法を考案した。食連星モデリングソフトウェア PHOEBE を使い、接触食連星のとりうるパラメータ範囲を網羅する形で 10,230 の光度曲線を合成した。合成した光度曲線の第 1 次から第 4 次導関数までを数値微分によって求め、それらの形状にみられた共通点をもとに接触食連星を 5 つのタイプに分けた。さらに、食連星において重要な 4 つのパラメータ (質量比、軌道傾斜角、充填率、食分) の統計分布を調べた結果、各タイプがとりうるパラメータ値に特定の傾向があることがわかった。つまり、我々の分類法を使えばそれら 4 つのパラメータがとりうる値の範囲も推測でき、その多くは従来の方では得られなかった情報である。さらに、従来の光度曲線のみを用いた方法と比べると、導関数を用いた本分類法は形状の違いが分かりやすく、より容易に判別・分類することもできる。講演では、用いた光度曲線サンプル、導関数の形状に基づいた分類の方法、そして分類された各タイプの持ちうる物理的性質についてくわしく報告する。

[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](#)

N25b AGB 星の OH メーカー観測による物質輸送と加速モデルの検証

中川亜紀治、松尾たま希、今井裕 (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)、坂井伸行 (NARIT)

We present results of single-dish observation of OH maser (1612/1665/1667 MHz) towards an extreme-OH/IR star NSV17351 using TNRT 40m radio telescope in Chiang Mai, Thailand. NSV17351 is a candidate of an extreme-OH/IR star showing very long pulsation period of 1122 ± 24 days (Nakagawa et al. 2023). After detection of OH maser 46 years ago, we could not find any detection of the OH masers in NSV17351. This can be interpreted that an activity of the OH maser in this star has calmed down. Interestingly, we found an acceleration in the spectrum of H₂O maser around the same star over 40 years, whose terminal velocity is comparable to that of the OH masers found in 1978. We interpret this result as indicating that H₂O gas has been accelerated to a terminal velocity and transported to the outermost region of stellar envelope. It can be predicted that the H₂O molecules in the transported gas will soon be photodissociated, and the OH maser will be brightened again. As expected, in 15 May 2024, we detected 1612 MHz OH maser (~ 400 mJy) in a TNRT 40m single-dish observation. Successful detection of the OH maser in NSV17351 can be a verification of a scenario for mass transfer and OH maser 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](#)

N26a M31 における赤色超巨星の突発的減光に関する統計的調査

米村優輝 (中央大学), 谷口大輔 (国立天文台), 坪井陽子 (中央大学)

代表的な赤色超巨星の一つであり、半規則型の変光星としても知られるベテルギウスは 2019 年 10 月から 2020 年 3 月にかけて、それまでの変光よりも突発的で大規模な減光 (大減光) を起こした。大減光の主な原因として、表面質量放出が提案されているが (Dupree et al. 2022), 詳細な原理は未解明である。本研究ではベテルギウスの大減光の理解を深めることを目的とした。とくに、大減光が赤色超巨星において普遍的な性質であるか、その頻度はどの程度かに着目し、他天体での事例について統計的な調査を行った。

我々は、M31 を対象として、Ren et al. (2021) が赤色超巨星と同定した約 3000 天体について Gaia DR3 で公開された約 3 年間分の *G* バンド光度曲線から、ベテルギウスの大減光に類似するような事例が存在するかを調べた。M31 を解析対象とした利点は、距離が縮減し光度の比較がしやすいこと、明るさの飽和を防げること、金属量が天の川銀河に近いことが挙げられる。本手法では各天体の光度曲線について、観測期間全体における等級の上位と下位との比 (横軸) と、最小値付近での等級変化 (縦軸) の関係を散布図にプロットした。その中でも縦軸や横軸が大きき値を示すイベントを抽出した。また、抽出した候補天体のライトカーブを目視で確認することで、この手法が機能しているかを確認した。

その結果、縦軸が大きき、横軸が小さな値を示す天体の中から約 200 日のタイムスケールで 1.2 等級の減光を示した事例 1 天体を発見した。これはベテルギウスの大減光 (150 日で 1.2 等級) のパラメータと類似している。ベテルギウスの大減光に類似する現象例が 3000 天体の赤色超巨星のうち少なくとも 1 例存在することが確認できたことから、このような現象は約 1 万年に 1 度の頻度で発生しう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](#)

N27a First VLBI Imaging of SiO $v = 0, J = 1 \rightarrow 0$ Masers in VY Canis Majoris

Hiroko Shinnaga, Miyako Oyadomari, Hiroshi Imai (Kagoshima University; AGARC), Tomoaki Oyama (NAOJ), Mark J. Claussen (NRAO), Masumi Shimojo (NAOJ), Satoshi Yamamoto (SO-KENDAI), Anita M.S. Richards, Sandra Etoka (Jodrell Bank CfA, University of Manchester), Malcolm Gray (National Astronomical Research Institute of Thailand), and Takeru Suzuki (University of Tokyo)

We achieved the first VLBI detections of the ground vibrational state ²⁸SiO and ²⁹SiO masers of the $J = 1 \rightarrow 0$ rotational transitions, towards the $25 M_{\odot}$ red supergiant (RSG) star, VY Canis Majoris (VY CMa), taking advantage of high sensitivity of the VLBI Exploration of Radio Astrometry (VERA) telescopes coordinating with the Nobeyama 45 m telescope. In addition, we succeeded in detecting the $J = 1 \rightarrow 0$ transition in the $v = 3$ state towards VY CMa for the first time with VLBI. The SiO $J = 1 \rightarrow 0$ maser spot in the $v = 0$ state was detected in the cross-power spectra taken with the baselines involving the Nobeyama 45 m telescope, which enabled us to perform self-calibration imaging to derive its location with respect to the brightest $v = 1$ maser spots, at an absolute positional accuracy of ~ 100 milliarcseconds (mas). This observational study demonstrates that the brightest SiO maser spot in the $v = 0$ state is compact (3 mas), yielding the extremely high brightness of 10^7 K. It indicates that the SiO $v = 0$ maser action may originate from strong shocks in the stellar wind emanating from this extreme RSG.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

N28a RAMBO I: Project introduction and first results with uGMRT

Z. Keszthelyi¹, K. Kurahara², Y. Iwata², Y. Fujii¹, H. Sakemi³, K. Takahashi^{1,4}, S. Yoshiura²
¹NAOJ, ²Mizusawa VLBI, ³Yamaguchi, ⁴SOKENDAI

Hot stars with OB spectral types have been identified to host large-scale magnetic fields. These fields are globally organised and form a magnetosphere around the star, crucially impacting its mass loss, rotation, and consequently its evolution and final fate. Despite being enigmatic objects, magnetic hot stars are much less studied in radio frequencies than in other domains of the electromagnetic spectrum. We seek to remedy this issue with a new project called “The RADio Magnetospheres of B and O Stars” (RAMBO). The main goal of the RAMBO project is to characterise radio magnetospheres, and in particular to evaluate very recent theoretical models about the origin of gyro-synchrotron and auroral cyclotron maser emission. The RAMBO project aims to bridge a critical gap in our understanding of magnetic hot stars by leveraging radio observations, contributing to the broader field of star formation and evolution. In this contribution, we will outline the project goals and discuss the first results. In particular, we will evaluate the capabilities of current observations to test the models about the origin of radio emission in hot 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](#)

N29a 連星種族合成計算で明かす Ib_n 型超新星爆発の姿

黄天銳 (東京大), 衣川智弥 (信州大), 津名大地 (Caltech/東京大), 平井遼介 (理研/Monash University), 武井勇樹 (京都大、理研)

超新星爆発の中には周囲の濃い星周物質と相互作用することで通常よりも明るく光るものが見つかり、それらは星周物質由来の狭い幅の輝線が存在する。この中でも水素の強く狭い輝線を示すものは II_n 型超新星爆発として知られており、ヘリウムの強く狭い輝線を示すものは Ib_n 型超新星爆発として知られている。これらの周囲にあった濃い星周物質は、親星が爆発直前に引き起こす大規模な質量放出によって形成されたと考えられているため、これらの超新星爆発の性質を調べることは晩期の恒星進化の様子の理解につながる。このような大規模な質量放出を引き起こすシナリオについては様々なものが提案されており、現在も議論が続けられているが、それらのシナリオは大きく 2 つに分けられる。1 つは重力を復元力として振動する波によるコアからのエネルギー輸送などの大質量星の単独星進化シナリオである。もう 1 つは大質量星と連星相互作用による質量放出の連星進化シナリオである。II_n 型超新星爆発の親星の大規模質量放出ではこれら両方のシナリオが考えられる。それに対して、ヘリウム星を伴う Ib 型超新星爆発は連星系が主な起源であると考えられているため、Ib 型超新星爆発の派生系である Ib_n 型超新星爆発も同様に連星進化シナリオが有力視されている。そこで、本研究ではヘリウム星を含む連星系の進化によって Ib_n 型超新星爆発が生じると考え、それらの種族合成計算を行った。本講演では、そこで得られた Ib_n 型超新星爆発の発生率と観測を比較した結果について報告する。加えて、この計算によって制限された Ib_n 型超新星爆発の周辺環境の様子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](#)

N30a 非球対称衝撃波ブレイクアウトの偏光

本庄亮雅, Christopher Irwin, 仏坂健太 (東京大学ビッグバン宇宙国際研究センター)

超新星爆発のショックブレイクアウト信号は、その前駆体や爆発の性質を理解するうえで非常に重要な情報を持っている。最近、非球対称な衝撃波のブレイクアウトの理論的な理解が進み、極から赤道へ向かってブレイクアウトが起こる場合、球対称の場合に比べて放射光度が暗く、継続時間が長くなることが予想されている。これに加えて、非球対称衝撃波ブレイクアウトでは初期の放射が強い偏光を示すことが自然に予想される。本講演では、非球対称衝撃波ブレイクアウトの偏光計算の準解析的な方法を紹介する。また偏光の時間発展は幾何学的に決定され、以下の普遍的な性質を持つことを示す：(1) 任意の見込み角に対して少なくとも 1 回、偏光角が 90 度回転する、(2) 見込み角が $\pi/4$ よりも小さいと複数回の 90 度回転が生じ、1 回目の回転は見込み角によらず同じタイミングで発生する。光度曲線と偏光発展が同時に得られた場合に、前駆天体の性質や衝撃波の形状などの性質がどの程度よく決定できるか議論する。また、もし多くの超新星が非球対称ブレイクアウトを伴う場合、今後観測されるブレイクアウトの約 30% で、複数回の偏光角回転が観測されると予想される。

[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](#)

N31a 特異な precursor を持つ II_n 型超新星 SN2023vbg の紫外可視赤外線観測

後藤颯太, 山中雅之, 永山貴宏 (鹿児島大学), 前田啓一, 川端美穂 (京都大学), 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

SN 2009ip-like 超新星は、高輝度青色変光星 (LBV) 由来の爆発的増光の後に起こると考えられる。超新星に先行して 10~100 日程度に亘り数等程度暗い precursor 現象が検出される例は増えてきているが、親星の正体や噴出現象との関連性は全く不明である。Zwicky Transient Facility (ZTF) によって 10 月 15 日に発見された II_n 型超新星 SN 2023vbg は、約 100 日間にわたる precursor を持つことが報告された。我々は京都大学 3.8m せいめい望遠鏡、ARIES 3.6m Devasthal Optical Telescope, IIA 2.0m Himalayan Chandra Telescope による分光観測、鹿児島大学 1m 望遠鏡による可視近赤外線観測、そして ARIES 1.3m Devasthal Fast Optical Telescope による可視光観測を実施した。データ解析は標準的な手順に従って実施した。解析には ZTF と ATLAS、Swift/UVOT の可視紫外線データも加えた。ライトカーブとスペクトルの比較から、我々はこの天体が SN 2009ip-like であることを見出した。可視光では 2 段階の特異な precursor が見られ、最初の precursor の光度は同じサブクラスに属する他天体と類似するものだったが、2 回目の precursor はそれらの天体に比べ 2 等程度明るいことが判明した。また、極大後は他の同サブクラス天体には見られない滑らかな減光を示した。H α 輝線は 2 つの速度成分を持ち、broad 成分の速度は 3000km/s 程度で他天体に比べ非常に遅いことがわかった。全体的なスペクトルの時間進化は比較的緩やかだった。これらの観測的特徴の多様性は、親星時代の質量放出率の違いによると解釈される。講演では、推定された質量放出率から星周構造や親星の正体について議論する。

[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](#)

N32a 炭素殻燃焼時の大質量赤色超巨星の動径振動と超新星爆発への示唆

鈴木昭宏, 茂山俊和 (東京大学)

大質量星が進化末期にどのような活動性を示し、どのような状態で重力崩壊を迎えるのかは、周囲への質量放出といった超新星への影響を考える上で重要である。10 太陽質量から 25-30 太陽質量程度までの初期質量で生まれた大質量星は、中心核でのヘリウム燃焼を経て赤色超巨星へと進化することが知られ、進化の最後には重力崩壊によって駆動される超新星爆発 (IIP 型超新星) を起こすと考えられている。しかしながら、観測的に確認されている IIP 型超新星の親星の光度上限は近傍星形成銀河で見つかる赤色超巨星の最大光度より暗いことが示唆され、それ以上に明るく重い赤色超巨星が重力崩壊直前にどのように観測され、どのような突発天体となるのかは不明である (赤色超巨星問題; e.g., Smartt 2009, 2015)。

本研究では、公開恒星進化シミュレーションコード MESA を用いた恒星進化計算により、大質量星の炭素燃焼以後にどのような動径振動を励起する可能性があるのかを調べた。14 太陽質量から 18 太陽質量までの初期質量の星の進化を計算した結果、より重い星は炭素殻燃焼以降に動径振動が励起されることで外層が不安定化する一方で、軽い星は赤色超巨星のまま安定的に重力崩壊へと進化することが分かった。従って、軽い赤色超巨星は典型的な IIP 型超新星として爆発することが期待されるが、重い赤色超巨星は爆発直前に動径振動によって駆動される質量放出を経験し、星周物質との衝突によって輝く超新星 (II_n 型超新星) として観測されることが考えられる。また、この違いは、IIP 型超新星親星の光度上限をうまく説明する可能性がある。講演ではシミュレーションの設定や結果をまとめ、動径振動が中心核でのどのような燃焼過程の結果として起こるのかを説明するとともに、重力崩壊直前の大質量星の質量損失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](#)

N33a XRISM/Resolve による Cassiopeia A 鉄 ejecta の 3 次元膨張構造の測定

馬場 彩 (東京大), Manan Agarwal (U. of Amsterdam), Jacco Vink (U. of Amsterdam), Paul Plucinsky (Harvard CfA), 寺田 幸功 (埼玉大), 他 XRISM/Cas A チーム

重力崩壊型超新星爆発では、standing accretion shock instability (SASI) などによる非対称膨張が鍵になるとされている。年齢が若く広帯域で明るい重力崩壊型超新星残骸 Cassiopeia A (以下 Cas A) は、非対称膨張の研究に最もよく利用されてきた。3 次元流体シミュレーションでは星周物質の非等方性による超新星残骸非対称性 (Orlando et al. 2022) や SASI の引き起こす Rayleigh-Taylor 不安定性が Ni 層を星外層まで運ぶというより小スケールの非等方性 (Wongwathanarat et al. 2015) などが示唆されている。観測的にも proper motion や画像解析などで非等方な膨張や北東部の jet 構造などが観測されている。しかし、特に progenitor 最内部に存在した鉄元素の膨張構造は系統的には調べられてこなかった。

XRISM 衛星搭載検出器 Resolve は世界で初めて拡がった天体に対しても高分光撮像観測を可能にした。我々は Resolve による Cas A マッピング観測を用いて鉄 K 輝線のドップラー偏移マップを作成した。その結果、1. 鉄イジェクタは S などより軽い元素イジェクタと同様に超新星残骸北東部で赤方偏移、南西部で青方偏移を示し膨張が bipolar 的であること、2. 北東部で特に Si, S で顕著にみられるジェット状構造部分では鉄輝線の幅が細く、ジェットは鉄イジェクタを含まない可能性が高いこと、を示した。これらの結果から、Cas A progenitor の爆発機構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](#)

N34a 超新星残骸の天球面上における分布

田邊健茲 (岡山理科大)、田邊直子 (上芳賀天文台)

超新星残骸 (SNRs) は現在までに約 300 個が見つかった。そのうち数個 (SN1006,1054,1181,1572,1604) ならびに CasA を除いてその爆発の年代は基本的に不明である。

我々は Stephenson and Green の最新のカatalogに基づいてこれら SNR の銀河座標座標ならびに赤道座標での分布の map を作成してみた。

その結果、大半の SNR は銀河面に集中しているが、若干数が 15 度以上の高銀緯にある。また赤緯が -60 度より南にかなりの数の SNR が存在している。

それらの中には 10 世紀以降の東アジアでも見逃された超新星が存在している可能性がある。10 世紀以降のアジア、特に朝鮮半島ではきわめてすぐれた新天体 (客星) の捜索が行われてきたからである。本講演ではそのような問題、ならびに missing supernovae の候補について言及する予定である。

[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](#)

N35b 可視分光モニター観測で探る Be 星の円盤構造 II

石田光宏 (横浜市立戸塚高等学校), 早川晴 (東京大学), 正木青空 (東京科学大学), 伊藤蒼, 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、円盤の物理状態の変化を調べるため、勤務校の天文台などで様々な Be 星の水素輝線等価幅や、円盤の有効温度の指標であるバルマー逓減率 (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}) の低分散分光モニター観測をしている。その結果、モニターした連星系をなす Be 星 6 天体のうち、 δ Sco と γ Cas において、 D_{34} が伴星の近星点通過前後で周期的に変動する現象を確認した (石田&藤井 2024 秋季年会)。この現象は δ Sco で 2 倍程度の変動と顕著であったが、 γ Cas では 1.2 倍程度と控えめであった。講演者は、 δ Sco の中分散分光観測データの半値幅の解析より、伴星が近星点に近づくほど、円盤の密度が増大することを報告している (石田 2023)。本研究でも γ Cas について、Be 星の中分散分光観測データが多数存在する BeSS から、近星点通過時期を含むおよそ一年分のデータを解析した。その結果、 $H\alpha$ 、 $H\beta$ 、 $\text{He I}(5876\text{\AA})$ 、 $\text{Mg I}(5167\text{\AA})$ の各輝線において、半値幅の有意な変動は確認されなかった。 γ Cas は、X 線でも明るいことが報告されており、本研究でモニターした Be 星の中では、 π Aqr も同様な報告がある。 π Aqr は、伴星の近星点通過時期に無関係に $H\alpha$ 輝線の半値幅が変動していた (石田 2023)。一方、 γ Cas、 π Aqr について、 D_{34} が過去十数年間で、長周期的な変動と予想される現象を確認した。本講演では、伴星が円盤に与える影響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](#)

N36b SN 2024iss: ショックブレイクアウト冷却期の紫外可視赤外観測

山中雅之, 永山貴宏, 堀切月葉 (鹿児島大学)

スペクトルにおいて水素とヘリウムの吸収線を示す IIb 型超新星は稀に可視光波長域でショックブレイクアウトからの冷却期が捉えられることがある。冷却期の温度進化から親星サイズを推定することが可能であるが、紫外・可視・赤外に亘る幅広い波長帯域での同時観測的分析が実施された例はまだ無い。SN 2024iss は世界時 2024 年 5 月 12 日 21 時 36 分頃に GOTO collaboration によって 14.6 等で発見された爆発直後の IIb 型超新星である。 $z=0.003$ の非常に近傍の淡い銀河に出現し、さらに増光した。我々は、同年 5 月 15 日から鹿児島大学入来観測所 1m 望遠鏡及び近赤外線 3 バンド同時撮像装置 kSIRIUS と可視 2 バンド同時撮像装置可視カメラを用いて 5 バンド同時の観測を開始した。8 夜のデータを取得し、測光解析を実施した。また、Swift 衛星紫外線カメラ UVOT のデータも 5 月 13 日から取得されており、これの解析も実施した。また、分析には同じく 5 月 13 日から取得されている Zwicky Transient Facility の可視光データも使った。得られたデータのうち、可視・紫外線においては 2 つの極大光度を示した。すなわち、これらの波長域においては第一極大の増光が捉えられた事を意味する。我々は Spectral energy distribution (SED) と擬似総放射光度を作成した。標準的 IIb 型超新星のライトカーブモデルからスケールリング則を適用させ、エジェクタの質量を 2.7 太陽質量、運動エネルギーを 0.8×10^{50} erg 程度と見積もった。SED に対して黒体放射によるフィッティングを行い、温度進化を求めた。得られた温度進化は指数関数的に減衰しており、これを Nakar & Sari(2010) のモデルでフィッティングしたところ、半径 60 太陽半径程度の大質量星由来の爆発であることが推定された。これは、冷却期を示す IIb 型に共通する Yellow hypergiant 親星の爆発シナリオに合致する。

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

N37c MGFLD と M1 を用いたニュートリノ輸送方程式の定常流における解の比較

志村威樹 (東京理科大学), 鈴木英之 (東京理科大学), 加藤ちなみ (東京理科大学)

太陽の約 8 倍以上重い星は、進化の最終段階で重力崩壊型超新星爆発を起こす。爆発の過程で停滞した衝撃波が復活し、その際に中心に残る天体が原始中性子星である。原始中性子星はニュートリノを放出することで冷えていき、加えて中性子化が進むことで中性子星へと進化していく。この一連の流れのうちに生じる超新星ニュートリノの観測を通じて、爆発の詳細なメカニズムや冷却過程の仔細を理解することができる。超新星ニュートリノの放出に関する過程のうち、原始中性子星の冷却過程を計算するコードとして鈴木 (1993) によるものがある。一般にニュートリノの輸送方程式はその高次元性により、計算コストは膨大となる。したがって、超新星ニュートリノの観測に備えた長時間の進化計算を目的とした場合には近似的に解く必要がある。鈴木によるコードでは、ニュートリノのフラックスに対して拡散近似を施した MGFLD を用いて解いている。本研究では、超新星ニュートリノのより高精度の予測を目的として、M1-closure の実装を行った。M1-closure は MGFLD と比べて原始中性子星表面近傍の輸送計算としてより精度の高い近似法である。そして原始中性子星の冷却過程のいくつかの時刻における流体分布を切り取り、それを固定した状態でのニュートリノの定常流の計算を通じて MGFLD と M1-closure の比較を行った。

[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](#)

N38a 大質量星から切り離された星周物質と相互作用する超新星の光度曲線

武井勇樹 (京都大学/東京大学/理研), 津名大地 (カリフォルニア工科大学/東京大学)

近年の突発天体探査により、星周物質と相互作用する超新星の光度曲線やスペクトルに多様性が発見されている。特に Ibn 型と分類される狭いヘリウムの輝線が強い超新星の多くは、光度曲線が数日以下の素早い立ち上がりを持ち、減衰も一般的な超新星に比べて早い。これらの特徴は、親星からの突発的な質量放出で星周物質が形成されると仮定した計算を行うことで再現された (2023 年秋季年会 N14a)。その一方で、一部の Ibn 型超新星では十日前後のゆっくりとした立ち上がりが観測されており、我々の計算では再現することができなかった。

本研究では同様に星周物質と相互作用し、遅い立ち上がりを持つ SN 2022xxf に着目した。SN 2022xxf は光度曲線に 2 つのピークを持ち、1 回目のピークから減衰後、2 回目のピークに達するまでに数十日程度の増光時間を要した Ic 型超新星である。分光観測により、このピークは親星から離れて位置する星周物質の殻と相互作用することによってできていることが分かっている。我々はこの超新星に着想を得て、この種の星周物質との相互作用によってゆっくり立ち上がる Ibn 型超新星を説明できることを示した。本講演では、オープンソースコード CHIPS を用いて行なった計算の結果について、主に殻の位置が光度曲線に与える影響の観点から議論する。

[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](#)

N39a Ibc 型超新星の副次的ピークを用いた星周物質の調査

千葉遼太郎 (国立天文台/総合研究大学院大学), 守屋亮 (国立天文台)

多くの重力崩壊型超新星は、爆発直前の恒星が大規模な質量損失を起こして形成されたと考えられる星周物質 (CSM) の中で発生することが知られている。超新星の中でも、水素外層を失った恒星が爆発して起きる Ibc 型超新星を取り囲む CSM の性質については、II 型超新星ほど詳しく調べられていない。

Ibc 型超新星が持つ CSM の性質を調べるために、我々は Ibc 型超新星の 5% 程度で観測される、光度曲線の副次的ピークに着目した。この副次的ピークは、エジェクタと CSM の相互作用に起因すると考えられている。我々は、多波長輻射流体シミュレーションコード STELLA を用いて、副次的ピークを再現する理論的な光度曲線を計算した。この結果を、副次的ピーク観測された Ibc 超新星のデータと比較することにより、Ibc 型超新星周辺に存在する CSM の性質について検討した。本講演では、得られた Ibc 型超新星の持つ CSM のパラメータ分布を紹介し、CSM を形成した親星の質量損失メカニズム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](#)

N40a 長い増光時間を持つ II 型超新星の星周物質形成機構

加藤数麻 (東北大), 津名大地 (Caltech/東京大), 茂山俊和 (東京大)

重力崩壊型超新星のうち、II 型超新星のような細い輝線が見られる超新星は、爆発寸前の核融合不安定や連星相互作用などによる大規模な質量放出で生成された濃い星周物質と噴出物の相互作用で光る (interaction-powered) と考えられている。これらの超新星爆発は、通常数十日のタイムスケールで光度がピークに達することが多いが、数百日に及ぶ長い増光時間を持つ特異な超新星爆発も観測されている。数十日の増光時間は星周物質を通過する光子の拡散時間によって説明されているが、数百日の増光時間は 100 太陽質量以上の星周物質が要求されるため、同様の説明は困難である。そこで、長い増光時間を説明する機構として、フラットな密度分布 ($\rho \propto r^{-s}, s < 1.5$) を持つ星周物質に覆われた Interaction-Powered Supernovae の解析的なモデルが提案された (Moriya, 2023)。このモデルは衝撃波面からの放射の増加が長い時間継続するため、数百日以上増光時間を説明できるが、一方でモデルが要求するような星周物質のフラットな密度分布がどのように形成されるのかは明らかにされていなかった。そこで、本研究では実際に親星から大規模な質量放出が起きた場合にできる星周物質の密度分布を数値流体計算によって求め、超新星爆発時の光度の時間変化も数値的に解くことで、長い増光時間の再現を試みた。本講演では、我々の数値計算方法について紹介し、現在までの初期成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](#)

N41a 多波長ニュートリノ天文学的アプローチによる高密度星周物質の起源解明

芦田 洋輔 (京大理), 澤田 涼 (東大宇宙線研)

近年、積極的に議論されている高密度星周物質の起源に関して、我々は arXiv:2411.09394 [astro-ph.HE] にて複数エネルギー帯でのニュートリノ観測による新しいアプローチを提案している。本研究では、重力崩壊前の星内部の元素燃焼によるニュートリノ (前兆ニュートリノ) 放出に起因して外層の重力束縛が弱化し、それに対応する質量損失が星周物質を形成するシナリオを仮定する。そして、爆発後の衝撃波が形成された星周物質と反応して TeV スケールの非熱的ニュートリノを放出する場合に、MeV スケールの前兆ニュートリノとの同時観測が可能なことを議論している。このアイデアの実践例として MeV・TeV ニュートリノ観測のための代表的な検出器 (JUNO・IceCube・Hyper-Kamiokande) を仮定し、それぞれでの予測される信号と背景事象を評価した。本研究は複数エネルギー帯でニュートリノを観測し天体物理学を行う「多波長ニュートリノ天文学」の提案となっている。本講演では、アイデアの紹介・計算結果・同時観測可能性の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](#)

N42a 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の相関調査

加藤ちなみ (東京理科大学), 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)

大質量星では、炭素燃焼が始まってから超新星爆発によって一生を終えるまでの間、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進化のダイナミクスを大きく左右する。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)。それに加えて、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、本研究では様々な初期質量の親星に対して、超新星ニュートリノと前兆ニュートリノの光度とスペクトルを計算し、それらと恒星進化及び爆発のダイナミクスにおいて重要な物理量との相関を調査する。そして、これまで超新星ニュートリノのみを用いて議論されてきた爆発のダイナミクスや恒星進化への制限を前兆ニュートリノを交えた議論へと拡張する。

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

N43a 超新星中ニュートリノにおける機械学習を用いた closure relation の構築

高橋正大 (東京大学), 原田了 (茨城高専), 森脇可奈 (東京大学), 山田章一 (早稲田大学)

昨今の機械学習の急速な進展により、多くの分野で AI が活用され新たな知見を生み出している。物理学においても例外ではなく、観測や理論の両面で様々な研究が行われている。数値シミュレーション分野では、サロゲートモデルと呼ばれる AI を利用した新しい計算手法が注目を集めている。サロゲートモデルにより、従来の数値計算に比べて計算コストの大幅な削減が期待されている。

我々は、重力崩壊型超新星爆発を対象としたサロゲートモデルの構築を進めている。重力崩壊型超新星爆発の爆発メカニズムには未解明の部分が多く残されている一方、ニュートリノ加熱メカニズムが有力な仮説の一つとして検証が進められている。この仮説の検証には、ニュートリノ輻射輸送を厳密解く必要があるが、従来の手法では膨大な計算リソースを必要とする。この問題に対し、AI を活用したサロゲートモデルを用いることで、計算コストの削減と精度の両立を目指すアプローチを検討している。このときニュートリノ輸送における Eddington tensor を closure relation として機械学習モデルで与える必要があるが、今までは同じ親星における時刻のスナップショットへの汎化に留まっていた。今回我々は LSTM と GAN を用いて、異なる質量を持つ星の Eddington tensor を従来の M1 closure 法よりも高い精度で推測することに成功した。本発表では、重力崩壊型超新星爆発におけるサロゲートモデル研究の現状を報告し、今後の課題や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](#)

N44a ボルツマン輻射流体計算による空間三次元重力崩壊型超新星計算の進展

岩上わかな (早稲田大学), 赤穂龍一郎 (早稲田大学), 原田了 (茨城高専), 長倉洋樹 (天文台), 大川博督 (青森大学), 古澤峻 (関東学院大), 松古栄夫 (KEK), 住吉光介 (沼津高専), 山田章一 (早稲田大学)

重力崩壊型超新星は大質量星が一生の最期に起こす大爆発であり、中心部に閉じ込められたニュートリノが拡散して出ていくときに、周囲の物質にエネルギーを与えることで爆発すると考えられている。しかし、その爆発メカニズムは完全に解明されてはおらず、ニュートリノ輻射輸送を適切に解くことができる数値計算法で、様々な親星モデルや状態方程式について重力崩壊から爆発までを計算し、その結果を解析する必要がある。しかしながら、ニュートリノ輻射流体計算は計算コストが高いため、近似を適用するのが一般的である。しかし、近似法を利用した数値計算の結果がどの程度正しいかは明確ではなく、近似手法の妥当性を検証する必要がある。本研究グループでは、ニュートリノ輻射輸送を第一原理に基づいて重力崩壊型超新星計算を実行し、ニュートリノ輻射輸送プロセスを詳細に解析すると共に爆発への影響を評価し、近似手法の検証および改良を目指している。これまでは空間二次元計算の結果を中心に解析が行われており、空間三次元については一般相対論を考慮しない計算でバウンス後数十 ms までの解析にとどまっていた。本講演では、ボルツマン輻射流体計算による空間三次元における重力崩壊型超新星計算の最新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](#)

N45a 超新星フォールバックの流体シミュレーション

篠田兼伍, 澤田涼, 諏訪雄大, 鈴木建 (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)

超新星におけるフォールバックは、爆発後の電磁波やニュートリノの放出源として、また超新星における中性子星やブラックホール形成やその周りの円盤形成、それに伴う発光現象の起源として考えられてきた。特に興味深いのは、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天体に落ち込む現象である。この結果、降着率は著しく増大し、中心天体である中性子星やブラックホールの質量、スピン、キック速度に影響を与えると考えられている。しかし数値計算において、従来の境界条件では逆行衝撃波が落ち込む際に非物理的な反射波が発生すると報告されている (Ertl et al., 2016; Gabler et al., 2020)。

今回、この問題を解決するために親星のコアを点源質量と薄い物質に置き換える手法 (Hirai et al. 2020) を用いて境界条件を使用しないフォールバック計算を行うことで、逆行衝撃波による影響を含めたフォールバック降着量の定量的評価に初めて成功した。より爆発エネルギーが低いか高いかで、中心天体に 2 太陽質量以上の質量変化を与えることを発見した。その結果、水素外層の束縛エネルギーと爆発エネルギーの大小関係で、中心天体への降着量が大きく異なることを発見した。束縛エネルギーの方が大きい場合、逆の場合と比べて、最終的に残る中心天体の質量が 2 太陽質量以上大きくなる。

本発表では新しく導入した手法の説明と、流体シミュレーションコード Athena++ (Stone et al. 2020) を用いた水素外層とフォールバック降着量の定量的な関係を報告する。

[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](#)

N46a ニュートリノのフレーバー不安定性を現象論的に考慮した 3次元超新星爆発シミュレーション

森寛治 (国立天文台), 滝脇知也 (国立天文台), 固武慶 (福岡大学), 堀内俊作 (バージニア工科大学)

重力崩壊型超新星を引き起こすメカニズムとして有力視されているニュートリノ加熱機構に関するこれまでの研究の多くでは、ニュートリノ振動の効果は考慮されてこなかった。一方、量子運動論方程式 (quantum kinetic equation) の理論解析に基づく近年のニュートリノ振動の研究では、ニュートリノ自己相互作用に起因するフレーバー不安定性が超新星中心付近の高密度環境において出現する可能性が示唆されている。残念ながら、量子運動論方程式と結合した流体シミュレーションを実施することは、計算量の観点からきわめて困難である。そこで本研究では、ある臨界密度をパラメータとして導入し、密度が臨界値より小さい領域でフレーバー不安定性が発生することを仮定した。さらに、フレーバー不安定性の結果としてフレーバー等分配が達成されることを仮定した。本研究ではこのような現象論的な取り扱いのもとで 3次元シミュレーションを実現することで、超新星爆発のダイナミクスに対するフレーバー不安定性のインパクトを調査した。その結果、フレーバー等分配によって反電子型ニュートリノの平均エネルギーが大きくなり、爆発エネルギーが増大することを明らかにした。また、近傍超新星イベントから到来するニュートリノや重力波信号の予言を行った。

[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](#)

N47a 重力崩壊型超新星における Sc, Ti, V の合成による爆発メカニズムへの制約

播田寛りょう太 (総研大), 富永望, 滝脇知也 (国立天文台), 吉田敬 (京都大学), 梅田秀之 (東京大学)

太陽質量の 8 倍よりも重い恒星はその一生の最期に重力崩壊型超新星爆発を起こす。しかし、その爆発メカニズムとしてニュートリノ加熱メカニズムが有力視されているものの、未だ完全には明らかとなっていない。超新星爆発に伴う爆発的元素合成は、中心に近い場所で生じるので、爆発的元素合成の結果には爆発メカニズムの痕跡が残る。そのため、我々は爆発メカニズムを理解する手がかりとして、爆発的元素合成に着目した。金属欠乏星は宇宙初期に誕生した低金属量の恒星であり、その元素組成は Pop III 星の超新星爆発による元素合成の結果を反映していると考えられている。その金属欠乏星の元素組成を再現することは、重力崩壊型超新星爆発の元素合成における一つの大きな課題である。近年の詳細な観測により、それぞれの金属欠乏星における [Sc/Fe], [Ti/Fe], [V/Fe] の間には正の相関があることが明らかとなった (Snedden et al., 2016)。その一方で、過去の元素合成シミュレーションではそれらの存在量は再現できていない (e.g., Leung et al., 2023)。

そこで、我々はまず、温度、密度、ニュートリノフラックスなどの物理量を任意のパラメータとして元素合成計算を行い、金属欠乏星における Sc, Ti, V の存在量を再現するために必要な物理条件を特定した。調べたパラメータ範囲で密度依存性はほぼ見られず、ニュートリノの総量と温度が重要であることが明らかとなった。次に、特定したそれらの物理条件が実際の爆発シミュレーションで実現するか、多次元のニュートリノ輻射流体計算と比較することにより調べた。その結果、特定した物理条件は今回計算したどのモデルにおいても実現されていないものの、回転している親星では爆発の際、最高温度が低温の物質が受けるニュートリノ照射量の分散が大きくなり、必要な条件に近づく物質があることが明らかとなった。本講演では、以上の結果を報告する。

[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](#)

N48a 重力崩壊型超新星での爆発的元素合成：重要な反応率と観測量への影響

西村 信哉 (東京大学), C. Fröhlich (ノースカロライナ州立大学), T. Rauscher (バーゼル大学)

大質量星 ($> 10M_{\odot}$) は進化の最終段階で超新星爆発を引き起こし、進化中に生成された元素 (ヘリウムから鉄族) を放出すると同時に、中心部で爆発的元素合成が進行する。爆発的元素合成で生成された大量の放射性元素は、後の化学進化への影響だけではなく、光度曲線への影響や核ガンマ線の観測など、放射性崩壊を起因とする特有の観測につながる。超新星爆発のメカニズムは依然として未解明の部分が多いが、観測データと整合する 1次元球対称の爆発モデルもこれまで提唱され一定の成功を収めている。また、爆発的元素合成には原子核実験でアクセス可能な原子核が多く、天将来の実験的研究を提案できる可能性もある。

本研究では、核反応率の不定性を考慮した元素合成計算コードを用い、超新星爆発の爆発的元素合成に適用した。具体的には、「PUSH 法」を用いて 1次元球対称モデルで爆発を人工的に再現し、 $M_{ZAMS} = 16M_{\odot}$ の親星モデルを用いて、太陽系組成および金属欠乏星の元素合成を解析した。詳細なポストプロセス計算を通じて、反応率の不定性が元素生成に与える影響を調査し、さらにモンテカルロ法を用いた解析でその影響を網羅的に評価した。前回 (2024 年春季年会 N20a) の発表に引き続き、より詳細な解析結果を具体例とともに示す。解析の結果、NSE で生成される ^{56}Ni などは反応率の不定性の影響が皆無であったが、いくつかの Ni の同位体については重要な反応率が見出された。本発表では、反応率の不定性が超新星爆発における元素合成に与える影響を示し、重要な反応率に関する結果を示す。

[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](#)

P101a ALMA と JWST が解き明かす星形成フィードバックが生み出す複雑な分子雲構造：近傍星団形成領域 Oph A 領域の詳細解析

中村文隆, 川邊良平 (国立天文台), Shuo Huang (名古屋大/国立天文台), 西合一也 (鹿児島大), 平野尚美 (台湾中央研究院), 高桑繁久 (鹿児島大), 鎌崎剛 (国立天文台) ほか

星団形成領域では、HII 領域や光解離領域 (PDR)、原始星アウトフローといった星形成フィードバックが分子雲の構造を変化させ、その後の星形成過程に大きな影響を与える。本研究では、星形成フィードバックの影響に注目し、近傍の星団形成領域 Oph A 領域の分子雲の詳細構造を調べた。用いたデータは、Oph A の $4' \times 3'$ をカバーする約 $1''$ ($\approx 10^2$ au) 分解能の ALMA mosaic データ (1.3mm 連続波、 ^{12}CO 、 ^{13}CO 、 C^{18}O $J=2-1$) と JWST データ (F470N, $4.69\mu\text{m}$ の H_2 線を含む) である。その結果、以下の 4 項目が新たに明らかになった。

(1) ALMA 1.3 mm のダスト連続波を用いて、スペクトルエネルギー分布、ガス質量、赤外線点源の有無から、褐色矮星候補天体 1 つと重力的に束縛された褐色矮星質量のコアを 4 つ同定した。赤外線点源が付随していないコアは前褐色矮星コア候補天体と考えられる。コアには ^{12}CO で顕著に見える stream 構造がつかっており、Class 0 2 重星 VLA1623A からの ejection により形成された天体かもしれない。(2) ^{12}CO と JWST イメージから、複数の若い YSO からの原始星アウトフローとその駆動源を特定した。(3) Herbig Be 型星 S1 によって駆動される HII/PDR バブル付近で強い ^{12}CO 放射が観測され、高密度領域を突き破って GSS 30 領域に噴き出すガス流も発見した。このガス流は大きな動圧を持ち、分子雲乱流の生成・維持に寄与すると予想される。(4) S1 バブル内では、磁場構造に整列した C^{18}O の縞構造を複数発見した。縞構造を横切る方向の位置速度図では準周期的な速度変動が見られ、縞構造はバブル表面 (plasma $\beta \lesssim 10^{-2}$) を伝播する MHD 波による構造の可能性がある。

[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](#)

P102a ALMA-ACA を用いた星形成極初期分子雲コアに対する ortho- H_2D^+ 輝線の観測

徳田一起 (九州大学/国立天文台), 古家健次, 相川祐理 (東京大学), 坂井南美 (理化学研究所), 大西利和 (大阪公立大学), 立松健一 (国立天文台), 立原研悟 (名古屋大学), 西合一矢 (鹿児島大学), 野崎信吾, 町田正博 (九州大学)

原始星形成直前/直後の分子雲コアを持つ特徴は、最終的に形成される星や原始惑星系円盤の性質に大きく関係している。ただし、密度が 10^6 cm^{-3} を超えると概ね自由落下時間で急速に収縮するため高密度な分子雲コアほどタイムスケールが短く、遭遇確率は減少する。またそのような高密度領域を観測する最適なトレーサーは必ずしも確立されていないが、 H_3^+ の重水素同位体は低温高密度な領域で存在度が増加することが理論的に予測されているため有望である。まとめると、星形成の極初期にある高密度ガスの特徴を明らかにするには、限られた周波数設定で高解像度に観測することが求められる。我々はおうし座分子雲コアのほぼ完全な分子雲コアカタログなどから、以下の天体を選んだ。星なしコアとして最も密度の高い L1544、ファーストコア候補である MC 35-mm、Class 0 の超低光度天体を内包する MC 27 である。分子雲コア中心部の高密度領域を星形成の開始前後の約 1-数万年単位で物理的・化学的な進化の道筋を探るための理想的な組み合わせである。これら 3 つの天体を Atacama Compact Array (7 m + Total Power (TP) Array) を用いて新たに ortho- H_2D^+ ($_{110-111}$) 輝線を観測した。達成した 7 m array のビームサイズは $\sim 4''$ (500 au 程度) で、感度は $\sim 0.1 \text{ K}$ (速度分解能 = 0.05 km s^{-1}) であった。単一鏡である TP の観測 (分解能 $18''$) では全ての天体で H_2D^+ が検出できた一方で、7 m array で検出 ($\sim 3\sigma$) できた天体は MC 35-mm のみであった。このことは H_2D^+ は星形成直前直後とも中心から数 1000 au に広がって分布する一方、ファーストコア形成前後約 1 万年以内のみ中心集中した分布が現れる可能性を示す。

[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](#)

P103a ALMA ACA による NGC 1333 の広視野・多輝線観測

深谷直史, 立原研悟, 山田麟, 出町史夏, 石川竜巳, 高山楓葉, 松月大和, 伊藤拓冬, 福井康雄 (名古屋大学), 徳田一起 (九州大学/国立天文台)

NGC 1333 は近傍 ($d = 235 \text{ pc}$) の星団形成領域であり、赤外線などの観測から 100 個以上の若い星が同定されている。NGC 1333 では約 5 km s^{-1} の速度差を持つ分子雲衝突が起こっていることが示唆され、野辺山 45m 鏡の観測から衝突によって形成されたと考えられるフィラメント状分子雲が確認されている (伊藤他 2024 年秋季年会)。さらに、ショックトレーサーである SiO (2-1, 3-2, 5-4) の観測から線幅が狭く ($\delta v \sim 1 \text{ km s}^{-1}$)、空間的に広がった SiO の放射が確認されている (Lefloch+1998)。我々は、フィラメント状分子雲の形成機構や広がった SiO 放射の起源を調べる目的で ALMA ACA による 340 arcmin², 2550 pointing の広視野観測を行なった。観測スペクトルは ^{12}CO , ^{13}CO , C^{18}O (2-1), N_2D^+ (3-2), SO (6₅-5₄), SiO (5-4), CH_3OH (4_{2,2}-3_{1,2}, 5_{1,4}-4_{2,2}) および 1.3 mm 連続波である。これまでに TP array のデータが全て届き、7m array のデータは一部届いている状況である。

SiO に加え、同じくショックトレーサーである CH_3OH (4_{2,2}-3_{1,2}), SO の TP array データでは線幅が狭く空間的に広がった放射が検出された。空間的な広がりには SO , CH_3OH , SiO の順で広く、ほとんどの放射が ^{13}CO で同定された分子雲衝突領域の範囲内に存在していた。これら 3 輝線において原始星から吹くアウトフローがある方向では線幅の広い放射 ($\delta v \gtrsim 10 \text{ km s}^{-1}$) に加え、線幅の狭い放射も混在していた。ショックトレーサー 3 輝線の線幅が狭く空間的に広がった放射は *Spitzer* 4.5 μm や ^{12}CO で見られるアウトフローの方向とは離れて存在しているものもあり、ダスト温度や ^{12}CO のピーク温度の局所的な高まりも無かった。講演ではショックトレーサーで見られる線幅が狭く、広がった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](#)

P104a 分子雲コアにおけるホスフィンの探索

古家健次 (理化学研究所), 下西隆 (新潟大学)

星形成および惑星形成領域におけるリンの存在形態、そしてリンがどのように惑星系に供給されるかは生命起源の観点からも興味深い問題である。これまでリンを含む分子として PN と PO が星形成領域で検出されてきた。一方、ホスフィン (PH_3) は星形成領域におけるリンの主要存在形態の一つであると理論的に考えられてきたが、これまで星形成および惑星形成領域での検出例はない。

そこで我々は、ALMA ACA を用いて、分子雲コア L1544 に対して PH_3 輝線の高感度観測を行った。 PH_3 輝線は検出されなかったが、気相 PH_3 存在量の上限値を制約することができた。一方、化学反応ネットワークモデル計算により、気相 PH_3 存在量と揮発性リン元素存在量 (ガスと氷に含まれるリンの存在量) との間に単純な線形関係があることがわかった。この関係を使うことで、気相 PH_3 存在量の上限値より揮発性リン存在量の上限値を求めることができる。結果として、L1544 における揮発性リン存在量はリンの宇宙存在度の 60 分の 1 以下ということが分かった。したがって、リンの大部分は難揮発性物質として存在していることが示唆される。L1544 の揮発性リン元素存在量は、彗星 67P/C-G のそれよりも小さく、これは、難揮発性リンが揮発性リンに転換される過程 (例えば降着/アウトフローショックなどによるスパッタリング) が、分子雲コアから原始太陽系円盤への進化過程で起こっ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](#)

P105a アルマ望遠鏡による謎の氷天体の分子輝線観測

下西隆 (新潟大学), 尾中敬, 左近樹 (東京大学)

本講演では、あかり衛星により発見された正体不明の氷天体に対するアルマ望遠鏡観測の結果を報告する。あかり衛星による銀河面方向の複数の領域の近・中間赤外線スリットレス分光サーベイにより、Scutum-Crux 腕方向の領域において非常に強い星間氷の吸収バンドを示す赤外線点源が 2 天体発見された (Onaka et al. 2021)。深い星間氷吸収は、埋もれた原始星やエッジオンの原始惑星系円盤、高密度分子雲の背景星などで観測されるが、発見された 2 天体はいずれも既知の星形成領域には属していない。また、2 天体ともに中間赤外線・遠赤外線エクセスを示しておらず、このような特徴は典型的な原始星のスペクトルモデルでは説明することができない。

今回我々は、これらの 2 天体に対してアルマ望遠鏡を用いた 350GHz 帯の分子輝線観測を行った。結果として、2 つの氷天体からはコンパクト (1 秒角以下) かつ線幅の広い ($8\text{--}14 \text{ km s}^{-1}$) CO(3-2) および SiO(8-7) 輝線が検出された。分子輝線強度から見積もられた気相の SiO/CO 柱密度比は、 10^{-3} 程度と非常に高く、これは原始星に付随するショック領域で観測される値と同程度である。両天体ともに $A_V \sim 100 \text{ mag}$ ほどに相当する深い星間氷およびダスト吸収を示しているものの、今回のアルマ観測ではダスト連続光は検出されなかった。これは天体のサイズの小ささに起因する大きなビーム希釈効果を示唆している。2 天体のシステム速度から見積もられる運動学的距離は、 $9\text{--}13 \text{ kpc}$ 程度である。両天体の物理・化学的特徴、すなわち (1) 深い氷・ダスト吸収、(2) 中間赤外線・遠赤外線エクセスの欠如、(3) サブミリ波放射領域の小ささ、(4) SiO が支配的な化学組成、(5) 広い線幅は、氷吸収バンドを示す既知の天体の特徴では説明することができない。これらの 2 天体は、これまでに知られていない新たなタイプの氷天体である可能性がある。

[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](#)

P106a Polaris 分子雲の分子ガス形成と質量降着過程の研究

下井倉ともみ (大妻女子大学), 土橋一仁 (東京学芸大学), 中村文隆, 谷口琴美 (国立天文台)

Polaris Flare 内の高密度領域 $60' \times 30'$ (以後 Polaris 分子雲) について、野辺山 45m 電波望遠鏡による CO 分子輝線 (^{12}CO , ^{13}CO , C^{18}O , $J=1-0$) を用いたマッピング観測を行った。Polaris 分子雲は、活発な星形成活動がなく、比較的低密度 ($\sim 10^{21} \text{ cm}^{-2}$) ながら複雑なフィラメント構造を持つ分子雲であり、分子雲形成初期段階の研究に適した天体である。

HI4PI サーベイの 21cm 線データとの比較により、HI と CO の分布に明確な逆相関を見出し、この領域で活発な分子ガス形成が進行中であることが分かった。分子形成の閾値となる柱密度は $\sim 5 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$ と求まり、この値は Orion A 分子雲などのより進化した分子雲と同程度であることが判明した。分子雲の物理状態をさらに調べるため、CO- H_2 変換係数 (X_{CO}) を解析したところ、 $0.7 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2} (\text{K km s}^{-1})^{-1}$ という太陽近傍の平均値より約 3 倍低い値が得られた。この低い X_{CO} 値は、化学モデルから推定される分子雲の若い年齢 ($10^5\text{--}10^6$ 年) とも整合的である。一方、速度構造の解析からは、分子雲中心部から伸びるフィラメント状構造において $0.5\text{--}1.5 \text{ km s}^{-1} \text{ pc}^{-1}$ の系統的な速度勾配を検出した。この運動は自由落下モデルでよく再現され、フィラメントに沿った中心領域への質量降着を示唆している。従来、このような降着運動はより高密度 ($10^{22}\text{--}10^{23} \text{ cm}^{-2}$) の分子雲でのみ検出されてきたが、本研究により低密度環境でも重力効果が重要な役割を果たすことが示唆された。

[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](#)

P107a NGC 1333 における若い星の運動から探る分子雲衝突

伊藤拓冬, 山田麟, 深谷直史, 出町史夏, 高山楓葉, 石川竜巳, 松月大和, 立原研悟, 福井康雄 (名古屋大学), 徳田一起 (九州大学/NAOJ), 佐野栄俊 (岐阜大学), 河野樹人 (名古屋市科学館)

NGC 1333 はペルセウス座分子雲中に位置する活発な小質量星形成領域で、Loren (1976) で視線速度 $3.4\text{--}7.0\text{ km s}^{-1}$ と $8.5\text{--}11.8\text{ km s}^{-1}$ の二成分の分子雲同士の衝突が提案されていることに加え、アンモニア輝線や赤外線観測などからフィラメント状分子雲の存在が報告されている (e.g., Friesen et al. 2017)。伊藤他 2024 秋季年会では、野辺山 45m 望遠鏡による一酸化炭素分子輝線の観測データを用いて若い星とフィラメントの形成機構が分子雲衝突によって説明できることを報告した。一方で付随する星の運動についての議論はいまだに行われていない。

そこで、今回は位置天文衛星 Gaia と APOGEE-2 カタログの星の分光データ (Abdurro'uf et al. 2022) を用いて若い星の固有運動と視線速度を求め、ガスの運動との比較を行った。NGC 1333 では 137 個の年齢 1 Myr 程度の若い星が同定されており (Gutermuth et al. 2008)、その中で固有運動が得られている星は 57 個、さらに視線速度が得られている星は 46 個であった。若い星のほとんどは北西方向に揃った向きで約 2 km s^{-1} で運動していること、星の視線速度はほとんどが $7\text{--}9\text{ km s}^{-1}$ に分布することが分かった。ペルセウス座分子雲が付随する膨張 H I シェルには三つの速度成分が存在し (Shimajiri et al. 2019)、そのうち二つの速度成分は衝突している二つの分子雲の速度と概ね一致している。さらに、星の固有運動の方向と反対側にシェルの中心が位置しており、視線速度は二成分の分子雲の中間の速度と一致する。以上から NGC 1333 に存在する若い星は分子雲衝突によって形成されたことを支持し、この領域での分子雲衝突が H I シェルの膨張によって駆動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](#)

P108a Weighting all the protostars in Ophiuchus

Nagayoshi Ohashi (ASIAA) and the eDisk collaboration

Mass is arguably the most fundamental quantity of a star, determining its structure, evolution, and ultimate fate. Tracing the growth of stellar mass through its earliest stages is key for (1) revealing the link between the mass distribution in molecular clouds and the resulting Initial Mass Function (IMF) of a given population of stars, (2) characterizing the mass accretion rate and its evolution, and (3) understanding what determines the fraction of molecular cloud material that is eventually incorporated into stars - the star formation efficiency. It is clear that the embedded (Class 0/I) protostellar stages play a key role in this context: these are the stages in which stars acquire more than 90% of their final mass while still associated with their parent molecular clouds. Quantifying the mass evolution of embedded protostellar stages is difficult, however, because the stars are obscured by their large-scale envelopes. The dynamical mass from the Keplerian disk motion is the only reliable method for stellar mass determination in the embedded protostar phase. We have launched a new ALMA project as a spin-off of the ALMA eDisk program to systematically determine the dynamical masses for a homogeneous sample of 25 protostars in the Ophiuchus star-forming region, whose proximity and relatively large number of protostars make it well suited to address the fundamental question of how protostars assemble their masses. One of the main goals is to investigate the relationship between protostellar mass, mass accretion rate, and disk mass based on a uniform sample of protostars in a single star-forming region. In my talk I will discuss the motivation for the program, the sample selection, and the latest status of the observations.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P109a 分子雲進化に対応した NH₃ 輝線がトレースする高密度ガスの温度変化

柴田 洋佑¹, 立原 研悟², 藤田 真司³, 山田 麟², 出町 史夏², 村瀬 建⁴, 半田 利弘, 松坂 怜⁵, 笠井 梨名¹, 今井 裕¹ (1: 鹿児島大学, 2: 名古屋大学, 3: 統計数理研究所, 4: 岐阜大学, 5: 東京大学)

銀河進化を理解するためには、星形成の場である分子雲の進化を理解する必要がある。これまで、いくつかの系外銀河における広域観測データを用いて、分子雲進化モデルが構築されている (LMC: Fukui et al. 1999, M33: Konishi et al. 2024, M74: Demachi et al. 2024)。この進化モデルでは、星形成の活発さに応じて進化が進むと仮定し、星形成をトレースする H α 光度をもとに分子雲が分類されている。しかし、H α 光度は天の川銀河の太陽円よりも内側のように、星間減光が激しい領域では適応することが難しい。また、より星間減光の影響が少ない星形成トレーサーの中間赤外線連続波放射では、視線方向に重なった分子雲の分離ができない。そこで、これらの課題の解決のため、分子雲の温度計として知られている NH₃ 分子輝線を用いる。温度情報が、星形成の影響をトレースすることは、HII 領域に付随する分子雲の観測を通じて報告されている (e.g., 竹葉他 2023 年春季年会)。

そこで本研究では、進化段階が分かっている天の川銀河の分子雲の 10 天体に対して、CO 分子輝線と NH₃ 分子輝線の分布を比較した。また、この手法の確立のため、温度マップと中間赤外線放射の付随関係を調べた。観測データは、NH₃: GBT, CO: NRO45m, 中間赤外線: MSX 21.3 μm データを使用した。その結果、中間赤外線放射の付随しない天体では、 $\sim 10\text{K}$ 程度の低温ガスが大部分を占め、放射の付随が見られるような進化の進んだ分子雲では、中間赤外線強度の強い方向で $\sim 25\text{K}$ 程度の加熱領域が見られた。特に、M17 のような激しい星形成を伴う分子雲では、 $\sim 35\text{K}$ 程度の加熱領域が見られ、進化段階に対応した温度変化が見られた。さらに、10 天体における、ピーク温度と中間赤外線のピーク強度の相関プロットを書いたところ、正の相関を示した。

[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](#)

P110a GMC 進化の駆動源としての H_I ガスの降着

山田麟、福井康雄、水野亮、立原研悟 (名古屋大学)

巨大分子雲 (GMC) の進化は Type 分類によって、主に近傍銀河の研究から経験的な理解が進んできた。すなわち Type I は H_{II} 領域が付随せず、Type II は $L_{\text{H}\alpha} < 10^{37.5} \text{ erg s}^{-1}$ の H_{II} 領域が付随し、Type III: $L_{\text{H}\alpha} > 10^{37.5} \text{ erg s}^{-1}$ の H_{II} 領域が付随すると定義され、Type I → II → III と進化すると解釈されている。定常状態を仮定すると GMC の時間尺度が 10-30 Myr 程度と導出され、この時間で GMC は質量成長しながら星形成を活性化させ、最終的に星からのフィードバックで破壊されるという進化過程を辿ると提案されている (Konishi et al. 2024; Demachi et al. 2024)。一方で、GMC がどのように形成され、質量成長するかという点は大マゼラン雲における GMC と H_{II} の三次元相関の報告 (Fukui et al. 2009) にとどまっており、未解決問題とされてきた。そこで、今回太陽円外における 177 個の分子雲を同定するとともに、分子雲周辺数十 pc に分布する H_I の分布と物理量を比較した。その結果、[I] 分子雲半径と質量は power-law でフィッティングされ、その index は 3 を超えていることから分子雲の成長には一定密度のサイズ成長だけでなく、外部からの質量の流入が必要である。[II] 分子雲は H_{II} 領域との付随の有無に関わらず H_I のエンベロープに取り囲まれており、エンベロープ質量と分子雲質量は強く相関する。[III] エンベロープの分子雲への流入を仮定したモデリングは山田他学会講演 2022 春、秋で提案した分子雲進化のタイムスケール (10-20 Myr) での質量成長を矛盾なく説明する。以上から、GMC 進化を駆動する物理過程として H_I ガスの降着を提案する。また、講演では、GMC と比べて低質量な $10^3 M_{\odot}$ の分子雲が GMC の種とな、10 Myr 程度で GMC まで H_I の降着によって成長する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](#)

P111b すばる HDS を用いた、活発な前主系列星 DG Tau A からの円盤風およびジェットの観測

Yu-Ru Chou^{1,2,3}, 高見道弘¹, S.-P. Lai², E. Whelan⁴, N.B. Otten^{4,5}, 田實 晃人⁶, 大塚雅昭⁷ 他 (¹ASIAA, ²台湾清華大学, ³MPE, ⁴Maynooth 大, ⁵ESO, ⁶国立天文台, ⁷京大)

原始星からのジェットおよび、ジェットを取り巻く広角低速風は、円盤降着による原始星成長の上で重要な役割を果たす可能性がある。特に広角風については、可視からミリ波波長にかけて精力的な観測がなされ、円盤降着に匹敵する大きな質量放出を担う可能性が近年示された。しかし駆動メカニズムなど、その詳細は明らかでない。

私たちはすばる望遠鏡の可視高分散分光装置 HDS を用い、活発な前主系列星 DG Tau A の高感度、広波長域 (4800-7500 Å)、高速度分解能 ($\Delta v = 2.5 \text{ km s}^{-1}$) の観測を行った。この進化段階において中心星はほぼ最終質量に達している一方、ダストを含むエンベロープが既に散逸しており、可視赤外波長域での星近傍の質量放出の観測に特に適する。この観測を通し、ジェット ($|v| \sim 250 \text{ km s}^{-1}$) に付随する実に 26 もの輝線の検出に成功した。このうちいくつかの [O I] および [S II] 禁制線について、広角風を含む速度の低い ($|v| < 100 \text{ km s}^{-1}$) 放射を検出することができた。輝線の空間スケールを 10-70 au 程度、観測パラメータおよび詳細な輝線解析により、広角風の質量放出率の下限値約 $10^{-8} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ を得ることができた。

低速放射成分の複雑な輝線プロファイルは、円盤風の他、ジェットと周りのガスの相互作用領域や、円盤表面のガスが放射に寄与している可能性を示す。あるいは、X-ウィンドと呼ばれる円盤風の内部相互作用、および X-ウィンドと周りのガスの相互作用により、この輝線プロファイルを説明できる可能性がある。一方で観測された空間スケール、速度および輝線光度は、円盤のより広い範囲からのウィンド理論の予測と整合しなかった。

[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](#)

P112b IC1396 HII 領域のグロビュール内における磁場が星形成プロセスに与える影響

和田羅文、佐藤欽亮、新永浩子 (鹿児島大学)

IC1396A と IC1396E は、ケフェウス OB2 Association 内の HII 領域 IC1396 の中に存在するグロビュールである。この HII 領域の電離放射源となるのは、中央付近に位置する複数の OB 型星からなる HD206267 である。各々のグロビュールがこの大質量星の電離放射により、先端部分が炙られ、円弧を描くような BRCs (bright-rimmed clouds) を形成している。IC1396A と IC1396E は、それぞれこの HD206267 に対して、東側と北側に位置している。偏光観測によるグロビュールを包含する大局的な磁場構造が報告されており、IC1396A は電離放射方向に対しほぼ垂直、IC1396E は電離放射方向に対しほぼ平行に磁場構造が広がっている (Soam et al. 2018)。また、これらのグロビュール外縁部の磁場構造は、電離放射方向に対する磁場の向きを垂直と平行とした場合の MHD シミュレーションと比較可能である。

我々は、JCMT15m サブミリ波望遠鏡を用いた $\lambda = 850 \mu\text{m}$ の偏波観測から、これら 2 つのグロビュール内の磁場構造を検出することに成功した。IC1396A については、グロビュール内の相対的な磁場強度の推定と、若い天体における進化段階の判定を行った (和田他, 2024 年秋季年会 P131a)。本講演では、サブミリ波連続波で検出した磁場構造と、同領域の輝線観測のデータを組み合わせて、より正確な磁場強度の推定について報告する。輝線観測データと併せて、グロビュールの内側と外側での磁場構造、磁場強度の比較結果、および若い星の進化段階の判定結果を踏まえ、グロビュール内で進行中の星形成プロセスにおける磁場の影響について考察する。

[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](#)

P113b ALMA 望遠鏡による天の川銀河外縁部ホットコアサーベイの初期解析結果

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 (東京大学), 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 ($Z = 0.1-0.5Z_{\odot}$)、低金属量環境下における星・惑星形成領域の物理・化学過程を探る上で適した領域の1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) に対して、分子輝線サーベイ観測を行った。ターゲットとなった14個の原始星候補天体は、近赤外線 J, H, K バンドの測光観測データと、原始星のモデル SED との比較に基づき選定された。使用された近赤外線データは、Gemini South、IRSF、UKIRT などの地上望遠鏡により取得されたものである。また、ASTE 望遠鏡により得られた天体周囲の分子雲の $\text{CO}(J=3-2)$ 輝線データ、および WISE により得られた中間赤外線データも天体選定における参考情報として使用した。観測の結果、1天体から高温・高密度ガスに付随する複雑な有機分子輝線が検出され、ホットコアであることが確認された。それに加えて、合計で5つの天体から $\text{CO}(J=3-2)$ 輝線でトレースされる原始星アウトフローを検出した。本発表では、サーベイ観測の概要及び検出された天体の物理・化学特性について初期解析結果を報告する。

[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](#)

P114b 大質量原始星 G353.273+0.641 に付随する 6.7GHz メタノールメーザーの周
期変動モニター

原尻颯太, 元木業人, 藤澤健太, 中村涼太 (山口大学), 米倉寛則, 田辺義浩 (茨城大学)

G353.273+0.641 (以降 G353) は太陽から非常に近い距離 (1.7 kpc) に位置する大質量原始星であり、降着円盤を真上から見込む face-on 円盤を持つため、降着円盤の内縁など原始星近傍現象を観測するのに適している (Motogi et al. 2016, 2019)。また、G353 の降着円盤には Class II 6.7 GHz メタノールメーザーが付随している (Motogi et al. 2017)。我々は2013年から10年以上にわたり、日立 32m 電波望遠鏡を用いて G353 の 6.7 GHz メタノールメーザーのモニター観測を行っている。光度曲線の解析から、同メーザーは 310 日程度のタイムスケールで強度変動を示していることが明らかになった。変動は概ね周期的であったが、長期間での周期の変調や周期に従わない増光なども見られた。通常メタノールメーザーの変動は種光子であるセンチ波連続波や励起に必要な赤外線光度の変動が原因となる。年齢が非常に若い G353 では顕著なセンチ波源が無く、背景種光子によってメーザーが励起されていると考えられているため、何らかの理由で赤外線量が変化している可能性が高い。一般にメタノールメーザーの周期変動の起源としては連星や周連星円盤に起因するモデルが提唱されることが多いが、G353 では現時点で連星の兆候は見つかっていない。その他の仮説として原始星の脈動不安定性 (Inayoshi et al. 2013) が挙げられる。タイムスケールから推定される星半径は理論モデルから予想される半径と概ね一致しており、もし G353 の変動性が原始星脈動に起因している場合、極めて膨張した原始星構造 (e.g., Hosokawa & Omukai 2009) をとっている可能性がある。一方、G353 は光度が低く脈動不安定性から予想される周期光度関係とは一致しない。本発表では過去の星周構造観測を考慮した上で G353 におけるメーザー周期変動の起源に関して議論する。

[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](#)

P115b 大マゼラン雲のホットコアに対する 1mm 帯ラインサーベイ

金子紘之, 下西隆, 池田達紀 (新潟大学), 坂井南美 (理化学研究所), 渡邊祥正 (芝浦工業大学), 古家健次 (東京大学)

低金属量環境下における星間物質の性質や星形成過程を理解することは、星形成活動の普遍性や宇宙の進化を探るうえで重要である。我々はこれまでに低金属量環境を持つことが知られている大マゼラン雲 ($\sim 0.4 Z_{\odot}$) に複雑な有機分子 (COMs) が含まれない特異なホットコア ST 11 を発見した (Shimonishi et al. 2016)。ST 11 の化学的特異性を解明するべく、我々は ALMA Band 7 で銀河系外ホットコアとしては初めてとなるスペクトルラインサーベイを行った。観測周波数帯は 333–364 GHz、周波数分解能は 0.976 kHz、空間分解能は $0.''4$ (0.1 pc) である。また、感度は過去の観測のおよそ 4 倍となる 0.04 K である。

解析の結果、コンパクトな連続波源 (~ 0.1 pc) から 13 分子種からの輝線と 3 本の水素再結合線を検出した。このうち、複数輝線が検出されたものは SO 、 SO_2 とその同位体置換体、 H_2CO 、 CN 、 CCH 、 NO 、 SO^+ である。他方、太陽金属量環境下の近傍ホットコアによく見られる、 CH_3OH やより大型の複雑有機分子などは検出されなかった。検出された分子は大きく分けて 2 種類の空間分布傾向がある。 SO や HCN などホットコアに付随する中心集中した分布をもつものと、アウトフローに付随すると考えられる非対称的な分布をもつものである。複数輝線を検出した分子に対し、回転解析を行ったところ、30 K 程度の低温成分と 100 K 程度の高温成分で説明できた。これらの観測事実を元に、ST 11 の化学組成が低金属量下でのみ可能なものなのかどうか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](#)

P116a Unveiling a Multiple System: Core and Disk Fragmentation in NGC 6334 I(N)

Kaho Morii (University of Tokyo), Patricio Sanhueza (Science Tokyo/NAOJ), Fernando Olguin (Kyoto University), Fumitaka Nakamura (NAOJ/University of Tokyo)

Most stars form in massive, cluster-forming regions alongside high-mass stars, and nearly 60% form in multiple systems. The mechanisms driving multiple system formation remain unclear and are thought to involve turbulent core fragmentation, disk fragmentation, or dynamical interactions.

We present high-resolution ALMA observations of a multiple system within a condensation, SMA 6, in the massive protocluster NGC 6334 I(N). SMA 6 lacks bright infrared emission ($<24 \mu\text{m}$) and centimeter continuum but shows strong submillimeter emission and complex organic molecules. With an estimated bolometric luminosity of $\sim 2.1 \times 10^2 L_{\odot}$ and a core mass of $\sim 15 M_{\odot}$, it also hosts a 44 GHz Class I CH_3OH maser and a $3.5 \mu\text{m}$ infrared source south of the continuum peak, consistent with a blue-shifted outflow lobe.

ALMA observations ($0.''02$ resolution; 26 au at 1.3 kpc) reveal at least four fragments within SMA 6: SMA 6a, SMA 6b (85 au from SMA 6a), SMA 6c (370 au), and SMA 6d (500 au). The system exhibits a large CO outflow with a wide-opening blue-shifted lobe and a collimated red-shifted lobe. A velocity gradient perpendicular to the outflow axis is seen within the condensation enclosing SMA 6a and SMA 6b, while moment 1 maps show internal gradients in both fragments with aligned axes. The systemic velocity difference ($\sim 2 \text{ km s}^{-1}$) and separations between SMA 6a/b and SMA 6c imply that the core fragmentation formed SMA 6a/b, SMA 6c, and SMA 6d, while the close pair SMA 6a and SMA 6b likely resulted from additional disk 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](#)

P117a 強磁場の分子雲から形成されるフィラメント状分子雲と分子雲コア

工藤哲洋 (長崎大), 山口拓海 (長崎大), 大浦琢人 (長崎大)

強い磁場中の分子雲から、超音速流と両極性拡散によって磁場を貫くフィラメント状分子雲が形成され、それが自己重力不安定によって分裂し、コアが形成されるという仮説のもと、磁気流体力学シミュレーションを行った。

私たちの仮説では、まず強い磁場に沿った方向に星間ガスが集積し、磁場に垂直な方向にゆるやかに広がる薄い分子雲が形成されると仮定する (このとき、分子雲は磁氣的に亜臨界である)。その後、外的要因によって分子雲に大規模な超音速流が生じ、分子雲が圧縮される。圧縮が強まると、両極性拡散の時間が短くなり、磁場が排出されることで、周囲より密度が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は、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するモデルで考える。

両極性拡散の大きさを変化させた計算の結果、二通りの道筋が確認された。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、磁氣的にはば超臨界なフィラメントが形成された。この超臨界な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標準的な値よりやや小さい場合、フィラメントから磁場が十分に排出されず、磁氣的に亜臨界なフィラメントが形成された。それでも、自己重力による分裂が始まり (Hanawa, Kudoh, & Tomisaka 2017)、フィラメントに沿った方向に収縮して高密度のコアを形成した。このコア内では、フィラメントと磁場の両方に垂直な方向には一度膨張が起こるが、その後、時間の経過とともにコア中心部で両極性拡散が働き、重力収縮へと転じることがわかった。

[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](#)

P118a 強く磁化したフィラメント状分子雲で形成されるコアの物理的性質

三杉佳明 (国立天文台)、犬塚修一郎 (名古屋大学)、Doris Arzoumanian (国立天文台)

Herschel 宇宙望遠鏡らの観測により、多くの分子雲コアはフィラメント状分子雲から形成されることが明らかになった。そのため、フィラメント状分子雲から形成されるコアの物理的性質を理解することは極めて重要である。我々はこれまで三次元磁気流体シミュレーションを用いてコアの角運動量進化について調べてきた。しかしながら、これまでの我々の研究では、磁場強度は最大で $10 \mu\text{G}$ とフィラメントで観測されている平均的な磁場強度よりやや小さな値を採用してきた。

そこで本研究では、より強い磁場強度の場合のコアの物理的性質について調べた。その結果、強い磁場の場合、1 太陽質量程度のコアは初期の角運動量のほとんどを失うことがわかった。また、コアを貫く磁場の向きと回転軸のなす角の分布は強磁場の場合でも終状態でランダムになることがわかった。より詳細な解析の結果、コアの進化段階において回転軸は磁場との整列を経験しているが、その後も回転軸は振動するため、ある時刻で角度の分布はランダムに見えることが明らかになった。また、強磁場の場合、弱い磁場の結果に比べてフィラメントの長軸に垂直に回転しているコアの数も減少することがわかった。本講演ではこれらの結果に加え、その他の統計的性質について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](#)

P119a 大質量星による輻射フィードバック過程の多次元輻射流体シミュレーション

小林康大, 犬塚修一郎 (名古屋大学)

近年 JWST によって、銀河円盤に数 pc から数 kpc の大きさに及ぶバブル構造が観測された。このバブル構造の起源としては、超新星残骸や膨張する HII 領域が考えられる。この後者については、超新星爆発以前の星周物質の構造に大きな影響を与え、さらなる星形成活動を阻害する役割をもっていると考えられる (Inutsuka et al. 2015)。そのため、バブル構造の形成には超新星爆発だけでなく星からのフィードバックを考慮する必要がある。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 領域の膨張には周辺ガスの密度構造が大きな影響を与えるため、バブル構造を考える際には多次元的なガスの分布を考えることが重要である。そこで本研究では、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多次元での輻射流体シミュレーションを高速に遂行するための種々の開発を行った。テスト計算では、高精度の球対称 1 次元計算の結果と詳細に比較して、良い一致を確認できた。また、より現実的な環境における場合の予備的な計算結果から HII 領域の膨張によるフィードバック効率について議論する。

[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](#)

P120a ハブ-フィラメント系の形成・進化の輻射磁気流体シミュレーション

安部大晟 (東北大), 富田賢吾 (東北大), 岩崎一成 (NAOJ), Jeong-Gyu Kim (KIAS), 井上剛志 (甲南大)

星はフィラメント状分子雲で誕生し、中でも大質量星はほぼ全て「ハブ-フィラメント系」で誕生することがわかっている (Kumar et al., 2020)。ここでハブ-フィラメント系とはフィラメントが複数本繋がっている構造であり、フィラメントの交点に対応する領域をハブと呼ぶ。この最新観測結果を背景に新たな大質量星形成シナリオの潮流が誕生しつつある。ハブ-フィラメント系にはフィラメントに沿った強いガス降着がある。これは星周円盤の重力分裂を誘発し、大質量連星形成が起こると期待される。また星形成効率 (ガスの総質量のうち星に転換される割合) は小さいことが観測からわかっておりこれをどのように実現するかが議論されている。ハブ-フィラメント系ではフィラメントがハブに落ち込み大質量星形成を起こしつつ、大質量星からの輻射フィードバックにより薄いガスを雲散霧消することで星形成効率を低く抑えることが期待される。大質量連星形成過程と低い星形成効率の起源を明らかにするためには環境から分裂の起こる円盤まで一貫して調べなければならず、ハブ-フィラメント系の形成・進化の理解はこれを一網打尽に解くが、ハブ-フィラメント系の起源はよくわかっていない。

フィラメント形成は分子雲を衝撃波圧縮することによって誘発される (e.g., Pineda et al. 2023)。本研究ではハブ-フィラメント系の起源を、輻射フィードバックを実装した Athena++ (Stone et al. 2020; Tomida & Stone 2023) による輻射 MHD シミュレーションを用いて、分子雲の衝撃波圧縮シミュレーションにより解明することを目指す。結果として、衝撃波圧縮層の自由落下時間以上もの長い間圧縮し続けられればフィラメントの重力合体が起こりハブが形成されることが分かった。輻射フィードバックによるハブの進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](#)

P121a 磁気流体計算とトレーサー粒子で迫る分子雲形成期の化学進化過程

小道雄斗, 相川祐理, 古家健次 (東京大学), 岩崎一成 (国立天文台)

近年有力視されている分子雲形成プロセスとして、星間衝撃波による原子ガスの圧縮が挙げられる (e.g. Inutsuka et al. 2015)。当該過程は、フィラメント形成など分子雲の様々な物理的性質を説明することが出来る。一方、分子雲の観測は CO を始めとした多様な分子の輝線・吸収線観測を用いて行われてきた (e.g. Snow et al. 2006, Barnes et al. 2020)。当該過程により形成される分子雲と実際に観測されている分子雲との整合性を検証するためには、衝撃波圧縮過程における星間ガスの化学組成進化を調べる必要がある。

我々は、これまでに衝撃波圧縮層を形成する一次元平均流に沿って化学反応ネットワーク計算を行うことで、効率の良い圧縮を経験した星間ガスの化学組成は translucent cloud の観測と整合的であることを示した (Komichi et al. 2024)。しかし、これまでの多次元磁気流体計算により、衝撃波圧縮層は多相乱流に伴う複雑な物理構造を持つことが分かっている (e.g. Inoue et al. 2012, Iwasaki et al. 2019)。電波で観測されている様々な分子種の時間発展をこのような多次元磁気流体計算と同時に解くことは、現状の計算資源では困難である。

そこで我々は、局所的な速度場に沿って運動するトレーサー粒子を含めた 3 次元磁気流体計算と、そのポストプロセスとしてトレーサー粒子の軌跡に沿った化学反応ネットワーク計算を行うことで、分子の存在度の空間分布を調べている。その結果、水素分子存在度は流体素片の過去の密度履歴によって決まり、水素分子との化学反応により生成する炭化水素 (e.g. CH, CCH) の存在量は水素分子存在度を反映している可能性があることが分かった。本講演では、上記の結果について報告すると共に、観測的可視化に向けた取り組みや、化学組成進化の非平衡性に関する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](#)

P122a コアの衝突・合体の数値シミュレーションで探るコア成長と星形成の誘発

吉野碧斗 (東京大学), 中村文隆 (国立天文台)

星は分子雲中の高密度コアから誕生する。最近の理論・観測的研究から、星形成に至る過程でコア質量が増加(コア成長)する可能性が支持されている(e.g., Pelkonen et al. 2021; Yano et al. 2024)。

Herschel Gould Belt サーベイのコアカタログを用いて、近傍の星形成領域 Lupus I, Ophiuchus, Corona Australis におけるコアの Bonnor-Ebert 質量比 ($\alpha_{BE} = M_{core}/M_{BE,cr}$) の分布を調査したところ、 α_{BE} の中央値は $\alpha_{BE} \approx 0.1$ であり、大半のコアが $\alpha_{BE} < 1$ の重力的に安定なコアであることが明らかになった。そのようなコアから星を形成するには、コア衝突のような外部要因が必要である。

本研究では、ENZO/AMR 法と Sink Particle を用いた 3 次元流体シミュレーションを用いて、コア衝突によるコア成長および星形成の誘発過程に関するパラメータサーチを実施した。シミュレーション結果は、コアの α_{BE} 、衝突速度、インパクトパラメータによって分類することができる。今回のパラメータサーチでは、 $\alpha_{BE} \approx 0.1$ の重力的に安定なコア(近傍領域の典型的なコア)が音速速度(分子雲乱流から予想される平均速度)で衝突した場合でも、コアが破壊されることなく、合体して質量の大きなコアに成長することが明らかになった。また、 $\alpha_{BE} \approx 0.25$ の軽いコア同士の衝突では、衝突圧縮によって 1 つの星(Sink Particle)の形成に至ることも示された。つまり、軽いコア同士の衝突であっても星形成に十分寄与する可能性がある。

さらに、コア衝突は短時間で多くの質量を獲得できるうえ、原始星周囲に非対称な構造を形成しやすい特徴を持つ。このような非対称構造は、高分解能観測でしばしば発見される streamer 構造の形成にもコア衝突が重要な役割を果た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](#)

P123a ポリトロープガス雲における連星の種の成長過程

松永拓巳, 森井健翔, 釣部通 (茨城大学)

連星の形成シナリオとして、連星の種へのガスエンベロープの降着によるものがある。分子雲コアの重力収縮の結果、連星の種が形成され、残されたガスエンベロープが降着し、連星の種が質量を増やしていく。周囲のガスの質量は、形成時の連星の種の質量よりも非常に大きいため、連星の種に降着するガスが、最終的に形成される連星の質量比や連星間距離などを決めると考えられる。連星の形成過程を理解するためには、連星の種にガスが降着する段階を物理的に理解する必要がある。初期の分子雲コアが持つ角運動量の分布は様々であると期待される。また、降着におけるガス雲の熱的進化も等温状態以外の場合も考えられる。本研究では、様々な角運動量分布における連星の成長過程を $\gamma = 1.1$ のポリトロープガス雲について調べる。比角運動量の内部全質量に対する依存性が $j \propto M_p^\delta$ の場合について、3次元 SPH 法による数値計算を行った。

上記の角運動量分布を持つガス雲の降着を、連星の軌道進化と自己重力を考慮して計算した。その結果、連星の質量や角運動量、連星間距離はエンベロープからのガス降着によって増加することがわかった。また、連星の外側にスパイラル状の周連星円盤が形成され、連星とともに成長した。角運動量分布のべき指数 δ について 3 通りの計算をしたところ、 $\delta = 8/7$ の場合に、進化が自己相似的になることがわかった。この特徴的な δ の値と γ の関係式を導いた。この関係が満たされる場合、連星間距離は時間のべき乗で増加し、Yahil (1983) の自己相似解と同じスケールリング則に従った。一方、連星間距離は連星質量に対しては、 δ を用いたべき乗のスケールリング則に従った。発表では、流体計算の結果を報告するとともに、連星成長の角運動量分布依存性や γ 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](#)

P124b GPU 上で動く AMR 法による自己重力流体コードの開発

福島肇 (筑波大学), 松本倫明 (法政大学)

近年、多くのスーパーコンピュータが演算加速装置として Graphics processing unit(GPU) を搭載するようになり、主流の一つとなりつつある。一方、GPU 上で計算を行うためには、計算コードの中で並列計算を実施する部分を GPU 専用のコードへと書き換える必要がある。このため、既存の CPU 用のコードについても、GPU 上で計算するためにはコード全体の改訂が必要となる。特に、星形成の研究で使用される計算コードは、(磁気)流体だけではなく、自己重力や化学反応、輻射輸送といった様々な効果を考慮したものとなっており、全ての部分の計算コードの改訂が必要であることから、世界的にみても GPU への対応は現状あまり進んでいない。

このような状況に対応するために本研究では、星形成研究についてのシミュレーションを GPU 上で実行可能な、適合格子細分化(AMR)法を採用した自己重力流体計算コードの開発を行っている。このコードは、AMR 法を採用した自己重力磁気流体コードである SFUMATO(Matsumoto 2007) を礎に設計したものである。GPU に対応するために、例えばストリームによる計算タスクの管理や、計算サイズにより格子点の情報を CPU と GPU どちらに置か選択できるようにするなど、GPU を搭載した計算機特有の機能への対応も行っている。すでに、流体と自己重力、そしてシンク粒子についての実装は完了している。講演では、計算コードの設計について説明した後に、現在開発を行っている非平衡化学や輻射輸送計算についての開発の進捗状況、テスト計算として実施している巨大分子雲中での星団形成シミュレーション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](#)

P125b 3次元磁気流体数値計算で探る原始星への質量降着過程の定量的評価

野崎信吾 (九州大学), 福島肇 (筑波大学), 徳田一起 (九州大学/国立天文台), 町田正博 (九州大学)

分子雲コアは、星が誕生する高密度ガス領域であり、星形成の最小単位と考えられている。観測では、高密度ガス塊として分子雲コアを同定することは可能であるが、星が質量を獲得する領域 (以降、星の質量供給領域と呼ぶ) を詳細に調べることは困難である。そこで、我々は、トレーサー粒子を実装した3次元流体数値シミュレーションを実施し、星の質量供給領域としての星形成分子雲コアは、観測で同定される高密度領域と一致するとは限らず、より外側まで広がっている可能性を示した (2024 年秋季年会 P127a)。ただし、理論的には星形成フィラメントの形成に磁場が密接に関与しており、観測的にもフィラメントと垂直方向の磁場が見つかった。そのため、磁場を考慮した数値シミュレーションを実施し、質量供給領域から原始星への降着過程を定量的に評価することが、様々な質量の星の形成過程を理解する上で重要である。

本研究では、トレーサー粒子を実装した SFUMATO コード (Matsumoto et al. 2015; Fukushima & Yajima 2022) を用いて、pc スケールの複数の原始星形成に関する3次元磁気流体数値シミュレーションを実施した。原始星に落下したトレーサー粒子に基づいて、星の質量供給領域としての星形成分子雲コアを同定するとともに、トレーサー粒子が持つ各タイムステップでの物理量の時間進化を解析した。これらの解析により、磁場を考慮した星形成領域内で、様々な質量の原始星に落下するガスの詳細な降着過程を定量的に評価することが可能となる。結果として、同定した原始星形成直後の星形成分子雲コアの質量が大きいほど、比較的希薄なガスの寄与が大きいたことが明らかとなった。これらの結果に加え、講演では、異なる初期乱流場での星形成分子雲コアの質量降着過程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](#)

P126b 磁場に貫かれたフィラメント状分子雲同士の衝突進化シミュレーション IV. 斜め衝突により形成された圧縮雲の不安定条件

柏木 頼我 (国立天文台), 岩崎 一成 (国立天文台/総研大), 富阪 幸治 (国立天文台)

主に星はフィラメント状分子雲内で誕生すると考えられる (e.g. André et al. 2010, 2014)。近年、ハブと呼ばれる複数のフィラメントが重なりあった構造内で星団や大質量星を含む活発な星形成活動が示唆されている (e.g. Nakamura et al. 2014; Kumar et al. 2020)。そのため、このハブ-フィラメント構造の形成進化過程を理解することが星団、大質量星形成過程の解明に重要であるが、その全貌は未だ未解明である。そこで我々はこの構造の形成機構としてフィラメント同士の衝突に注目し、それを再現する理想磁気流体シミュレーションに取り組んできた (Kashiwagi et al. 2023, 2024)。これまでは、磁場に貫かれた無限長の等温フィラメント同士の平行衝突と直交衝突の場合について調査してきたが、今回は有限長フィラメントを用いて、フィラメント長軸のなす角度 θ を変更した”斜め衝突”について三次元理想磁気流体計算をおこなった。その結果、なす角度が直交 ($\theta = \pi/2$) から平行 ($\theta = 0$) になるにつれ圧縮雲は崩壊しやすくなる傾向を得た。これに加えて、衝突により形成された圧縮雲の不安定性は、直交衝突の場合と同様に、圧縮雲のエネルギーバランスで説明可能であることがわかった。つまり、フィラメント同士の衝突完了直後の圧縮雲に含まれる重力エネルギーの絶対値がその他の運動、熱、磁気エネルギーの合計よりも大きければその後崩壊モードを示す。一方で、重力エネルギーがその他のエネルギーの合計よりも小さい場合、膨張モードを示すことがわかった。以上のことから、崩壊から膨張モードに転じる条件を求め、斜め衝突における衝突箇所の不安定条件について明らかにした。

[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](#)

P127a 2体相関関数に注目したオリオン領域の星形成解析

西亮一, 石倉来実 (新潟大学)

銀河系における星形成の主要部分は、巨大分子雲において集団的に起きている。集団的に形成した星の大半は星団として生き残ることはなく、OB アソシエーションを形成したのち、小質量星はフィールド星になっていくと考えられる。我々は ESA によって打ち上げられた位置天文観測機 Gaia のデータを用いて解析を行うことにより、OB アソシエーションの構造と進化の研究を行っている。

本講演では、Gaia DR3 を用いて行った Orion OB1 領域の若い星について2体相関関数に注目して解析した結果について報告する。Orion OB1 は 400pc 程度の距離にあり、最も近傍に存在する巨大分子雲に付随した OB アソシエーションである。この OB アソシエーションは天球面上の位置により a, b, c, d と分けられていたが、Gaia を用いた3次元構造解析により、北部 (a+b) の near と far および南部 (c+d, Orion A GMC 周辺) の3領域に分かれていることがわかった。それらの領域について星の年齢別に2体相関関数を求め、若い星の分布の進化を調べた。その結果、巨大分子雲が付随する北部の far および南部では、星の年齢による明確な進化が明らかになった。これは、個々の星形成領域で形成された星が全体としての OB アソシエーションに広がっていく過程と考えられる。

[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](#)

P128a Gaia DR3 と APOGEE-2 を用いた Orion OB1 association の解析

富井耀, 西亮一 (新潟大学)

銀河系で起こる主要な星形成の 1 つに、巨大分子雲での集団的星形成がある。集団的星形成では小質量星から大質量星まで誕生し、これらは OB association を形成するが、小質量星はいずれ散逸して銀河系に普遍的に存在するフィールド星になると考えられている。そのため、OB association の 3 次元空間および速度空間における分布とその進化過程を研究することは、銀河系の星形成や進化を理解するうえで重要である。

本講演では、Gaia DR3 および APOGEE-2 のデータを用いた Orion OB1 association の解析結果について紹介する。Orion OB1 association は太陽系から約 400pc と比較的近傍に位置し、巨大分子雲との関連がみられる若い星の集団である。HR 図や固有運動を利用して Orion OB1 association のメンバーを選択し、それらをサブグループおよび年齢ごとに分け、トレースバックによる膨張傾向の調査を 2 次元で行った。位置-速度図から求めた膨張のタイムスケールとの比較も行った。分子雲がすでに散逸していると思われる北部領域の手前側では膨張傾向を有意に示したが、南部領域の Orion A 巨大分子雲の北側部分周辺では有意な膨張を示すことはできなかった。また、3 次元解析の結果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](#)

P129a 巨大分子雲複合体 RCW 106 のミニ・スターバーストの起源

河野樹人 (名古屋市科学館), 山田麟, 出町史夏, 伊藤拓冬, 立原研悟, 山本宏昭, 早川貴敬, 福井康雄 (名古屋大), 佐野栄俊, 柘植紀節 (岐阜大), 徳田一起 (九州大/国立天文台), 西村淳 (国立天文台野辺山), 藤田真司 (統計数理研究所), 榎谷玲依 (九州産業大), 小林将人 (ケルン大), 羽部朝男 (北海道大)

RCW 106 は、太陽系から距離 3.6 kpc の銀河面 ($l \sim 333^\circ$) に位置し、ミニ・スターバーストと呼ばれる激しい星形成活動を伴う巨大分子雲複合体である。我々は、天の川銀河におけるミニ・スターバーストの起源を解明するため、RCW 106 の分子雲データの解析を行った。解析には、名古屋大学の NANTEN2 4m 電波望遠鏡による $^{12}\text{CO } J=1-0$ の広域観測データと、オーストラリアにある Mopra 電波望遠鏡による ^{12}CO , $^{13}\text{CO } J=1-0$ の観測データを用いた。RCW 106 には、先行研究 Nguyen et al. (2015) によって報告された -68 km s^{-1} と -50 km s^{-1} の 2 つの視線速度を持つ分子雲が含まれている。我々は、さらに巨大分子雲複合体内部の大質量星形成を伴う RCW 106 East と West 領域に着目したところ、これらの 2 領域それぞれで、 $\sim 10 \text{ km s}^{-1}$ の速度差を持つ 3 つの速度成分を発見した。分子雲の柱密度の最大値は $\sim 3 \times 10^{23} \text{ cm}^{-2}$ であり、分子ガス質量は、 $\sim 10^5\text{--}10^6 M_\odot$ であった。また位置速度図を作成すると、これらの分子雲は速度空間で、互いに接続した構造を持つことがわかった。さらにハーシェル宇宙望遠鏡による遠赤外線 160 μm の公開データと比較したところ、分子雲のピークが赤外線ダスト放射とも対応していることがわかった。したがって、 $\sim 10 \text{ km s}^{-1}$ の速度差を持つ分子雲が巨大分子雲内部の星形成領域に付随している可能性が高い。我々は、これらの解析結果に基づいて、RCW 106 巨大分子雲複合体内部でのミニ・スターバーストの起源として、天の川銀河のたて座-ケンタウルス座腕において、分子ガスが集積したことによる超音速の分子雲衝突が大規模な星形成を誘発したシナリオを提案し議論する。

[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](#)

P130a ホットコア化学の解明に向けたメタノール安定同位体種の分子分光測定

坂井南美, 小山貴裕 (理研), 渡邊祥正 (芝浦工大/理研), 酒井剛 (電通大), 他 SUMIRE メンバー

はやぶさ 2 などによる始原小惑星からのサンプルリターンにより、生命関連の有機分子が星・惑星形成過程で自然に生成されることが明らかとなり、その起源の解明が求められている。特に、原始惑星系円盤が多様な化学組成をもつことが分かってきた今、太陽系始原環境をその中で特定することは、宇宙における太陽系の存在価値の理解につながる重要な課題である。それを解決する鍵は、有機分子の同位体比にある。分子における安定同位体 (D , ^{13}C , ^{17}O , ^{18}O など) の比率はその分子の生成環境や反応過程を反映するため、分子によって、また、天体によっても系統的に異なるからである。ではなぜこれまで、同位体種を指標として有機分子の来歴を調べる研究がそれほど進まなかったのか。最大の理由は、観測に必要な分子分光情報が不十分だからである。特に、 CH_3OH のような有機分子の分光学的性質は、柔らかい内部構造のために特に同位体種では複雑で、その重要性に反して十分な研究がなされていない。そこで我々は、アルマ望遠鏡で用いられている電波観測用の高感度超伝導受信機を実験室分子分光に用いる独自のアイディアで、放射型ミリ波サブミリ波分光計 (SUMIRE) を開発し、この問題に正面から取り組んでいる。例えば、ホットコアやホットコリノ (原始星近傍の暖かくて有機分子に富む領域) を高感度観測すると、line forest と呼ばれるほどたくさんのスペクトル線が検出される。多くは未同定線であるが、それらの多くが CH_3OH などの有機分子およびその同位体種によるものであることがわかった。有機分子同位体種の分光測定は、星形成領域における有機分子生成過程の研究のみならず、新分子を探す際に必須の基盤的知見と言える。講演では、SUMIRE で取得した様々な分子のスペクトル線を示すとともに、メタノール主要同位体種の $^{12}\text{CH}_3^{16}\text{OH}$ であっても分子分光測定が極めて重要であることがわかったため、それについて報告する。

[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](#)

P131a 統計平衡計算による重水素濃縮度導出に向けた H₂CO および HCOOH 輝線の圧力幅測定

小山 貴裕 (理研), Alberto M. Farto, Ian Sims (レンヌ大), 坂井 南美 (理研), 他 AstroCOMs メンバー

星間分子雲は一般に密度が低いと、熱浴となる H₂ 分子や He 原子との衝突頻度に比べて分子の放射寿命が短い同程度であることが多く、分子の回転準位の占有度は一般に熱平衡にならない。そのため、観測された分子種の存在量を正確に求めるには、衝突による励起・脱励起と分子の放射・吸収をバランスさせて各回転準位の占有度を計算する必要がある (統計平衡計算)。そのためには「準位から準位への」衝突励起レートが必要で、H₂ と当該分子との相互作用ポテンシャルから求められる。その計算は多大な労力を必要とするが、分子雲で観測される基本的分子 (CO や H₂CO) については求められており、LAMDA などのデータベースで公開されている。一方で、整備されていない分子種として近年着目されているのが、それらの同位体置換種である。なかでも、H₂CO や HCOOH の重水素同位体種 HDCO や DCOOH、HCOOD の存在量の正確な値の導出は、有機分子の重水素濃縮度を介して太陽系有機物質の来歴を調べる有力な手掛かりとなるため、極めて重要な課題である。たとえば、H₂CO に対しては統計平衡計算により存在量や温度・密度を正確に見積もれるが、HDCO は衝突励起レートが知られておらず、局所熱平衡を仮定せざるを得ない。このことが正確な HDCO/H₂CO 比を求める上で大きな障害となっている。非対称同位体置換種の衝突励起係数の理論計算は、現代の量子化学計算手法でも容易ではない。そこで我々は、計算のベンチマークとなるような非対称同位体置換種の回転遷移スペクトル線の衝突幅 (圧力幅) の実験室測定を計画している。本講演では、放射型分子分光計 SUMIRE を用いて予備実験として測定した H₂CO および HCOOH の圧力幅について報告するとともに、今後の展望を議論する。

[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](#)

P132a 炭素同位体異性体比から探る複雑な有機分子の生成過程

一村 亮太 (国立天文台/総合研究大学院大学), 野村 英子 (国立天文台), 古家 健次 (理化学研究所)

高分解能・高感度の観測により、星・惑星系形成領域には複雑な有機分子 (Complex Organic Molecules; COMs) が検出されている。COMs は星・惑星系形成領域において、より小さな分子 (e.g., CO) から星間塵表面の反応によって生成されると考えられているが、その反応過程はわかっていない点も多い。この生成過程を調べるため、本研究では炭素同位体比 (¹²C/¹³C 比) に着目した。星・惑星系形成領域の観測では、有機分子中の ¹³C の位置に応じて分子存在量が異なることがわかっている。従って、同位体異性体間の炭素同位体比の違いをもとに、分子の生成過程に制限を与えられる可能性がある。本研究では分子内の ¹³C の配置 (同位体異性体; ¹³CH₃CHO と CH₃¹³CHO など) を考慮した反応ネットワークを開発し、COMs の炭素同位体と塵表面反応を含む化学反応ネットワークモデルを用いて、星形成前から原始星形成段階までの ¹²C/¹³C 比の進化を調べ、COMs の生成過程に制約を与えることを試みた。これまでの反応ネットワークモデルでは、複数の炭素原子を含む分子が生成される場合でも、炭素同位体の位置の違いを区別していなかった。しかしながら、星間塵表面で起こるラジカル同士の反応のように不対電子同士が新しい結合を作り熱力学的に安定化する反応では、2つの反応物の炭素同位体比の違いが、生成物の異なる官能基中の炭素同位体比に反映されると考えられる。実際、星形成後の 40K 程度の暖かい環境の星間塵表面で主に生成される複雑な有機分子は炭素同位体異性体間で ¹²C/¹³C 比が異なることがわかった (e.g., C₂H₅OH / ¹³C¹²CH₅OH = 93, C₂H₅OH / ¹²C¹³CH₅OH = 57)。本講演では、計算結果と観測との比較について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](#)

P133a 深層学習を用いた赤外線リング構造の検出

西本晋平, 大西利和 (大阪公立大学), 藤田真司 (統計数理研究所), 西村淳 (NAOJ), 徳田一起 (九州大学), 川西康友 (理化学研究所), 鳥尻芳人 (九州共立大学), 宮本 祐介 (福井工業大), 金子紘之 (新潟大学), 伊藤篤史 (核融合科学研究所), 井上剛志 (甲南大学), FUGIN AI チーム

近年の赤外線での高解像度観測は、大質量星が形成する若い H II 領域に対応する、いわゆる “Spitzer Bubble” や超新星爆発などの高エネルギー現象により形成される巨大なシェル状構造等で、銀河全体が密に埋め尽くされていることを明らかにした。特に、Spitzer Bubble は大質量星形成メカニズムの理解の研究によく用いられ、大質量星のフィードバック効果と関連付けられてきた。しかし、その形成メカニズムについては議論が続いており、分子雲衝突のように大質量星形成の直接的な引き金を捉えていることを示唆する領域も多数存在する。このメカニズム解明の有効的な手段として統計的なアプローチが挙げられるが、それには網羅的な検出が必要不可欠である。

本講演では、高速・高精度で Spitzer Bubble を検出可能な深層学習モデル (詳細は 2024 年春季年会 Z207a) を天の川銀河、LMC、NGC 628 に適用した結果を紹介する。本モデルは天の川銀河の一部領域において、非常に速い推論時間で明瞭な Spitzer Bubble を 97%、さらに 1,413 個の Spitzer Bubble を検出し、高速・高精度な Spitzer Bubble の検出を実現した。このモデルにより、今後 JWST による銀河の観測データを一律の基準で素早く解析可能となる。また、LMC、NGC 628 でそれぞれ新たに検出した 128 個、203 個の Spitzer Bubble の特徴も議論する。加えて、同様の検出技術を応用し大質量星形成起源ではない巨大なシェル状構造を検出した結果も紹介する。検出した巨大なシェル状構造と Spitzer Bubble の空間的位置関係とシェル状構造の理論的な膨張率を用いることで、超新星爆発起源の星形成を観測の側面から議論できると考えている。

[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 宇宙初期の HI ガス衝突による大質量星団形成とその環境依存性の研究

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)。これらの星団は銀河の星質量の $> 30\%$ を担い、当時の銀河形成・進化に重大な影響を及ぼすと考えられるが、その起源は未解明である。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。一方で、宇宙初期環境におけるガス衝突シミュレーションは行われておらず、低金属環境における銀河衝突でどのような質量のガス塊が形成されるのかは未解明である。

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依存性を調べた。ここで本研究では、HI ガスの金属量として $Z \sim 10^{-2}, 10^{-4} Z_{\odot}$ を考え、ガスの衝突スケールと速度は 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 (≥ 100 pc) かつ高速 (~ 100 km/s) な衝突を考えた。その結果、低金属環境における衝撃波圧縮層での高密度構造の形成には、金属冷却でなく水素分子冷却が重要であることがわかった。金属冷却よりも水素分子冷却が優勢であるとき、衝撃波圧縮層の高密度ガスは太陽金属量の場合と異なり熱的に安定になる。そのため、形成するガス塊の分裂が抑制され、宇宙初期の星団はより大質量になる可能性があることがわかった。ここで、水素分子の生成効率は周囲の UV 強度に依存する。本講演では、UV 強度の異なる環境における衝突したガスの進化と、それによる星団質量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](#)

P135a 分子雲の構造進化の理解に向けたシミュレーションと観測データの解析

佐々木誇虎, 久野成夫, 福島肇 (筑波大学), 藤田真司 (統計数理研究所), 野崎信吾 (九州大学)

星形成は分子雲と呼ばれる分子ガスの塊で発生するが、その構造進化過程の詳細は未解明である。シミュレーションは分子雲の時間進化を追うことができるため、分子雲進化の理解に有効である。しかし、シミュレーションが観測データを十分に再現しているか検証した例はまだ少ない。

本研究では Astrodendro を用い、自己重力流体力学シミュレーションと観測データの両方を解析して、シミュレーションの妥当性を検討する。Astrodendro は観測データ解析に用いられることが多い解析手法であるが、これをシミュレーション解析にも用いることで、観測データに対するシミュレーションの妥当性を容易に検討できると考える。シミュレーションでは SFUMATO (Matsumoto 2007) を用い、自己重力を持つ流体球を複数の初期質量条件で時間発展させ、一部には磁場や恒星フィードバックを含めた。シミュレーションデータは観測データと同様に、視線速度、位置、位置からなる 3 次元空間に格納されている。解析は視線方向に積分した積分強度図に対して行われ、同定された構造について物理量を計算する。観測データ解析には FUGIN (Umemoto+2017) のデータを使用し、同様の手法で解析してシミュレーションから得られた物理量と比較する。

シミュレーション解析の結果、いずれの初期条件においても、Astrodendro で同定された構造はサイズや質量、ビリアルパラメータが減少していた。一方で観測データの解析では、同定された構造のサイズや質量が増加し、ビリアルパラメータは減少していた。これは実際の星形成領域で分子雲が重力収縮による衝突・合体を起こしていることを示唆する。サイズや質量の増加は単一流体球シミュレーションでは得られない結果であり、より観測データに近い解析結果を得るには、分子雲と周囲の環境との相互作用も考慮したシミュレーションが必要である。

[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](#)

P136a KH 収縮期における近接連星形成の可能性

定成健児エリック (甲南大学), 須佐元 (甲南大学)

大部分の星は単星よりも連星系として存在することが観測から知られている。特に、連星系の中には、2 つの星がお互いに接触するほど接近している近接連星や接触連星が発見されているが、それらの形成過程は未だ解明されていない。形成シナリオの一つとして、「星の自転によって星自体が二つに分裂し、近接連星が形成される」という "fission 仮説" が、提案されていた。この仮説では、原始星が角運動量を保存しながら準静的にケルビン-ヘルムホルツ (Kelvin-Helmholtz; KH) 収縮することで、自転の回転強度が高まり、最終的に分裂 (fission) が発生すると考えられている。しかしながら、この仮説は自己重力平衡形状に基づく解析的議論にとどまっており、流体計算による検証は十分に行われていない。そこで本研究では、3 次元流体シミュレーションを用いて、原始星を模擬した回転自己重力ガス球が、準静的に収縮する際の形状進化の解析を行った。これにより、fission 仮説の妥当性を再検証するとともに、KH 収縮期における連星形成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](#)

P137a 安定・不安定境界の階層的三体系の軌道周期性と安定性

岩倉龍太郎 (神戸大学), 船渡陽子 (東京大学), 牧野淳一郎 (神戸大学)

階層的三体系は、連星の周囲を第三体が周回する力学系である。階層的三体系は軌道安定性で知られており、その安定条件は重力波観測や星団 N 体シミュレーションなど、様々な適用範囲を持つ。Mardling & Aarseth (2001) を始めとする三体安定条件の先行研究は、初期の軌道パラメータ $Q = q_{\text{out}}/a_{\text{in}}$ (外側の近点距離と内側の軌道長半径の比) の限界値を数値的・半解析的に定めている。上記のような既存の安定条件は、empirical fit によりパラメータ空間上に境界線を定めているが、安定・不安定境界では安定な系と不安定な系が共存し、両者の識別は困難である。安定・不安定境界において安定性判定を行うためには、 Q ではない別のアプローチを用いる必要がある。近年では機械学習による判定も行われているが (e.g. Lalande & Trani 2022), 安定性に直結する要素は明らかになっていない。

我々は、安定・不安定境界の等質量階層三体を、順行・逆行軌道それぞれの場合について N 体計算した。数値計算から得られた結果は次の通りである。(i) 同じ Q の値を持つ三体系でも、近点引数や初期位相の違いにより、系の生存時間の分布は数倍にも及ぶ。現行の安定条件には、近点引数や位相の依存性が含まれていないので、安定・不安定境界でこれらの生存時間の分布を反映できていない。(ii) 初期の $10^3 P_{\text{in}}$ (P_{in} は初期の内側の軌道周期) の軌道要素進化をフーリエ変換することで、軌道の周期性を捉えることができる。安定な系の軌道進化を周波数空間で捉えると、はっきりとしたピークが確認できる。フーリエ成分に含まれる非周期成分の割合を調べることで、安定・不安定境界の三体系のうち非常に長寿命 ($> 10^7 P_{\text{in}}$) なものを検出することができる。

[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](#)

P138a 多数回圧縮による分子雲進化とその観測的検証

小林将人 (ケルン大学/国立天文台), Stefanie Walch-Gassner, Daniel Seifried, Pierre Nürnbergger, Ekaterina Makarenko (University of Cologne)

星間空間の超音速衝撃波は、星間ガスを圧縮して分子雲形成するほか、既存分子雲を追加圧縮して星形成を誘発するためにも必要と考えられており、衝撃波の起源はその多くが超新星残骸の膨張に求められる。近年の JWST・Gaia 衛星の観測も、太陽系近傍から系外銀河まで、星間空間がバブル構造で普遍的に満たされていることを明らかにしており、衝撃波圧縮の重要性が観測的にも強く示唆されている。先行の理論研究から、単発の超新星爆発 (すなわち単発の圧縮) では、星形成に必要な分子雲内部の乱流維持・分子雲の高密度化に不十分だと指摘されてきた。しかし分子雲の寿命が数 10 Myr 程度であることと、天の川銀河での重力崩壊型超新星のイベント率 ($\sim 0.5 / \text{year}$) とを考慮すると、分子雲は一生の間に多数回圧縮されると自然に期待される。

そこで本研究では、超新星爆発が多数発生している銀河円盤シミュレーションプロジェクト SILCC を初期条件として用い、分子雲形成領域 (~ 100 pc サイズ) に対して追加の高解像度ズーム計算を行い、超新星爆発の分子雲進化に対する影響を調べた。特にズーム領域中での超新星爆発頻度・爆発座標を、コントロールパラメータとして系統的に変化させ依存性を調べた。その結果、六発の超新星爆発が分子雲から 25pc 以内の距離で発生した場合、観測的に知られている分子雲内部の乱流を誘発・維持できることや、その乱流の大半は分子雲中の低密度領域に誘発されており、柱密度 $\gtrsim 10^{22} \text{ cm}^{-2}$ 領域では顕著な乱流増加が無いと明らかになったので、これらを報告する。また RADMC-3D および MAPPINGS V を用いた、CO($J=1-0$) 輝線と H α 輝線の後処理模擬観測の結果を紹介し、多数回圧縮の観測的検証可能性も議論する。

[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](#)

P201a 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)

ガスとダストから成る分子雲コアは、自己重力によって収縮し、ファーストコアと呼ばれる天体が形成される。その後、原始星が誕生し、その周囲にはガスとダストを含む原始惑星系円盤が形成される。原始星の誕生後、円盤から低速のアウトフローや高速のジェットが駆動する。一般的な惑星形成シナリオでは、この円盤内で μm サイズのダストが付着・合体して成長するか、または重力崩壊による局所的な密度上昇 (重力不安定) 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いる。他方、最近の観測で、Class 0/I 段階という非常に若い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で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 (Koga et al. 2022) 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、その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。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示すことができた。

[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](#)

P202a JWST による HH 30 周りのエッジオン原始惑星系円盤の近・中間赤外線撮像観測

○田崎亮^{1,2}, F Ménard¹, G Duchêne^{1,3}, M Villenave^{4,6}, Á Ribas⁵, KR Stapelfeldt⁶, SG Wolff⁷, MD Perrin⁸, C Pinte⁹, DL Padgett⁶, J Ma¹, L Martinien¹, M Roumesy¹ (¹ IPAG, Université Grenoble Alpes, ² 東京大学, ³ UC Berkeley, ⁴ Università degli Studi di Milano, ⁵ University of Cambridge, ⁶ NASA/JPL, ⁷ Univ of Arizona, ⁸ STScI, ⁹ Monash University)

原始惑星系円盤におけるダストの沈殿は、微惑星形成の鍵となる力学過程の一つである。ダストの沈殿を観測的に調べる最適な天体の一つにエッジオン円盤がある。エッジオン円盤とは、観測者が円盤をほぼ真横から見込む天体であり、その見込み角の特徴を活かして我々は円盤の鉛直構造を詳しく調べることができる。本講演では、ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 (JWST) の近赤外線カメラ (NIRCam) および中間赤外線観測装置 (MIRI) を用いて得られた、HH 30 周りのエッジオン円盤の近・中間赤外線撮像観測の結果を報告する。そして、ALMA Band 6 で得られた HH 30 のダスト連続波の高解像度観測 (ビームサイズ 0.029×0.02 秒角) の結果も併せて報告する。得られた観測結果に対し、我々は輻射輸送計算コード RADMC-3D (Dullemond et al. 2012) を用いて輻射輸送モデリングを実施した。その結果、中間赤外線における円盤の形態やフラックス強度を説明するためには、少なくとも半径 $3 \mu\text{m}$ 程度のダストが円盤表層部に存在していなければならないことが明らかになった。一方で、ミリ波連続波観測画像はガスに対して沈殿した最大 $\sim \text{cm}$ サイズのダスト分布によってよく再現できることもわかった。本講演では最後に、HH 30 とその他のエッジオン円盤の観測的特徴を比較し、その共通点や相違点を議論する。

[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](#)

P203a Dust Grain Growth in the Protostellar Disk Surrounding a FU Orionis Type Star

Rui Zhuang (Utokyo), Misato Fukagawa (NAOJ), Satoshi Ohashi (NAOJ)

The dust grain growth within a protoplanetary disk is considered as the first step of the planet formation. The water-snow line defined as the sublimation front of the water ice within the disk is believed to play a crucial role in facilitating the rapid coagulation of ice-covered dust grains. During the quiescent period of a low mass young stellar object, the water-snow line is only a few au away from the star, which makes it hard to spatially resolve it with the current generation telescopes. V883 Ori is a Class I object and identified as a FU Orionis type star where the luminosity increases more than 10 times compared to the quiescent period. During the FU Orionis burst, the viscous heating is expected to push the water snow line out to 40 au away from the star, which will give us an opportunity to check the effect of the water-snow line on the dust grain growth.

In this study, we characterized the disk structure and dust grain size distribution for the disk of V883 Ori by applying multi band analysis using the ALMA Band 3, Band 4, Band 6, and Band 7 datasets retrieved from the ALMA Science Archive with the spatial resolution of $\approx 0.08''$, or ≈ 30 au. The continuum observations exhibit a smooth disk. Our results show the dust grain size is over $4.4 \mu\text{m}$ outside the water-snow line and below $600 \mu\text{m}$ inside the water-snow line. Such a large divergence in the radial distribution of the dust grain size may demonstrate the importance of the water-snow line for the dust grain growth. The results also suggest the dust grains in the disk of a Class I object have already reached mm size in its outer part, which means a planet forms earlier than the theory prediction which says the planet formation starts from the Class II object.

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

P204a 原始惑星系円盤における圧縮ダストアグリゲイトの跳ね返り障壁

大城榛音, 奥住聡 (東京科学大学), 辰馬末沙子 (理化学研究所), 田中秀和 (東北大学)

惑星形成の第一歩は、固体微粒子の合体によるダストアグリゲイトの形成である。近年、原始惑星系円盤のミリ波偏光観測により、充填率が0.1程度の比較的高密度なダストアグリゲイトの存在が議論されている (e.g., Zhang et al. 2023)。このような高密度なダストアグリゲイトが衝突すると、付着や破壊に加えて跳ね返りが発生することが知られている (e.g., Güttler et al. 2010)。付着や破壊を引き起こす衝突条件についてはシミュレーションと室内実験の結果が一致していたものの、跳ね返りに関しては一致する条件が得られていなかった。そこで我々は、圧縮ダストアグリゲイトを用いた衝突シミュレーションを行い、室内実験と整合的な衝突速度、アグリゲイト質量、および充填率に依存する跳ね返り条件を得た (Oshiro et al. in prep.)。

本講演では、跳ね返りが原始惑星系円盤におけるダスト成長に与える影響について報告する。衝突シミュレーションから得られた跳ね返り条件と円盤内でのダストの衝突速度を基に、跳ね返り障壁が効果的に作用するダストサイズを求めた。その結果、充填率が0.3程度のダストアグリゲイトに対しては、100 μm 程度のサイズから跳ね返りが効果的になること、充填率が高いほど成長が抑制されることが分かった。円盤のミリ波偏光観測で見られるダストは成長しづらいと示唆されているが (e.g., Ueda et al. 2024)、本研究の結果は跳ね返り障壁がこの成長しづらさの原因となってい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](#)

P205a ダストモノマーの回転とねじれ相互作用に関する分子動力学シミュレーション

吉田雄城 (神戸大学), 小久保英一郎 (国立天文台), 田中秀和 (東北大学)

惑星形成の初期段階はダストの衝突合体による成長であると考えられており、数値計算や実験による成長過程の研究が行われている。ダストはモノマーと呼ばれるサブミクロン粒子の集合体であると考えられており、ダスト衝突の数値計算ではDEM (離散要素法) に基づいた粉体計算が行われている (e.g., Hasegawa et al. 2021)。数値計算ではモノマー間相互作用として弾性球間相互作用を与えるJKRモデル (Johnson et al. 1971) が用いられている。しかし、JKRモデルは分子運動などのミクロな現象を考慮しておらず、我々は分子動力学 (MD) シミュレーションを用いて、接触面に対して法線方向にJKRモデルで考慮されていない散逸効果を確認した (Yoshida et al. 2024)。次に我々は、接線方向の相互作用についてシミュレーションを行った。

まず、接触した2つのモノマーを用意し、互いに逆向きに角運動量を与えて、モノマー同士が互いの表面を回転する運動を計算した。角速度進化から抵抗トルクの大きさを解析した結果、JKRモデルから導出される値 (Dominik & Tielens 1995) と整合的であることが分かった。また回転運動が始まる臨界変位は、初期角速度やダストモノマーサイズを変化させた場合においても整合的であり、Dominik & Tielens (1995) が予測した2-3 \AA 程度であることを示した。次に我々は接触面に対して法線方向に初期回転角速度を与え、ねじれ運動の計算を行った。回転運動と同様に角速度進化からねじれ運動における抵抗トルクの大きさと臨界角度を解析した。その結果、臨界角度の大きさは0.004-0.006程度であり、Dominik & Tielens (1997) で予測される値の範囲内であることが分かった。本発表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](#)

P206b 原始惑星系円盤中の磁気回転不安定性が駆動するダスト成長

下川貴史, 町田正博, 川崎良寛 (九州大学)

原始惑星系円盤での惑星形成の初期段階は、ダスト同士の合体成長によるペブル形成である。この過程では、ガス乱流の影響を考慮することが重要である。ガス乱流の生成機構としては、磁気回転不安定性 (MRI) (Balbus & Hawley 1991) が有力視されている。MRIによる乱流強度は気相中の荷電粒子量に依存する。さらに、ダストの表面は気相中の荷電粒子を吸着する性質を持つため、MRIによる乱流粘性の空間分布はダストの空間分布およびサイズ分布によって変化する。一方で、乱流はダストの拡散を促進するだけでなく、ダスト同士の衝突速度を変化させることで、ダストの成長にも影響を及ぼす。このように、ダストの成長や運動とMRIによる乱流が密接に関連していることは知られているが、ダストの空間分布やサイズ分布がMRIによる乱流とどのように共進化するかは未解明である。

本研究では、MRIによって駆動される乱流粘性とプラズマベータの関係式 (Bai & Stone 2011, Okuzumi & Hirose 2011) を利用して、原始惑星系円盤内におけるダストの空間分布とサイズ分布の時間進化を解析した。その際、鉛直磁場の動径方向分布の時間進化も考慮した。また、初期の円盤赤道面におけるプラズマベータやダストの衝突破壊速度をパラメータとして設定し、ガスの運動を考慮せず、ダスト運動の1次元計算を実施した。本講演では、円盤内のダスト分布と乱流粘性が初期磁場分布によってどのように進化したかを発表する。

[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](#)

P207b 2次元流体計算から解き明かす大質量原始星円盤におけるダスト成長

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)

星間物質進化に多大な影響を及ぼす大質量星は、その形成過程において星周円盤を持つ。このような大質量原始星円盤の観測はここ10年ほどのALMA望遠鏡の活躍により飛躍的に進展した。さらに近年では、大質量原始星円盤においてダストが成長する可能性が観測・理論の両面から示唆されている (Girart et al. 2018, Yamamuro et al. 2023)。円盤中でダストが成長し、(サブ)ミリ波観測に影響を及ぼすほどのサイズに達する場合、ALMA観測から円盤温度・質量といった重要な物理量を制約する際に不定性をもたらすことになる。この不定性を解決するために大質量原始星円盤におけるダスト成長の描像を明らかにする必要がある。

我々はこれまで、大質量原始星円盤におけるダスト成長の理論研究を軸対称な円盤を仮定した定常1次元計算によって進めてきた。しかし、多くの大質量原始星円盤は重力的に不安定であり非軸対称な渦状腕構造を持つことが期待されている。本研究ではそのような大質量原始星円盤におけるダスト成長を2次元の自己重力入り輻射流体力学計算コードFEOSADを用いて解析した (Vorobyov et al. 2018)。計算では主に乱流強度をパラメータとして、ダストの成長過程を調べた。結果より、渦状腕構造を持つ大質量原始星円盤におけるダスト成長はダストの衝突破壊によって特徴付けられることがわかった。また、ダスト成長のタイムスケールがケプラータイムよりも長い場合、ダスト半径の分布は方位角方向に対称的であった。これにより1次元計算と2次元計算のダスト半径の分布が一致する傾向を見せた。本講演では、作成した円盤モデルがALMA望遠鏡連続波観測でどのように映るかも議論する。

[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](#)

P208b 原始惑星系円盤におけるミリ波散乱偏光の輻射輸送計算と半解析解の比較

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で形成されると考えられている。そのため円盤内のダストサイズや空隙率などのダスト特性を制限することは惑星形成解明の手がかりとなる。近年、原始惑星系円盤のミリ波偏光観測と輻射輸送モデリングの比較からダストサイズや空隙率を制限できることがわかってきた。しかし輻射輸送モデリングは計算時間が大きく、パラメータサーベイが困難であることが課題であった。そこで本研究では、ミリ波散乱偏光の半解析解を導出することで、ミリ波偏光におけるフォワードモデリングの高速化を行うことを目的とした。その第1段階として平行平板を仮定し、全ストークスパラメータを考慮した1次元輻射輸送方程式を半解析的に解き、モンテカルロ輻射輸送計算との比較を行った。また輻射輸送シミュレーションコードRADMC-3Dを用いて平行平板から得られるストークスパラメータを求め、導出した半解析解との比較を行った。その結果、偏光度は平行平板の光学的厚みに依存し、ある光学的厚みにおいてピークをとるという傾向が半解析解と輻射輸送シミュレーションの結果で一致した。しかし偏光度の絶対値は半解析解での値が輻射輸送シミュレーションでの値を大きく下回り、偏光度がピークをとる平行平板の光学的厚みについても半解析解と輻射輸送シミュレーションで異なる結果となった。これは半解析解で仮定した入射光が散乱を正しく考慮できていなかったためと考えられる。本ポスターでは、入射光の修正方法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](#)

P209b FU Ori 型星に付随する円盤/エンベロープの中間赤外放射分布 (II) : 欧州超大型望遠鏡の観測シミュレーション

高見道弘¹, G. Otten¹, C. Delacroix², J. Karr¹, O. Absil², 王祥宇¹ (¹ASIAA, ²Université de Liège)

FU Ori 型星 (FUor) で観測される質量降着バーストは、多くの原始星の成長において普遍的な現象である可能性がある。FUor の周囲では、星周ダストによる複雑な分布の近赤外放射が観測され、その降着円盤の重力分裂の様子を反映している可能性がある。一方でこの近赤外放射が、円盤上方のエンベロープに付随する可能性も指摘されてきた。

これらの観測結果を用いて降着バーストのメカニズムを解明するためには、観測された放射が、円盤とエンベロープのどちらによるものかを明らかにする必要がある。この解明のためには、より波長が長く、ダスト星周減光の影響を受けにくい中間赤外放射の観測が有効な可能性がある。

われわれは、これまですばる望遠鏡などで取得された近赤外偏光撮像のデータを用いて、中間赤外放射 ($\lambda=3-12 \mu\text{m}$) の強度を準解析的に計算する方法を開発した (2024 春講演)。本講演では、欧州超大型望遠鏡 (ELT 39-m) の中間赤外観測装置 METIS に搭載されるコロナグラフによる、観測シミュレーションの結果を要約する。METIS による広がった中間赤外放射の検出可能性は、以下に述べる、FUor およびその星周物質の多様な不定性に大きく依存することがわかった：(1) 中心の明るくコンパクトな近赤外放射源が、円盤か星か；(2) 中心の明るくコンパクトな中間赤外放射源の、空間的広がり；(3) 広がった赤外放射が、円盤によるものかエンベロープによるものか；(4) この円盤またはエンベロープの厚み。短波長帯 ($\lambda=3-4 \mu\text{m}$) の観測であれば、より多くの場合で広がった中間赤外放射を検出できると期待される。

[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](#)

P210b リュウグウ母天体の熱進化：岩石コアにおける水循環の重要性

荒川創太 (海洋研究開発機構), 玄田英典 (東京科学大学)

原始惑星系円盤のなかで、いつ、どのような大きさの微惑星が誕生し、惑星へと成長したのだろうか？太陽系においては、隕石等の試料を分析することで微惑星の集積時刻とサイズを熱史から制約することができる。

JAXA の探査機はやぶさ 2 は小惑星リュウグウからサンプルを回収した。リュウグウサンプルは水質変成を経験しており、サンプル中の炭酸塩鉱物 (ドロマイト) の Mn-Cr 年代およびドロマイト・マグネタイト間の酸素同位体分別の測定によって、炭酸塩の形成年代および形成温度が決定されている (e.g., Nakamura E. et al. 2022; Yokoyama et al. 2022)。加えて、層状ケイ酸塩中の層間水が完全には失われていないことから、リュウグウ母天体の最高到達温度は 100 °C 以下であることがわかっている (Yokoyama et al. 2022)。リュウグウはラブルパイル天体であり、小惑星オイリアアもしくはポラナの族を形成した衝突破壊に由来すると考えられている。破壊前の母天体の大きさは直径約 100 km と推定されている (e.g., Nakamura T. et al. 2023)。

我々は直径 100 km の水微惑星の熱進化数値計算を行い、リュウグウ母天体の熱史を調査した。集積直後の微惑星は無水ケイ酸塩と水からなる未分化天体であると仮定し、放射性核種の壊変に伴う温度上昇、水の溶融、水・岩石の分化、無水ケイ酸塩の蛇紋岩化などを計算した。また、分化後に形成される岩石コア内部には空隙が存在するため、空隙中での水循環によって実効的な熱伝導率が増加する効果も考慮した。我々は、リュウグウ母天体が太陽系誕生から約 100 万年後に集積し、岩石コアにおいて水循環が生じた場合、熱史の制約 (炭酸塩の形成温度・形成期間および最高到達温度) を満たすことを明らかにした。このことは、リュウグウ母天体が所謂「ペブル」等の粗粒の粒子によって構成されており、大きな空隙中が水が効率的に循環していたことを示唆する。

[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](#)

P211b 大質量星形成における「熱い円盤」の化学モデル

金子寛明, 田中圭, 山室良太 (東京科学大学), 古家健次 (理化学研究所)

大質量原始星に付随する降着円盤は、その強烈的な輻射および高い降着率により、数百 K を超える高温であると予想されている (Yamamuro et al. 2023)。また ALMA 高分解能観測からも、大質量原始星円盤 (~ 100 au) において、NaCl、SiO、AlO のような難揮発性分子のガスの検出が報告されはじめた (Ginsburg et al. 2019; 2023; Tanaka et al. 2020)。つまり、大質量原始星円盤は、これまで盛んに研究されてきたホットコアとは異なる超高温化学状態にある可能性がある。大質量原始星の「熱い円盤 (hot disk)」の物理構造の解明のため、また難揮発性物質の昇華化学の理解のため、ALMA 観測とも比較可能な理論モデルの構築がいま求められている。

その第一歩として、我々は定常軸対称な大質量原始星円盤モデルを用いた化学平衡計算を行った。円盤の表層は中心星からの照射により、中心面はガス降着により効率的に加熱されている。気相 NaCl は温度 ~ 500–1000 K、半径 ~ 50–100 au の円盤表層および中心面に存在する。一方、気相 SiO、SiS はより高温 (> 1000 K) となる 50 au 以内の円盤表層と中心面にのみ現れた。これらの特に昇華温度の高い分子が 100 au 付近の気相で観測されている事実は、円盤風や渦状腕による衝撃波加熱が重要な役割を果たしていることを示唆しているのかもしれない。本講演では、非平衡な化学反応計算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](#)

P212a 始原的微惑星衝突のための SPH 衝突シミュレーション法の開発

山田理央奈, 小林浩 (名古屋大学)

微惑星の衝突・破壊は、惑星の成長を決める非常に重要な過程である。そのため、多くの衝突シミュレーションにより調査されてきた。これまでの研究では微惑星を一枚岩の弾性体と摩擦が効く細かい破片の集合として表現して、現在の小惑星の形状などを再現するなど大きな成果を上げてきた。しかし、成長過程の微惑星は、小惑星のように熱変性を受けておらず、一枚岩の岩石の近似はよくないだろう。本研究では、惑星形成を起こした始原的な微惑星の衝突について調べるための新しい手法を開発する。始原的な微惑星は、ダスト微粒子の集合体によって構成される。しかし、微惑星サイズの衝突計算において、構成ダスト微粒子の相互作用を直接計算するには膨大な計算コストがかかるため不可能である。一方、ダスト微粒子の集合体が全体でどのような圧力を生み出すかは、ダスト微粒子の接触相互作用を考慮した N 体計算によって調べられ、その結果が解析的に表現されている (Tatsumi+2019,2024)。我々は、物体素片を一粒として扱う計算法である Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) 法を用いて始原的の微惑星の衝突計算を行う。1つの SPH 粒子はダスト微粒子よりもずっと大きく、ダスト集合体を模している。SPH 粒子の相互作用に、上記先行研究で得られた圧力を、ダスト充填率の関数として新たに取り入れた。このようにして、ダスト粒子の相互作用の合計をマクロな物体素片間の相互作用として扱った。この結果、非常にシンプルな流体近似を基にした SPH 法により、始原的な微惑星衝突を取り扱えるようになった。

[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](#)

P213a Evolution of protoplanetary disks in a low-metallicity environment. JWST NIR-Cam/MIRI imaging of Digel Cloud 2 clusters in the Outer Galaxy

安井千香子, 泉奈都子, 齋藤正雄 (NAOJ), 小林尚人 (東京大学), Ryan M. Lau (NOIRLab), Michael E. Ressler (JPL/Caltech)

われわれは、星・惑星形成過程における金属量依存性の観測的研究を進めている。我々の銀河系のような渦巻銀河の外縁部や矮小不規則銀河は金属量が低く (~ -1 dex)、太陽近傍とは異なる環境にあることが知られる。その中でも銀河系外縁部は最も距離が近いので、太陽近傍と同様に個々の星を空間分解した観測的研究に適した唯一の環境となっている。われわれはこれまでに、銀河系外縁部に存在するおよそ 10 個の若い星形成クラスターについてすばる望遠鏡を用いた近赤外線 ($\leq 2 \mu\text{m}$) 撮像観測により、原始惑星系円盤消失のタイムスケールを導出し、それが低金属量環境下においては極端に短いことを示した。しかしながら、この波長域での観測は円盤のごく内側 (≈ 0.1 au) のダストの有無を判断することしかできていなかった。

そこで、新たに JWST 宇宙望遠鏡の中間赤外線観測装置 MIRI と近赤外線観測装置 NIRCамを用いて銀河系外縁部における 2 つの星生成クラスターの中間赤外線波長域 ($\leq 20 \mu\text{m}$) までの撮像観測を行った。JWST の高感度・高空間分解能観測により、 $\leq 7 \mu\text{m}$ の波長で約 0.1 太陽質量までの天体を十分に分離して検出した。これは、太陽近傍の星生成領域について Spitzer 宇宙望遠鏡を用いた場合の観測と同様のものであり、低金属量環境下における原始惑星系円盤の詳細な性質の導出が初めて可能になった。解析の結果、星生成クラスター中で中間赤外線から判断される円盤を持つ天体の割合、ダストの成長具合ともに太陽金属量下での先行研究と顕著な違いは見られなかった。本講演では、結果より示唆される円盤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](#)

P214a 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

小林雄大, 高石大輔, 塚本裕介 (鹿児島大学), Shantanu Basu (Western University)

近年の高解像度観測により、原始惑星系円盤の各進化段階での詳細な構造が明らかになってきた。原始星形成後数 10 万年程度の Class 0/I 天体周囲では、のっぺりとした円盤を形成しており [Ohashi et al 2023]、原始星形成後数 100 万年程度の Class II 天体周囲では、リング構造やギャップ構造を持つ円盤が多く見つかった [Andrews et al 2018]。

一方で理論的には、原始惑星系円盤の形成進化過程では磁場の物理が重要であると考えられており、主に 3次元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。例えば Machida et al 2011 では、オーム散逸を考慮した 3D 非理想 MHD シミュレーションにより、原始惑星系円盤がケプラー回転をしながら成長するという結果が得られている。また Tsukamoto et al 2017 では、オーム散逸、両極性拡散、ホール効果の 3 つの非理想 MHD 効果を考慮した 3D シミュレーションを行い、初期の分子雲コアの角運動量ベクトルと磁場ベクトルが平行の場合に比べ、逆平行の場合に円盤のサイズが大きくなることがわかっている。

しかしながらこのような 3次元シミュレーションでは、その計算コストが膨大であるため、原始惑星系円盤の長期進化を調べるのが困難である。そこで本研究では、計算コストが飛躍的に小さい 1次元非理想 MHD シミュレーションコードを開発し、原始惑星系円盤の約 100 万年におよぶ長期進化過程を明らかにすることを目的とする。現在、原始星形成後約 10 万年までの円盤進化の計算に成功しており、本発表ではそ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](#)

P215a 原始惑星系円盤進化に対する星間ガス降着の寄与

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)

従来の惑星形成理論では、中心星・円盤系への星間ガス降着は惑星形成初期の原始星円盤段階で概ね完了しており、それより後の原始惑星系円盤 (PPDs) 段階では系の進化に寄与しないものと考えられてきた。しかし、近年の観測によって、PPDs 段階においても星間空間からの質量降着流と推定される構造 (ストリーマー) を伴う天体がいくつか発見された。もし、このような星間ガス降着が PPDs の面密度進化や中心星降着率進化に影響を及ぼすならば非常に重要だが、未開拓でありよくわかっていない。

Winter et al. (2024) は、理論的研究により、星間ガス降着が PPDs の中心星への降着率を上昇させるほどの効果があるという主張をした。しかし、Winter et al. (2024) のモデルは 0次元 (1ゾーン) であり、光蒸発や磁気円盤風などのガス散逸過程も十分考慮されていない。実際の円盤においては、粘性によって円盤質量が中心星へ降着するまでに時間差が存在し、仮に円盤外部で星間ガス降着により質量供給があったとしても、円盤を通過する途上、より内側でガス散逸により失われてしまう可能性がある。

本研究では、より現実にあった PPDs 進化の描像を明らかにするため、星間ガス降着を考慮した一次元円盤進化計算を行い、円盤の長期 (1-10 Myr) 進化を追った。結果として、星間ガス降着はあったとしても必ずしも中心星への降着には直結せず、大半がその前に散逸してしまう場合があることが分かった。この結果をうけ、星間ガス降着が中心星進化に影響を与える条件について考察した。また、円盤面密度進化への影響についても考察を行った。

[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](#)

P216a Ophiuchus Class I/Flat/II 円盤の超解像サーベイ II : 円盤半径の統計と円盤詳細構造の形成時期

所司歩夢 (九州大学/ASIAA), 町田正博 (九州大学), 山口正行, 平野尚美 (ASIAA), 武藤恭之 (工学院大学), 塚越崇 (足利大学), 川邊良平 (国立天文台)

大型電波干渉計 ALMA による観測開始から 10 年を経て、若い原始星周囲の円盤 (Class I/Flat 円盤) にギャップやリングを含む詳細構造が発見されつつある。これらの詳細構造が形成される時期を明らかにすることは円盤の力学進化や惑星形成のタイムスケールの関連性を解明する上で重要である。本研究では、太陽系近傍 ($d \sim 140$ pc) に位置する Ophiuchus 星形成領域内の異なる進化段階の Class I/Flat/II 円盤に着目し、78 天体の ALMA アーカイブデータ (観測波長 1.3 mm および空間分解能 $0''.30$) を用いて研究を進めてきた。この観測データに対し、スパースモデリングを応用した画像再構成法 (PRIISM) を適用し、従来よりも高い空間分解能を達成し、新たな詳細構造をもつ円盤を検出した。また、円盤の傾斜角に起因する進化段階の誤分類についても指摘している (2023 年春季天文学会 P202a)。本講演では、これら Ophiuchus 領域内の円盤の超解像度連続波画像を用いて、異なる進化段階における円盤半径の比較と ALMA 大規模観測プロジェクト eDisk との比較について議論する。解析の結果、円盤半径は 5-179 au にわたって広く分布し、中央値は 27 au、全体の多くが 40 au 以下に収まることが明らかとなった。一方、半径が 100 au を超える円盤は全体の 10% に過ぎない。また、詳細構造の多くは半径 30 au 以上の円盤において確認されている。eDisk の観測結果と本研究結果を組み合わせた解析から、詳細構造は Class I 後期の $T_{\text{bol}} > 200 - 300$ K の天体に多くみられ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](#)

P217a ALMA 高分解能観測による若い爆発型変光星 EX Lupi に付随する特異な円盤構造の発見

山口正行 (台湾中央研究院), Hanyu Baobab Liu (台湾・国立中山大学), 高見道弘 (台湾中央研究院)

一部の若い星 (前主系列星) は、不規則かつ突然の 1 ~ 4 等級に及ぶ光学的増光を伴う爆発的な質量降着を示すことが知られ、これらは爆発型変光星 (EXOr) と呼ばれる。この増光は、円盤内縁部の物質が主星へ降着することで発生すると考えられているが、その物理的機構の起源は議論が続いている。本研究は、EXOr の代表天体である EX Lupi ($M_* = 0.5 M_{\odot}$, $d = 154.7$ pc) を対象とした。ALMA Band 3/4 (3.2 mm / 2.0 mm) の長基線長観測データ (最大基線長 $L_{\text{max}} = 13.9$ km) に、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画像再構成法を適用することで、0.04 秒角 (6 au) の解像度を持つ連続波画像を再構成した。この解析結果、EX Lupi 周囲の円盤は視線方向に対して傾斜角 $42^{\circ}.6$ を持ち、ダスト円盤外縁半径が 35 au と比較的コンパクトであることが明らかになった。その詳細構造として、(1) 主星を囲む南東方向にダストが集中した非対称な三日月状構造 (距離 5 au) と (2) これらを取り巻く環状のリング・ギャップ構造 (距離 29 au) が特定された。南東方向に集中する三日月状構造は主星の輻射を部分的に遮るため、これは VLT/SPHERE による近赤外線偏光観測で撮像された南東方向の円盤の影の原因を説明できる。この非対称性は、視線速度法 (Kóspál et al. 2014) によって主星近傍 ($r < 1$ au) における大質量惑星 ($\sim 10 M_{\text{Jup}}$) の存在が示唆されたことと関連しており、この大質量惑星によって誘発された渦状不安定性に起因する可能性がある。外側リングのギャップは、この惑星が主星へ向かって動径移動した痕跡である可能性が示唆される。これらの結果は、主星近傍に存在する大質量惑星が円盤内縁部に物質を蓄積し、それが臨界質量を超えた際に爆発的な質量降着を引き起こす物理的機構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](#)

P218a ALMA 1au 分解能で見る TWHya 円盤の微細構造

塚越崇 (足利大), 野村英子, 川邊良平 (国立天文台), 武藤恭之 (工学院大), 田村元秀 (東大), 奥住聡, 井田茂 (東工大), Catherine Walsh (Univ. of Leeds), Tom Millar (Queen's Univ. Belfast), 橋本淳 (ABC), 鶴山太智 (Caltech)

近年、いくつかの円盤において、形成中の原始惑星を示唆する円盤微細構造の検出が報告されており、TW Hya 円盤では半径 52 au の位置に数 au スケールの局所的な連続波放射源が ALMA による観測で見出されている (Tsukagoshi et al. 2019)。この局所放射源は、惑星形成過程に起因する何かしらの円盤構造変化と思われるが、その起源については未だ明らかになっていない。

そこで我々は ALMA を用いた 1 au 解像度の Band6 連続波および ^{13}CO , $\text{C}^{18}\text{O}(2-1)$ の分子輝線観測を推進してきた。連続波観測の結果では、局所放射源の検出に成功しており、この構造が母体円盤に付随する構造であることを確認できた。2017 年に取得されたデータと位置を比較したところ、局所放射源は 2021 年にかけて時計回りに移動していることが明らかになった。その回転速度は 3.3 km s^{-1} であり、これは 52 au でのケプラー回転速度に相当する。動径方向の移動は見られなかった。またこの局所放射源は、方位角方向に 0.6 au ほど離れた 2 つの放射成分に分解されることが分かった。放射成分はどちらも同程度の連続波強度を持っており、周囲の円盤成分に比べると 1.7 倍ほどの超過となっていた。輝度温度はおおよそ 8 K ほどであるが空間分解はできておらず、より高い輝度温度を持っている可能性がある。局所放射源の成因については不明だが、光学的に厚い母体円盤に埋もれた原始惑星が誘発する円盤構造変化を捉えている可能性がある。一方、分子輝線観測の結果では、放射は半径約 25 au 以内のみ検出されており、局所放射源に付随するガス成分は検出されなかった。

[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](#)

P219a 巨大惑星による原始惑星系円盤のギャップ形成と衝撃波加熱の統合モデリング

奥住聡 (東京科学大学), 武藤恭之 (工学院大学)

原始惑星系円盤内を公転する巨大惑星は、円盤内に腕状の密度波を形成する。この波は惑星から離れるにつれて衝撃波化し、円盤に2つの重要な作用を引き起こす。1つは、衝撃波が円盤に与えるトルクによる、円盤ギャップの形成である (e.g., Duffel 2015; Kanagawa et al. 2015, 2017)。もう1つは、衝撃波で発生する熱による、円盤の長期的な加熱である (e.g., Rafikov 2016; Ziampras et al. 2020)。腕状衝撃波のもたらすトルクと加熱率の間には、何らかの関係が成立すると考えられているが (e.g., Goodman & Rafikov 2001; Rafikov 2016)、その関係の検証や、それを円盤モデリングに応用する試みは、これまで行われていない。

本研究では、惑星をもつ円盤の2次元流体シミュレーションに基づき、惑星がつくる衝撃波による円盤のギャップ形成と加熱を統合的にモデル化した。我々は最近の研究 (Ono, Okamura, Okuzumi, & Muto, in press, arXiv:2411.09940) において、冷却効率の低い円盤の2次元流体計算を用いて、腕状衝撃波による円盤加熱率 (エンロピー生成率) の動径分布を詳しく調べた。本研究では、「衝撃波が円盤に与えるトルクと加熱率は簡単な関係式で局所的に対応付く」という仮定 (Rafikov 2016) のもとで、流体計算で見られるギャップの面密度分布を加熱率の分布から正確に予言できることを明らかにした。さらに、我々の最近の研究 (Ono et al. 2024) で経験的に導いた、衝撃波加熱率の動径分布に対するスケーリング公式を用いて、惑星軌道付近の円盤の面密度・温度分布を惑星質量および円盤粘性の関数として求める解析モデルを導出した。このモデルを用いれば、冷却効率の低い原始惑星系円盤の内側領域 (中心星から 10 au より内側) において、木星のような巨大惑星がその周囲のガスやダストの組成進化に及ぼす影響を自己整合的に議論することが可能になる。

[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](#)

P220a 離心軌道を持つ巨大ガス惑星の原始惑星系円盤内でのギャップ形成と軌道進化

田中 佑希 (福島高専), 田中 秀和 (東北大学)

現在までに 5000 個を超える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されたと考えられているため、円盤内での惑星の形成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。

円盤内でのガス惑星の振る舞いを知るために、惑星・円盤相互作用を取り扱う数値流体計算がしばしば用いられる。過去の研究では惑星の初期の軌道離心率は 0 程度を仮定するものが多かったが、発見されている巨大ガス惑星の軌道離心率は多様であり、さらにこれらの中には円盤との相互作用によって離心率が励起されたものもあることが指摘されている。しかし、初期に一定の大きさの離心率を持ったガス惑星が円盤でどのように振る舞うのかに関してはあまり詳細な研究が行われていない。そこで本研究では、初期に離心率を持たせた軌道から計算を開始し、惑星の軌道要素および惑星質量の時間進化を、円盤へのギャップ形成とともにシミュレーションした。

その結果、一定の割合で軌道長半径・離心率が減衰すると考えられていた過去の研究とは異なり、これらの量は長い時間をかけて複雑に増減する場合があることを見出した。これは惑星が離心軌道にあることによって惑星が形成するギャップの形状が軸対称から大きくずれ、外縁に顕著な離心率を持ったギャップが形成されることに起因していると考えられる。また、惑星の軌道要素とギャップ外縁の離心率の時間変化には一定の相関が見られることも判明した。したがって、巨大ガス惑星の最終的な分布を明らかにするためには、ギャップ形成・惑星の軌道および質量の進化などの複数の要素を長時間計算する必要があることが分かった。

[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](#)

P221a 宇宙線による電離が原始惑星系円盤に与える影響

西尾 恵里花, 富田 賢吾, 工藤 祐己, 木村 成生 (東北大学)

原始惑星系円盤の進化を考える時、磁場による角運動量輸送が重要である。この効果はガスの電離度に依存している。低電離度では磁場とガスとの相互作用が弱まり、磁場が拡散し弱まることで円盤半径は大きくなる。従って原始惑星系円盤の構造や進化を考える上でガスの電離度を決めることは重要となる。星形成領域のガスを電離するのは主に宇宙線である。これまでの研究から宇宙線による電離率を変えると形成される円盤に大きな影響があることが明らかになっている。宇宙線の電離率は磁場の構造やガスの密度分布に依存することが知られている。宇宙線の電離率分布と磁場の構造、ガスの密度分布は相互に影響を及ぼし合う為、より現実的な原始惑星系円盤の形成と進化を理解する為には非理想 MHD と宇宙線の輸送方程式を同時に解く必要がある。本研究では、磁気流体計算コードの Athena++ に宇宙線輸送モジュールを追加し、現実的な宇宙線の効果を取り入れた星・円盤形成進化を原始星形成後数千年まで調べた。その結果、ガスと衝突することによる電離率の減衰を考慮していない場合に比べて重力的に不安定な渦状腕の目立つ円盤が形成されることが明らかとなった。また円盤内に持ち込まれる鉛直方向の磁束密度 B_z は分子雲コア外の電離率環境に依存するが、円盤内の回転方向の磁束密度の大きさ B_ϕ は円盤内部の電離率に依存していることが明らかになった。よって円盤に働く磁場による角運動量輸送を考える為には分子雲コア外の電離率環境と円盤領域内の電離率の減衰の効果を共に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](#)

P222a 多波長ミリ波偏光観測による原始惑星系円盤 HD 142527 の 3次元磁場強度分布の推定

大橋聡史 (国立天文台)、武藤恭之 (工学院大)、塚本裕介 (鹿児島大)、片岡章雅 (国立天文台)、塚越崇 (足利大)、百瀬宗武 (茨城大)、坂井南美 (理研)、深川美里 (国立天文台)

磁場は原始惑星系円盤の進化において、角運動量輸送や乱流の引き金として考えられているため、観測からその構造や強度を明らかにすることが重要である。磁場を観測する方法として従来、星形成領域などではダスト連続波の偏光観測が用いられてきた。一方で原始惑星系円盤では、惑星形成に伴うダストのサイズ成長によって、磁場によるダスト整列以外の過程でも偏光が生じることが理論的・観測的に示唆されている (例えば Kataoka et al. 2016)。しかし、原始惑星系円盤の中でも三日月のようにダスト分布が偏っている場合、強度が弱く小さなダストのみが分布している領域では磁場整列によって偏光が生成されている可能性が指摘されている (Ohashi et al. 2018)。

我々はダスト分布が三日月状構造を示す、原始惑星系円盤 HD 142527 に対し、多波長 (0.87 mm, 1.3 mm, 2.1 mm, 2.7 mm) のダスト偏光観測を行った。強度の弱い円盤の南側では、全ての波長で偏光ベクトルが動径方向を示し、10%程度の偏光度を示した。偏光パターンに波長依存性がなく、動径方向の偏光ベクトルであることから、トロイダル構造が卓越した磁場によるダスト整列で偏光されていることが示唆される。またケプラー回転方向と観測された磁場方向には系統的なズレがあり、そのズレが円盤の位置角によって変化することも発見した。角度のズレや変動が3次元磁場構造 (動径方向 B_r , 方位角方向 B_ϕ , 鉛直方向 B_z) によって生まれるとすると、その相対強度比は $B_r : B_\phi : B_z \sim 0.26 : 1 : 0.23$ で、磁場の強度は 0.3 mG であると推定される。

[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](#)

P223a The Necessity of Far-infrared Space-based Observatory for Star and Planetary Science

Yao-Lun Yang, Kenji Furuya, Shota Notsu, and Takashi Shimonishi

Understanding the origin of solar-type planetary systems has been one of the persisting questions in astronomy. Formed in dense dusty clouds, the high extinction challenges direct observational characterizations of the physical and chemical processes at the onset of star and planet formation. In the last decades, most studies rely on sub-mm and mm interferometric observations using ALMA to probe the cold dust and gas ($\sim 10 - 100$ K), constraining the structures and chemistry of planet-forming disks. In recent years, the JWST provides unprecedented sensitivity at mid-infrared wavelengths, characterizing the hot gas and dust ($\gtrsim 1000$ K). However, the bulk energy of protostars and protoplanetary disks lies at far-infrared wavelengths (100 – 1000 K), where we used to have access via ISO, AKARI, SOFIA, and Herschel but not anymore. The PRobe far-Infrared Mission for Astrophysics (PRIMA) is a mission concept primed to provide a unique access to probe the dominant components of gas and dust in protostellar and protoplanetary systems. In this talk, I will discuss the unique science cases on protostars and disks that PRIMA's 24-235 μm imaging and spectral coverage can enable. Particularly, I will highlight PRIMA's impact of characterizing protostellar outbursts as well as the search for protostars at outer galaxy. I will also discuss a case for using PRIMA to constrain the origin of gas in debris disks. Finally, I will highlight the opportunities for Japanese researchers on star and planetary science as well as PRIMA's synergy with ground-based facilities such as ALMA and ngVLA.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

P224a TW Hya 円盤における局在した一酸化硫黄放射の発見と原始惑星アウトフローによる解釈

吉田 有宏 (総合研究大学院大学/国立天文台)、野村 英子 (国立天文台)、Charles J. Law (バージニア大学)、Richard Teague (MIT)、芝池 諭人 (国立天文台)、古家 健次 (理化学研究所)、塚越 崇 (足利大学)

コア降着シナリオによると、巨大ガス惑星は原始惑星系円盤における原始惑星へのガス降着により形成される。この際、ガス降着に伴って原始惑星付近から円盤鉛直方向にアウトフローが駆動される可能性があることが予言されている。この「原始惑星アウトフロー」はガス降着の証拠となり得るだけでなく、アウトフローの速度や質量放出率から、降着メカニズムに定量的に迫ることもできる可能性がある。本講演では、ALMA アーカイブデータを用いた TW Hya 円盤における SO 輝線の検出を報告する。SO 放射は円盤の南東部に局在しており、弧状の分布を示し、輝線中心は天体の系統速度から 5 km s^{-1} ほど離れている。また、放射の端は中心星から 42 au の位置に存在するダストギャップに位置している。SO 放射は原始星アウトフローに付随することもあることから、我々は、検出された SO 放射がその原始惑星が駆動するアウトフローであると解釈した。実際、放射の空間分布は簡単な弾道軌道モデルで説明でき、アウトフローの終端速度からは駆動源は 4 地球質量程度と推定される。この質量はダストギャップの幅とも整合的である。また、アウトフローによる質量放出率は $\sim 10^{-7} M_{\text{Jup}} \text{ yr}^{-1}$ 程度と見積もられ、これが原始惑星への質量降着率の 10%程度だとすると、質量降着率は $\sim 10^{-6} M_{\text{Jup}} \text{ yr}^{-1}$ となる。この質量降着率は、TW Hya 円盤の半径 42 au における 4 地球質量の原始惑星に対する理論的予言と一致し、この原始惑星が主質量降着期にあることを示唆する。原始惑星アウトフローは円盤に埋もれた原始惑星への質量降着過程を明らかにするための鍵となるかもしれない。

[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](#)

P225a HD 163296 周りの円盤における H₂S の検出と硫黄の存在形態

大和義英 (東京大学), 相川祐理 (東京大学), 古家健次 (理化学研究所), Charles J. Law (バージニア大学)

硫黄は惑星材料物質として重要な元素のひとつであるが、惑星の誕生の現場である原始惑星系円盤における硫黄系分子の観測は限られており、その存在形態はよく分かっていない。近年の ALMA による高感度観測で、いくつかの円盤で SO や SO₂ などの氷から昇華してきた分子の検出が報告されているが、太陽系の彗星で豊富な硫黄系分子である H₂S の存在量は制約されていない。我々は、ALMA Band 7 で Herbig Ae 型星 HD 163296 周りの円盤の高感度観測を行い、H₂S および SO の輝線放射を検出、SO₂ の輝線放射を暫定的に検出した。これらの分子輝線放射はいずれも円盤中心部においてコンパクトな分布、および、半値全幅で ~40 km s⁻¹ 程度の非常に広い線幅を示す。ケプラー回転を仮定したラインプロファイルのモデリングにより、H₂S および SO の放射領域は ~3-5 au 程度、ガス温度は ≧ 100 K と見積もられた。これは円盤中心部の高温領域で硫黄を含む分子が氷から昇華してきていることを示唆する。これらの分子輝線放射が光学的に薄いと仮定すると、H₂S の存在量は SO および SO₂ の存在量と同程度かそれらよりも多く、観測されている硫黄系分子の中では H₂S の存在量が最も多いことがわかった。一方で、円盤モデルを組み合わせて見積もった H₂S の存在度は宇宙における硫黄の存在度よりも 2 桁程度低く、H₂S が硫黄の主要な存在形態ではない可能性を示唆する。これは、半揮発性・難揮発性物質などに硫黄が濃集している可能性を提案する先行研究と整合的である。

[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 Central Star and Nearby Massive Star Influence on UV Synthesis of Organics in Protoplanetary Disks

I. J. Manoraj, S. Okuzumi, K. Homma (Institute of Science Tokyo)

Planets are thought to form in protoplanetary disks from micron-sized dust grains that coagulate and grow into full-sized planets. The beginning stages of planet formation is inefficient in the outer parts of the disk, where the grains are often mantled by an ice layer that can contain simple molecules. When exposed to UV radiation, radicals are formed within the ice mantle. Once the grains drift inside the snow line, the warming and sublimation of ices can trigger organic synthesis on the grains.

In addition to radiation from the interstellar medium (ISM), two other sources, irradiation from the disk's central star, and nearby massive stars, play an important role in facilitating organic synthesis. We perform a vertical dust size evolution simulation and calculate the abundance of radicals inside icy grains produced by UV irradiation. We consider the effects of the central star's FUV continuum emission and Lyman-alpha emission separately, each characterized by different transport mechanisms in the disk. We find that, due to the enhancement in flux via the additional radiation sources, radicals are formed both at a higher quantity, and at a faster rate. Additionally, we find that the Lyman-alpha emission of the central star plays a significant role in forming radicals in the disk due to its scattering by the atomic hydrogen layer on the disk surface, allowing photons to penetrate deeper into the disk interior. Our results suggest that there could be more organics formed once grains drift inward than previously thought, contributing to rapid growth in the inner 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](#)

P227a ALMA による FU Ori 型星 V883 Ori の原始惑星系円盤における水輝線の観測

仲宗根宏心 (京都大), 野津翔太 (東京大), 野村英子, 吉田有宏, 廣田朋也 (国立天文台), 塚越崇 (足利大), 本田充彦 (岡山理科大), 秋山永治 (新潟工科大), A.S. Booth (Harvard/CfA), C. Walsh (Univ. of Leeds), T.J. Millar (Queen's Univ. Belfast), S. Lee (KASI), J.-E. Lee (Seoul National Univ.)

近年、原始惑星系円盤内の氷成分の化学組成を調べる方法として、中心星への突発的な質量降着に伴う一時的な増光により、固相の各種分子が気相へと昇華していることが期待される FU Ori 型星が注目されている (e.g., Yamato et al. 2024)。また円盤水輝線の観測は微惑星・惑星形成過程や地球上の水の起源を解明する上で非常に重要である。Tobin et al. (2023) は、典型的な FU Ori 型星である Class I 原始星 V883 Ori の原始惑星系円盤を ALMA Band 5, 6 で観測し、固相から昇華した H₂¹⁸O (203 GHz) 及び HDO (225 GHz, 241 GHz) の輝線を検出している。本講演では、ALMA Cycle 8 にて我々が行った、Band 7 を用いた ortho-H₂¹⁸O (321 GHz)、para-H₂¹⁸O (322 GHz)、HDO (335 GHz) の輝線検出を目的とした観測の結果を報告する。V883 Ori 円盤には有機分子輝線が豊富に存在することが知られている。先行研究で水のスノーラインの位置として示唆された半径 80 au 以内のスペクトルをプロットしたところ、水輝線と有機分子輝線がブレンドしていた。ブレンドの影響を最小限にするため、円盤のケプラー回転を仮定し、さらに軸対称の仮定のもと、方位角方向に輝線をスタックした結果、HDO 輝線を 6.1σ で検出、また H₂¹⁸O 輝線を 2.2σ で仮検出した。本研究で得られた HDO 輝線強度は、先行研究で検出が報告された HDO (225 GHz, 241 GHz, E_u=167 K, 95 K) の輝線強度から予想される強度の 21%程度だった。この結果をもとに、円盤のダスト放射の光学的厚みや、今回観測に用いた高励起の HDO 輝線 (335 GHz, E_u=335 K) の放射領域について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](#)

P228a 初期太陽系における短寿命放射性核種の起源に関する統一的説明と、地球型惑星の普遍性への示唆

澤田 涼, 諏訪 雄大, 黒川 宏之, 瀧 哲朗 (東京大学), Shiu-Hang Lee (京都大学), 谷川 衝 (福井県立大学)

我々の住む、地球のような惑星（海の少ない岩石型惑星）の普遍性は、天文学の大問題のひとつである。この問いに対して、初期太陽系の隕石に見つかった短寿命放射性同位体（半減期 $< 5\text{Myr}$ ：以下、放射性同位体）が、「いつ・どのように太陽系へ供給されたのか」を説明できれば、太陽系の誕生環境に迫ることができるだろう。

隕石分析から「太陽系形成タイムスケールよりも十分に短い寿命の放射性同位体 (^{10}Be , ^{26}Al , ^{60}Fe , etc...) が、放射性壊変されていない姿で存在した」ことが知られている。この事実は、太陽系の形成過程の途中段階で、超新星爆発でのみ核合成される同位体 (^{60}Fe) と、加速粒子での非熱的核合成でのみ生成される同位体 (^{10}Be) の両方が、新しく注入/生成されたことを示唆している。しかしこれらを統一的に説明できるシナリオを未だ存在しない。本講演では、従来説明が困難であった放射性同位体の存在量をすべて再現する新しい理論モデルを提案する。同位体の一部が超新星から原始太陽系円盤に注入されると同時に、超新星衝撃波の内部に閉じ込められた加速宇宙線 ($\sim 100\text{MeV}$) によって非熱的な同位体合成がおこるシナリオである。さらに太陽系が星団で誕生したとすると、どのような誕生星団であっても、太陽系は本シナリオを経験することも明らかにした。これは、我々の初期太陽系のような放射性同位体組成比が、この宇宙で普遍的なもの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](#)

P301a 崩壊しなかった紫金山・アトラス彗星 (C/2023 A3)

渡部潤一 (国立天文台), 大坪貴文 (産業医大), 河北秀世, 新中善晴 (京産大), 古荘玲子 (都留文科大), 長谷川均, 津村光則, 秋澤宏樹 (国立天文台太陽系小天体ゼミ)

紫金山・アトラス彗星 (C/2023 A3) は 2023 年はじめに発見されたオールの雲起源の彗星である。初期の軌道と遠方での明るさから、2024 年 9 月末の近日点通過時には 0 等程度になると予想され、久しぶりの大彗星と期待が高まった。ところが 2024 年 4 月半ば (日心距離約 3 天文単位) から暗くなり始めたこと、また通常見られるような C2 分子や CN 分子に起因する緑色のコマが一向に現れず、大彗星になるのは難しいのでは、という悲観的見方が広がった。それを決定づけたのが 7 月 9 日に発表された Sekanina による論文「INEVITABLE ENDGAME OF COMET TSUCHINSHAN-ATLAS (C/2023 A3)」である。この論文では光度変化、非重力効果、塵の尾の形状の三点を根拠に、既に崩壊が始まっており、近日点までは保たないだろうと予測した。ところが、彗星核は崩壊するどころか、その後の明るさは再度上昇に転じ、近日点通過前後はマイナス 3 等に達し、ご存じのように尾を伸ばした姿が各地で観察された。本講演では悲観的見方に至った振る舞いについて考察したので紹介する。

[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](#)

P302a 氷の昇華に伴う収縮を考慮した多孔質彗星核の熱進化モデル

三浦 均 (名古屋市立大学), 安田 匠 (MHI エアロスペースシステムズ)

彗星/小惑星遷移 (comet-asteroid transition, 以下 CAT) 天体とは、太陽光加熱によって彗星核から揮発性物質が徐々に失われ、岩石のみからなる小惑星へと進化する段階の途中にある太陽系小天体のことである。揮発性物質は主に水氷であり、これが完全に枯渇するのに要する時間を乾燥時間と呼ぶ。彗星核の乾燥時間を見積もることは、太陽系小天体の形成や進化を検討する上で重要である。我々は、氷の昇華に伴う彗星核全体の収縮を考慮した上で、乾燥時間を公転軌道要素の関数として評価するための新しい理論モデルを提案する。彗星核は、多孔質で球対称な構造を持つと仮定する。まず、彗星核が楕円軌道を描く場合について、太陽光加熱率の季節変動を考慮した熱進化の数値計算を行ない、様々な公転軌道要素に対して乾燥時間の数値解を得た。また、太陽光加熱率の季節平均を考慮した解析的モデルに基づき、乾燥時間の解析解を導出した。数値解と解析解を比較し、解析的モデルが適用できる軌道要素の条件を明らかにした。また、解析的モデルに基づき、彗星核内部に残された氷の量を仮定することで、彗星核表面における水蒸気放出率、放出されるダストの最大サイズや放出速度を推定するための解析解を導出した。これらの解析解を用いて、代表的な CAT 候補天体の内部構造や進化過程について考察した。我々の解析的モデルは、これらの天体に対する従来の観測結果とおおむね整合的であった。我々の理論モデルは、彗星核の進化や小惑星の内部氷の保持可能性を議論する上で、ひとつの理論的な指針を与えることができる。

[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](#)

P303a 大質量天体 - 小質量連星三体系のヒル安定性と終状態の初期離心率依存性

林 利憲 (基礎物理学研究所), Alessandro A. Trani (ニールスボーア研究所), 須藤 靖 (高知工科大学)

大質量天体を公転する小質量連星の力学的安定性は、天体力学における重要な問題であり、ヒル安定性と呼ばれて多くの先行研究がある。Grishin et al. (2017) は、ニュートン重力下において、円軌道で軌道面傾斜がある三体系のヒル安定性を数値計算で調べ、初期軌道傾斜角の依存性を含めたヒル安定判定式の導出・提案を行った。この判定式は、軌道傾斜により安定化される効果と von Zeipel - 古在 - Lidov 機構によって不安定化される効果をとともに含んでおり、傾斜三体系のヒル安定/不安定を判別する上で極めて有効である。一方で、円軌道の場合を考えており、ヒル安定性の初期軌道離心率や連星質量比、連星の分裂時間等の依存性は考慮されていなかった。

そこで本研究では、様々な軌道離心率・傾斜角・質量比の初期値に対して、ニュートン重力下の三体直接数値計算によって小質量連星の分裂条件を調べることで、Grishin et al. (2017) のヒル安定判定式を経験的に改良することを考えた。また、連星が分裂した後に生じる三体系の進化についても数値計算を続けることで、衝突や放出といった三体系の終状態と時間スケールの初期値依存性も合わせて調べた。

その結果、連星軌道長半径への補正と簡単な線型モデルを組み合わせることで、ヒル安定性の初期軌道離心率や分裂時間などの依存性を近似的に補正する経験式を得た。また、三体系の終状態の数値結果から、軌道傾斜の有無と連星が大質量天体を公転する軌道の離心率が、三体系の終状態の分布に強く影響を与えることが示された。

本発表では、得られたヒル安定性の経験的判定式を提示し、数値計算の結果と合わせて、その導出についての説明を行う。また、三体系の終状態と時間スケールの分布についても、結果を提示し、その物理的解釈についての考察を行う予定である。

[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](#)

P304a 月形成円盤の内側領域におけるスパイラル構造

吉村洋一 (神戸大学), 斎藤貴之 (神戸大学), 牧野淳一郎 (神戸大学)

ジャイアントインパクト仮説は、現在、最も有力と考えられている月形成シナリオである。この仮説では、月は原始地球に火星サイズの天体が衝突し、原始地球の周囲に生成された岩石円盤が集積することで形成される。円盤内部のスパイラル構造は角運動量の輸送に影響を与えると考えられ、角運動量輸送率は月形成タイムスケールを決定する重要な要素であるため、円盤のスパイラル構造を理解することは重要である。

月集積過程のシミュレーションは N 体シミュレーションによって研究されてきた (e.g., Ida et al. 1997; Kokubo et al. 2000)。最近、Sasaki & Hosono (2018) では 10 万粒子から 1000 万粒子で周地球円盤をモデル化し解像度が月集積過程に与える影響を調べた。彼らは解像度が月の成長速度や形成過程に影響を与えると結論している。吉村他 (2024 年 惑星科学会 秋季講演会 OK-07) は、1000 万粒子のシミュレーションを行い、高解像度のシミュレーションで現れるリーディングスパイラルが角運動量輸送に寄与している可能性があることを示した。

本講演では、円盤内側領域のスパイラル構造の時間進化を調べ、安定性解析を行った結果を報告する。我々は周地球円盤を 1000 万粒子でモデル化し、シミュレーションを行った。まず、円盤のスパイラル構造の時間進化を面密度分布のプロットによって調べた。リーディングスパイラルの内部で、角度方向に不均一性が発生し、高密度のクランプがトレイリングアームに変化することがわかった。次に、Toomre の Q 値を求めて安定性解析を行った。リーディングスパイラルのある領域では $Q \ll 1$ であり、角度方向の不均一性は自己重力不安定によって生じると考えられる。月形成円盤のスパイラル構造は、リーディングスパイラルが角度方向の重力不安定を経由してトレイリングアームに変化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](#)

P305a 弾性体力学シミュレーション手法の新しい定式化

内海秀介 (名古屋大学), 犬塚修一郎 (名古屋大学), 小林浩 (名古屋大学)

小惑星は様々な幾何的形狀を持ち、その形成は小天体同士の衝突と合体によるものであると考えられている。また、類似の過程である微惑星の衝突は、固体惑星形成の最終段階において決定的に重要である。この大規模な現象の実験は困難なため、数値シミュレーションによる解析が広く用いられている。このような現象のシミュレーションでは、弾性体力学へ拡張された Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) 法が有効である。SPH 法は、流体粒子により空間を離散化しラグランジュ的に記述するため、衝突破壊現象の記述に非常に適している。そして Sugiura & Inutsuka (2017) による Godunov 法を拡張した定式化により、従来の弾性体 SPH 法の問題であった張力不安定性が解決されるなど、弾性体 SPH 法は発達している。しかしながら、未だに解決すべき種々の課題が存在する。例えば上記論文では以下の 2 つの問題点が指摘されている。(1) 非中心力の導入により、定式化の段階で系の全角運動量を丸め誤差の範囲で保存することはできない。(2) 偏差応力テンソルの発展方程式を時間積分する必要があり、冗長で計算コストが高い。本研究では、これらの問題点を克服する新たな弾性体モデルを提案する。具体的には、伸びと縮みで異なるばね定数を持つ、ばねで繋がれた多体系で弾性体を記述する。様々なテスト計算を行い、本手法の有効性を確認した。本計算法は、計算コードの設定パラメータを調節することで、等方性を保ちながら、任意のポアソン比とヤング率を実現可能である。このモデルに衝突破壊、および摩擦の効果を加えることで、前述した小惑星形成の解析への応用が可能となる。本講演では、我々の新しい弾性体モデルの定式化および妥当性について詳しく述べるとともに、今後の発展についても議論する。また、本手法を用いた現実の小惑星形成過程の予備的なシミュレーションについても紹介したい。

[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](#)

P306a 衝突シミュレーションに基づく微惑星衝突モデルの構築と衝突進化の考察

小林浩 (名古屋大学)

惑星は衝突をくりかえし形成されるが、衝突に伴い合体だけでなく、破壊も起きる。惑星形成を考える上で、衝突モデルは非常に重要である。本研究では、自己重力が支配的な天体に対する衝突モデルの構築のために、Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) 法による衝突シミュレーションをおこなった。火星質量のターゲットに、衝突体質量 (1/30-1 火星質量) や衝突角度 (30,45,60 度)、衝突速度 (1.1-32 倍の脱出速度) をパラメータとして、シミュレーションを行なった。衝突シミュレーションの結果、衝突パラメータに応じて「合体」、「すれ違い (hit-and-run)」、「大規模破壊」が起きることが知られていたが、本研究でも同様の結果が得られた。これらの物理が理解できるように、「最大破片」だけでなく、「2 番目に大きな破片」にも注目してシミュレーション結果の解析を行なった。衝突天体は衝突時に強く相互作用する部分とすれ違いだけで相互作用が小さい部分がある。そのため、衝突天体同士が弾丸軌道でまっすぐに移動する時に重複する部分の質量に注目した。その結果、重複する質量により衝撃波に使われるエネルギー E_s が計算でき、それ以外の残余エネルギー E_r と分けて考え、これらを重力エネルギーと比較することで、衝突結果を理解できることがわかった。 E_r が 2 体の重力エネルギー程度より大きくなると、「合体」から「すれ違い」に衝突結果が変化する。また、 E_s と「合体した天体」や「すれ違った 2 天体」のそれぞれの重力エネルギーの比の関数として、それぞれの天体の破壊の度合いが決められることもわかった。この結果をもとに、衝突結果を解析的に記述する衝突モデルの構築に成功した。この衝突モデルを用いて、衝突進化を考えた場合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](#)

P307a 小天体衝突が系外惑星の大気運動に与える影響

御子裕治, 小林浩 (名古屋大学)

地球型惑星の大気の形成や進化には衝突過程が大きな鍵を握っている。小天体の惑星への衝突によって発生した蒸気ブルーム内は高温・高圧になり、窒素といった二次大気形成を促すだけでなく、生命の誕生に欠かせない有機分子を生成する化学反応が進行する (Ishimaru et al. 2010)。一方、惑星大気は地表からの熱により、地表付近で対流が存在している。この大気の流れや熱状態が、小天体衝突により大きく乱される。そこで、小天体衝突がどれほどの高温・高圧状態をもたらせるか、生成物がどのように拡散するかは、衝突後の大気の状態の状態をシミュレーションにより調べる必要がある。

本研究ではまず、地球型惑星の大気を再現するシミュレーションを、公開コード Athena++ を用いて行った。一様重力が働く 3 次元次元領域内に、地表から高度 10 km までが一定の負の温度勾配 (-10 K/km) と、10 km よりも上空の領域では等温層が熱輸送により実現される条件でシミュレーションを実行した。その結果、大気下層の対流層と上層の安定層の再現でき、下層で風速数 m/s 程度の対流運動が発生している大気を得た。

次に、上記のシミュレーションで再現された大気を初期状態として、様々な衝突条件 (衝突体の大きさや速度) に対応するエネルギーを大気中に与え、大気への影響を調査した。この結果、半径 100 m の小天体衝突により、地上付近で最大 200 m/s 程度の爆風が起こることを確認した。また、衝突体前面の衝撃波により加熱された大気が、衝突体後方で断熱膨張するモデルを考えることで、衝突体が落下中に作り出す衝突体後方の低密度・高温領域を再現した計算も行った。大気の流れの有無による影響を比較した結果、穴の効果により、穴を通る流れが大気上層まで到達する。つまり、より高高度・広範囲に衝突生成物が拡散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](#)

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)

直接撮像により系外惑星が見つかってきている。また、惑星系では、小天体の衝突破壊等により生成されたダストがデブリ円盤として観測されている。デブリ円盤の小さいダストは中心星の輻射圧によって外側へ飛ばされる。一方、中程度のサイズのダストは輻射を非等方的に受けることで角運動量を失い (ポインティング・ロバートソン効果、以下 P-R 効果)、らせん状の軌道を描きながら中心星方向へ移動する。P-R 効果により移動するダストは、惑星軌道に近づくと惑星との重力相互作用を受ける。その結果、惑星周囲に非一様なダストの空間分布が形成される (例: Ueda et al. 2017)。

本研究ではダストが特徴的な構造を形成する可能性について理論的に検討する。ダストへの中心星輻射の影響を考慮し、中心星、惑星、ダストの 3 次元 3 体問題の軌道積分を行った。ここで、軌道積分は、4 次エルミート法に基づいた自作のコードを使用した。エネルギー保存や角運動量保存の精度確認や惑星との近接遭遇による軌道進化の過去の研究を再現し、信頼性の高いコードが作成できた。ダストの数密度分布を求めるため、計算領域を半径と方位角で分割し、各ブロック内におけるダストの滞在時間を集計した。その結果、惑星軌道付近に落下してきたダストは惑星との平均運動共鳴に捕獲され、特定の軌道に一定時間留まることで、惑星周囲に非対称なダスト空間分布が形成されることが分かった。ダストのサイズ分布はデブリ円盤の明るさと関係があるため、サイズ分布を考慮した結果、これらの特徴的なダストの分布から系外惑星の存在をあぶりだせるかを最終的な目標として、現状の結果を報告する。

[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](#)

P309a 岩石惑星形成の巨大衝突段階における化学平衡計算とコア組成の見積もり

前田悠陽, 佐々木貴教 (京都大学)

岩石惑星形成の最終段階では、1AU 付近で 0.1 地球質量程度まで成長した原始惑星が互いに巨大衝突を起こし成長することで、現在の太陽系へ進化したと考えられている (Kokubo & Ida, 2000)。このとき、衝突に伴い、原始惑星表面の岩石はマグマオーシャンと呼ばれる溶融状態にあった。また、原始惑星内部ではコアとマントルが重力分離し、円盤ガス由来の水素に富む原始大気と合わせた層構造の間で化学平衡反応が起こる。原始惑星における化学平衡モデルにより、現在の地球の組成 (水の生成量、コアの密度欠損、岩石の酸化還元状態) を再現するパラメータ範囲が見積もられている (Young et al., 2023)。原始惑星における化学平衡を考える上では、その大気量が特に重要であるが、この先行研究では現在の地球組成を再現する単一の化学平衡計算について、対応する大気量を与えるにとどまっていた。実際は、原始惑星は時間とともに散逸が進む円盤からガスを重力捕獲し大気を形成する。このことから、原始惑星における化学平衡は、円盤中での惑星形成過程と合わせて取り扱う必要がある。

そこで我々は、新たにガス円盤からの大気獲得をモデル化することで、原始惑星における化学平衡モデルと惑星形成過程を統合し、現在の地球組成が再現される可能性を検証した。散逸するガス円盤における原始惑星の巨大衝突段階を、N 体計算を用いて計算し、巨大衝突とそれに伴うマントル溶融に対して化学平衡計算を行うことで、最終的に形成される惑星の化学組成、特にコアに取り込まれる水素量を見積もった。

その結果、多段的な巨大衝突とそのときのガス円盤の散逸度合いの違いが、コアに取り込まれる水素量を調節することを明らかにした。さらに、近年の高温高圧実験の結果 (e.g. Tagawa et al., 2021) と整合的な量の水素をコアに取り込む惑星が、最終的に 1AU 付近に形成されることを確認した。本講演では、この結果の詳細を紹介する。

[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](#)

P310b Karin 族小惑星の近赤外多色測光観測

高橋茂 (東京大学), 吉田二美 (産業医科大学), 飯野孝浩 (東京大学)

Karin 族は Koronis 族のサブグループであり、Nesvorný et al. (2002) による数値的研究により、580 万年前の衝突破壊により形成されたと推定されている。Koronis 族が形成から 25-30 億年経ていることを考えると、Karin 族の表面は衝突破壊により更新されていると期待され、宇宙風化の影響が他の Koronis 族小惑星と比較的小さいと考えられている。

我々のグループでは 2003 年 11 月に英国赤外線望遠鏡 (UKIRT) を用いて、この (832) Karin を含む 4 天体の近赤外多色測光観測を行った。今学会では (832) Karin を中心に Karin 族小惑星の観測結果を報告する。

Karin 族の名の元になった (832) Karin は直径 $D \sim 17.3$ km (Harris et al. 2009) を持つグループ最大の天体であるが、2003 年にすばる望遠鏡を用いて行われた近赤外分光観測で、表面が一様色ではなく、部分的に赤い領域 (赤化領域) が存在することが発見された (Sasaki et al. 2004)。この赤化領域は Karin 族形成時に表面が更新されなかった部分と解釈され、この発見以来測光分光において複数の観測がなされてきた。

これまで 2003、2004 および 2006 年に観測が行われているが、2003 年の観測では赤化領域の検出報告があるのに対し、2004 年および 2006 年における可視および近赤外での観測では (832) Karin の表面に赤化領域を見出すことができなかった。我々の 2003 年の観測は (832) Karin のおよそ 1/10 周期をカバーしただけであるが、この時も赤化領域を捉えることができなかった。これらの観測結果は (832) Karin の赤化領域の位置推定に、大きな制約を与えるものである。我々は今学会において、過去観測を参照しながら、赤化領域に関する議論を行う。なお、この内容は The Astronomical Journal 誌に投稿予定である。

[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](#)

P311b 高空隙率ダストにかかるガス抵抗の性質について

森川翼 (鹿児島大学), 塚本裕介 (鹿児島大学)

原始惑星系円盤では、ダストの成長が惑星形成の最初のステップである。先行研究 (e.g., Okuzumi et al. 2012, Kataoka et al. 2013 a,b) では、合体成長におけるダストの空隙率の進化を考慮することで、その空気抵抗則の変化を通して、ダスト落下問題を解決できることが提案されている。一方で、このモデルの基礎となるダストアグリゲイトの空気力学的性質については明らかにされていない部分がある。例えば、クヌッセン数 1 近傍での空気抵抗の振る舞いやダストにかかるラム圧の圧縮/せん断応力比などである。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、主としてエプスタイン領域における、ダストにかかる圧力やせん断応力について調べた。その結果、Epstein 則では短時間にかかる回転モーメントがランダムウォーク的に変化し、ガスからの空気抵抗がダストアグリゲイトの回転角運動量の進化に寄与しうることがわかった。本発表では、その振る舞いと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](#)

P312b JWST によるタイタン大気中間赤外分光観測データにおける輝線同定の初期成果

飯野孝浩 (東京大学), 佐川英夫 (京都産業大学),

タイタン大気は窒素、メタンを主成分とし、これらの光解離を起点とする光化学過程により多様な微量分子が存在している。その組成及び時空間変動の観測的解明には中間赤外波長域での分光観測が重要な役割を担っており、ボイジャー 1 号に搭載された IRIS 分光計は HC_3N や C_4N_2 といった分子種の検出や、冬曲への微量分子の偏在を見出し (Kunde et al., 1981, Nature)、カッシーニ探査機に搭載された CIRS 分光計は微量分子分布の 13 年にわたるモニタリングを達成した (e.g. Nixon et al., 2019, ApJS)。

ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 (JWST) はこれら探査機同様に中間赤外域の広帯域・高波長分解能が可能な分光計 MIRI を搭載し、サイクル 1 でタイタンの分光観測を行っている (PI: C. Nixon)。我々はその公開データを用いて 6–28 μm におけるスペクトルを生成、輝線同定に取り組んでいる。中間赤外域での対称性分子の遷移は非常に多いため、輻射輸送計算を行うことで得られたモデルスペクトルとの比較により同定を行っている。結果、 C_3H_4 や C_2N_6 といった炭化水素群、HCN や HC_3N といった窒素化合物群は従来の観測と同様に高い S/N で検出された。本発表では輝線同定解析の初期成果を紹介する。

[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](#)

P313c レゴリスを模擬した砂標的へのクレーター形成過程の数値シミュレーション

黒崎健二, 荒川政彦, 保井みなみ (神戸大学)

リュウグウへの SCI クレーター形成実験や Dimorphous の Double Asteroid Redirection Test mission で行われた衝突実験から、小天体は主に凝集力が弱いレゴリスで構成されていることがわかっている。特に、砂への衝突クレーターの形成過程とその放出物の速度分布・放出角度は、天体の表層を構成するレゴリスの物性に強く依存していると考えられる。本研究では、グラスビーズおよび石英砂への衝突実験と比較するために、砂標的の状態方程式を再構築した。そして物質強度を考慮した Smoothed Particle Hydrodynamics 法を用いた数値シミュレーションを行い、衝突クレーター形成の再現計算およびクレーター形成中の圧力分布や放出速度分布の解析を行った。計算の結果、室内実験によって得られたクレーターサイズとよく一致することがわかった。本研究の成果はクレーター形状および放出速度と標的物性の関係を理解する新しい知見をもたらすことが期待される。今後の課題として、解像度の依存性や摩擦角の影響を検討し、SCI クレーターの再現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](#)

P314a 微惑星円盤からの惑星形成過程における planetesimal-driven migration の効果

神野天里 (神戸大学), 斎藤貴之 (神戸大学), 船渡陽子 (東京大学), 牧野淳一郎 (神戸大学)

京都モデルに始まる古典的な惑星形成理論では、惑星は現在の軌道近傍で「その場」形成されると考えられてきた (Hayashi, 1981)。しかし、惑星の「その場」形成を仮定すると天王星や海王星などの形成時間が太陽系の年齢を超えてしまうことが古くから指摘されている (Levison & Stewart, 2001)。さらに、近年の系外惑星の観測から、惑星の動径方向移動を考慮しなければ説明できない多様な惑星系の存在が明らかになってきた。惑星移動の有力なメカニズムには、微惑星-惑星間の重力相互作用によって惑星が移動する planetesimal-driven migration (以下、PDM) が存在する。PDM による惑星移動の傾向は、これまでもシミュレーションによって調べられており、原始惑星は PDM によって動径方向内側だけでなく外側にも移動することが明らかになっている (e.g., Kirsh et al. 2009; Minton & Levison 2014; Kominami et al. 2016; Jinno et al. 2024)。しかし、先行研究では初期条件に惑星の存在が仮定されていたために惑星形成過程は考慮されておらず、PDM による惑星移動が惑星形成過程へ及ぼす影響は十分に調べられていない。

そこで本研究では、初期条件に惑星の存在を仮定しない PDM による惑星移動を考慮した大規模長時間惑星形成 N 体シミュレーションを行ない PDM が原始惑星成長に及ぼす効果を調べた。その結果、滑らかな微惑星円盤があれば Type I migration による中心星方向への移動に打ち勝ち、原始惑星は PDM によって円盤外縁部まで移動することがわかった。また、PDM による移動と原始惑星間の軌道反発による軌道間隔を保つ効果によって、暴走成長段階に形成された複数の原始惑星が円盤外側へと同時に移動することも明らかになった。本講演では、PDM が原始惑星成長に及ぼす効果を N 体シミュレーションにより調べた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](#)

P315a 円盤移動が示唆されるホットジュピターの同定

河合優悟, 成田憲保, 福井曉彦, 渡辺紀治 (東大), Judith Korth (Univ. of Lund), Hannu Parviainen (IAC)

ホットジュピター形成の定説は、外側で木星サイズの惑星が形成された後、円盤内のガス抵抗で内側に移動する「円盤移動」と、伴星や惑星に離心率を励起され、惑星内部の潮汐散逸によって近点付近で円軌道化する「高離心率移動」の二つである。離心率励起の副産物である惑星の公転軸の（主星の自転軸に対する）傾きの測定が二説の検証方法として一般的であるが、大きな傾きが高離心率移動を示唆する一方、傾きがないことは円盤移動を必ずしも意味しないという問題がある。これは、高離心率移動によるホットジュピター形成後、主星内部の潮汐散逸によって軌道が再度揃う可能性があるからである。本研究では、円盤移動で形成されたと考えられるホットジュピターを同定するために、質量と半径が測定されている約 400 のホットジュピターの円軌道化に要するタイムスケール、 τ_{circ} を計算した。 $\tau_{\text{circ}} > \tau_{\text{age}}$ (系の推定年齢) であるにも関わらず離心率 $e = 0$ の場合、そのホットジュピターは高離心率移動を時間内に完了できないため、円盤移動が示唆される。 τ_{circ} の計算に用いる潮汐散逸の効率は、 $\tau_{\text{circ}} > \tau_{\text{age}}$ と $\tau_{\text{circ}} < \tau_{\text{age}}$ の 2 つのサンプルの離心率分布の差が最大化される値として求めた。こうして求めた潮汐効率は、衛星との相互作用から推定される太陽系の木星の値と整合的である。この結果、円盤移動が示唆されるホットジュピター ($\tau_{\text{circ}} > \tau_{\text{age}}, e = 0$) を数十個同定した。この中には内側の軌道にスーパーアースなどの別の惑星が発見されているホットジュピターの多くが含まれる一方、有意に軌道の傾いたホットジュピターは存在しない。これは、円盤移動が高離心率移動に比べて静的な移動機構であることと整合的である。また、 e が測定されていないホットジュピターを含めると、潮汐散逸の効率の推定精度（離心率分布の差の p -値）が大幅に悪化した。これは、これらのホットジュピターの多くが有意な離心率を持つことを示唆する。

[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](#)

P316a 高温星 TOI1355 周辺の楕円軌道ホットジュピターの発見

渡辺紀治, 成田憲保, 福井暁彦, Jerome de Leon, 河合優悟 (東京大学), 日下部展彦, 大宮正士, John Livingston, 田村元秀 (ABC), 佐藤文衛 (東京科学大学), 磯貝桂介 (京都大学), 泉浦秀行, 田實晃人 (国立天文台), MuSCAT チーム, Las Cumbres Observatory スタッフ

主星近傍で公転する巨大ガス惑星(ホットジュピター)は、その場での形成が困難である。そのため、主星から遠い場所で形成された巨大ガス惑星を主星方向に移動させる軌道進化モデルが提唱された。軌道進化モデルとして主に、円盤との重力相互作用によって軌道が主星自転と揃ったまま内側に移動する円盤相互作用モデル、伴星の重力作用で軌道がズレた後に傾いたまま円軌道化で内側に移動する高離心率移動モデルが挙げられている。表面温度が7000K以上の恒星(高温星)の表面には対流層がほぼないため、潮汐効果によって主星自転と軌道の向きが揃うことがなく、軌道進化直後の惑星軌道傾斜角を維持する。よって、高温星周辺のホットジュピターは、惑星軌道進化の調査に最適であると言える。

本研究で我々は、宇宙望遠鏡 TESS によるトランジット探査と、高分散分光器 GAOES-RV や多色撮像カメラ MuSCAT3 などによる地上フォローアップ観測を高温星である TOI1355(A 型星) に対して行ったところ、重いホットジュピターを1つ発見した。高温星周辺においては初めての高い離心率($e \sim 0.29$)をもつホットジュピターの発見であり、高離心率移動モデルを示唆する結果となった。また、主星中心からトランジット軌道までの見かけの距離(インパクトパラメーター)の変化を確認し、惑星軌道歳差(惑星公転軸が主星自転軸を中心に歳差運動する現象)を検出したため、極軌道の可能性を示した。さらに、西暦 2028 年以降にはトランジット観測ができなくなる可能性も示した。

[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](#)

P317a 惑星質量天体での質量降着に伴う水素輝線の放射機構

青山雄彦(中山大学), 橋本淳(アストロバイオロジーセンター)

質量降着を伴う若い恒星では、降着エネルギーに起因する水素輝線の過剰放射が観測される。降着エネルギーは恒星表面の降着衝撃波で熱化されるが、この衝撃波後面のガス温度は水素の電離温度を優に超えるため、水素輝線の放射に適さない。従って二次的に加熱された周辺ガス、特に降着流が水素輝線の放射源だと考えられている。一方で降着に伴う水素輝線は惑星質量天体でも観測されているが、惑星質量では降着衝撃波後面の温度が恒星に比べて低いため、降着エネルギーの大部分を直接水素輝線として放射できる。しかし降着流からの放射も、恒星の場合と同様に観測フラックスに寄与する可能性がある。どちらの放射機構が優位かによって、水素輝線観測を用いた質量降着率の推定値が桁で変わりうるため、放射機構を推定することは重要である。

そこで我々は、惑星質量天体の水素輝線放射機構を明らかにするため、観測された水素輝線のスペクトルとフラックスを降着衝撃波の水素輝線放射モデルと比較した。JWST/NIRSpec で観測された TWA27b の赤外水素輝線(Paschen・Brackett 系列)では、観測データは衝撃波放射モデルとよく一致していた。しかし一方で降着流放射のモデルとも整合的であり、放射機構を判別するにはより高い観測精度が必要である。また現行装置のスペクトル解像度を考えると、スペクトル形状よりも複数輝線のフラックス比の方が放射機構の制約に有用であるとわかった。

加えて、同様の輝線フラックス比を用いた解析を低質量の孤立天体に対しても行った。その結果、いくつかの天体の水素輝線は衝撃波加熱ガスに由来すると示唆された。しかし低質量・低質量降着率の天体ほど衝撃波放射が支配的になるという予想に反し、天体質量・質量降着率に機構が切り替わる明瞭な境界値は見られなかった。

[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](#)

P318a IRD-SSP による M 型星周りの惑星サーベイ：6 年目の観測状況

大宮正士(ABC/NAOJ), 原川紘季, 工藤智幸, Sebastien Vievard(NAOJ), 葛原昌幸, 平野照幸, 宝田拓也, 日下部展彦(ABC/NAOJ), 高橋葵, 笠木結(JAXA), 小谷隆行(ABC/NAOJ/総研大), 田村元秀(東大/ABC/NAOJ), 佐藤文衛(東京科学大学), IRD-SSP チーム, IRD 装置チーム

IRD-SSP (InfraRed Doppler - Subaru Strategic Program, 2019 年春季年会 P318a) では、IRD とすばる望遠鏡を用いた長期間のサーベイ観測によって、赤外線ドップラー法を用いて M 型矮星を公転する地球型を含む惑星を探索し、低質量星における惑星系の特徴を理解することを目指している。これまでに、IRD-SSP1~2 年目のスクリーニング観測(e.g. 2020 年春季年会 P320a) で確定したサンプル星に対して重点的に多数回の観測を行い、視線速度(RV)モニターを進めてきた(e.g. 2023 年春季年会 P301a)。IRD-SSP は当初五年間で終了する予定であったが、望遠鏡や装置のトラブル、COVID-19 などの影響によって実施できなかった観測夜数が補填されたため、六年目も観測を行ってきた。本講演では、IRD-SSP での RV 観測の六年目の進捗状況を報告する。

IRD-SSP によるモニター観測では、自転速度が遅く高精度の RV 測定が期待できるサンプル星に、1. RV 変化が大きく惑星をもつ可能性がある天体を調査するフォローアップ観測と、2. 低質量の惑星までを探索可能にする最大 80 回の観測を目標としたモニター観測を行なっている。これまでに、34 星以上が 40 回以上の観測を終えており、公転する可能性がある惑星を RV 変化の大きさから制限することができるようになった。また、30 回以上観測したサンプルの中には比較的大きな RV 変化を持つ天体や惑星によるものと考えられる変化を示す天体を複数検出しており、フォローアップ観測によってこのような惑星の確認を重点的に行ってきた。

[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](#)

P319a トランジット時刻変動による Kepler-51 系の第 4 惑星の検出

Kento Masuda (Osaka Univ.), Jessica E. Libby-Roberts (Penn State Univ.), John H. Livingston (Astrobiology Center), Kevin B. Stevenson (Johns Hopkins Univ.), Peter Gao (Carnegie Science Earth and Planets Laboratory), Shreyas Vissapragada (Carnegie Science Observatories) et al.

Kepler-51 は、半径約 $6-9 R_{\oplus}$ 、公転周期約 45-130 日をもつ 3 つのトランジット惑星を有する比較的若い (年齢 $\lesssim 1$ Gyr) 太陽型星である。過去のケプラー探査機およびハッブル宇宙望遠鏡 (HST) の観測から得られたトランジット時刻変動 (TTV) は、3 つのトランジット惑星間の重力相互作用を考慮したモデルと整合的であり、すべての惑星に対して低い質量と平均密度 ($\lesssim 0.1 \text{ g/cm}^3$) が得られていた (2014 年春季年会 P232a)。しかし、ケプラーの観測から約 10 年後、ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 (JWST) による最近の観測で得られた最も外側のトランジット惑星 Kepler-51d のトランジット時刻は、3 惑星 TTV モデルによる予測と大きな不一致を示した。この不一致は地上観測および HST の追観測でも確認された。我々はこの 3 惑星モデルとの不一致が、第 4 の外側の惑星 (Kepler-51e) によって説明できることを示した。過去 14 年にわたる TTV データの解析からは、Kepler-51e について幅広い範囲の質量 ($\lesssim M_{\text{Jup}}$) と公転周期 ($\lesssim 10$ 年) を含む多くの解が見つかった。いずれにおいても、内側のトランジット惑星の質量は $\lesssim 10 M_{\oplus}$ であり、不定性はやや大きくなったがそれらの平均密度は低いままである。これらの解のうちデータを最もよく説明するものの一つは、Kepler-51e が Kepler-51d と 2:1 の平均運動共鳴付近にあり、すべての惑星が低い軌道離心率 ($\lesssim 0.05$) と近い質量 ($\sim 5 M_{\oplus}$) を持つものである。これらは他のコンパクトな多重惑星系でも共通して見られる特徴である。本研究は、TTV を示す系の長期間の追観測が、長周期惑星まで含めた惑星系全体の構造の解明に重要であることを示す。

[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](#)

P320a 高分散分光による褐色矮星連星 Luhman16AB のキャラクター化

山響 (阪大), 増田賢人 (阪大), 河原創 (ISAS), 川島由依 (京都大)

近年、高分散分光と補償光学を組み合わせることで系外惑星や褐色矮星の高分散スペクトルの取得が可能になってきた。高分散スペクトルからは化学組成や雲、温度・圧力構造 (T-P profile)、表面重力といった大気の詳細な情報が得られるが、高分散スペクトルを直接モデル化してそれらの情報を抽出した例は限られている。そこで本研究では系外惑星や褐色矮星の高分散スペクトルの解析手法の確立に向けて、褐色矮星連星 Luhman16AB の高分散スペクトルを大気リトリーバルツール ExoJAX を用いて詳細解析し、大気組成や表面重力などを推定した。Luhman16AB は太陽系最近傍の褐色矮星連星で、他の系外惑星や褐色矮星に比べ非常に明るく S/N の良い高分散スペクトルが取得されている。両者の質量はアストロメトリを用いて精密に測定されており (Lazorenko et al., 2018)、また所属する association (Gagne et al., 2023) が同定されているため、年齢も推定されている。これらから、精度の良いスペクトルから得たリトリーバルの結果を力学質量や褐色矮星の進化モデルと比較可能であり、Luhman16AB は高分散スペクトルの解析手法の検証を行う上で理想的なターゲットである。これまでは Luhman16AB の高分散スペクトルを雲を考慮せずに解析しており、推定した T-P profile を褐色矮星の T-P profile モデルと比較したところ、雲がある褐色矮星の T-P profile モデルに似ていることがわかった (日本天文学会 2024 年秋季年会 P314a)。実際、Doppler imaging や偏光観測、中分散分光観測より Luhman16AB における雲の存在が指摘されている (Crossfield et al., 2014, Millar-Blanchaer et al., 2020, Biller et al., 2024)。本講演では、Luhman16AB の高分散スペクトルの解析に雲の効果を加え再解析した結果 (質量、半径、T-P profile、C/O 比など) 及び既知の推定値との比較を報告し、結果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](#)

P321a PRIME プロジェクトのステータス

住 貴宏 (大阪大学), PRIME collaboration

近赤外線マイクロレンズ系外惑星探査プロジェクト Prime-focus Infrared Microlensing Experiment (PRIME) の現状を報告する。我々は南アフリカのサザランド観測所に 1.8m 広視野近赤外線望遠鏡を建設し、NASA Roman 計画から貸与された 4 個の H4RG-10 検出器を用いて、世界最大級の近赤外線カメラを製作し、インストールした。視野は 1.45 平方度で、星間吸収が強く可視光観測が困難な銀河系バルジ中心領域を、初めて H バンドで高頻度マイクロレンズサーベイを行う専用望遠鏡である。銀河系中心部は星密度が高くイベント発生率が高い。また、周辺の星密度が低い領域と惑星存在率を比較することで、環境による惑星形成の違いを検証できる。PRIME 望遠鏡と Roman 望遠鏡が同じフィールドを同時に観測すると、視差によって異なるライトカーブが観測される (マイクロレンズ視差)。これにより、レンズ系の質量と距離を測定することができ、Roman の成果を質的に向上させることができる。PRIME は 2023 年に観測を開始し、既に GW や GRB を含む様々な突発現象の ToO 観測にも使われている。

[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](#)

P322a マイクロレンズ惑星シグナルの自動検出アルゴリズムによる長周期惑星の系統的探索

布田 寛介 (大阪大学), MOA コラボレーション

重力マイクロレンズ現象のタイムスケールはレンズ天体の質量の平方根に比例し、レンズが惑星質量の場合はタイムスケールは1日未満となる。MOA-IIの観測から、そのような短いタイムスケールのイベントに寄与するレンズ天体は銀河系内で恒星の約20倍存在すると推定され、自由浮遊惑星の候補とされているが、これらが実際に自由浮遊惑星なのか、それとも長周期惑星なのかを判別することは容易ではない。なぜなら、レンズ天体が長周期惑星系である場合でも、レンズ天体とソース天体の位置関係によっては惑星の重力だけが増光に寄与し、結果としてレンズ天体が自由浮遊惑星の場合と同様の増光曲線を示すことがあるからである。

しかし一方で、レンズ天体が長周期惑星系であり、主星の重力が増光に寄与しているイベントを用いることで、長周期惑星の存在量を推定することが可能であり、このような長周期惑星存在量の推定は、浮遊惑星の存在量を間接的に評価する手がかりにもつながる。

これまでのマイクロレンズによる惑星探査では、惑星シグナルの検出は主に人の目による手動で行われており、そのため主星の増光から時間的に離れた長周期惑星のシグナルを見逃すことが多く、発見は困難であった。そこで本研究では、惑星シグナルを自動的に検出する異常検出アルゴリズムを開発した。このアルゴリズムにより、これまで検出が困難だった長周期惑星のシグナルを偏りなく検出できるようになり、これに基づいた統計的な解析が可能となる。本講演では、このアルゴリズムの概要を説明するとともに、2007年から2022年までのMOA-IIデータを用いて発見したいくつかの長周期惑星イベントを紹介する。

[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](#)

P323a 黒点を横切るトランジット惑星 TOI-3884b の多色測光観測

森万由子, 平野照幸 (ABC), 成田憲保, 福井暁彦 (東大)

系外惑星が主星の黒点の前を横切る (spot crossing) トランジットは、黒点の温度やサイズ、分布を直接調べることのできる貴重な機会であるが、通常は偶発的な現象であり意図的な観測が難しい。その中で、赤色矮星を公転するスーパーネプチューン TOI-3884b は、トランジットライトカーブが常に spot crossing の特徴を示す珍しい系である。これは、主星の極が観測者側を向いており、極に存在する巨大黒点の手前を極軌道のトランジット惑星が通過するという、ユニークな系の構造によるものと考えられている。

私たちは、この TOI-3884 系の構造と黒点をより詳細に特徴付けるため、多色測光装置 MuSCAT シリーズを使用し TOI-3884b のトランジット観測を複数回実施した。解析には約20日ごとに取得した3回分のトランジットデータを用いた。得られたライトカーブ形状に時間変化が見られることから、黒点が完全な極に存在しているのではなく恒星の自転に合わせて位置が変化していることが初めて示唆された。これらのライトカーブを、黒点の温度・半径・位置、惑星の半径、トランジット時刻等をパラメータとする spot crossing モデルでフィッティングすることにより、これらのパラメータの取りうる範囲を調べた。結果として、現在のデータでは恒星の自転周期・軌道傾斜角・黒点の位置等に縮退が見られるものの、各パラメータの取りうる範囲を先行研究より高い精度で制限することができた。また、同時多色測光によって、黒点の温度が光球面に比べて約200K程度低いことを確認した。

TOI-3884 系の力学的描像を制約できたことは今後予定されている JWST 等での詳細観測に対して有用な観測的知見となる。また、模擬データの解析から、より高頻度の観測が実施できればパラメータ間の縮退が解け spot crossing のみから恒星の自転周期や軌道傾斜角をロバストに測定できることが分かり、手法の有効性が示された。

[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](#)

P324a 短周期系外惑星における一次大気から二次大気への遷移

黒川 宏之 (東京大学), 小林 一生 (東京科学大学), Laura Schaefer (スタンフォード大学), 奥住 聡 (東京科学大学)

短周期のサブネプチューン (地球と海王星の間程度のサイズの惑星) は系外惑星系において普遍的に存在する。これらのサブネプチューンは原始惑星系円盤を捕獲した一次大気を持っていると考えられてきた。しかし、最近の観測における準安定三重項状態に起因する 10830Å 吸収線の未検出の報告は、これらの惑星の一部が一次大気に豊富なヘリウムを十分に保持していないこと、ひいては、内部からの脱ガス起源の二次大気を保持する可能性を示唆している。我々は、短周期系外惑星における一次大気から二次大気への遷移の見られるパラメータ範囲 (惑星質量、軌道半径など) および二次大気を持つ惑星の特徴 (ヘリウム散逸率や惑星半径など) を明らかにすることを目的として研究を行った。そのために、主星 XUV 照射による大気散逸と内部からの脱ガスによる惑星進化において、大気と内部における水素・ヘリウム・水の3成分の存在量の時間進化を記述する理論モデルを開発し、パラメータサーベイを行った。結果として、水素とヘリウムのマグマ溶解度の違いにより、一次大気から二次大気への遷移が大気ヘリウム存在度の違いによく反映されることを明らかにし、遷移が生じるパラメータ範囲を突き止めた。また、遷移の指標であるヘリウム散逸率と惑星半径の間に相関が生じることがわかった。観測コンパイルとの比較の結果、散逸ヘリウムの未検出の一部はこの大気遷移によって説明できる可能性が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](#)

Q01a XRISM 衛星による超新星残骸 W49B の鉄族元素組成比の測定

澤田真理 (立教大), Greg Brown (LLNL), 佐藤寿紀 (明治大), Adam Foster (CfA), Liyi Gu (SRON), Roi Rahin (GSFC), XRISM W49B Target Team

W49B は、電波シェルの中心を東西に貫く細長い構造と再結合優勢プラズマに特徴づけられる、形態的にも熱的にも特異な超新星残骸であり、その起源が長年議論されてきた。細長い形態は過去には極超新星の双極ジェットの痕跡とも考えられ、超大質量星の親星を示唆したが、イジェクタが支配的な X 線スペクトルの元素組成比測定からは超大質量親星は支持されず、むしろ Ia 型起源が有力視された。

このような状況の中、我々は 2023 年に打ち上げた XRISM 衛星による精密 X 線分光観測を行った。我々はまず Fe He α 輝線エネルギーを測定し、Fe イジェクタが東側で青方偏移、西側で赤方偏移となるような視線速度勾配を持つことを明らかにした (2024 年秋季年会講演)。この速度構造は、近年優勢だった Ia モデルでは通常期待されない双極状フローを示唆し、すべての観測的特徴を矛盾なく説明することはさらに困難となった。そこで我々は次の段階として、XRISM による精密スペクトルをもちいて鉄族元素の組成比のより正確な測定を試みた。

XRISM による 4.5–11.5 keV 帯域のスペクトルには、Cr, Mn, Fe の He α のほか、Cr と Fe の Ly α , Fe のより高励起準位からの輝線が多数検出された。XRISM の分光力と W49B 由来の輝線の細さは、Ni He α を Fe He β から分離するに十分だったが、Ni He α の帯域で最も明るい輝線のエネルギー (7.78 keV) は Ni の共鳴線 (7.80 keV) としては低く、Fe の二電子再結合線であると決定した。さらに、観測スペクトルから放射モデルで見落とされていた Fe の衛星線を特定し、これを含めて解析した結果、Ni/Fe 質量比が 0.03–0.04 程度と低いことを明らかにした。講演では、Mn/Cr 質量比などもあわせて、W49B の親星・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](#)

Q02a XRISM 衛星を用いた超新星残骸 W49B の空間構造の調査

鈴木那梨, 山内茂雄 (奈良女子大), 澤田真理 (立教大), Greg Brown (LLNL), XRISM W49B Target Team

標準的な超新星残骸 (SNR) の進化に現れない、電離よりも再結合が優勢なプラズマ状態 (再結合優勢プラズマ) を持つ SNR が近年多数発見されている。この再結合優勢プラズマの形成過程は未だ議論が続いている。提案されているシナリオは、分子雲との接触による熱伝導や、星風により周囲に形成した高密度な空間から外側の低密度空間へ衝撃波が抜ける過程でプラズマが冷却されるシナリオ、近傍の明るい光源からの光子や低エネルギー宇宙線により電離が促進されるシナリオである。

2024 年 4 月に XRISM 衛星にて観測された SNR W49B は、再結合優勢プラズマを持つ若い天体である。再結合優勢プラズマの形成過程の詳細な議論のために、空間構造の情報が必要である。NuSTAR の観測結果から、W49B の再結合優勢プラズマは東西で様子が異なり、西側の方で鉄の放射性再結合連続 X 線が突出し、過電離の度合いが大きいことが確認されている (Yamaguchi, H., et al. 2018, ApJL, 868, L35)。

これまでに私たちは、すぎく衛星の W49B のデータにおいて、元素ごとに初期の電離状態が異なるモデルを使用したスペクトルの解析を行い、空間的に大きく異なる初期電離温度と、それに比べて空間的に小さくばらつく現在の電離温度という温度構造を発見した (2022 年秋季年会 Q36a)。本研究では、この元素依存電離温度のモデルを使用して、マイクログロリメータ分光器 Resolve で取得した X 線スペクトルを空間分割して解析を行った。W49B.EAST と W49B.WEST の 2 つの観測データをそれぞれ 9 つの領域に分け、2–10 keV の広範囲なスペクトルを解析した結果、すぎく衛星の解析結果と同様に、空間的に大きく異なる初期電離温度と、それに比べて空間的に小さくばらつく現在の電離温度が得られた。講演では、解析の詳細を報告し、W49B の温度構造を議論する。

[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](#)

Q03a かに星雲のフィラメントの起源と役割及び σ 問題

田中周太 (青山学院大学), 犬塚修一郎 (名古屋大学)

西暦 1054 年に爆発した超新星の残骸であるかに星雲は、大きな回転光度を持つかにパルサーを有し、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観測されるパルサー星雲である。一方、名前の由来であるかにの足のようなフィラメント状の構造からは重元素の輝線が可視光で観測されている。フィラメントの起源は明らかにパルサーではなく、分子の輝線なども観測される低温の物質である。明らかに異なる相がパルサー星雲内には存在しているが、これまでのパルサー星雲に関する研究において、電子陽電子プラズマと低温フィラメントの関連はほとんど考えられていない。本研究では、このフィラメントの起源について親星を形成した分子雲フィラメントとの関係について議論する。また、パルサー星雲プラズマと一見無関係なフィラメントがパルサー星雲における磁化率や粒子数に関する長年の未解決問題を解決する可能性を論ずる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q04a 「かに星雲・パルサー」の West Bay とジェットにおける偏光スペクトル同時解析

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

2021 年 12 月に打ち上げられた IXPE は、軟 X 線で偏光撮像同時観測を行う初めての衛星である。かにパルサー・パルサー風星雲 (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 の解析では、初めて偏光スペクトル同時解析を行い、偏光度が他より低い西側のスペクトルがハードであることを発見した。また、南ジェットを解析した結果、先端部では磁場がジェット軸に平行であることがわかった。これらの結果にもとづき、私たちは「West Bay」(F. D. Seward et al 2006 ApJ 6521277) と呼ばれる構造と南北ジェットのスペクトルと偏光の性質を詳しく調べている。West Bay の解析ではトラスから west bay にかけて複数の領域に分けて偏光スペクトル同時解析を行い、東側や北側と比較した。その結果、偏光度は west bay で減少し、west bay 付近で磁場が急激に変化した。更にこの結果を踏まえ、West bay とそれ以外の領域で異なる偏光情報を入力した IXPE 衛星の観測シミュレーションを行い、データ解析の結果を再現するような磁場構造を検証している。ジェットの解析では、南北ジェットともにトラスからの漏れ込みを考慮して偏光スペクトル解析を行い、どちらのジェットも磁場はジェット軸に垂直であることがわかった。南ジェットに関しては、折れ曲がりの先で磁場はジェット軸に平行であることがわかった。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](#)

Q05a 多波長データ解析によるガンマ線未同定天体 HESS J1626–490 の起源の解明

岡 知彦, 森 正樹 (立命館大学), 石崎 渉 (東北大学), 佐野 栄俊 (岐阜大学), 鈴木 寛大 (ISAS/JAXA), 田中 孝明 (甲南大学)

ガンマ線は宇宙線の生成源のトレーサーであるが、宇宙には対応天体が見つからず起源が謎であるガンマ線放射、通称、ガンマ線未同定天体が数多く存在する。本研究では、TeV ガンマ線未同定天体の一つである HESS J1626–490 に注目する。この天体の近くに超新星残骸 (SNR) G335.2+0.1 が位置するため、TeV 放射の起源として、SNR から逃走した宇宙線と分子ガス中の陽子が相互作用することでガンマ線が放射されるというシナリオ (“宇宙線逃走シナリオ”) が提唱されてきたが、観測的な検証は得られずにいた。本研究では、(1) 電波輝線データ解析による SNR に付随するガスの特定、陽子密度測定、(2) 最新の GeV ガンマ線・X 線観測データの解析による SNR、HESS 天体両領域における非熱的放射の探索を行い、(3) これらの観測的情報を駆使した多波長スペクトルモデリングによる宇宙線逃走シナリオの検証を行った。SNR・HESS 天体の両領域においても X 線は非検出であった一方、GeV ガンマ線放射は 2 領域を跨ぐように広がって放射されていることを発見した。さらに GeV ガンマ線放射は、放射領域のエネルギー依存性、50 GeV を超える帯域でのスペクトル硬化から、2 つの異なる放射成分が存在することを明らかにした。多波長スペクトルモデリングにおいて、当領域におけるガンマ線放射が現在の SNR で加速されている宇宙線と過去に逃走した宇宙線の 2 成分であると仮定すると観測データをよく再現できることがわかり、結果、HESS J1626–490 の起源が SNR G335.2+0.1 から逃走した宇宙線陽子であるという強い示唆を得た。本講演では上記の結果についてまとめ、加えて、多波長モデリングで得られた宇宙線の拡散に関する解釈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](#)

Q06a ALMA ACA による大マゼラン雲の超新星残骸 N157B の CO 多輝線観測

井上陽登, 濱田莉来, 浅野裕也, 山中祐里奈, Bhuvana G. R, Alsaberi, R., 柘植紀節, 村瀬建, 高羽浩, 佐野栄俊 (岐阜大), 山根悠望子, 立原研悟, 福井康雄 (名古屋大), 水野範和, 河村晶子 (NAOJ), 馬場彩 (東京大), 鈴木寛大 (JAXA/ISAS), 大西利和 (大阪公立大), 徳田一起 (九州大), 他 N157B チーム

超新星残骸 (SNR) の衝撃波は、分子雲の加熱や電離を促し、星間物質の化学進化や銀河の構造形成に多大な影響を与える。大マゼラン雲 (LMC) の N157B (30 Dor B, NGC 2060) は大質量星団 LH99 方向に位置する SNR である。パルサー風星雲を内包し、TeV ガンマ線で非常に明るいことから、粒子加速の観点からも注目されている (e.g., HESS Collaboration 2015)。年齢も 5 kyr と比較的若く、衝撃波-星間雲相互作用の現場を捉えることが期待できる (e.g., Marshall et al. 1998)。一方で、N157B 方向の CO 高分解能観測は皆無であり、分子雲の物理状態も十分に調べられていなかった。今回我々は、ALMA ACA による ^{12}CO および ^{13}CO ($J = 2-1, 3-2$) 輝線観測 ($\delta\theta \sim 2.7''-7.3''$ または $\sim 0.7-1.7$ pc) を実施したので報告する (#2021.2.00008.S, PI: H. Sano, および #2021.1.00367.S, #2019.2.00044.S, PI: Bolatto)。結果として、N157B 方向におよそ 10 個の粒状分子雲が分布していることがわかった。典型的なビリアル質量は $\sim 0.2-1.4 \times 10^3 M_{\odot}$ 、サイズは $\sim 1-2$ pc である。このうち SNR シェル南東部と北部に位置する分子雲は、X 線 SNR シェルと非常に良い空間対応を示す。Non-LTE 解析の結果、これら分子雲は、運動温度 $\sim 20-30$ K、水素分子個数密度 $\sim 5-7 \times 10^3 \text{ cm}^{-3}$ を持つことがわかった。これは、分子雲の温度の典型値 ~ 10 K に対して $\sim 2-3$ 倍程度高い。以上を踏まえ本講演では、N157B に付随する分子雲の物理状態と、SNR や周辺環境との関係性について論じる。

[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](#)

Q07a ALMA ACA による LMC SNR N103B の CO 多輝線観測

浅野裕也, 濱田莉来, 井上陽登, 山中祐里奈, Bhuvana, G, R., Alsaberi, R., 柘植紀節, 村瀬建, 高羽浩, 佐野栄俊 (岐阜大), 山根悠望子, 立原研悟, 福井康雄 (名古屋大), 馬場彩 (東京大), 徳田一起 (NAOJ/九州大), 河村晶子, 水野範和 (NAOJ), 大西利和 (大阪公立大) ほか ALMA N103B チーム

超新星残骸 (SNR) の衝撃波は、分子雲の加熱・電離を促し、星間物質の化学進化や銀河の構造形成に本質的な役割を果たす。しかし、SNR 衝撃波による分子雲加熱の観測例はごくわずかであり、その具体的な加熱・電離過程の解明には至っていない。そこで我々は、大マゼラン雲 (LMC) の N103B に着目した。N103B は、巨大星団 NGC 1850 の北東に位置している SNR である。年齢は 380–860 年と若く、視直径は ~ 30 秒角 (~ 6.8 pc) と小さい (Rest et al. 2005)。SNR 中心付近には $\sim 500\text{--}5000\text{ cm}^{-3}$ の電離した高密度星周物質 (CSM) が確認されている (Li et al., 2017)。Sano et al. (2018) は、ALMA 12-m アレイを用いた $^{12}\text{CO}(J=1-0)$ 輝線観測 ($\Delta\theta \sim 1.9'' \times 1.7''$) により、SNR 中心付近に位置する CSM とシェル南部に付随する分子雲をそれぞれ特定した。一方、観測輝線数の不足から、付随分子雲の温度・密度の推定には至っていない。今回我々は、ALMA ACA を用いた ^{12}CO および $^{13}\text{CO}(J=2-1)$ 輝線 ($\Delta\theta \sim 8.2'' \times 5.5''$)、 $^{12}\text{CO}(J=3-2)$ 輝線 ($\Delta\theta \sim 3.7'' \times 2.7''$) の観測を実施したので報告する (#2021.00008; PI: H. Sano)。結果として、 $^{12}\text{CO}(J=2-1, 3-2)$ の空間・速度分布は $^{12}\text{CO}(J=1-0)$ と酷似しているが、 $^{13}\text{CO}(J=2-1)$ は SNR シェル南部でのみ有意に検出できた。輝線強度比 $\text{CO}(J=3-2)/\text{CO}(J=1-0)$ は 0.4–0.9 であり、領域によって異なる値をとる。さらに、4 個の分子雲クラump について LVG 解析を実施し、温度 $\sim 10\text{--}40$ K、密度 $\sim 1100\text{--}1500\text{ cm}^{-3}$ を得た。これら分子雲は、典型的な温度 ~ 10 K に対して最大 ~ 4 倍高い。以上を踏まえ、本講演では N103B 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](#)

Q08a ALMA による超新星残骸 W44 超高速成分 Bullet の観測的研究

蒔田 桃子, 岡 朋治 (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。我々のグループでは、ミリ波サブミリ波帯分子スペクトル線観測に基づきこの W44 分子雲の研究を行ってきた。その過程において、空間的に局在した極めて速度幅の広い超高速成分 (Bullet) を発見した。この Bullet は $0.5\text{ pc} \times 0.8\text{ pc}$ 程度の大きさで、 120 km s^{-1} 程度の極めて広い速度幅を有する。この Bullet が持つ Y 字状の空間-速度構造から、高密度分子層への点状重力源の高速突入過程が起源として提案された (Yamada et al. 2017)。このシナリオに即した磁気流体的シミュレーションによって、Bullet の空間-速度構造は良く再現されている (Nomura et al. 2018)。そして想定される位置に対応天体が検出されていないことから、この点状重力源の候補として $30 M_{\odot}$ 程度の孤立ブラックホールが有力視されている。

今回我々は、ALMA Cycle 4 で取得された Bullet の CO $J=3-2$ 回転遷移スペクトル線データを再解析し、その詳細な空間速度構造を精査した。入念な像合成を行った結果、合成ビームサイズ $1''.6 \times 1''.2$ ($0.023\text{ pc} \times 0.018\text{ pc}$) のイメージを得た。このデータから、Y 字構造の根元に南北方向に伸びる二本の細長いフィラメント状構造を発見した。これらのフィラメント構造は 30 km s^{-1} 程度の速度幅を持ち、超新星衝撃波によって生じた高密度層と解釈される。これらと Y 字構造は滑らかに連結しており、上記突入シナリオの妥当性が確認される。一方で、Y 字構造の先端は 0.1 pc 程度の大きさを持っており、これは突入天体が単一の点状重力源ではないことを示唆している。Bullet 周辺には、さらにコンパクトな V 字状空間速度構造を持つ成分が複数発見され、これらも同様の過程で形成された可能性が示唆される。本講演では、新たに明らかになった事実を踏まえて Bullet 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](#)

Q09a ATCA Study of Small Magellanic Cloud Supernova Remnant 1E 0102.2–7219

Rami Alsaberi (Gifu Uni), Miroslav Filipovic (WSU Uni), Shi Dai (CSIRO), Hidetoshi Sano (Gifu Uni), Roland Kothes (DRAO), Jeffery Payne (WSU Uni), et al.

We present new and archival Australia Telescope Compact Array and Atacama Large Millimeter/submillimeter Array data of the Small Magellanic Cloud supernova remnant 1E 0102.2–7219 at 2100, 5500, 9000, and 108000 MHz; as well as HI data provided by the Australian Square Kilometre Array Pathfinder. The remnant shows a ring-like morphology with a mean radius of 6.2 pc. The 5500 MHz image reveals a bridge-like structure, seen for the first time in a radio image. This structure is also visible in both optical and X-ray images. In the 9000 MHz image we detect a central feature that has a flux density of 4.3 mJy but rule out a pulsar wind nebula origin, due to the lack of significant polarisation towards the central feature with an upper limit of 4 per cent. The mean fractional polarisation for 1E 0102.2–7219 is 7 ± 1 and 12 ± 2 per cent for 5500 and 9000 MHz, respectively. The spectral index for the entire remnant is -0.61 ± 0.01 . We estimate the line-of-sight magnetic field strength in the direction of 1E 0102.2–7219 of $\sim 44\text{ }\mu\text{G}$ with an equipartition field of $65 \pm 5\text{ }\mu\text{G}$. This latter model, uses the minimum energy of the sum of the magnetic field and cosmic ray electrons only. We detect an HI cloud towards this remnant at the velocity range of $\sim 160\text{--}180\text{ km s}^{-1}$ and a cavity-like structure at the velocity of $163.7\text{--}167.6\text{ km s}^{-1}$. We do not detect CO emission towards 1E 0102.2–7219.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Q10a ALMA ACA による超新星残骸 Puppis A 東部の CO 輝線観測

有賀麻貴 (岐阜大学/名古屋大学), 佐野栄俊, 柘植紀節 (岐阜大学), 馬場彩 (東京大学), Martin Mayer (Friedrich-Alexander-Universität), 福井康雄, 立原研悟 (名古屋大学)

超新星残骸 (SNR) は、超音速衝撃波や重元素の注入、宇宙線加速を通して星間空間に多大な影響を与える。中でも衝撃波による星間水素の加熱や圧縮は、分子雲の進化のみならず星形成や銀河進化にも重要な役割を果たすため、その観測的検証が待たれている。Puppis A は、距離 1.4 kpc、直径 $\sim 0.8^\circ$ (~ 20 pc) の複合型 SNR である。X 線で明るい SNR シェル東部の Bright Eastern Knot (BEK) 領域では、分子雲との相互作用が示唆されている (Paron et al. 2008 ; Aruga et al. 2022)。[OIII] の検出、ならびに X 線プラズマの物理量 (電子温度、電離タイムスケールなど) の空間分布も示されており、衝撃波による分子雲の加熱過程を探るうえで最適な研究対象の 1 つである。一方で、分子雲の角度分解能が不足しており (角度分解能 $\sim 23''$ – $45''$)、X 線物理量との詳しい比較は行われていなかった。今回我々は、BEK 領域について、ALMA ACA による $^{12}\text{CO}(J=2-1)$ の観測 (角度分解能 $\sim 7.4'' \times 4.4''$, 空間分解能 ~ 0.05 pc \times 0.03 pc) を行ったので報告する。結果として、視線速度 $V_{\text{LSR}} = 13$ – 18 km s^{-1} に、2 つの塊状の分子雲を捉えた。この結果は、先行研究で示唆される SNR に付随する分子雲の速度域と矛盾しない。サイズは ~ 1 pc であり、X 線強度ピークから南東に ~ 0.5 pc ずれた位置にある。水素分子の柱密度は $\sim (0.3$ – $0.9) \times 10^{21}$ cm^{-2} であった。また、当該分子雲の強度分布は、X 線のそれと反相関を示す。Chandra の X 線スペクトル解析より得られたプラズマの電子温度ならびに電離タイムスケールの値 (Hwang et al. 2005) は、分子雲ピークを隔てて SNR 中心から離れた方向で減少している傾向が見られた。以上の結果を踏まえ、本講演では、Puppis A BEK 領域における星間物質の加熱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](#)

Q11a XRISM 衛星によるティコの超新星残骸における噴出物の視線方向速度の測定

松田真宗 (京都大学), 田中孝明 (甲南大学), 水野恒史 (広島大学), 他 XRISM Tycho's SNR Target Team

ティコの超新星残骸 (SNR) は、1572 年に系内で発生した超新星の残骸である。Badenes et al. (2006) による X 線観測や、Krause et al. (2008) による可視光のライト・エコー観測などから、この超新星は標準的な Ia 型爆発であったとされている。SNR の X 線放射は視直径 8 分角で広がっており、空間分解したスペクトル解析をする上で格好の観測対象と言える。特に近年、X 線 CCD スペクトルの輝線幅から爆発噴出物の視線方向速度を見積もることで、非対称な 3 次元運動や星周物質の存在が示唆されている (Godinaud et al. 2023, Uchida et al. 2024)。我々は、これらのより詳細な議論の開拓を目指し、2023 年に軌道投入された XRISM の PV 期において、ティコの SNR の北部、北西部、南部、中心部の 4 領域を計 470 ks 観測した。前回の講演 (田中 他、日本天文学会 2024 年秋季大会、Q09a) でも報告したように、この観測で取得した Resolve による精密 X 線分光スペクトルの輝線構造は、高エネルギー側と低エネルギー側にシフトした 2 つの輝線に分裂していることがわかった。今回、Resolve のピクセルごとにスペクトルを抽出し、Si と Fe の輝線について赤方偏位と青方偏位の輝線中心エネルギーや輝線幅を解析した。その結果、残骸の中心から外縁へ行くに従って両偏位の速度が遅くなっている兆候を得られた。また、中心部のドップラー速度は Fe 輝線が約 3500 km s^{-1} であるのに対し、Si 輝線は約 4000 km s^{-1} とより速い速度を示していた。これらの結果は、Si-rich イジェクタが Fe-rich イジェクタより外側に位置し、ほぼ等方な膨張運動をしているという、Hayato et al. (2010) で指摘された描像と一致する。また、Si, Fe の輝線はそれぞれ、 $\Delta v \sim 2000, 2200$ km s^{-1} で幅広しており、これを熱的運動によるものと仮定した場合、逆行衝撃波の速度は約 3500 km s^{-1} であると見積もることができる。本講演では、これらの詳細な結果と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](#)

Q12a 野辺山 45m 鏡を用いた Tycho' SNR に付随する分子雲の観測的研究

濱田莉来, 浅野裕也, 井上陽登, 藤森翔太, 山中祐里奈, 松原康平, 村瀬建, 佐野栄俊 (岐阜大学), 立原研悟, 福井康雄 (名古屋大学), 田中孝明 (甲南大学), 内田裕之, 松田真宗 (京都大学)

超新星残骸 (SNR) に付随する分子雲の特定・精密定量は、星間ガスの加熱や電離のみならず、宇宙線加速機構や高エネルギー放射の起源を理解するうえで本質的である。特に、SNR 衝撃波と粒状分子雲の衝突は、乱流磁場増幅を伴うシンクロトロン X 線の増光や、衝撃波の急減速による SNR シェルの変形を引き起こすと見られる。Tycho's SNR は距離 ~ 3 kpc に存在し、視直径 ~ 8 分角 (~ 6 pc) の X 線で明るい若い (年齢 ~ 450 yr) SNR であり、 ^{12}CO 輝線の観測から分子雲の付随が報告されている (e.g., Zhou et al. 2016)。また、Tanaka et al. (2021) は Chandra 衛星による 12 年間の X 線データから数年スケールの急減速を発見し、分子雲との付随が想起されるが、両者の詳しい比較研究は行われていない。今回我々は、野辺山 45-m 鏡による ^{12}CO および ^{13}CO ($J=1-0$) 輝線観測を、前例のない角度・空間分解能 (~ 19 秒角または ~ 0.3 pc) で実施したので報告する。結果として、 ^{13}CO で明るく見られる X 線シェル北東部に沿った高密度分子雲の存在を初めて捉えた。これら分子雲の総質量は $\sim 2 \times 10^3 M_\odot$ であり、SNR 視直径に対応する膨張運動 ~ 10 km s^{-1} を示す。また、分子雲の SNR シェルに対する方位角分布は、衝撃波速度のそれと概ね対応しており、これは衝撃波-分子雲相互作用を裏付ける。以上を踏まえ本講演では、Tycho's SNR における衝撃波と付随分子雲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](#)

Q13a 超新星残骸 Cassiopeia A における中間質量元素イジェクタのダイナミクス解明

鈴木 俊輔 (青学大, ISAS/JAXA), 園田 悠人 (東大, ISAS/JAXA), 酒井 優輔 (立教大), 大城 勇憲 (東大, ISAS/JAXA), 佐藤 寿紀 (明治大), 山田 真也 (立教大), Paul P. Plucinsky (CfA), 山口 弘悦 (ISAS/JAXA), on behalf of the XRISM Cas A team

超新星残骸の進化を追うことは、周辺環境や爆発メカニズムを解き明かす鍵となる。Cassiopeia A は、銀河系内に属する若い重力崩壊型の超新星残骸であり、逆行衝撃波によって加熱された爆発噴出物由来の熱的 X 線が卓越している (e.g., Hughes et al. 2000)。しかし、爆発機構や残骸進化の詳細については未だ不明な点が多い。

2023 年 12 月に XRISM 衛星によって Cas A の南東および北西領域の観測が実施された。2024 年秋季年会 (Q08a) では、Si や S の K 殻輝線を含む 1.8-3.0 keV のスペクトルを電離度および視線速度が異なる 2 成分モデルで再現できること、さらにそこから推測される電離構造について報告した。これらの成果をもとにさらなる解析を行い、XRISM 衛星によって得られた視線方向速度と Chandra 衛星による固有運動の測定結果を組み合わせることで、観測者系における下流速度を推定した。さらに、IONTEMP モデルを用いてイジェクタ静止系での逆行衝撃波速度を算出した (Ohshiro et al. 2024)。これらの解析結果をもとに、Si や S のイジェクタが加熱された際の観測者系での自由膨張速度と逆行衝撃波速度に制限を与えることに成功し、その結果、自由膨張速度は約 4000 km s^{-1} 、逆行衝撃波速度は約 3000 km s^{-1} であることを確認した。

本講演では、これらの詳細な解析結果を報告し、逆行衝撃波速度を先行研究と比較することで、残骸進化やその周辺環境との相互作用について議論をする。

[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](#)

Q14a 超新星残骸 Cassiopeia A の南西部リムにおける熱的 X 線放射狭輝線成分の観測

園田悠人 (東大, ISAS/JAXA), 鈴木俊輔 (青学大, ISAS/JAXA), 天野雄輝 (ISAS/JAXA), 山口弘悦 (ISAS/JAXA)

X 線衛星 XRISM に搭載された精密分光撮像検出器 Resolve により、超新星残骸のより詳細なプラズマ診断が可能となり、爆発噴出物と周辺の星間物質で構成される高温プラズマの衝撃波物理や放射過程に関する新たな知見を得ることが可能になった。XRISM 衛星は 2023 年 12 月に Cassiopeia A の南東および北西領域を観測した。Cassiopeia A は X 線帯域において銀河系内で最も明るく、若い重力崩壊型超新星残骸である。熱的放射は爆発噴出物由来であり (Hwang & Laming 2012)、分子雲と衝撃波の相互作用 (Kilpatrick et al. 2014) が報告されている。

2024 年秋季年会 (Q08a) で報告した通り、Cassiopeia A の南東領域の X 線スペクトルは高電離と低電離の 2 温度プラズマによって再現できる。我々は、南西部リムのスペクトルには、他の領域と異なり輝線幅の狭い成分が存在することを発見した。これらのスペクトルを南東領域と同様に 2 温度プラズマを用いて解析を行ったところ、輝線幅が広い成分と狭い成分で大まかに説明できた。しかし、Si XIII He α 輝線は観測された禁制線と許容線の強度比 (f/r) が大きく、モデルでは再現できない。そこで、Si He α 輝線および S XV He α 輝線において輝線幅の狭い成分と広い成分それぞれの f/r 比を調査したところ、狭い成分では約 0.7、広い成分では約 0.4 となり、狭い輝線成分は比較的高い f/r 比を示す。この結果は、狭い成分を放射するプラズマにおいて再結合や電荷交換反応などが起こっていることを示唆する。本講演では上記解析結果の詳細を述べ、輝線幅の狭い成分の起源に迫る。

[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](#)

Q15a XRISM/Resolve を用いた Cassiopeia A 超新星残骸からの低エネルギー宇宙線由来の中性鉄輝線の探査

立石大, 馬場彩 (東京大学), 寺田幸功 (埼玉大学, ISAS/JAXA), Paul Plucinsky (Harvard CfA), Jacco Vink (Univ. of Amsterdam), 他 XRISM/CasA チーム

超新星残骸 (SNR) が、 $10^{15.5} \text{ eV}$ 以下の銀河宇宙線の主たる加速源かどうか、その定量評価は宇宙線発見来の未解決問題である。SNR で加速される $\sim 100 \text{ MeV}$ 以下のエネルギーを持つ低エネルギー宇宙線の総量の推定には、加速された宇宙線が星間ガスと相互作用することで放射される 6.4 keV の中性鉄輝線の観測が有効な手段である。CCD を用いた先行研究によって SNR 3C391 などの SNR から中性 Fe 輝線が観測されている。一方で、これらの SNR は比較的老齢 ($\geq 3,000 \text{ yrs old}$) で、活発な宇宙線加速が行われている若い SNR における低エネルギー宇宙線の総量は現在まで解明されていない。

本研究では 2023 年 12 月に観測された XRISM/Resolve による、若い ($\sim 300 \text{ yrs old}$) SNR Cassiopeia A の北東部の観測データに着目した。この領域からは $\sim 100 \text{ MeV}$ 以上の陽子起源ガンマ線が放射されていることから (e.g., Yuan et al., 2013)、中性鉄輝線が放射されている可能性が高いと考えられる。そこで、優れた輝線探査能力を持つ Resolve で観測した X 線のエネルギースペクトルを解析し、中性鉄輝線を探査した。X 線スペクトル解析の結果、視野中のいくつかの領域でバックグラウンドでは説明できない 6.4 keV の輝線状の構造を発見した。本講演では、これらの結果から低エネルギー宇宙線の総量について議論する。

[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 XRISM 衛星による SN1987A 観測 1 : 爆発噴出物プラズマの膨張構造の測定

寺田幸功(埼玉大,JAXA), 松島司(宮崎大), 森浩二(宮崎大), 勝田哲(埼玉大), 米山友景(中央大), 馬場彩(東大), Paul Plucinsky(CfA), Rob Petre(NASA), 金丸善朗(JAXA), 澤田真理(立教大, 理研), 信川正順(奈良教育大), 田村啓輔(NASA, メリーランド大), 田中孝明(甲南大), 内山秀樹(静岡大), 霜田治朗(宇宙線研), Roberta Giuffrida (CEA), Jacco Vink(アムステルダム大)

SN1987A は、1987 年 2 月に大マゼラン雲 (LMC) に出現した重力崩壊型超新星の残骸である。広がった H II 領域やリング構造など異方的な構造の中、爆発による衝撃波がこれらの星間物質を加熱して高温プラズマを生成し、X 線を放射する。これまでの、ROSAT、あすか、すざく、Chandra、XMM-Newton、SRG 衛星などによる X 線の時間発展から、近年、いよいよ爆発噴出物からの放射が卓越する時期に入りつつあると示唆されている。昨年稼働した XRISM は分解能 4.5 電子ボルトでの精密 X 線分光を特徴とし、爆発噴出物プラズマの輝線診断を行うのに最適である。そこで我々は XRISM で 2024 年 6 月 17 日に 290 ksec の観測を実施した。Resolve による X 線スペクトルは、温度 3 keV、電離パラメーター $nt \sim 3 \times 10^{11} \text{ s cm}^{-3}$ 程度の衝撃波加熱による非平衡電離プラズマモデルでよく再現でき、Sapienza *et al.* (2024) が予言する爆発噴出物からの放射とよく一致した。また輝線にも、星周物質由来の細かい成分が見当たらない。より詳細なスペクトルの診断は次の松島らの講演で報告し、Resolve で検出された Si, S, Fe からの輝線の詳細を本講演で扱う。輝線のドップラーシフトは $\sim 200_{-60}^{+210} \text{ km/s}$ であり、誤差の範囲で LMC の固有運動と一致した。輝線幅は各イオンとも約 $1,500 \pm 300 \text{ km/s}$ 程度のドップラー幅を持っており、イオンの熱ドップラーと爆発による運動に起因すると考えられる。講演では、XRISM による輝線ドップラーの観測結果を整理し、爆発噴出物プラズマの膨張構造を議論する。

[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](#)

Q17a XRISM 衛星による SN1987A 観測 2 : 爆発後 37.3 年時点での進化段階

松島司(宮崎大), 森浩二(宮崎大), 寺田幸功(埼玉大,JAXA), 勝田哲(埼玉大), 米山友景(中央大), 馬場彩(東大), Paul Plucinsky (CfA), Rob Petre(NASA), 金丸善朗(JAXA), 澤田真理(立教大, 理研), 信川正順(奈良教育大), 田村啓輔(NASA, メリーランド大), 田中孝明(甲南大), 内山秀樹(静岡大), 霜田治朗(宇宙線研), Roberta Giuffrida (CEA), Jacco Vink (アムステルダム大)

SN1987A は、人類がその爆発の瞬間を捉えた唯一の超新星爆発の残骸であり、超新星残骸の形成及び進化の過程を知る上で重要な観測対象の一つである。誕生以来、様々な波長で観測が続けられているが、その中でも X 線観測は衝撃波加熱された高温プラズマに対する最適なプローブであり、その時間発展を追いかけることで、爆発前の星周物質の構造や爆発噴出物が拡散する様子を捉えることができる。今回、我々は爆発後 37.3 年経過した SN1987A を XRISM 衛星で観測した。XRISM 衛星には、4-5 eV のエネルギー分解能を有し精密 X 線分光が可能な Resolve と、0.4-13 keV の広帯域 X 線で 38 分角平方の広い視野を持つ Xtend が搭載されている。いずれも 6 keV 付近に高い有効面積を有し、過去の衛星に比べて Fe-K 輝線を用いたプラズマ診断に有意性を持つ。なお、Resolve はゲートバルブ開放前の段階であり、観測時は 1.5 keV 以上のみ感度を有していた。Xtend により、SN1987A 近傍の大マゼラン星雲中の高温プラズマのスペクトルを評価し、それをバックグラウンドとして取り込み、SN1987A のスペクトルを評価した。Resolve と Xtend のデータを同時フィットにより、現在の SN1987A のスペクトルはおよそ 3 keV と 0.7 keV の 2 温度で再現できた。また、高温成分の元素組成比は、大マゼラン星雲のそれとほぼ同等であった。本講演では、これらのスペクトル診断の結果を報告すると共に、それらを過去の Chandra, XMM-Newton 衛星の結果と比較し、現時点での超新星残骸 SN1987A の進化段階について議論する。

[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 超新星残骸 RX J1713.7-3946 の南西および南東部の X 線ホットスポット探査

川端裕也(甲南大学), 田中孝明(甲南大学), 鈴木寛大(ISAS/JAXA)

超新星残骸 RX J1713.7-3946 はシンクロトロン放射が卓越していること、また北西部に存在するフィラメントの明滅現象から星間磁場の数百倍の磁場増幅が示唆されていること (Uchiyama *et al.* 2007) などから特に粒子加速の観点で注目を集めている。最近北西部でフィラメントよりも小さい X 線放射源ホットスポットが発見され (Higurashi *et al.* 2020)、局所的に高い加速効率または放射効率を示す興味深い領域だと考えられる。我々は南西部や南東部でもホットスポットが存在するのかを調査した。Chandra 衛星の X 線データを用いることで南西部や南東部でホットスポットの存在を確認し、その X 線スペクトルを解析した。我々はバックグラウンド成分を丁寧にモデル化することで (Suzuki *et al.* 2021)、解析で得られる物理量の精度を Higurashi *et al.* (2020) より向上させることに成功した。ホットスポットの放射スペクトルは水素柱密度 $N_{\text{H}} \sim 10^{21-23} \text{ cm}^{-2}$ 、光子指数 $\Gamma \sim 0.9-5.0$ というパラメータを持つべき関数で説明でき、南東部にて水素柱密度と光子指数の間に反相関を発見した。この結果を説明するメカニズムとして、分子雲内部で密度が高いコア周辺での磁場増幅 (Inoue *et al.* 2012) に伴う一次電子からの放射や、コア部分での陽子衝突による π^{\pm} 中間子崩壊を経た二次電子からの放射 (Higurashi *et al.* 2020) が挙げられる。解析結果から二次電子による放射スペクトルは硬くなるので反相関を説明できる。また、北西部では分子雲が、南東部では HI ガスが相互作用していることが知られている (Fukui *et al.* 2003, 2012) にもかかわらず、どちらも同様の傾向を示すことが判明した。本講演では、これらの結果に基づいて、ホットスポットでの粒子加速や放射過程、分子・原子ガスの関係を議論する。

[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](#)

Q19a X 線天文衛星「すざく」によるシェル型超新星残骸 G296.1-0.5 のプラズマの観測

竹内清香, 山内茂雄 (奈良女子大)

超新星残骸 (SNR) G296.1-0.5 は銀河系内に位置するシェル型の SNR である。すざく衛星のデータを用いた先行研究 (F. Gök et al. 2012, MNRAS, 419, 1603) によってイジェクタが検出され、0.5-0.8keV 程度の 1 成分、もしくは 2 成分の電離非平衡のモデルで再現できると結論づけられた。しかし、解析結果には課題もあり、SNR の特徴についてはよくわかっていない。そこで、我々はすざく衛星の観測データの再解析を行なった。

本研究では、銀河面拡散 X 線放射を考慮してバックグラウンドをモデル化し、シェルの明るい部分と暗い部分の 5 領域に分けて解析した。竹内他 (日本天文学会, 2024 年春季年会, Q08a) では、G296.1-0.5 は 0.3 keV 程度の電離非平衡プラズマ (イジェクタ成分) と 0.1 keV 程度の電離平衡プラズマ (星周物質成分) でよく再現されることを示した。続いて各領域で求められた元素組成比からアバンダンスパターンを算出し、超新星爆発の種類について考察を行った。一般的に超新星爆発は、連星系をなす白色矮星が爆発を起こした Ia 型と、太陽質量の約 8 倍以上の質量を持つ大質量星が爆発を起こした重力崩壊型 (CC 型) の 2 種類に分けられる。Ia 型のモデル計算 (Iwamoto et al. 1999, ApJS, 125, 439) および CC 型のモデル計算 (Woosley et al. 1995, ApJS, 101, 181) に基づくアバンダンスパターンと比較した結果、G296.1-0.5 のものは CC 型に比較的近く、特に $15M_{\odot}$ 程度の親星が爆発した可能性が高いと考えられる。また、回転速度ごとの親星の質量と掃き溜められた星周物質に基づく N/O 比 (Narita et al. 2023, ApJ, 950, 137) との比較からも、回転速度が中程度で質量が $15M_{\odot}$ 程の恒星が重力崩壊型の超新星爆発を起こしたと考えると矛盾しない。本講演ではスペクトル解析の詳細な結果を報告し、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](#)

Q20a 効率的な粒子加速現場の特定を目指した超新星残骸 RCW 86 北東部の広帯域解析 2

藤本源, 立石大, 市橋正裕, 加藤辰明, 馬場彩, 萩野浩一 (東京大), Vincenzo Sapienza (Palermo Univ.), 佐野栄俊 (岐阜大), 山崎了 (青山学院大), 鈴木寛大 (ISAS/JAXA)

超新星残骸衝撃波は、 $10^{15.5}$ eV 以下の宇宙線の有力な加速源である。どのような環境中の衝撃波が効率の良い粒子加速を行うかはまだ分かっていないが、宇宙線の効率の加速過程として、良い低密度領域で衝撃波が減速しない環境と高密度環境で衝撃波での磁場を増幅させる環境の二つが有力な候補であり、どちらがより効率的なのかわかっていない。我々は、どちらの環境がより効率的な粒子加速を引き起こしているのかを明らかにするため、超新星残骸 RCW 86 に着目した。RCW 86 には高密度領域と低密度領域が混在しており、密度の異なる環境が粒子加速に及ぼす影響を検証するための最適な天体である。

宇宙線の加速効率を知る上で、加速された電子からのシンクロトロン放射が卓越する硬 X 線帯域での観測が重要である。2024 年度秋季年会 (藤本発表 Q22a) では、RCW 86 北東部の 0.5-20 keV の X 線スペクトル解析を行い、10keV 以上の硬 X 線の検出を初報告した。本研究では、0.5-20 keV の X 線帯域のイメージと星間物質陽子密度のイメージを比較し、実際にどの領域で高エネルギー X 線のフラックスが大きくなるかを調べた。その結果、陽子密度の低い部分で硬 X 線のフラックスが大きくなるという反相関の傾向が見られ、低密度領域において効率的な加速が行われていることが示唆された。本講演では、この結果をもとに RCW 86 の北東部における粒子加速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](#)

Q21a CTA 大口径望遠鏡初号機による超新星残骸 G17.8+16.7 の観測

片桐秀明 (茨城大学), 阿部正太郎, Marcel Strzys, Ievgen Vovk, Paul Yeung, Yating Chai (東大宇宙線研), 佐野栄俊 (岐阜大学), 馬場彩 (東京大学), 山崎了 (青山学院大学), 他 CTA-LST project

G17.8+16.7 は、2022 年にフェルミ衛星により GeV 領域のガンマ線で発見された超新星残骸 (SNR) である (Araya et al. 2022)。ガンマ線および電波連続線で 1 度程度の広がりを持ち、銀河系内の SNR である。周囲のガス密度と SNR 進化モデルの仮定のもと、電波輝度と視直径から、1.4-3.5 kpc の距離に存在する年齢 1 万年以上の SNR と推定されている (Araya et al. 2022)。ガンマ線のスペクトルはべき関数でよく表され、べき指数は -1.8 と非常にハードである。約 300 GeV までスペクトルが伸びており、TeV 以上のエネルギーまで粒子が加速がされていることが示唆される。特筆すべきは高銀緯に存在することであり、代表的な若い SNR の 1 つである SN1006 とよく似た低密度環境に存在すると考えられる。進化した後の SN1006 のような環境における粒子加速を研究するまたとない機会を我々に提供しているのかもしれない。現在得られているガンマ線および非熱的電波放射の多波長スペクトルは、1 領域に様に電子が存在することを仮定した単純なシンクロトロン/逆コンプトン散乱モデルによって自然に説明できる。しかし、TeV 領域のガンマ線観測が実施されていないため、加速粒子の最大エネルギー等に制限がない。そこで我々は CTA 大口径望遠鏡初号機 (LST-1) による TeV ガンマ線での追観測を 2024 年まで実施した。本講演では、LST-1 により得られた約 11 時間のデータの解析結果を報告する。

[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](#)

Q22a ガンマ線天体 HESS J1646–458 (Westerlund 1) に付随する星間ガスの発見

佐野栄俊, 藤森将太, 濱田莉来, 浅野裕也, 井上陽登, 山中祐里奈, 有賀麻貴, Bhuvana G. Rajendra, Rami Z. E. Alsaber, 柘植紀節, 村瀬建, 高羽浩 (岐阜大学), 立原研悟, 福井康雄 (名古屋大学)

宇宙線の起源解明は、現代天文学の最重要課題のひとつである。超新星残骸 (SNR) の衝撃波が銀河宇宙線 ($E < 3$ PeV) の加速源として最有望視され、TeV ガンマ線と星間水素の空間一致から、SNR における ~ 100 TeV までの宇宙線陽子加速は明らかになった (e.g., Fukui, Sano et al. 2012, 2021, 2024)。目下の課題は、3 PeV に迫る陽子加速源を特定することにある。HESS J1646–458 は、大質量星団 Westerlund 1 (Wd1, 年齢 $\sim 3\text{--}5$ Myr、距離 $\sim 2.7\text{--}3.9$ kpc) を内包する、視直径 1 度角のシェル状 TeV ガンマ線源である。Wd1 からの恒星風による PeV 陽子加速が提案されているものの、ガンマ線シェルに対応する星間雲は特定されていない。今回我々は、HESS J1646–458 に付随する分子雲・原子ガスを特定したので報告する。NANTEN $^{12}\text{CO}(J\ 1\text{--}0)$ 輝線データ ($\delta\theta \sim 156''$) を用いることで、Wd1 からの強力な FUV に照らされ輝く Spitzer $8\ \mu\text{m}$ のアーク状 PDR に沿った、視線速度 $\sim 32\ \text{km s}^{-1}$ の分子雲を初めて特定した。位置速度図を見ると、視線速度 $\sim 36\text{--}23\ \text{km s}^{-1}$ に膨張運動が見られた。これは Wd1 の大質量星からの強い恒星風によって形成された可能性が高い。Wd1 の運動学的距離は $\sim 2.6 \pm 0.2$ kpc と求められ、これは Gaia による最近の測定値とほぼ一致する。また、ガンマ線フラックスと全星間陽子柱密度との間には良好な空間対応が見られた。明るいシンクロトロン放射がないことや、先行研究での議論を考慮すると、Wd1 を取り囲む TeV ガンマ線放射は、陽子起源であることが好ましい。これにより、被加速宇宙線陽子の全エネルギーは $\sim 10^{49}$ erg と計算でき、これは超新星爆発 1 個の爆発エネルギーの約 1% に相当する。以上を踏まえ本講演では、HESS J1646–458 (Wd1) の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](#)

Q23a X 線分光撮像衛星 XRISM による天の川銀河の中心領域からの中性元素輝線の測定

青木悠馬, 信川久実子 (近畿大), 信川正順 (奈良教育大), 内山秀樹 (静岡大), 山内茂雄, 吉本愛使 (奈良女子大), 鶴剛, 内田裕之, 成田拓仁 (京都大), 松本浩典 (大阪大), 前田良知 (ISAS/JAXA), 村上弘志 (東北学院大), Q. Daniel Wang (Univ. of Massachusetts) 他 XRISM 銀河中心チーム

天の川銀河の中心領域における拡散 X 線放射の大きな特徴の 1 つは、中性状態の Fe 原子からの蛍光 X 線 (中性鉄輝線) である。中性鉄輝線の分布は分子雲と空間的に相関しており、超巨大ブラックホールいて座 A* の X 線フレアによる光電離や宇宙線による衝突電離が起源と考えられている。分子雲には Fe より原子番号の小さい軽元素も存在する。K 殻電離の断面積は、その起源 (光電離か衝突電離) によって原子番号依存性が異なるため、複数の元素からの K 輝線を測定することによってその起源を制限できる。実際、すざく衛星では中性状態の Ar, Ca, Cr, Mn, Ni 原子からの $K\alpha$ 線を検出し、K 殻電離の断面積の原子番号依存性の違いに基づいて電子衝突起源は棄却された (M. Nobukawa et al. 2010, PASJ, 62, 423)。しかし、X 線 CCD によるすざく衛星の観測では熱的な輝線との切り分けが難しく、系統誤差が大きい。本研究では XRISM 衛星で天の川銀河の中心領域を観測し、マイクロカロリメータを用いて高統計の超精密分光スペクトルを取得した。中性元素からの $K\alpha$ 線と中性鉄輝線の強度比は、誤差の範囲ですざく衛星の結果と矛盾しなかった。本講演では、すざく衛星では報告されていない輝線も含めた測定結果を報告する。

[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](#)

Q24a X 線分光撮像衛星 XRISM による銀河系中心 X 線放射の精密分光

信川正順 (奈良教育大学), 内山秀樹 (静岡大学), 吉本愛使, 山内茂雄 (奈良女子大学), 青木悠馬, 信川久実子 (近畿大学), 成田拓仁, 内田裕之, 鶴剛 (京都大学), 松本浩典 (大阪大学), 村上弘志 (東北学院大学), Q. Daniel Wang (University of Massachusetts), 他 XRISM 銀河系中心ターゲットチーム

天の川銀河中心 (銀河系中心) には点源に分解できない X 線放射が広がっている (Galactic Center X-ray Emission=GCXE)。X 線天文衛星「あすか」や「すざく」などの観測により、GCXE スペクトルには特徴的な強い鉄輝線、Fe $K\alpha$ (6.40 keV)、Fe $\text{He}\alpha$ (6.68 keV)、Fe $\text{Ly}\alpha$ (6.97 keV) が付随していることがわかっている。Fe $K\alpha$ は主に X 線反射星雲 (外部からの X 線を反射している分子雲) が寄与していることがわかっている。一方で、Fe $\text{He}\alpha$ と $\text{Ly}\alpha$ は観測では未分解の暗い点源と真に広がった高温プラズマに依ると考えられているが、それらの切り分けは未だできておらず課題である。

X 線分光撮像衛星 XRISM で初期性能確認 (PV) 期間の 2024 年 2 月と 8 月に、Sgr A* から対称に 9' 東の領域、9' 西の領域をそれぞれ 100 ks ずつ観測した。Resolve によって得られたスペクトルから、Fe $\text{He}\alpha$ のトリプレット (禁制線、異重交換遷移線、共鳴線) の形状が初めて分離できた。また、Fe $\text{Ly}\alpha$ は $\text{Ly}\alpha_1$ と $\text{Ly}\alpha_2$ が分離された。Fe $\text{He}\alpha$ と $\text{Ly}\alpha$ 輝線をプラズマモデルで再現を試みたところ、単一のプラズマ成分ではなく、数百 km s^{-1} のドップラー幅を持つ成分とほとんど幅を持たない成分の足し合わせが必要であることがわかった。本講演ではスペクトル解析結果の詳細を報告し、GCXE のプラズマ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](#)

Q25a CTA 大口径望遠鏡初号機による天の川銀河中心領域からの超高エネルギーガンマ線観測 (3)

阿部正太郎, 稲田知大, Marcel Strzys, Ievgen Vovk (東大宇宙線研), Abhishek (University of Siena & INFN Pisa), Michele Doro (University and INFN Padova), 手嶋政廣 (東大宇宙線研・マックスプランク物理), for the CTAO LST Project

天の川銀河中心領域からの超高エネルギーガンマ線 (≥ 100 GeV) の観測によって, 超大質量ブラックホールいで座 A* (Sgr A*) 周辺の宇宙線加速に関する現象を形態学的に調べることが可能である。銀経方向に数百 pc に広がる拡散ガンマ線放射については, エネルギー分布は数十 TeV 以上まで冪乗型で伸び, かつ空間分布は Sgr A* 近傍で加速・拡散した宇宙線と中心分子雲帯との相互作用による放射で説明できる。このことから, Sgr A* またはその近傍における PeVatron の存在を示唆するシナリオが近年注目を浴びている。ところが, 現行の観測機器によるこれまでの研究は, 多様な解析手法で異なる解釈が提示されている状況にある。例えば, MAGIC 望遠鏡による研究では 20 TeV 付近にスペクトルカットオフの兆候を報告しており, PeVatron シナリオとは一致しない可能性を示している。

私たちは, 次世代地上型ガンマ線天文台 Cherenkov Telescope Array Observatory (CTAO) 計画に向けて, 大口径望遠鏡初号機 (LST-1) を建設し, 性能評価および科学観測を進めている。LST-1 は, 現在は単眼観測のために一般に感度が制限されている一方で, 比較的広い視野や大天頂角観測技法により, 銀河中心領域における TeV 帯の拡散ガンマ線の観測に適している。本講演では, 拡散成分に関するエネルギー・空間分布を含めた解析および解釈に関する進展状況を報告する。

[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](#)

Q26a 銀河系中心部 CMZ から伸びる分子雲フィラメントの発見: 新たな磁気浮上の証拠

福井康雄 (名古屋大学), 魚住光史 (岐阜大学), 榎谷玲依 (九州産業大学), 柿内健佑, 鈴木建 (東京大学)

CMZ (Central Molecular Zone=銀河系中心分子雲層) から銀河面に垂直に突き出た 6 本の分子雲フィラメントを発見したので報告する。フィラメントは CMZ の外縁部の銀経 ± 2 度, 銀緯 ± 1 度の範囲に分布する。この解析には, NANTEN2 による $^{12}\text{CO}(1-0, 2-1)$ データを用いた。各フィラメントは, 典型的な長さ 100pc, 幅 10pc であり, 銀河面にほぼ垂直にのび, 同程度の広がりを持つ低電波強度のハロー成分と共存する。これらのフィラメントの 3 本については先行研究があるが (Uchida et al. 1990; Enokiya et al. 2013, 本学会での報告), その全体像は本報告が初である。各フィラメントの典型的な質量は 10^6 太陽質量, 分子雲柱密度は 10^{21}cm^{-2} である。各フィラメントは, 多重に強く屈曲した空間分布を示し, 粒状成分も顕著である。CO スペクトルの線幅は 40km/s 程度と広く, 内部エネルギーは 1 フィラメントあたり 10^{51}erg 程度である。フィラメント内において星形成の強い兆候は見られないが, CO の 2 輝線の強度比から 50K 程度の高温に励起されていると推定される。フィラメントの分布, 形状は MHD 計算によって得られた磁気ガス円盤 (Kakiuchi et al. in preparation) の分布と対応しており, 磁気浮上によってつくられたものと解釈される。銀河系中心部 (銀経 355 度付近) の磁気浮上ループについて (Fukui et al. 2006), 100 マイクロガウスの磁場によってつくられたものと考えられる。この発見は, 銀河系中心部 300pc 以内にも強い磁場が存在し, CMZ 自体もまた磁気浮上の影響を強く受けていることを初めて観測的に示したものである。この発見は「バー状ポテンシャル説」に替わる磁場による解釈 (Suzuki et al. 2015; Kakiuchi et al. 2024) 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](#)

Q27a 銀河系中心部の分子ループ 1, 2 に付随する HI ガスの高分解能観測

榎谷玲依 (九州産業大学), 豊田裕也 (岐阜大学), James Chibueze (南アフリカ大学/ノースウエスト大学), 酒見はる香 (山口大学),

銀河系中心から約 300-700 pc にて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最重要の天体である。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). しかしながら, シミュレーションで再現されているガスは温度が高く密度が低い, HI ガスに対応する成分のみであるため, 観測で見られるような重い分子ガスを浮上させる方法を明らかにする必要がある。そこで, 本研究では, これまでの観測をはるかに上回る 20 秒角の角度分解能で, 分子ループ 1, 2 の HI ガスのモザイク観測を行ったので報告する。観測は, 2022-23 年にかけて MeerKAT 望遠鏡を用いて実施され, 総観測時間は 4.2h, 速度分解能は約 0.7 km/s であった。データリダクションは, HI の周波数帯のみを抜き出し casa を用いて行った。その結果, 分子ループ 2 のトップにあたる領域に幅数 pc, 長さ 50 pc の長大なフィラメント構造を発見した。これほど細い HI のフィラメントは, 他の領域でも観測例がほぼなく, 銀河系中心部特有の強い磁場に沿ったシアフローによって形成された可能性が考えられる。またこの構造は, 衝撃波圧縮により 10^5 年程度で分子ガスに変化すると考えられ, 分子ループの力学時間とも一致する (Inoue & Inutsuka 2016). 本講演では, 上記 HI フィラメントの形成メカニズムを通し, 分子ループの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](#)

Q28a Cygnus Loop 北東部領域の衝撃波直下におけるプラズマの加熱・急電離の観測

市橋正裕, 馬場彩, 萩野浩一 (東京大学), 勝田哲 (埼玉大学), 内田 裕之 (京都大学), 山崎了 (青山学院大学), 大平豊 (東京大学)

無衝突衝撃波の通過に伴い、星間空間の粒子は各々の質量に応じた温度へと加熱される。特に衝撃波直下における電子と陽子の温度比については様々な研究がなされており、衝撃波速度が遅い場合は両者は熱平衡になる (van Adelsberg+08)。一方で、衝撃波通過後の電離過程に関する研究は、衝撃波近傍領域の磁場・乱流や宇宙線種粒子へのエネルギー供与に関する手がかりが期待されながらもほとんど行われていないのが現状である。

本研究では、衝撃波速度が 300 km/s 比較的遅く宇宙線加速によるエネルギー流出が少ないと考えられている Cygnus Loop の北東部衝撃波において、空間分解能に優れた XMM-Newton 衛星を用いたスペクトルの空間解析を行った。衝撃波面から 6 分角 (1.34 pc) の領域を 15 秒角 (0.056 pc) おきに細かく分割することにより、電子温度が領域全体を通して 0.18-0.20 keV で一定であることを明らかにした。これは先行研究で示された電子-陽子の温度比およびクーロン散乱による熱緩和と矛盾しない分布である。また、衝撃波直下で電離度は電子密度及び衝撃波面からの距離からの推定値よりも大きく、衝撃波直下の急電離が示唆され、内側領域への増加幅も観測領域の大きさから推定される値に比して大きいという結果となった。この結果を解釈する一案として、観測領域のプラズマが内側領域の電離の進んだプラズマと乱流によって混合されたという状況が考えられる。本講演では、これらの観測結果を踏まえた衝撃波近傍領域のプラズマ物理について議論する。

[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](#)**Q29a VERA アーカイブデータを用いた Sgr B2 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ることで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貢献することが期待されている。

これまでの観測結果から、Sgr B2(M) には少なくとも 2 つ以上のアウトフローの起源があり視線方向に重なりあっていることが示唆されている。我々は、国内の VLBI 観測網 VERA によって 2005 年以降に観測された 100 回以上の Sgr B2 観測のアーカイブデータを用いて約 15 年に渡る長期間のモニター観測データの解析を行なった。結果は Sgr B2(M) 北部に東西方向に広がるアウトフローの存在と南側に南北に広がる二つ目のアウトフローの存在を示唆した。分子輝線の視線速度で見られる速度勾配は先行研究では回転起因とアウトフロー起因に見解が別れていたが、我々の結果はアウトフロー起因を支持するものとなった。また本発表では固有運動速度や視線速度の変化率を測定することでメーザースポットの加速運動の有無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](#)**Q30a Automated extraction of peculiar velocity structures in nearby star-forming clouds with the FilFinder algorithm**

李欣儒 (東京大学), 阪本成一 (国立天文台/東京大学)

Star formation occurs in molecular clouds, whose properties and efficiency reflect their physical and kinematic conditions, influenced by perturbations like collisions, outflows, winds, and supernovae. Due to low temperatures (~ 10 K), molecular clouds have small thermal velocities, so supersonic motions easily generate shock waves that convert kinetic energy into thermal motion. While strong shocks have been detected, weaker shocks and localized velocity structures remain challenging to identify systematically.

Using data from the NRO Star Formation Legacy Project, we analyzed CO $J=1-0$ emission from star-forming regions in the Aquila Rift (W40 and Serpens South) and Orion A. We applied spatial median filtering to position-velocity diagrams to isolate small-scale peculiar velocity structures and used the FilFinder algorithm to automate their identification, removing biases from manual searches. The Aquila Rift data covered a $1^\circ \times 1^\circ$ area with $7.5''$ resolution (0.016 pc at 436 pc) and 0.38–0.50 K noise level at full velocity resolution (0.10 km s^{-1}). We identified 51 groups of subparsec-scale peculiar velocity structures in the Aquila Rift, attributing 18 to known molecular outflows and discovering 13 new outflow candidates. Additionally, we uncovered a novel type of structure associated with molecular gas accelerated by an expanding HII region shell.

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

Q31b ALMA による銀河系中心高速度コンパクト雲 CO 0.02–0.02 の高分解能観測

岩田悠平 (国立天文台), 岡 朋治, 辻本志保 (慶應義塾大学), 竹川俊也 (神奈川大学), 榎谷玲依 (九州産業大学)

銀河系中心分子層中に約 200 個発見されている高速度コンパクト雲 (high-velocity compact cloud; HVCC) は、非常に広い速度幅 ($\Delta V \geq 50 \text{ km s}^{-1}$) とコンパクトな空間サイズ ($d \leq 5 \text{ pc}$) で特徴づけられる特異分子雲の一群である。銀河系中心核 Sgr A* から約 5' 東に位置する CO 0.02–0.02 は、運動エネルギーが高く ($E_{\text{kin}} \sim 10^{51.5} \text{ erg}$)、高温・高密度状態で特徴づけられる HVCC である。複数回の超新星爆発が CO 0.02–0.02 の膨大な運動エネルギーの供給源と考えられてきた一方で (Oka et al. 1999, 2008)、近年の観測研究では、分子ガスの運動は単純な膨張運動モデルに沿わず、むしろ極めて限られた空間領域に高速度成分が集中する特異な構造を持つことが分かってきた (岩田他、2017 年春季年会 Q43a)。

本講演では、ALMA Cycle 7 による CO 0.02–0.02 の中心方向における分子輝線観測の結果を報告する。得られた CO $J=3-2$ 、 $\text{H}^{13}\text{CN } J=4-3$ の 1 秒角スケールの高分解能・高感度マップから、これまでの観測では同定されなかったいくつかの新しいフィラメント、クランプ状の構造が明らかとなった。フィラメント状構造は、CO 0.02–0.02 本体の成分と、視線速度がより高速で、本体の向きと直交する向きを持つ二種類が顕著であった。これらのフィラメントよりもさらに高速度側では、これまでの単一鏡観測では分解されなかった、ALMA のビームサイズ程度にコンパクトかつ広い速度幅を持つクランプが複数発見された。各成分の空間速度分布から、我々は内部での超新星爆発、外部の巨大シェル、そして星団による重力加速がこれらの構造を形成したというシナリオを提案する。

[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](#)

Q32c あかり衛星 IRC カメラ LG2 スリット分光による銀河拡散光の中間赤外線分光観測

鈴木はるか, 左近樹, 尾中敬 (東京大学), 大坪貴文 (産業医科大学), 高橋葵 (ISAS/JAXA)

中間赤外波長域は、星間・星周物質に含まれる有機物ダストの放射スペクトル構造を調べる上で重要な波長領域であるが、多くの研究が行われている 3–15 μm 帯と比べて、15–30 μm 帯の研究は不十分な状況にある。赤外線天文衛星あかりの近中間赤外線カメラ (IRC) MIR-L チャンネルの分光機能のうち、LG2 分光データは波長 17–26 μm をカバーする。しかし、この波長域には複数の明るい輝線を持った天体や十分に明るい標準星が少ないため、IRC の他の波長域の分光データと比べて、標準的な解析手法における波長較正にはやや大きな不定性があった。さらに、スリット分光データは視野内の拡散光や天体を作るスリットレス分光パターンの影響を受けるが、精度良いスペクトルの抽出を行うための十分なデータの評価は行われていない状態にあった。

本研究では、あかり衛星が LG2 の分光モードで取得したスリット分光およびスリットレス分光データを網羅的に調査し、特にスリット分光観測によるスペクトル抽出に特化した波長較正や波長応答特性の再評価を行った。また、スリット分光領域に関する aperture mask の形状決定やスリット効率の評価を行い、さらに 0 次光、1 次光、2 次光のエネルギー配分を決定することで、LG2 のスリット領域に漏れ込む視野内の拡散光や天体由来する光を精度よく差し引く方法を開発した。これによって、黄道光や銀河拡散光などの拡散光源の LG2 スリット分光データの取得が可能になった。以上の手法をもとに得られた銀河拡散光の LG2 スリット分光スペクトル中には、星間ダストの連続放射と 18.71 μm の [SIII] の禁制線が検出された。本発表では、スリット分光の導出手順とともに、この波長域に含まれる有機物ダストの feature の有無を議論する。

[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](#)

Q33c 大規模構造シミュレーションに基づく重元素最高エネルギー宇宙線起源の検討

樋口 諒, 長瀧 重博, 木戸 英治

現在の Telescope Array 実験・Pierre Auger 実験の結果からは、エネルギーが 10^{20} eV 以上の最高エネルギー宇宙線 (UHECR) の到来方向分布で明確な異方性は報告されていない。UHECR の到来方向分布が近傍天体と有意な相関を示していない場合、宇宙磁場の強さ・UHECR の質量組成の重さ・起源天体密度が従来の予想より大きい事が期待されるが、縮退を解くことは難しい。

近年 r 過程による重元素粒子 (例: ウラン) によって UHECR 起源を説明するアイデアが提唱されている (G. Farrar 2024, B.T. Zhang et al. 2024)。陽子や鉄よりも大きい磁場の偏向・より長い伝播距離によって、等方な UHECR 分布を再現する事が容易となる。

本研究ではエネルギー 10^{20} eV の UHECR の到来方向分布が等方分布であると仮定し、それを再現する磁場強度・原子核種・起源天体密度の制限を試みた。大規模構造シミュレーション Millennium Run (Springel et al. 2005) の銀河カタログと等方な宇宙磁場の仮定を元に、組成が陽子・鉄・ウランの場合における UHECR の到来方向分布を計算した。小角度スケールの異方性の評価を行い、等方分布を再現する磁場強度・起源天体密度のパラメータを制限した。

エネルギー 10^{20} eV の UHECR が全て陽子からなる場合は、等方分布を再現する事はできない。鉄を仮定した場合は、磁場強度が十分強い場合のみ等方分布を再現できる。ウランを仮定した場合も同様であるが、磁場強度が弱い場合でも起源天体密度が 10^{-3} Mpc^{-3} と高い場合は等方分布を再現した。

本講演ではこれまでの小角度スケール異方性探索との関連を踏まえて議論を行う。

[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](#)

Q34a GASKAP-OH プロジェクトによる CO-dark 分子ガス探査

笠井梨名, 今井裕 (鹿児島大学), Joanne Dawson, Elizabeth Cappellazzo (Macquarie University/CSIRO Space and Astronomy), GASKAP-OH collaboration

星間空間に広がる(水素)分子ガス雲の一般的なトレーサーとして、CO 輝線が広く利用されている。しかし、「CO-dark」ガスと呼ばれる、CO 輝線が検出されないガス雲も存在する。この正体として「光解離などの影響で CO 分子として存在できないガス雲」や「CO 輝線を放射できないほど低密度なガス雲」が挙げられる。近年の観測により、OH 分子が CO 分子では捉えられない、希薄な分子ガス雲をトレースできる可能性が示唆されている (Li et al. 2018, busch et al. 2021)。しかし、OH 分子が本当に CO 分子よりも希薄な領域をトレースしているのかについては、未解明な部分が多く残されている。その理由の 1 つに、これまでに実施された多くの OH サーベイは、感度や空間分解能が不足していたことが挙げられる (Rugel et al. 2018, Dawson et al. 2022)。こうした課題を克服するため、ASKAP 望遠鏡の Survey Science Projects の 1 つとして、GASKAP-OH (The Galactic ASKAP survey of OH) プロジェクトが進行中である (Dawson et al. 2024)。本研究では、プロジェクトのパイロットフェーズで得られた 1665 MHz および 1667 MHz の OH 吸収線データと、Mopra 望遠鏡より得られた ^{12}CO , $^{13}\text{CO}(J=1-0)$ 輝線データ (Cubuk et al. 2023) を使用し、柱密度の比較を行った。その結果、OH と CO の柱密度にはおおむね相関が見られ、OH データでしか認識できない領域も存在した。これらのことから、OH 吸収線は CO 輝線よりも低密度領域を検出でき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](#)

Q35a 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

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て宇宙線スペクトルを精度よく導出した。具体的には、HI4PI サーベイのデータ、Planck 衛生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、また原子核反応断面積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、新たに複数の近傍分子雲領域に適用し、以下の知見を得た。(1) 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。(2) 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。(3) 小質量の分子雲領域ほど CO-dark H2 の寄与が大きい。本講演ではこれらの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](#)

Q36a W50/SS433 西側領域の HI 吸収線解析

山本宏昭, 石川竜巳 (名古屋大学)

我々はこれまでマイクロウェーサー SS433 の西側領域で、分子雲、星間ダストの解析、及びそれらに付随する多波長データの比較を行ってきた (Yamamoto et al. 2022, 2024, 石川 他 2024 秋季年会 他)。星間物質の中で、分子雲、星間ダストに並び、中性水素 (HI) ガスは重量な成分であり、HI ガスの付随を調べることは W50/SS433 に付随する星間物質の物理状態を理解する上で重要である。今回、我々は W50/SS433 西側領域において、電波連続波の周辺で、GALFA HI のアーカイブデータ (Peek et al. 2018、速度分解能 0.184 km s^{-1} 、速度帯域 $\pm 190 \text{ km s}^{-1}$) を用いて、空間的に広がった HI の吸収線 (吸収 HI) を発見したので、その解析結果について報告する。

検出された吸収 HI は、主に電波連続波の先端付近の前面及び、縁に広がって分布している。先端部分に隣接する N2 分子雲があるあたりの、HI 輝線の積分強度が周囲よりも小さい場所では、吸収 HI ガスは検出されなかった。吸収 HI の中心速度は約 51 から約 59 km s^{-1} であり、CO 輝線が検出されている方向では、CO 輝線の速度と一致する。CO 輝線が W50/SS433 に付随していることから、今回検出した HI の吸収線も W50/SS433 に付随していると考えられる。吸収 HI の線幅は約 1 から約 3 km s^{-1} で、特に電波連続波の先端の前面で線幅が広がっていた。吸収 HI から求めたスピン温度は約 150 から約 850 K、光学的厚みは約 0.1 から約 0.36 であった。吸収 HI の柱密度は 10^{20} cm^{-2} のオーダーであり、電波連続波の先端部分にある HI 輝線の積分強度の勾配が大きいところで特に大きく、これは W50/SS433 による星間物質の圧縮による影響である可能性がある。付随する個々の吸収 HI ガスの塊の質量は約 80 から約 3300 太陽質量であり、総質量は約 1 万太陽質量であった。本講演では、吸収 HI の物理状態や運動状態について議論する。

[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 高速度雲 Complex C と銀河系における相互作用

泉奈都子 (国立天文台), 福井康雄, 早川貴敬 (名古屋大学)

銀河系の周囲に存在し、かつ銀河回転運動とは大幅に異なる運動 (視線速度の差の絶対値が 100 km/s 以上) をする高速度雲 (High Velocity Cloud: HVC) は銀河系外に起源をもち、銀河系に落下しつつあるガスであると考えられている。ゆえに、銀河系の進化を理解する上で非常に重要な天体であるが、その起源や銀河系との相互作用についての観測的な検証は限られたものであり、まだ殆ど進んでいなかった。しかし、最新の Hayakawa & Fukui (2024) における H I 21 cm 線とサブミリ波ダスト放射の解析によって HVC の大部分の領域における金属量が太陽近傍よりも低いことが確認され、これより HVC の起源が銀河系外にある可能性が非常に高いことが実証された。

そこで我々は次のステップとして、HVC と銀河系が相互作用する様子を観測的に検証するため、まず HVC の一つである Complex C に着目し、その金属量、積分強度、そして速度分布の詳細な解析を行なった。その結果、Complex C と銀河系、さらに Complex C と銀河系の間に存在する中間速度雲である IV Arch を繋ぐ中間速度成分の雲の存在や、金属量分布の偏りなど、これらの雲の相互作用を示唆する結果が得られた (中間速度雲は銀河回転と視線速度の差の絶対値が 20 — 100 km/s の雲であり、Intermediate Velocity Cloud: IVC と呼ばれている)。本講演では、以上の結果を詳しく報告し、高速度雲と銀河系との相互作用について議論する。

[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](#)

Q38a マゼラニクストリームのダスト/ガス比

早川貴敬, 福井康雄 (名古屋大学)

マゼラニクストリーム (以下 MS) は、大小マゼラン雲 (LMC, SMC) から細長く伸びた中性水素 (H I) ガス天体で、その長さは約 100 度に及ぶ。H I 質量は 10^8 太陽質量と見積もられ LMC や SMC に匹敵する (Brüms et al. 2005, MS の距離 55kpc を仮定した場合)。複数の先行研究によって MS の形成シナリオが提示され、マゼラン雲が銀河系の周りを数十億年かけて回る間に潮汐力によって引き出されたとする考え方は広く受け入れられているが、細部については今なお決着に至っていない。また MS は、その他の高速度雲 (HVC) と並んで、銀河系への重要な水素ガス供給源と考えられている。本講演では、金属量 ~ ダスト/ガス比の観点から以下の通り議論する。

Hayakawa & Fukui (2024) は、サブミリ波ダスト放射の光学的厚み (Planck Collaboration 2016) と 21cm 線積分強度の相関関係から、銀河面を除いた全天のダスト/ガス比分布を明らかにした。その中から、MS に関する情報を精査し、以下の特徴を見出した。まず、MS のダスト/ガス比は、銀河系周辺の水素ガスとして最も低い値を示す。具体的にはダスト/ガス比が 0.1 太陽値以下のものは MS 全体の 75% を占めるのに対して、HVC Complex C の場合は 0.1 太陽値以下は 20% 程度であり、ダスト/ガス比 0.1–0.3 太陽値の成分を相当量含む。このことは、MS が群を抜いて低金属量であることを示す。同時に、HVC は金属量がかかなり増加した成分であることを意味する。MS の総質量の大部分は小マゼラン雲起源であると見られるため、その低金属量は小マゼラン雲に由来すると考えられる。一方、HVC は MS に比べてすでに金属汚染がかかなり進行している可能性が高い。講演では MS 中のダスト/ガス比の分布の詳細を示すとともに、MS と HVC のダスト/ガス比の由来を考察し、HVC が銀河系のハローガスと相互作用している可能性などを論じる。

[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](#)

Q39a 電波銀河 M87 におけるジェットと星間物質の相互作用

大曾根聡子 (元産総研)

電波銀河 M87 において、ジェットと星間物質の相互作用を 20 秒角長のジェットを角度分解能 0.5 秒角で分解できている X 線衛星 Chandra で調べた。ジェット外部ではジェットが星間物質を圧縮し、それが分子雲となって、soft X 線を吸収し、ジェット内部ではショックにより加熱されたガスによる熱的 X 線が期待される。イメージ解析もエネルギースペクトル解析も、わずかな特徴を検出するためにはたくさんの観測時間が必要である。Chandra 衛星のアーカイブを用いた先行研究のイメージ解析により、ジェットのノット E とノット F の外部では soft X 線が吸収されている (Dainotti et al. 2012)。CCD のパイルアップはイメージとエネルギースペクトル、両方を歪ませる。先行研究で用いられているデータはパイルアップイベントを一部しか除去できていない。今回、パイルアップイベントをイメージ上のラインの有無と明るいノットのカウンtrate 値の制限で完全に取り除き、アーカイブ 260ks のイメージを重ね合わせた。その結果、先行研究の同じ結果を確認した。また、ノット E とノット F について、Chandra 衛星のアーカイブ 400ks を用いて X 線エネルギースペクトルを解析した。ジェットに対するバックグラウンドには検出機由来、宇宙背景放射、銀河放射や太陽からの放射、M87 を中心とする Virgo 銀河団のガスがある。バックグラウンドの内、銀河団のガスの放射は中心からの距離依存性がある (Bohringer et al. 2001) ので、バックグラウンド領域はソース領域とコアから同じ距離を取った。ここで、soft X 線の吸収が見られていない南側だけを用いた。エネルギースペクトルを足し合わせた結果、ノット E もノット F も加速された電子のシンクロトロン放射でうまく説明できて、熱的成分の必要性は確認できなかった。

[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](#)

Q40a Chandra によるスターバースト銀河 M82 の詳細 X 線分光解析

笹俣聖也, 安福千貴, 三石郁之 (名古屋大学)

銀河間空間にも大量の重元素が検出されており、この流出起源の一つとしてスターバースト (爆発的星形成) で誘起されるアウトフローが挙げられる。このアウトフローは、スターバースト領域において頻繁に起こる II 型超新星爆発により X 線を放射するほどに加熱された高温ガス状態となっている。スターバースト銀河 M82 は近傍かつ適度な大きさを持つエッジオン銀河であるためアウトフローの理解に最適で、これまで例えば重元素分布と速度の観点から観測的検証が行われてきた。Konami et al. (2011) は、ディスク付近の高温ガスの複数の相対重元素比が II 型超新星爆発で期待されるパターンに類似していることを明らかにした。また、Yoshida et al. (2019) では高温ガスに押しつけられたと考えられるダストの速度の直接測定が行われ、バルク運動が確認された。

しかしながら、高温ガス速度の直接測定は困難であった。これを可能にするのが、広がった天体に対しても高い分光性能を誇る XRISM/Resolve であり、すでに M82 は PV ターゲットとして観測されている。そこで我々は XRISM の空間分解能力では難しい、複雑な ISM 構造を Chandra を用いて調べ、両者を合わせることでスターバースト起源のアウトフローシナリオの観測的検証を目指す。今回我々は Chandra のアーカイブデータの中で観測時間の長いものを選び分光解析を行なった。観測精度と空間分布の両立を図るため、スターバースト領域からハロー領域までを含む領域を観測カウント数 3000 @0.4-8keV ごとに切り分けた。結果、スターバースト領域を含む約半径 15 秒角以内の領域は 77 領域に、それ以外は 31 領域に分けることができた。スターバースト領域の 1 領域にて分光解析を行なったところ、2 温度モデルで良く表せ、高温成分の温度が約 1.6 keV、低温成分の温度が約 0.7 keV であることが分かった。本講演では詳細な解析結果と今後の展望についてを述べる。

[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](#)

Q41a 宇宙線による初期宇宙の銀河間空間の加熱と 21cm 線による観測可能性

横山 将汰 (東京大学), 大平 豊 (東京大学)

高エネルギー荷電粒子である宇宙線は、現代の宇宙では主に超新星残骸の衝撃波で加速されていると考えられている。近傍星間空間では、宇宙線は熱的粒子などの他のエネルギー成分と同程度のエネルギー密度をもち、銀河風の駆動や分子雲の電離など様々な影響を及ぼしていると考えられている。初期宇宙の銀河中の超新星残骸でも宇宙線の加速が起こることが理論的にも期待されており、加速された宇宙線は初期宇宙の銀河環境に影響を与える可能性がある。本研究では、宇宙線が初期宇宙の銀河間空間を加熱する可能性に着目し、これまで注目されていなかった宇宙線による抵抗性加熱の重要性を議論する。赤方偏移 $z \sim 10$ の銀河間空間を対象に、この時代の主要な加熱源として考えられている X 線も考慮して、銀河間空間の温度と電離度の時間発展を解くことで、宇宙線による抵抗性加熱が銀河間空間の温度を決めるのに重要であることを示す。赤方偏移 $z \sim 10$ の銀河間空間の温度は、中性水素 21-cm 線を通して、SKA などの将来の電波観測で観測可能であると期待されている。本研究で計算した銀河間空間の温度分布を用いて、21-cm 線シグナルを見積もり、将来観測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](#)

R01a 複数の近傍渦巻銀河における形態学的特徴ごとの星生成および分子ガスの関係

清水一揮, 徂徠和夫 (北海道大学)

銀河の形態学的特徴 (渦状腕, 棒状構造など) は銀河の情報のうち, 最も利用しやすいものの一つである。形態学的特徴はすなわち星の分布であるため, 複数の銀河間および一つの銀河内での形態学的特徴の違いは銀河の星生成の違い, 星の材料である分子ガスの物理状態 (密度・速度・温度など) の違い, 長時間に渡る星の運動を反映していると考えられる。そのため, 銀河の各形態学的特徴ごとに物理量を考えることは重要な意味を持ち, 本研究においては特に星生成との関連に着目する。しかし, 多様な特徴をもつさまざまな銀河に対し画一的な基準で形態学的特徴を定義するための手法はいまだに確立されておらず, 形態学的特徴ごとの星生成について論じた研究は主に目視によって画素を同定している。そのため主観的な要素を排除できず, 統計的な議論は困難である。

本研究では清水ら (日本天文学会 2023 年秋季年会) の手法を改良し, 画像内の各画素について, 画素周辺の強度変化を参考に最も適切な空間スケールを得る。このことにより一つの画像内で, 太い棒状構造と細い渦状腕など空間的広がり異なる複数の構造をもつ銀河をより正確に扱うことが可能となった。この手法を国立天文台野辺山宇宙電波観測所レガシープロジェクト COMING で観測された銀河の WISE 3.4 μm のデータに適用し, 銀河の形態学的特徴ごとにラベリングされたマップを作成した。このマップについて, 手法の正確性およびラベリング結果の傾向について目視で捉えられる形態学的特徴と比較することで, アームの相対的な強度比が手法の成功率に大きな影響を及ぼすことを確認した。また, 正確に特徴を定義できたと考えられる銀河について, 星生成率および分子ガス量との関係を調べ, 形態学的特徴ごとの星生成率および分子ガス量は, 銀河による違いより, 特徴による違いの方が大きいという結果を得た。本講演では分子ガスの運動状態と星生成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](#)

R02a 棒渦巻銀河の中心領域におけるガスの運動と星形成の関係

栗本宗, 山本卓, 久野成夫 (筑波大学)

近傍の棒渦巻銀河の中心領域について, PHANGS データの $\text{H}\alpha$ と $^{12}\text{CO}(J=2-1)$ を用いて, 銀河の形態を定量的に分析する研究から, 棒渦巻銀河の中心領域で星形成効率が低い銀河が存在していることがわかった (山本他: 本年会講演)。さらに中心領域で星形成効率が低い銀河は, AGN を持っていることもわかった。これらの銀河では, AGN のフィードバックによってガスの乱流が増大することで, 中心領域での星形成が抑制されている可能性があることが示唆される。一方, 棒状構造によって中心に落とされたガスと中心領域が大きな速度差を持って衝突している銀河でも星形成が抑制されているという研究がある (Sato et al. 2021)。このように, 銀河中心のガスの運動と星形成活動には密接な関係があると考えられる。そこで, 本研究では, 中心領域で星形成効率が異なる銀河についてガスの運動と星形成活動の関係性について調べた。

まず, ガス円盤の重力安定性を評価する Toomre の Q 値を用いて, 銀河中心部のガス円盤/リングの安定度を評価した。その結果, 中心領域で星形成効率が低い銀河は, Q 値のばらつきが大きく, 大きな値を持つ銀河が存在することがわかった。そのような銀河の中心部にあるガス円盤/リングは重力的に安定していることが示唆される。さらに P-V 図を用いて詳細に調べた結果, 同じ位置で異なる速度成分が存在していることがわかり, ガス円盤内のガスが AGN または星形成のフィードバックによって, 複雑な運動をしている可能性があることがわかった。これらの結果から, 銀河の中心領域で星形成効率が低い銀河では, AGN などの影響によってガスの乱流が増大し, ガスが重力的に安定化することで, 自己重力による崩壊が十分に起こらず, 星形成が抑制され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](#)

R03a 近傍高光度赤外線銀河における分子ガスと星形成活動の関係

安田彩乃 (東京大学), 本原顕太郎 (東京大学, 国立天文台), 小山佑世, 小山舜平 (国立天文台), 金子紘之 (新潟大学), 櫛引洸佑, 陳諾, Yun Jeung, 幸野友哉 (東京大学)

銀河の星質量と星形成率 (SFR) の間には, Star formation main sequence (SFMS) と呼ばれる強い相関があることが知られている。 $M_* - SFR$ 平面において SFMS より上方に位置する specific star formation rate (sSFR) が高い銀河は特に星形成が活発であり, その多くはダスト吸収が大きいことから高い赤外線光度を持ち高光度赤外線銀河 (LIRG) や超高光度赤外線銀河 (ULIRG) と呼ばれている。U/LIRG には相互作用しているものも多く存在し, 銀河相互作用は星形成を活発化させる原因の一つであると考えられている。このように星形成が活発な銀河について星形成および星の原材料である分子ガスの振る舞いを研究することは, 銀河の形成と進化を理解する上で重要である。

本研究では, 地上から狭帯域撮像により水素 $\text{Pa}\alpha$ (1.875 μm) 観測が可能な近傍 U/LIRG サンプルである PARADISES 銀河 42 天体について, 野辺山 45 m 電波望遠鏡で $^{12}\text{CO}(1-0)$ 輝線観測を行い, それらの分子ガス質量を求めた。次に近傍 U/LIRG における相互作用と星形成活動の関係を探るため, PARADISES 銀河をその形態に基づき 4 つの合体段階に分類した。分子ガス比と sSFR には合体過程でわずかに増加が見られたことから, 銀河合体が分子ガス量の増加に寄与していることが示唆される。さらに, 可視光での輝線比を用いた AGN の診断に基づき, AGN の存在が U/LIRG の星形成活動に与える影響を調べたが, PARADISES 銀河では分子ガス比と星形成効率が AGN の有無による違いは見られなかった。この結果は, U/LIRG のような爆発的星形成をおこなっているフェーズでは, AGN 活動によって分子ガス比と sSFR は低下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](#)

R04a アンテナ銀河における巨大分子雲進化の加速：鍵を握る銀河間相互作用

出町史夏¹, 福井康雄¹, 山田麟¹, 立原研悟¹, 徳田一起^{2,3}, 井上真, 前田郁弥⁴, 小西亜佑⁵, 村岡和幸⁵, 大西利和⁵, 柘植紀節⁶, 藤田真司⁷, 小林将人⁸, 河村晶子³ (1: 名古屋大学, 2: 九州大学, 3: 国立天文台, 4: 大阪電気通信大学, 5: 大阪公立大学, 6: 岐阜大学, 7: 統計数理研究所, 8: ケルン大学)

銀河の進化に深く影響する大質量星は巨大分子雲 (GMC) で形成される。GMC は大質量星形成の活発度に基づいて、Type I (大質量星形成の兆候を示さない) → Type II ($H\alpha$ 光度 $L_{H\alpha} < 10^{37.5}$ erg s⁻¹ の H II 領域が付随) → Type III ($L_{H\alpha} > 10^{37.5}$ erg s⁻¹ の H II 領域が付随) へと進化すると考えられている。この進化モデルに基づいて、我々は LMC、M33、および M74 において GMC が 10–20 Myr で進化する描像を提示した (Fukui et al. 1999; Yamaguchi et al. 2001; Konishi et al. 2024; Demachi et al. 2024)。さらに出町他 (2024 年秋季年会) は、ALMA による分解能 70 pc の ¹²CO($J=1-0$) と、VLT MUSE による分解能 60 pc の $H\alpha$ のデータを用いて、最近傍のスターバースト銀河であるアンテナ銀河に Type 分類を適用した解析結果を示し、銀河衝突によって Type III への進化が活発化する可能性を提案した。

本講演では GMC 進化と銀河衝突のタイムスケールとの対応を評価するため、アンテナ銀河において Arm 領域と、相互作用の強い Overlap 領域における GMC と星団の付随関係の差違に注目した。Arm 領域では星団と GMC との付随関係に通常との違いが見られなかった一方、Overlap 領域では GMC に 1–4 Myr の若い星団が集中する傾向が見られた。これは、銀河衝突による Type III への進化が加速度的に進行していることを示すと考えられ、両銀河が 6 Myr 前に衝突したとするシミュレーション結果 (Renaud et al. 2015) とも矛盾がないことを論じる。

[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](#)

R05a Building the largest mock astrometric catalogue of the Milky Way centre in the near infrared for the end-to-end simulation of the JASMINE satellite

Ramos, Pau; Ohsawa, Ryou; Nishiyama, Shogo; Kawata, Daisuke; Sanders, Jason; Almannaei, Aisha; Smith, Leigh; Koshimoto, Naoki; Minniti, Dante; Lucas, Philip W.

There is currently a strong push towards infrared astronomy, like the ground-breaking JWST and the upcoming ROMAN and Gaia NIR missions. The Japanese JASMINE telescope will be the first Near Infrared (NIR) astro-photometric mission to focus on the inner-most Galactic central region of our Galaxy and, in many senses, it will be a crucial stepping stone in the field of NIR high-precision astrometry for Milky Way (MW) dynamics. In order to test our data processing pipelines, we require a robust and reliable way to generate mock images. In this contribution, we present the JASMINE input catalogue: the most complete census of point-like sources in the NIR towards the Galactic centre. We used this catalogue as a blueprint from which to generate mock sources that resemble real stars as much as possible, while offering also the possibility of generating synthetic sources to compensate for observational incompleteness. The novel method developed here treats the available data of each individual star as evidence in the likelihood of a Bayesian inference process, relying on state-of-the-art models of the Nuclear Stellar Disc and Cluster to define the priors. The result is a customised probability distribution function of the missing data for each star that we can then use to generate mock sources which, by construction, are statistically compatible with the real observations. This represents the biggest and most realistic mock catalogue of the MW centre to date.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

R06a 大質量星の 3次元運動から導く小マゼラン銀河における銀河相互作用の描像と銀河回転の不在

中野覚矢, 立原研悟 (名古屋大学)

小マゼラン銀河 (SMC) と大マゼラン銀河 (LMC) は天の川銀河の最近傍で相互作用する矮小銀河である。軽い SMC では相互作用の影響が強く表れ、SMC で見られる恒星種族に応じて異なる空間分布は $\sim 2 \times 10^8$ yr 前の LMC との近接遭遇の結果と解釈される。年齢 $\gtrsim 2 \times 10^9$ yr の古い星の空間分布は球対称に近く、中性水素ガス $H\text{I}$ で観測される北東・南西方向の速度勾配と併せ、SMC は回転するガス・若い星と回転しない古い星から成ると考えられてきた。Diaz & Bekki (2012) は SMC を回転円盤とバルジでモデル化し、LMC と天の川銀河との 3 体相互作用を計算した。円盤では $H\text{I}$ の視線速度勾配を再現し、バルジでは潮汐力により $H\text{I}$ と直交する視線速度勾配が生じる結果を得た。

本講演では、我々が SMC で選定した 7,426 個の大質量星候補 (2024 年春季年会, 中野 他) の運動が描く銀河相互作用の描像を紹介する。大質量星候補は *Gaia* の均一な観測から色等級図によって質量 $8M_{\odot}$ 以上の星として選択され、*Gaia* 観測に基づき、全ての星で視線方向に垂直な固有運動が、588 個の超巨星で視線速度が利用できる。平均的な運動を得るために、不均一に分布する大質量星候補を面密度を基準に 9 つの構造に分離した。その結果、9 つの構造は東西で逆向きに平均固有運動を持ち、LMC に近づくものと遠ざかるものに分けられた。視線速度勾配は LMC 方向に沿い、南東に向かうほど平均視線速度が大きく、LMC の視線速度に近づく。これらは南東に位置する LMC からの潮汐力やラム圧による SMC の破壊の伸長の証拠である。また、固有運動は銀河回転を示さず、視線速度勾配も $H\text{I}$ の速度勾配と直交し、銀河回転と矛盾する。ガスの運動をトレースする若い大質量星が回転を示さないことは SMC の銀河回転の不在を意味し、過去の計算で用いられた物理モデルの見直しが要される。

[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](#)

R07a Nuclear Stellar Disk Nature in the Kinematics of SiO Maser Stars around Sgr A*

Masato Tsuboi (Meisei Univ.), Takahiro Tsutsumi (NRAO), Ryosuke Miyawaki (J. F. Oberlin Univ.), Makoto Miyoshi (NAOJ) and Atsushi Miyazaki (JSF)

We would like to present the detailed analysis of the kinematics of SiO maser stars around the center of the Milky Way, Sgr A*. We used the archive data in the SiO $v = 1$ $J = 2 - 1$ emission line obtained by ALMA in 2017 and 2021 (2016.1.00940.S, PI Darling, J. and 2019.1.00292.S, PI Paine, J.). Since the SiO $v = 2$ emission line is much weaker than the SiO $v = 1$ emission line in this sample, we used only the latter. We detected 37 SiO maser stars in the channel maps and derived the positions and LSR velocities of the objects. We derived the proper motions of 35 stars by comparing their positions relative to Sgr A* at the two epochs. We estimated the 3D motions from the proper motions and LSR velocities. The first results have already been presented at the ASJ Autumn Meeting 2024. Although the 3D motions within the projected distance of 5.5×10^{18} cm are roughly consistent with Kepler orbits around Sgr A*, whose mass is assumed to be $4 \times 10^6 M_{\odot}$, there may be slightly additional mass in this region. The proper motions of the Nuclear Star Clusters (NSC) derived from WR and O stars are rather random, except for the IRS13E and IRS13N clusters (Tsuboi et al. 2022). However, the derived proper motions of SiO maser stars do not look completely random and show a tendency to lie along the Galactic plane. Moreover, the average proper motion of SiO maser stars are fairly larger than the average LSR velocity. These show that the SiO maser stars around Sgr A* are members of the Nuclear Stellar Disk rather than the NSC.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

R08a GeV-TeV ガンマ線観測による銀河系外背景光の測定

Joshua Ryo baxter (東京大学), A. Dominguez (UCM, スペイン), M. Ajello (Clemson University, 米国), J. Finke (Naval Research Lab, Washington, 米国), A. Desai (NASA Goddard Space Flight Center, 米国), A. Banerjee (Clemson University, 米国)

近赤外から紫外線に渡る銀河系外背景光 (Extragalactic Background Light, EBL) はこれまでに誕生した全ての銀河や星からの放射を積算したものであり、その強度分布は銀河・星形成史や観測的宇宙論の文脈において重要な物理量である。直接観測による EBL 強度の測定は銀河拡散光や黄道光などの強い前景放射の存在のため、原理的に測定が非常に困難である。一方で、活動銀河核 (AGN) やガンマ線バースト (GRB) から放射された VHE ガンマ線を利用する EBL の間接測定手法は“前景放射フリー”であり、直接観測と双璧を成す独立な測定方法として、これまで Fermi-LAT, MAGIC, H.E.S.S., VERITAS などの GeV-TeV 帯域の望遠鏡コラボレーションで広く用いられてきた。

今回我々は、STeVECaT (地上ガンマ線望遠鏡によって検出された AGN や GRB の観測データを集積したカタログ) を用い、MAGIC, H.E.S.S., VERITAS 等で検出された約 300 個の AGN 及び GRB のスペクトルを用いて、TeV 帯域のガンマ線の EBL に対する光学的深さを測定した。先行研究の A. Desai et al. (2019) に対して、サンプル数が約 3 倍に増加したことで、赤方偏移方向のより詳細な進化を追うことに成功し、EBL の新たな測定結果を得た。本講演では 2025 年現在におけるガンマ線観測を利用した EBL 測定の研究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](#)

R09a 多量の星間物質に覆い隠された赤外線銀河 ESO173-G015 中心核の ALMA による高分解能観測

奥村珠希, 西村優里, 河野孝太郎 (東京大学), CON-quest チーム

Compact Obscured Nuclei (CON) は多量のガスやダストで覆われた銀河中心核のうち、加熱源の存在を示すシアン化水素の振動励起遷移 HCN-vib($v_2=1$, $J=3-2$) がある基準以上検出されたものを指す。その加熱源は AGN and/or starburst が考えられている。ULIRG や LIRG に多く、feeding や feedback の特性が顕著なため銀河進化を考察する上で CON の研究は重要なものとなる。本研究の対象天体である ESO173-G015 は近傍 ($z=0.01$) の LIRG であり、ALMA を用いた CON の観測プログラム CON-quest において豊富な分子と CON に迫る HCN-vib($v_2=1$, $J=3-2$) が検出されたため pre-/post- CON であると考えられている。

本研究では ALMA の band-3/6 のデータを解析した。我々は中心核から東に 1.6kpc 離れた位置にある空間的に離れた構造 (以後飛地と呼ぶ) を輝線と連続光両方で、また飛地と中心核を繋ぐ構造を HCO^+ ($J=3-2$) と HCN ($J=3-2$) で新たに検出した。中心核と飛地において HCN, HCO^+ , HOC^+ , SO など様々な分子が検出された。特に shock tracer である SO の輝線強度比 $\text{SO}(J(N)=5(6)-4(5))/\text{HCO}^+(J=3-2)$ は中心核では 0.172 ± 0.005 、飛地では 0.26 ± 0.02 となり飛地で卓越していた。また HCO^+ で視線速度マップをとると、中心核では回転構造とそれに付随した非回転構造、飛地では中心核と 100 km/s 程度の速度差、両者を繋ぐ構造では非一様な速度構造が見られた。中心核で HCN-vib の回転構造が検出された 2 例目の天体ともなった。HST の 3 つのバンド (F110W, F130N, F160W) を比較すると飛地において $\text{Pa}\beta$ が強く検出され、逆に星の連続光が弱いことがわかった。これらの特性より飛地はアウトフローであると考えられる。本講演ではこのアウトフローの物理量について議論する。

[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](#)

R10a 機械学習による近傍銀河 NGC 1068 AGN アウトフローに関する新たな示唆

大久保宏真(筑波大学), 竹内努(名古屋大学, 統数研), 赤穂昭太郎(産総研, 統数研), 五十嵐康彦(筑波大学), 久野成夫(筑波大学), 斉藤俊貴(静岡大学), 中島拓(名古屋大学), 原田ななせ(国立天文台)

銀河中心に存在する超巨大ブラックホールから吹き出るアウトフローの影響を理解することは、銀河進化を考える上で必要不可欠である。近傍セイファート 2 銀河の NGC 1068 は超巨大ブラックホールによる活発な銀河中心核 (Active Galactic Nucleus; AGN) と爆発的な星形成活動が発生している Starburst ring (SB ring) の両方を持つ銀河であり、中心 1 kpc では AGN アウトフローが確認されている (e.g., Saito et al. 2022b)。さらに主成分分析 (Classical PCA) を適用した我々の研究により、NGC 1068 の AGN アウトフローは、中心 2 kpc 付近の SB ring にまで影響を及ぼしている可能性が示唆された (Okubo et al. in prep)。そこでこの可能性をさらに検証すべく、非線形的特徴抽出手法であるカーネル主成分分析 (Kernel PCA) とブラックボックスな手法に解釈可能性を与える eXplainable AI (XAI) の 1 つである Kernel SHAP を適用した。この方法は、Classical PCA よりも詳細に特徴抽出できることが確認されている (大久保他 本年会ポスター講演)。

その結果、この手法においても AGN アウトフローと SB ring 中のガスが相互作用している可能性を持つ領域を抽出した。さらに Kernel SHAP により、CN, CCH 輝線がこの領域へ特に寄与していることが明らかになった。これらは AGN アウトフローの UV により enhance する分子であると考えられている (e.g., Saito et al. 2022b)。これらの分子の次に、HCN, HCO⁺ の寄与が高いことがわかった。これらは AGN アウトフローによるショックもしくは高温の影響で積分強度が高くなると報告されている (e.g., Aalto et al. 2012)。以上の結果は、NGC 1068 の AGN アウトフローが SB ring 中のガスに影響を及ぼしていることをデータサイエンス的に示唆している。

[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](#)

R11b ファラデーモグラフィで探る相互作用棒渦巻き銀河 NGC6221 の力学的状態

藏原 昂平, 赤堀 卓也, 出口 真輔 (国立天文台), Yik ki Ma (MPIfR)

NGC6221 は、強い棒状構造を持つ渦巻き銀河であり、また、潮汐相互作用を受けている銀河である。この銀河は、NGC6215 と相互作用しており、これにより中性水素 (HI) のたなびきや、潮汐尾を形成するなど、特異なガスの構造を持っていることが知られている。銀河中心部には弱いセイファート 2 型核が存在し、ガスの非円盤的な動きが観察されるなど、これによっても潮汐相互作用の影響がみられている。このような単一の銀河内で異なる力学的特徴を持つ銀河は多くはなく、潮汐相互作用が銀河の物理に与える影響を研究するうえで貴重なサンプルである。

本研究では、ASKAP の POSSUM データを用いて相互作用する棒渦巻き銀河 NGC6221 の偏波データを活用し、磁場の構造や強度を調査した。結果として、周波数 1GHz における電波強度は銀河面全体にわたって検出されたが、偏波強度に関しては特に H α 輝度が弱い領域において、高い周波数では約 60% にものぼる高い偏波率で検出されることがわかった。北側で否検出の理由は、星形成領域における磁場や乱流の影響が強く現れていることを示唆している。さらに、検出された偏波強度は GALEX による紫外線データと空間的に良い相関を示した。また、これらの領域では、ファラデーモグラフィを用いて得られた RM (Faraday Rotation Measure) や FDF (Faraday Dispersion Function) の解析により、銀河内でのガスと磁場の相互作用に関して調査した。その結果、単一の Burn's law では説明できない偏波率の変化を示し、これは潮汐相互作用によって複数の磁場成分が混ざって存在していることを示唆している。本講演では、NGC6221 の各領域において測定された磁場や乱流が、潮汐相互作用の影響をどのように受けているかについて報告・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](#)

R12b Kernel PCA × Kernel SHAP による特徴抽出手法の新展開

大久保宏真(筑波大学), 竹内努(名古屋大学, 統数研), 赤穂昭太郎(産総研, 統数研), 五十嵐康彦(筑波大学), 久野成夫(筑波大学), 斉藤俊貴(静岡大学), 中島拓(名古屋大学), 原田ななせ(国立天文台)

主成分分析 (Classical PCA) は天文学において頻繁に使用される教師なし機械学習手法である。Classical PCA とは、データの分散が大きい方向に新たに軸を作成し (PC 軸)、その軸でデータを評価し直す次元削減・特徴抽出手法である。銀河の画像データに対して Classical PCA を適用するときは、特徴抽出による物理状態の推定をメインとする場合がほとんどである。この場合、分散の大きい PC 軸で抽出された情報は、すでに物理的な研究から知られている場合が多い。そのため、未知の現象を調べたい場合には、分散の小さい PC 軸を確認する必要がある。しかし、Classical PCA は線形的な特徴抽出手法であるため、銀河の画像データのような複雑な構造を持つデータに対しては、正確に特徴を抽出できない場合がある (e.g., Okubo et al. in prep)。

そこで、我々は非線形的特徴抽出手法のカーネル主成分分析 (Kernel PCA) が、Classical PCA よりも詳細に特徴抽出できるのかを検証した。本研究では既に Classical PCA による研究が実施されている NGC 1068 に対して Kernel PCA を適用した。これにより、Classical PCA と Kernel PCA によって抽出された特徴の比較を行う。その結果、Classical PCA では AGN アウトフローとバーエンドの情報が混合し、一つの特徴として抽出された。一方で Kernel PCA では、それぞれの情報を分離して抽出することに成功した。また、ブラックボックスなモデルに説明可能性を与える eXplainable AI (XAI) の Kernel SHAP を適用した結果、AGN アウトフローの影響により CN, CCH, HNC, HCN, HCO⁺, CS が enhance している可能性をデータ科学的に示唆した。以上の結果から、Kernel PCA と Kernel SHAP の組み合わせは、Classical PCA よりも適切に特徴を分離する手法であると言える。

[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](#)

S01a BH 探査の新たな観測の考察：BH に落ちる光源放射のパワースペクトル

齋田浩見 (大同大学)

BH に落ちていく光源を、BH から十分遠方の観測者が測定する場合を考えよう。一定程度の簡単化した状況設定での解析的に詳しく計算したところ、BH に落ちていく光源が (BH 半径を R として) BH からの距離 $r < 2R$ の領域に入ると、その光源からの放射のパワースペクトルがプランク分布に比例することが分かった。このプランク分布の温度は、いわゆるホーキング温度であり、光源の物理的性質には寄らない。つまり、光源の物理に依存せず純粋に BH 時空の情報だけで決まる温度であり、このプランク分布を測れば、BH の質量と自転運動量を (光源の物理的な影響を除いて) 測れると期待できる。降着物質そのものの研究ではなく、あくまでも「BH を探査する・BH に迫る」という目的にとって嬉しい観測量になり得る。

以上について報告し、今後の BH 探査の観測研究への可能性を議論したい。なお、このパワースペクトルになる放射を量子化するといわゆるホーキング輻射になるが、今回の発表は完全に古典物理学の範囲である。

[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](#)

S02a 観測イメージからブラックホールスピンを推定するための同変ニューラルネットワーク

高橋幹弥 (東京工業高等専門学校), 朝比奈雄太 (筑波大学)

Event Horizon Telescope(EHT) により、ブラックホール (BH) シャドウを含む観測イメージの撮像がなされた。BH シャドウの概形は BH スピンと観測角度で決まるため、原理的には EHT による観測は BH スピンの情報を含んでいる。しかしながら、理論・観測両面において不定性が大きく、無回転ではなく、高回転する BH を緩やかに支持するという程度の制限しか得られていない。

近年では、BH スピンをはじめとするパラメータを、機械学習を用いて観測イメージから復元する試みがなされている (van der Ghucht et al.(2020), Farah et al.(2024))。その一つとして、2024 年秋季年会において、我々は観測を再現する準解析的な模擬観測イメージを、先行研究と比べて幅広いパラメータの範囲で生成し、画像解析によく用いられる Convolutional Neural Network(CNN) を用いて、平均相対誤差がおよそ 10% 程度で BH スピンと観測角度を推定できることを報告した (高橋, 朝比奈, 日本天文学会 2024 年秋季年会)。しかし、前回報告したモデルでは、観測イメージの中心や BH の角運動量ベクトルの向きを暗に仮定していたため、入力する模擬観測イメージの回転に対して精度の低下を起こしてしまっていた。

そこで本研究では、入力する観測イメージの回転に対する同変性を有する CNN を用いた機械学習モデルの構築を行なった。その結果、通常の CNN では入力するイメージを回転させた場合に BH スピンの推定精度が劇的に低下してしまっていたが、同変な CNN では入力するイメージの向きに関わらず、平均相対誤差がおよそ 10% 程度の精度で BH スピンと観測角度を推定できることがわかった。

[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](#)

S03a 磁気流体シミュレーションによる強磁場ジェットにおけるケルヴィン・ヘルムホルツ不安定性

一ノ瀬諭斗, 浅野勝晃, 大村匠 (宇宙線研究所)

活動銀河核では、相対論的な速度で噴出するジェットが観測されているが、その加速過程は未だ分かっていない。この問題に対して乱流による加速過程が提案されており、乱流を起す候補としてケルヴィン・ヘルムホルツ (KH) 不安定性が挙げられる。KH 不安定性はジェットとその周辺媒質、特に円盤風との境界面で起こる可能性があるが、その境界で KH 不安定が成長する条件や励起した乱流による粒子加速過程については詳しく分かっていない。

そこで我々は、2次元相対論的磁気流体シミュレーションを行い、磁化されたジェットと円盤風の境界における KH 不安定性の発生の有無とその線形時間を調べた。先行研究 (A.Chow et al. 2022) では、ジェットと円盤風の境界が接触不連続面での線形解析を行っているが、我々はシミュレーションで数値的に解くことに加えて、ジェットと円盤風の物理量が緩和する遷移層を境界に導入することで、より詳細に解析を行った。その結果、これまでの線形解析で安定であると考えられていた、ジェットの強い磁場の領域で不安定性を示す結果が得られた。また、遷移層の厚みによる KH 線形成長時間の変化を定量的に見積もり、遷移層の厚みによって KH 線形成長時間が上昇したり、KH 不安定の生じる領域で安定化したりすることが分かった。この結果により、ジェットと円盤風の境界での KH 不安定性は、境界における遷移層の効果まで含めたより詳細な解析の必要性を示唆する。

[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](#)

S04a ブラックホール磁気圏における磁氣的ペンローズ過程

高橋真聡 (愛知教育大)、遠藤洋太、石原秀樹 (大阪公立大)

活動銀河核やガンマ線バースト源の中心領域にはブラックホールが存在し、周囲のプラズマが降着することで様々な高エネルギー天体現象が引き起こされると考えられる。そこは超高エネルギー放射や相対論的宇宙ジェット形成領域と期待でき、観測的にも磁場が重要な役割を果たしていると考えられている。ブラックホール周囲での磁場の形状と強度を理解することは本質的に重要である。

本講演では、ブラックホールを周回する幾何学的に薄い円盤状の電流が作る真空磁気圏解 (Endo et al.) を用いて、荷電粒子の運動を調べる。この磁気圏解は、一般相対論の扱いで Maxwell 方程式を解いて電磁場分布を得たものである。ブラックホールが自転していない場合、円盤を流れるトロイダル電流は磁場を生成するものの電場は生み出さない。一方で、ブラックホールが自転している場合には、磁気圏内に電場が生じる。このため、荷電粒子の有効ポテンシャルには、ブラックホールのスピン、荷電粒子の角運動量、磁束分布に加え、静電ポテンシャルの分布が反映されることになる。

Endo et al. の磁気圏モデルでは “separatrix surface” という特徴的な磁気面が現れる。この磁気面と回転軸付近では静電ポテンシャルが卓越し、エルゴ球外部であるにも関わらず負ポテンシャル領域が可能となる。この領域では、負エネルギーの粒子軌道が可能であることを利用した「磁氣的ペンローズ過程」が期待できる。これにより、ブラックホールの自転 (時空の引きずり) を起源とした電場のエネルギーを磁気圏外部に引き抜くことが可能となる。例えば、 $a = 0.99M$, $M = 10^9 M_\odot$, $B_0 = 1 \text{ T}$ の場合、負ポテンシャルの値は $-5 \times 10^{20} \text{ eV}$ となり、ultrahigh-energy cosmic rays ($> 10^{18} \text{ eV}$) 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](#)

S05a ジェット偏光画像の非対称性と相対論的ビーミング・収差効果、スピン依存性

Yuh Tsunetoe, Ramesh Narayan, Angelo Ricarte (Harvard University)

活動銀河核が持つジェットの駆動機構として、自転するブラックホールの回転エネルギーを磁場を通じて抜き取りプラズマを加速する Blandford-Znajek (BZ) 過程が有力視されてきた。近傍ジェット M87 では今後数年の観測計画でミリ秒角以下の根元部分の捕捉が見込まれており、ジェット駆動機構において最も本質的なデータが得られようとしている。我々はこの好機に先立ち、一般相対論的磁気流体力学 (GRMHD) と輻射輸送 (GRRT) 計算を組み合わせたジェット画像を理論的に予測した。先の年会で我々は、ブラックホールに刺さる磁場の変動がジェット画像の幅に反映され、時間差で下流側に伝わっていくことを報告した (2024 年秋季年会 [S02a])。今回の発表では数年スケールの長期観測を念頭に、時間平均画像の特徴について議論する。第一に輻射全強度画像について、プラズマ速度がらせん形状をとることにより、ジェット両側での相対論的ビーミングの強さに差が生まれ、非対称な画像が得られることがわかった。次に直線偏光画像について、相対論的収差の効果により流体静止系での磁場が大きい角度で参照されることで、観測画像上で歪んだ形に射影され非対称な偏光ベクトル分布を示すことがわかった。円偏光画像については、相対論的収差の効果が磁場の極性を反映し、逆に対称的な成分パターンをもたらすことが明らかになった。さらに、ブラックホールスピンの向きがもたらす磁場構造とプラズマ加速プロファイルの違いにより、上の非対称性/対称性の度合いが変化することが示された。例えば、ブラックホールスピンの向きが速いほど、より強く巻き上げられた磁場とより強く、直線的に加速されたプラズマにより、輻射全強度・直線偏光・円偏光画像全てでより対称的な特徴が得られる。これらの理論予測は、今後の観測によりブラックホールジェットの生成・加速機構を多角的に探査し、BZ 過程を定量的に検証可能であることを提示している。

[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](#)

S06a 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

石崎渉, 木村成生, 櫻山和己 (東北大学)

近年、IceCube 実験によって、ブレーザーや近傍セイファート銀河といった天体を起源とする宇宙ニュートリノが報告されている。ニュートリノは、高エネルギー宇宙線と周囲の物質・光子とのハドロン相互作用に伴って放射されること、加えて直進性・透過性が非常に高いことから、宇宙線の起源天体・加速機構に関する重要な手がかりとなる。このような手がかりを観測的に得られるようになった近年において、宇宙線の起源天体候補における粒子加速理論の精密化は、宇宙線物理学における非常に重要な課題となってきた。我々は、ブレーザーやセイファート銀河といった活動銀河における、その中心部のブラックホール・降着円盤系での粒子加速過程を明らかにするために、磁気流体力学に基づいた系の大域シミュレーションとそれに整合的な宇宙線伝播計算を行うフレームワークの構築を進めてきた。

活動銀河核における宇宙線加速の素過程は、降着円盤或いはその周辺環境に存在する磁化プラズマ中の乱流と宇宙線との波動粒子相互作用である。我々は、降着円盤系を直接解析する前に、空間 3 次元のボックス中に励起した磁気流体乱流のシミュレーションを用いて、その上での宇宙線の伝播を計算することにした。本講演では、宇宙線伝播計算コード開発の初期成果として、これらの結果を示し、特に宇宙線の微視的な伝播過程が、磁気流体スケールの乱流構造によってどのように変化するかを議論したい。

[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](#)

S07a 渦状腕による銀河中心への質量供給：銀河中心の分子ガスの起源について

油谷直道、和田桂一（鹿児島大学）、川勝望（呉工業高等専門学校）、斎藤貴之（神戸大学）

SMBH と銀河バルジの共進化の理解において、SMBH の成長現場である AGN は非常に重要な天体である。ALMA などの高分解能観測によって AGN の発現には、AGN 近傍 100 pc に形成される核周円盤の分子ガスの量が重要であることが明らかになってきた (e.g., Izumi et al. 2016)。しかしながら、これら分子ガスの起源については謎が多い。

本研究では N -body/SPH コード ASURA (e.g., Saitoh et al. 2008, 2013) を用いた銀河円盤計算を行い、円盤の力学的不安定性による質量降着が銀河中心の核周円盤へどれくらいの質量を輸送できるのか調べた。その結果、渦状腕の発達により、渦状腕に沿った連続的な降着流と巨大分子雲ガス塊による不連続な降着が見られた。我々は 2024 年秋季年会 (X52a) にて、連続的なガスに対する圧力勾配力トルクと重力トルクを比較し、重力トルクを受けて核周円盤まで落ちていることを報告した。その結果を踏まえて、我々は星円盤のモード解析を行い、モード 2 の星円盤ポテンシャルに対するガス塊の軌道を描いたところ、Damped Orbit (Wada et al. 1994) による質量降着過程が確認された。Damped Orbit に入ったガス塊はモード 2 の星円盤ポテンシャルから受ける重力トルクで効率的に核周円盤まで輸送される。このガス塊による質量供給は核周円盤のガス質量の 10% 程度である。これらの渦状腕による質量降着は核周円盤の分子ガス量を十分に説明できるものである。本講演では、これらのガス降着と核周円盤での星形成活動の関係性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](#)

S08a 極低密度領域における二流体不安定性による電流層崩壊の数値計算

小出眞路、中園雅稀（熊本大学）

電波干渉計による高解像度の観測と一般相対論的電磁流体力学 (GRMHD) や一般相対論的輻射輸送などにより活動銀河核の構造の理解が急速に進んでいる。現在、Sgr A* や巨大銀河 M87 の中心核 (M87*) の降着円盤は Magnetically Arrested Disk (通称、MAD) という強い磁場により降着が阻害するモデルが最も整合するとされている (EHTC 2019, 2022)。MAD の GRMHD 数値計算では、ブラックホールを貫く非常に強い磁場により引き抜かれたブラックホールの回転エネルギーにより M87* で観測されるような相対論的ジェットが形成される。しかし、強い磁場を降着円盤からのプラズマは横切することはできないため、ジェットのプラズマの供給源は未解明のままである。現在のところフレアなど降着円盤からの強い放射と強い磁場の作用により対生成された対プラズマ (電子陽電子プラズマ) により構成されていると一般には考えられている (e.g. Kisaka, Levinson, Toma 2020)。しかし、対生成でジェットのプラズマを供給するほどの強い放射が常に降着円盤からあるとはにはわかには信じ難い。

ブラックホールまわりの強い磁場は降着円盤内の乱流磁場を起源としているので特別な方向というのはないはずで反平行磁場を多々含むと考えられる。反平行磁場を保持する電流層は密度が小さくなったとき二流体不安定性が起こる。この不安定性のため電流層が崩壊し磁場が消失して円盤からプラズマが供給されるというモデルが考えられる。以前 (2023 年日本天文学会春季年会)、二流体不安定性の判定条件 (Koide, Takahashi, Takahashi, 2023) を用いた試験的な数値計算により磁気リコネクションよりも格段と速い磁場の消滅が起こることを示した。このとき、磁場消滅を計算するために人為的なモデルを用いていた。今回、二流体方程式を用いて二流体不安定性の非線形数値計算を行い、電流層が崩壊し反平行磁場が消滅してゆく物理過程を調べた。詳細は講演で述べる。

[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](#)

S09b 降着円盤とラインフォース駆動型円盤風の同時計算による ultra fast outflow の時間変動の研究

黒田裕太郎 (筑波大学)、大須賀健 (筑波大学)、野村真理子 (弘前大学)、渡會兼也 (金沢大学附属高校)

活動銀河核における超高速アウトフロー (UFO) は、光速の約 10% の速度でガスを噴出する現象であるが、その構造や発生機構はまだ十分に解明されていない。有力な仮説の一つとして、金属元素の束縛-束縛遷移吸収による輻射圧 (ラインフォース) によって駆動される円盤風が挙げられている。2次元輻射流体計算によって円盤風の準定常的な構造が示されているが (Nomura et al. 2016)、UFO は数十年のタイムスケールで変動することが報告されており、時間変動を説明できる新たな UFO の理論モデルが必要である。

そこで我々は、熱的不安定による円盤の周期的な光度変動が引き起こすラインフォース駆動型円盤風の時間変動を調べている。第一歩として、周期変動する降着円盤の構造を、Watarai et al. 2003 を基に改良した 1次元流体計算で求め、その結果を用いてラインフォース駆動型円盤風の 2次元輻射流体計算 (Nomura et al. 2021 と同様) を実施した (2024 年秋季年会, Z216a)。しかし、円盤風の噴出が円盤の構造や進化に及ぼす影響は考慮されていなかった。そこで、本研究では、降着円盤の計算と円盤風のシミュレーションを、同時に相互矛盾なく行う手法に発展させた。計算の結果、円盤の光度が増加するにつれて強力な円盤風が発生し、UFO が検出される可能性が増加することがわかった。例えば、平均的な質量降着率がエディントン降着程度となるモデルでは、UFO の検出確率は静穏期に 4%、増光期に 40% となった。ただし、観測角度によって、増光期に UFO が検出されず、光度が減少すると UFO が現れることもわかった。この特徴は、Baldini et al. 2024 による 2MASS 0918+2117 の観測結果と矛盾しない。

[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](#)

S10b 一般相対論的輻射磁気流体計算に基づく高/低光度 AGN ジェットの収束形状

芳岡尚悟 (京都大学/筑波大学), 嶺重慎 (京都大学), 大須賀健 (筑波大学), 高橋博之 (駒澤大学), 川島朋尚 (東京大学), 朝比奈雄太 (筑波大学)

近年、電波観測の進展により、多くの活動銀河核 (AGN) のジェットの収束形状が詳細に調べられるようになった。その結果、低光度 AGN、クエーサー、狭輝線 1 型セイファート銀河 (NLS1) など、エディントン比が異なる天体のジェットがいずれも放物線形状を示すことが報告されている (例: Asada & Nakamura 2012, Hada et al. 2018)。我々は、AGN ジェットの収束形状を理解するための第一歩として、先行研究 (Utsumi et al. 2022) の 20 倍に相当する広範囲な計算領域 ($5000 r_g$, r_g は重力半径) での 2 次元軸対称一般相対論的輻射磁気流体力学計算を実施し、超臨界降着流のジェットが、ブラックホールから約 $1000 r_g$ の範囲で放物線形状 ($w \propto R^{0.55}$, w はジェットの幅、 R はブラックホールからの距離) となることを明らかにした (2024 年秋季年会)。しかし、エディントン比に関係なく、なぜ AGN のジェット形状が放物線形状であるのかは未解明である。

そこで我々は、超臨界降着流 (エディントン比 ~ 10) の計算に加えて、放射非効率降着流 (RIAF, エディントン比 $\sim 10^{-5}$) とそこから噴出するジェットの一般相対論的輻射磁気流体力学計算を行った。スピンパラメータは $a_* = 0, 0.3, 0.7, 0.9$ と設定した。その結果、RIAF から噴出するジェットも、スピンパラメータに依らず放物線形状 ($w \propto R^{0.59-0.61}$) となることがわかった。また、ジェットの幅は超臨界降着流の方が RIAF よりも広いことも確認された。さらに、ジェットに働く力を解析した結果、超臨界降着流では輻射力、RIAF ではガス圧勾配力によってジェットが収束することが明らかとなった。本講演では、得られた理論モデルと観測されるジェットの形状を比較するため、シンクロトロン放射率の空間分布や、その光球面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](#)

S11b Discovery of a hyperluminous quasar at $z = 1.62$ with Eddington ratio > 3 in the eFEDS field confirmed by KOOLS-IFU on Seimei Telescope

Yoshiki Toba (NAOJ), Keito Masu, Naomi Ota (Nara Women's U.), Zhen-Kai Gao (ASIAA), Masatoshi Imanishi (NAOJ), Anri Yanagawa (Nara Women's U.), Satoshi Yamada (RIKEN), Itsuki Dosaka (Ehime U.), Takumi Kakimoto (SOKENDAI), Seira Kobayashi (Ehime U.), Neiro Kurokawa (Nara Women's U.), Aika Oki (U. Tokyo), Sorami Soga (Nara Women's U.), Kohei Shibata (Ehime U.), Sayaka Takeuchi, Yukana Tsujita (Nara Women's U.), Tohru Nagao (Ehime U.), Masayuki Tanaka (NAOJ), Yoshihiro Ueda (Kyoto U.), Wei-Hao Wang (ASIAA)

We report the discovery of a hyperluminous type 1 quasar (eFEDS J082826.9–013911; eFEDS J0828–0139) at $z_{\text{spec}} = 1.622$ with a super-Eddington ratio (λ_{Edd}). We conducted optical spectroscopic observations utilizing KOOLS-IFU (the Kyoto Okayama Optical Low-dispersion Spectrograph with optical fiber) on the Seimei Telescope. The black hole mass (M_{BH}) based on the single-epoch method with Mg II $\lambda 2798$ is estimated to be $M_{\text{BH}} = (6.2 \pm 1.2) \times 10^8 M_{\odot}$. To measure the precise infrared luminosity (L_{IR}), we obtained submillimeter data acquired by SCUBA-2 on the James Clerk Maxwell Telescope and performed spectral energy distribution analysis with X-ray to submillimeter data. We determined that L_{IR} of eFEDS J0828–0139 is $L_{\text{IR}} = (6.8 \pm 1.8) \times 10^{13} L_{\odot}$, confirming the presence of a hyperluminous infrared galaxy (HyLIRG). λ_{Edd} is estimated to be $\lambda_{\text{Edd}} = 3.6 \pm 0.7$, establishing it as a quasar with one of the highest BH mass accretion rates at cosmic noon (Toba et al. 2024b, PASJ, in press).

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

S12b ガンマ線で増光を示したブレーザー OP 313 のかなた望遠鏡による偏光撮像観測

橋爪 大樹, Abhradeep Roy, 今澤 遼, 須田 祐介, 深澤 泰司, 川端 弘治, 中岡 竜也 (広島大学)

活動銀河核 (AGN) の一種で、その中心核から相対論的速度で噴出するプラズマ流 (ジェット) が観測者の視線方向を向いたものをブレーザーと呼ぶ。ジェットの発生機構や粒子加速機構は未だ明らかにされておらず、宇宙線の起源や SMBH 周辺の物理の理解に繋がる重要な天体である。ブレーザーは AGN の中でも特に光度変動が激しく、シンクロトロン放射によって偏光した電磁波が観測される。シンクロトロン放射は磁場に垂直な方向に偏光するため、ブレーザーの偏光方位角の回転の有無や偏光度とライトカーブの相関を調べることで、ジェットの磁場構造や放射機構についての情報が得られる。OP 313 は 2023 年 11 月と 2024 年 2 月に Fermi 衛星によってガンマ線による過去最大級の増光が示されたブレーザーである。また、次世代地上ガンマ線望遠鏡アレイ (Cherenkov Telescope Array Observatory, CTAO) 計画における大口径望遠鏡 LST-1 で VHE ガンマ線 ($E > 100$ GeV) の検出に成功した最遠方の AGN でもある。本研究では Fermi-LAT 及び Swift-XRT と併せて、広島大学かなた望遠鏡を用いた可視光及び近赤外線による OP 313 の偏光撮像観測を行った。観測の結果、ガンマ線と可視光で相関した光度変動が見られた。また 20% を上回る大きな偏光度を示す日もあり、偏光度と偏光方位角の変動も捉えられた。偏光方位角の変動からは、ジェット中の磁場の回転の様子も見られた。本講演では OP 313 の 2023 年末から 2024 年 7 月までにおける多波長での光度変動と可視光近赤外帯域での偏光観測について報告し、ジェットの放射や磁場構造についての考察を述べる。

[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](#)

S13b X線で暗い活動銀河核の性質調査に向けたスタッキング解析方法の検討

曾我天美 (奈良女子大学), 太田直美 (奈良女子大学), 鳥羽儀樹 (国立天文台), 辻田悠佳奈 (奈良女子大学)

全天 X 線サーベイによる活動銀河核 (AGN, Active Galactic Nuclei) の研究は、遠方の超巨大ブラックホールの成長史や物質供給メカニズムの理解に不可欠である。これまでの eROSITA による eFEDS サーベイ領域の観測では、膨大な数の AGN が検出されているが、多くの AGN は X 線波長で暗く (Aird et al. 2015)、その性質を解明するのは容易ではない。特に、AGN の X 線スペクトルは多様性が大きく、自己吸収を表す水素柱密度 (N_{H}) の推定が難しい。このため、観測された X 線カウントレートから X 線光度を推定する際には、不定性が数桁に及ぶことがある。このような課題を克服するため、X 線で暗い AGN の光度をより正確に導出するスタッキング解析手法の改善が求められている。

本研究では、eFEDS の AGN カタログ (Liu et al. 2022) から抽出した天体を対象に、SIXTE シミュレータ (Dauser et al. 2019) を用いて eROSITA 模擬観測データを生成し、複数の方法でスタッキング解析を行った。特に、二つのバンドのカウントレートから算出した hardness ratio (Brusa et al. 2010) を用い、赤方偏移を考慮したモデル計算に基づいて N_{H} を推定した。その後、光度を導出し、再現精度を評価した。その結果、従来の方法と比較して光度推定の精度が向上することが分かった。一方で、低赤方偏移の天体では hardness ratio が N_{H} に鈍感となり、光度推定が困難になる領域が現れた。今後は、この手法の適用範囲を明確にするとともに、べき指数の推定手法についても検討を進める必要がある。

[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](#)

S14b SDSS と eFEDS を用いた BAL クェーサーの X 線吸収強度の統計的調査

渡邊一樹 (信州大学), 三澤透 (信州大学), 登口暁 (信州大学)

活動銀河核 (AGN) のアウトフローは、超大質量ブラックホールとそのホスト銀河の共進化に寄与したと考えられている。しかし、その加速機構は未だ完全には解明されていない。特にアウトフローを効率的に加速させるためには、中心光源からの X 線放射によるガスの過電離を防ぐ必要がある。その役割を果たす遮蔽物質として、光源とアウトフローの間に存在する X 線吸収体 (Warm absorber) が有力視されている。実際に、速度幅の大きい紫外線吸収 (BAL) を持つ (すなわち、効率よくアウトフローが噴き出している) BAL クェーサーにおいて、紫外線と X 線吸収強度の間に正の相関がみられることが示唆されている。ただし、大規模な X 線データに基づく統計的解析はこれまでにほとんど行われていない。そこで本研究では、紫外線 (SDSS) および X 線 (eFEDS) の AGN カタログを用いて、Warm absorber による X 線遮蔽シナリオを再検証した。その結果、従来の結果と同様に、紫外線と X 線の吸収強度に正の相関が見られたものの、Warm absorber の柱密度が小さくても紫外線吸収が強いクェーサーが存在することが分かった。この結果は、X 線の遮蔽効果を受けずともクェーサー固有の X 線強度が十分小さければ、アウトフローが効率よく噴き出す可能性があ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](#)

S15b クェーサーの接線方向に対する近接効果の多視線観測

佐藤 良, 三澤透, 前田 祐輔, 登口暁 (信州大学)

クェーサーから放射される強力な紫外線は、クェーサーの周囲数 Mpc に存在する銀河間物質 (intergalactic medium; IGM) 中の中性水素を過剰に電離する現象「近接効果」を引き起こす。この近接効果は、クェーサーのスペクトル中に現れる Ly α 吸収線の深さから放射を受けた中性水素の電離度を評価することで調査できる。Prochaska et al. (2013) では、クェーサーの降着円盤を face-on 方向から見ている典型的な Type1 (non-BAL) クェーサーの接線方向にある中性水素の量が、視線方向の量に比べて多いことが確認された。そのため、クェーサーの近接効果には方向による偏り (異方性) があることが示唆されている。この異方性は、ダストトラスによって紫外線輻射が遮られることによって生じるといえるものが、現在、最も可能性が高いと考えられるシナリオである。実際、降着円盤を edge-on 方向から見ている BAL クェーサーでは逆の傾向がみられ、このシナリオを支持している (Misawa et al. 2022)。ただし、投影“ペア”クェーサーを用いた先行研究では、BAL / non-BAL クェーサーの接線方向を背景クェーサーに対する 1 視線でしか調査できておらず、視線方向と接線方向の異方性の確認に留まっていた。

そこで本研究では、離角数分 (数 Mpc) 以内に複数個の背景クェーサーをもつクェーサーを研究対象とすることで、クェーサー接線方向の近接効果の異方性を初めて直接的かつ統計的に調査することが可能となった。この手法を用いて、BAL クェーサーと non-BAL クェーサーに対して複数視線の接線方向を解析し、近接効果の異方性を調査した。本講演では、BAL / non-BAL クェーサー周辺における異方性を統計的に考察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](#)

S16b SED fitting を用いた BAL ケーサーの統計的調査

柳谷百合, 三澤透, 登口暁 (信州大学), 鳥羽儀樹 (国立天文台)

ケーサーの 10-40 % は、そのスペクトル上に幅広い吸収線 (Broad Absorption Line; BAL) を持つことが知られている。BAL をもつケーサー (BAL ケーサー) が観測される理由として、2 つの主要なシナリオが提唱されている。一つ目は、「inclination シナリオ」。降着円盤から吹き出すガスの流れ (アウトフロー) は円盤軸に対して大きな傾斜角 (edge-on 方向) で放出される。このシナリオでは、我々の視線とアウトフローがほぼ平行な場合に BAL ケーサーとして観測される。二つ目は、「evolution シナリオ」。ケーサーはガスやダストを多く含む銀河同士の合体を起源とし、中心領域がガスやダストに覆われた状態を経て、最終的にそれらが吹き飛ばされることで中心光源が発現する。このシナリオでは BAL ケーサーは、進化過程の初期段階にある、すなわち大量のガスとダストに覆われた状態のケーサーであると考えられている。2 つのシナリオのうち、前者についてはシミュレーションでは再現されているものの、観測からは十分な検証が行われていない。そこで本研究では、SDSS、2MASS、WISE の多波長測光データを用い、SED フィッティング解析コード CIGALE を使用して、傾斜角やダストによる減光量といった主要パラメータを推定した。BAL ケーサーと non-BAL ケーサーの両者について比較を行い、「inclination シナリオ」の検証を通じて、BAL の検出シナリオを絞り込むことを試みた。その結果、BAL ケーサーが edge-on である傾向は確認されなかったが、BAL ケーサーのほうが減光量が大い傾向が見られた。これらの結果は、「evolution シナリオ」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](#)

S17a NGC4151 の XRISM 連携可視赤外モニター観測：ダスト反響探査解析

趙光遠, 平田悠馬, 松下恭子, 小林翔悟 (東京理科大学), 峰崎岳夫, 葉与衡, 鮫島寛明, 堀内貴史, 水越翔一郎 (東京大学), 柳澤顕史, 小久保充 (国立天文台), 斎藤智樹 (兵庫県立大学), 永山貴宏 (鹿児島大学), 中岡竜也 (広島大学), 野田博文 (東北大学), 岩室史英, 呼子優人 (京都大学), 山田智史 (理化学研究所)

活動銀河核で観測される強い中性 Fe K α 輝線 (6.4keV) は、一次 X 線放射が周辺物質中の鉄が光電吸収・再放射して生じ、その放射領域として大きな立体角と柱密度を持つダストトラスが有力視されてきた。そこで反響探査法によるダストトラス内縁半径との比較のため、XRISM 衛星による NGC 4151 の観測に連携して 2023-24 年にわたって岡山 91 cm 望遠鏡となゆた望遠鏡 NIC を用いて赤外線モニター観測を実施し、またデータアーカイブより可視光度曲線をもとめた。この結果、2023 年には可視変光に対して赤外線が遅延変光する様子が見られた (2024 年秋季天文学会 S19a)。そこで本研究ではダストトラス反響探査の定量的な遅延解析について報告する。

観測される赤外線放射はダストトラスからの熱放射の寄与が大半を占めるが降着円盤外縁部からの放射の寄与もある。そこで降着円盤放射の変光の波長間遅延が十分に小さいことを利用し、べき型のスペクトルを仮定して可視光度曲線から降着円盤起源の赤外線光度曲線を推定してこれを差し引いた。次に内挿相互相関関数法 (ICCF) と Flux Randomization/Random Subset Selection (FR/RSS) 法を用いて可視-赤外変光遅延と誤差評価を行った。また複数の観測所のデータの観測頻度が観測時期によって大きく異なることを考慮し、異なる光度曲線のサンプリング手法 (片側内挿: 可視あるいは赤外線、内挿光度曲線の等間隔サンプリング) で比較した。得られたダストトラスの反響探査半径とビリアル関係から予想される輝線幅は XRISM et al.(2024) による中性 Fe K α 狭輝線成分のそれより大きい。講演ではダストトラスと中性 Fe K α 狭輝線成分放射領域の関係について考察する。

[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](#)S18a NGC 4151 の XRISM 連携可視分光モニター観測：H β 輝線の時間変動

平田悠馬, 趙光遠, 松下恭子, 小林翔悟 (東京理科大学), 峰崎岳夫, 葉与衡, 鮫島寛明, 堀内貴史, 水越翔一郎 (東京大学), 岩室史英, 呼子優人 (京都大学), 斎藤智樹 (兵庫県立大学), 山田智史 (理化学研究所), 野田博文 (東北大学), 小久保充, 柳澤顕史 (国立天文台), 永山貴宏 (鹿児島大学), 中岡竜也 (広島大学)

活動銀河核の中性 Fe K α 輝線 (6.4 keV) は物質分布の重要なプローブだが、放射領域は未解明である。XRISM 衛星は Fe K α 輝線の速度構造を測定し、可視光輝線放射領域と直接比較ができる。そこで我々は Fe K α 輝線放射領域を明らかにするべく、NGC 4151 について 2023 年 12 月に 2 回、2024 年 5,6 月に 3 回の XRISM 衛星観測と連携した可視赤外線測光・分光モニター観測を遂行している。可視分光モニター観測はせいめい望遠鏡 KOOLS-IFU の VPH495($\lambda/\Delta\lambda \sim 1500$) となゆた望遠鏡 MALLS($\lambda/\Delta\lambda \sim 7500$) により 2023 年 12 月から実施している。2024 年秋季年会では、H β 広輝線が非対称に大きく広がったプロファイルを持つこと、輝線の強度やプロファイルが時間変化すること、また 2023 年 12 月 25 日の輝線プロファイルをガウシアン 3 成分で再現できることを報告した。

本研究では可視分光モニター観測で得られた全観測日の H β 広輝線をモデルフィットし、その時間変化も議論する。全観測日のデータについて [OIII]($\lambda 500.7$ nm) の輝線プロファイルをスケールリングして H β 狭輝線成分を差し引き、残った広輝線成分についてガウシアン 3 成分でフィットした。結果として (1) 中心、青方、赤方の 3 成分で再現可能 (2) 各成分の速度幅は 1800–3000 km/s で、半年で 20–40% 変動 (3) フラックスはおよそ中心: 青方: 赤方=3:2:1 の関係で、20–50% ほど変動すると判明した。また各パラメーターの時間変動を調べると、モデルフィットなしで時間変動を調べた場合と同様、時間変動が成分毎に異なることが確認できた。本発表では想定される広輝線領域の描像や XRISM 衛星で観測された Fe K α 輝線の速度構造との比較についても報告したい。

[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](#)

S19a 近赤外長期モニターで探る、 $z \gtrsim 6$ クェーサーの質量降着史

齋藤智樹 (兵庫県立大), 井上昭雄 (早稲田大), 山中郷史 (鳥羽高専)

近年の大規模なサーベイ観測により、宇宙再電離期 ($z \gtrsim 6$) のクェーサー (QSO) はすでに 200 天体程度が知られている。これらの天体は宇宙年齢数億年の時期に既に $10^8 M_{\odot}$ 以上の巨大ブラックホールをもっており、また総じてエディントン比が大きいと見られている。こうした遠方の QSO の物理量は単一エポックの分光観測から見積もられる。一方、観測の困難さから、その時間変動については未だ知見が不足している。そこで我々はなゆた望遠鏡および近赤外カメラ (NIC) を用いて、静止系紫外の長期測光モニターを行っている。これまでに 5 年間で約 100 晩の観測を執行し、20 天体のデータを取得している。これにより、2MASS より 4-5 等深いデータで最大約 1 年 (静止系) の光度曲線を得ている。QSO の光度変動は一般に Damped Random Walk モデルでよく近似され、時間間隔 Δt の関数として変化量を表す構造関数 (SF) を用いると、長期変動 SF_{∞} および特徴的な時間スケール τ の 2 つのパラメーターで表される。現状、5 年分・12 天体のデータを平均することで、観測系 1-3 年 (静止系約 1-5 ヶ月) スケールの変動を捉えることができた。J バンドでは SF は単調増加して 3 年を越えると $SF_{\infty} \sim 0.2$ [mag] に収束する傾向が見られ、これは近傍の QSO に関する先行研究と整合的である。一方で H/Ks バンドでは SF_{∞} が 2-3 倍程度大きく見積もられ、(不定性は大きいものの) 比較的大きなブラックホール質量・低いエディントン比を示唆し、遠方 QSO の先行研究の主張と異なるものである。本講演ではこれら結果の妥当性について吟味し、今後のモニター・追観測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](#)

S20a 極高光度クェーサーの測光モニター観測で確認された周期的な光度変動傾向

堀内 貴史 (東京大学), 鳥羽 儀樹 (国立天文台), 三澤 透 (信州大学), 村田 勝寛, 磯貝 桂介 (京都大学), 谷津 陽一, 高橋 一郎, 笹田 真人, 庭野 聖史, 樋口 成和, 早津 俊祐, 関 響 (東京科学大学), 大朝 由美子, 佐藤 陸人 (埼玉大学)

クェーサーは宇宙最大規模の明るさをもつ活動銀河核の一種であり、光度変動を示すことが知られている。その光度変動傾向は一般的にはランダムであり、damped random walk (DRW) でモデリングされる場合がある。しかしながら、クェーサーサンプル中 0.01~0.1% は周期的な光度変動を示すことが確認されている。

本研究では ELIRG として同定されなおかつ、極めて明るいクェーサーを内包する WISE J090924.01+000211.1 (以後 WISE J0909+0002) をターゲットとし、CRTS, Pan-STARRS, ZTF 等のアーカイブデータを用いて光度変動の傾向を調査したところ、周期光度変動の傾向 (静止系で 1.8 年周期) が確認された。さらに周期変動傾向の継続性を確かめるべく、光赤外線天文学大学間連携 (OISTER) に観測を依頼し、明野・岡山 50cm 望遠鏡/MITSuME (g' , R_c , I_c バンド) 及び SaCRA 望遠鏡/MuSaSHI (r , i , z バンド) による測光モニター観測を 1 年間程行った。結果として、周期変動の傾向は継続されていることが示唆され、アーカイブデータの取得期間と合わせると 3.6 周期分の変動を確認することができた (Horiuchi et al. accepted)。周期光度変動における物理過程の候補の一つにドップラーブーストが挙げられる。複数の測光データで得られた変動振幅比と異なる波長間のスペクトルのべき比を、ドップラーブーストから予測される値と比較した所、おおむね矛盾のない結果が得られた。しかしながら DRW シミュレーションにより光度曲線を 10000 回生成したところ、0.1% 未満の割合で WISE J0909+0002 の光度曲線に近い、あたかも周期的な変動も得られた。今後もモニター観測を継続し、周期性をより厳密に検証する。

[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](#)S21a ダスト減光量が非常に大きい 1.9 型 AGN の $H\alpha$ 広輝線強度変動調査

水越翔一郎, 峰崎岳夫, 松林和也, 鮫島寛明, 堀内貴史 (東京大学), 小久保充 (国立天文台), 野田博文 (東北大学), 山田智史 (理化学研究所)

可視スペクトルにおいて、 $H\alpha$ 輝線のみが幅の広い成分 (広輝線) を持つ活動銀河核 (AGN) を type-1.9 AGN と呼ぶ。古典的 AGN モデルによれば、広輝線は AGN 中心部の広輝線領域 (BLR) に由来し、type-1.9 AGN は BLR 周囲に広がるダストオーラスによって比較的弱い減光が生じた結果、明るい $H\alpha$ 広輝線のみが見えるようになる。しかし、我々は先行研究 (Mizukoshi et al. 2022) において、ダスト減光量が非常に大きな type-1.9 AGN を複数発見した。これらの天体は単純な古典的 AGN モデルでは説明できず、その広輝線の起源を解明することは直接撮像が難しい AGN 構造の理解に重要であると期待される。本研究では、こうした heavily-obscured type-1.9 AGN における $H\alpha$ 広輝線強度の時間変動に着目し、これらの天体で $H\alpha$ 広輝線が見られる原因を調査した。我々は京都大学せいめい望遠鏡を利用し、heavily-obscured type-1.9 AGN 3 天体 (UGC 5101, MCG -3-34-64, Mrk 268) に対して 9 ヶ月-14 ヶ月にわたり複数回の観測を実施した。その結果、観測を実施した 3 天体全てで、artificial な効果を除くと $H\alpha$ 広輝線強度の明確な時間変動は見られなかった。これは、heavily-obscured type-1.9 AGN で見られる $H\alpha$ 広輝線が主に狭輝線構造 (NLR) などの広がったガス構造で反射されて届いた成分であることを示唆する。実際、MCG-3-34-64 では先行研究で反射に由来する $H\alpha$ 広輝線の偏光成分が検出されており (Young et al. 1996)、本研究結果を支持する。ただし、Mrk 268 では、artificial な効果を除いて約 1.8σ (92% の有意度) で $H\alpha$ 広輝線強度の変化が見られた。統計的有意度は低いが、この結果は Mrk 268 で見られる $H\alpha$ 広輝線の一部が BLR から直接放射された成分であり、ダストオーラスの clump の隙間等から BLR が直接見えている可能性を示す。

[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](#)

S22a 活動銀河中心核 sub-mm 波連続放射における電離ガスアウトフローの寄与

工藤祐己 (東北大学), 和田桂一 (鹿児島大学), 馬場俊介 (宇宙科学研究所), 泉拓磨 (国立天文台), 澤田-佐藤聡子 (大阪公立大学)

電波で暗い活動銀河中心核 (radio-quiet AGNs; RQAGNs) において、冷たいダスト熱放射より低周波の放射起源はよくわかっていない。近年の ALMA 観測により、サブミリ波帯におけるパーセクスケールの分子/原子/電離ガス輝線の空間分布が明らかになっている (e.g. Izumi et al. 2023)。しかしその連続放射としてシンクロトロン放射やサブパーセクスケールの電離ガスからの自由自由放射 (Baskin & Laor 2021)、降着円盤コロナからの放射 (Inoue et al. 2014, Michiyama et al. 2023) といったこれらの関係は十分に解明されていない。

我々は、輻射流体シミュレーションを用いて定常的な AGN 光源が幾何学的に薄いダスト円盤を照射することによる輻射加熱と輻射圧が、ダストを伴うアウトフローを形成することを示した (Kudoh et al. 2023, 2024)。このアウトフローは噴水状のガス流によって電離ガスの集積を引き起こす (Wada 2015)。本講演では、シミュレーションに基づく力学モデルからサブミリ波帯での輻射輸送計算を行った。その結果、アウトフロー全体のスペクトルエネルギー分布 (SED) は、周波数の増加に伴い自由自由放射からダスト熱放射への遷移を示すことが分かった。また、スペクトル指数は中心を見込む角度によっては電離ガスの空間分布からアウトフロー領域とインフロー領域を区別できる。さらに、中心部のサブパーセクスケールの分解能では、アウトフローガスに起因する自由自由吸収も確認した。本講演ではサブミリ波連続放射の観測予測や X 線放射との関係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](#)

S23a JWST から探る中間赤方偏移における低質量 SMBH の調査

星篤志, 山田亨 (東北大学, ISAS/JAXA)

低質量 SMBH ($< 10^8 M_{\odot}$) を探査することは、SMBH の Seed からの成長過程や銀河との相互作用を理解する上で重要である。本研究では、JWST Cycle 1 最大のプログラムの一つである JADES の GOODS-S/N 領域におけるデータから新たに発見した中間赤方偏移 ($z \leq 4$) の Type1 AGN 候補 7 天体について SMBH と母銀河の関係及び性質の調査を行った。広輝線 ($H\alpha$, $H\beta$) と AGN 光度から SMBH 質量 ($10^{6-7.5} M_{\odot}$) を推定し、SED フィッティングから星質量 ($10^{9-11} M_{\odot}$) を推定した。その結果、近傍で観測されている SMBH 質量-星質量の関係と有意な違いは見られず、今回発見した中間赤方偏移の低質量 SMBH を持つ AGN は、銀河進化に必要な十分な星質量をすでに獲得していることが考えられる。一方で JWST によって最近報告された高赤方偏移 ($z > 4$) における低質量 SMBH は、近傍の宇宙で観測されている SMBH 質量-星質量の関係よりも星質量が小さい傾向にあることが報告されている。この違いについて本講演では、我々の中間赤方偏移の AGN サンプルから JWST/NIRCam による撮像データを用いて得られた母銀河の Sérsic index と有効半径について比較、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](#)

S24a AGN アウトフローによる吸収線の線幅と時間変動性の関係

古布論¹、三澤透¹、石田大¹、伊東大輔²、Jane Charlton³、Michael Eracleous³ (1. 信州大学、2. 盛岡市子ども科学館、3. ペンシルベニア州立大学)

クェーサーの降着円盤から放出されるアウトフローは、クェーサー中心にある超巨大ブラックホール (Super Massive Black Hole; SMBH) の成長や銀河間空間の電離および化学進化に寄与するなど、クェーサーやその周辺に影響を与えることが示唆されている。そのアウトフローの性質を探る方法として「クェーサー吸収線」が用いられる。線幅が広い Broad Absorption Lines (BALs; $\text{FWHM} \geq 2,000 \text{ km/s}$) が吸収線の内部構造を失うのに対し、線幅が狭い Narrow Absorption Lines (NALs; $\text{FWHM} < 500 \text{ km/s}$) 及び mini-Broad Absorption Lines (mini-BALs; $500 \text{ km/s} \leq \text{FWHM} < 2,000 \text{ km/s}$) は、model-fit することでアウトフローの物理的性質であるパラメータ (赤方偏移 z 、柱密度 $\log N$ 、ドップラーパラメータ b 、視線方向に対する光源の掩蔽率 C_f) を定量的に評価することができる。吸収線の時間変動については、すべての mini-BAL が時間変動を示すのに対し、NAL は非常に安定していると考えられていたが、線幅が比較的広くスムーズな形状を持つ NAL (以下、smooth NAL) の一部は、その等価幅で時間変動があることが確認された。この結果は吸収線の時間変動性が線幅のみで決まるわけではないことを示唆するが、その詳細はまだ明らかになっていない。

そこで本研究では、VLT/UVES および Keck/HIRES で取得されたクェーサーの高分散スペクトルアーカイブである SQUAD 及び KODIAQ から smooth NAL を選定し、吸収線を精度良く model-fit できる mc2fit コード (Ishita et al. 2021) を用いて吸収線パラメータを評価した。その結果、 C_f が 3σ 以上で変動していることを確認した。また吸収線パラメータの統計的傾向についても考察した。

[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](#)

S25a Tracing the fading phase of active galactic nuclei in $z < 0.4$ using eROSITA, WISE, and SDSS

Samip Gauchan, Kohei Ichikawa (Waseda University)

Active galactic nuclei (AGN) are vital for exploring the episodic nature of supermassive black hole (SMBH) growth. A distinct AGN population, termed “fading AGN”, shows strong past activity on kiloparsec (~ 1 kpc) scales traced by narrow-line region (NLR) emission, but exhibits much weaker activity on small scales (< 10 pc) traced by either X-ray or mid-infrared (MIR) dust emission, suggesting a decline in AGN luminosity for the last 10^{3-4} yr. Pflugradt et al. (2022) cross-matched the SDSS type-1 AGN catalog at $z < 0.4$ with the WISE MIR catalog, and identified 50 fading AGN candidates out of ~ 9000 sources that started its luminosity decline $\sim 10^{3-4}$ years ago. In this study, using eROSITA X-ray data, we search for a consistent decrease in luminosity across the NLR, torus, and X-ray corona, indicating that their luminosity decline began $\sim 10^{3-4}$ years ago and has persisted into the past decade. Among $\sim 10,000$ sources, we identify ~ 60 candidates, with bolometric luminosities derived from WISE MIR data at least an order of magnitude lower than those inferred from [OIII] NLR emission. Notably, four of these candidates exhibit a consistent decline from the NLR, torus, and to X-ray based AGN luminosities. These sources show Eddington ratios of $L_{\text{bol,[OIII]}}/L_{\text{Edd}} \sim 1$ in the NLR while $L_{\text{bol,X}}/L_{\text{Edd}} \sim 0.01$ in the X-ray, reflecting a continuous fading of accretion power. This requires a certain path producing drastic AGN luminosity declining for over two orders of magnitude within a short timescale of 10^{3-4} yr, which is slightly shorter than the typical inflow timescale.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

S26a 量子機械学習による XMM-Newton カタログからの異常 X 線変動天体の検出

川室太希 (大阪大学, 理研), 山田真也, 酒井優輔 (立教大学), 長瀧重博, 松浦俊司, 山田智史 (理研)

広視野、高感度そして高頻度な次世代サーベイ観測によって取得される膨大な時系列データは、これまで以上に多数の突発現象の検出を可能にすると期待されている。そのため、時系列データを効率的に分析する手法の重要性が高まっており、機械学習を用いた手法が注目されている。そのような中、我々は特に機械学習の発展の方向の一つとして挙げられる量子コンピュータを活用した量子機械学習の有用性について調査している。

今回我々は量子機械学習により最新の XMM-Newton カタログ (4XMM-DR14) が提供する膨大な光度曲線データベースから突発的な X 線放射の検出を試みた。学習モデルとして、これまで検討してきた古典的ニューラルネットワーク Long short-term memory (LSTM) の主要な全結合層を量子回路に置き換えた量子 LSTM を採用した (2024 年春季年会 S05a)。量子 LSTM で未来の値を逐次予測し、それらを実測データと比較し異常変動を突発現象候補として検出する。量子回路は性能を左右するため、回路の量子特性が異なる 6 種類の量子 LSTM を用意した。そして、学習データとして活動銀河核の光度曲線をシミュレーションし、さらに性能評価のために Quasi-periodic eruption のようなフレアを加えた異常データを生成した。量子 LSTM と古典 LSTM の性能を比較した結果、特に量子エンタングルメントを活かした量子 LSTM が僅かに優れたデータ表現力、再現精度、真陽性率を示した。得られた最も良い性能を示した量子 LSTM を用いて、4XMM-DR14 で明るく (平均 0.01 cts/s 以上)、露光時間の長い (30 ks 以上) 42866 個の PN 光度曲線について異常検知した。結果、103 個について異常を検知することに成功した。うち 20 個に対して、SIMBAD、そして、SkyMapper、Pan-STARRS、WISE からなる全天可視光・赤外線カタログからは対応天体が見つからず、興味深い突発現象を検出できた可能性がある。

[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](#)

S27a 軟 X 線のみが変動した特異な AGN 4XMM J004727.3–204722

滝沢風佳, 寺島雄一, 志達めぐみ (愛媛大)

AGN では X 線で強度変動を示すことがよく知られているが、強度が 1 桁以上の変動を示すものは少数である。2023 年秋季年会では、37 天体の軟 X 線が大きく変動した AGN を報告した。今回、我々は 37 天体のうち、軟 X 線強度の減少に伴って光子指数 Γ の急激な減少と軟 X 線超過成分の出現が見られた J004727.3–204722 について X 線および UV データを用いて調査した。

J0047 は XMM-Newton で計 11 回 (2001–2020) 検出されており、これらすべての観測データを使用した。2001–2014 年の X 線スペクトルは $\Gamma \sim 2.4$ のべき関数が支配的であり、2019–2020 年のスペクトルは $kT \sim 0.1$ keV の黒体放射成分と $\Gamma = 0.6–1.3$ のべき関数で表された。次に、XMM-OM による UV の観測データ (UVM2, UVW2, UVW1) を用いて円盤内縁付近からの放射に変動が見られたかどうかを確認した。すると、軟 X 線で明るい 2001–2014 年と暗い 2019–2020 年では UV の明るさにほとんど変化が見られなかった。また、この間 2 keV 以上の硬 X 線にも強度変動がほとんど変動が見られなかった。降着率が大きく変動すると UV と X 線は変動を示すため、UV および硬 X 線が強度変動していない J0047 では、軟 X 線の強度変動は降着率の増減によるものではないと考えられる。そこで、X 線のみ吸収を変動させる要因として電離吸収体の存在を考えた。すると、2019–2020 年の X 線スペクトルは、 $N_{\text{H}} = 1.3–2.0 \times 10^{23} \text{ cm}^{-2}$ 、電離度 $\log(\xi) = 1.2–2.0$ 、covering fraction $f \sim 0.9$ の部分電離吸収を受けたべき関数 ($\Gamma = 2.4$) でよく再現できた。これらの結果から、中電離程度円盤風の出現によって 2019 年以降の軟 X 線のみが減光したのではないかと考えられる。

[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](#)

S28a PDS 456 の軟 X 線時間変動から探る超高速アウトフローのジオメトリ

R. Sato (U. of Tokyo), K. Hagino (U. of Tokyo), E. Behar (Technion), M. Mizumoto (U. of Teacher Education Fukuoka), M. Tashiro (Saitama U.), R. Boissay-Malaquin (UMBC, NASA/GSFC), C. Done (Durham U.), L. Galo (Saint Mary's U.), H. Odaka (Osaka U.), A. Tanimoto (Kagoshima U.), T. Yaqoob (UMBC, NASA/GSFC), S. Yamada (RIKEN), J. Reeves (Catholic U.), F. Tombesi (Tor Vergata U.), A. Gonzalez (Saint Mary's U.), A. Luminari (INAF), Y. Xu (Saint Mary's U.), P. Condó (Tor Vergata U.), R. Mizukawa (Saitama U.), A. Miyamoto (Osaka U.), V. Braitto (INAF), T. Iwata (U. of Tokyo), A. Bamba (U. of Tokyo)

降着円盤から光速の 0.03 – 0.3 倍で吹き出す超高速アウトフロー (UFO) は、銀河とブラックホール (BH) の共進化を説明するエネルギー輸送の最有力候補である。しかし、UFO の運動エネルギー推定は不定性が大きく、加速機構も不明である。その解明には UFO のジオメトリを明らかにする必要がある。そこで、我々は UFO が常に有意に検出される唯一の天体である PDS 456 ($z = 0.184$) に着目し、2024 年 3 月に XRISM・NuSTAR・XMM-Newton・Swift・NICER・せいめいを用いて可視・紫外・X 線帯域で観測した。天体静止系で 8 – 9 keV に高電離 Fe の吸収線、0.5 – 5 keV に低電離イオンの吸収が確認され、いずれも光速の 0.2 – 0.3 倍で吹き飛ぶ UFO に由来するという描像と整合する。さらに、硬 X 線に感度がある NuSTAR と軟 X 線に感度がある XRISM/Xtend の長期間観測データ (500 ks) で、広帯域の X 線 (0.4 – 20 keV) の時間変動を調べた。その結果、低電離 UFO の被覆率が有意に 500 ks で 5% 程度変動していることを確認した。この変動は吸収体が視線方向を横切るためと解釈できる。本講演では、吸収体の横切る速度から吸収体の BH からの距離や launch 半径を議論し、UFO のジオメトリに迫る。

[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](#)

S29a XRISM observation of the broad-line radio galaxy 3C 111

Kouichi Hagino (University of Tokyo), Lukasz Stawarz (Jagiellonian University)

Some of supermassive black holes exhibit strong relativistic jets, leading to a classification as radio-loud active galactic nuclei (AGN). However, what causes the difference between radio-loud and radio-quiet AGN remains an unresolved question. One potential approach to addressing this jet dichotomy is to investigate and compare the circumnuclear environments of radio-loud and radio-quiet objects. The extremely high spectral resolution of the X-Ray Imaging and Spectroscopy Mission (XRISM) provided detailed insights into environments surrounding AGN, spanning a wide range of spatial scales from the accretion disk to the obscuring torus in a radio-quiet AGN NGC 4151 (XRISM collaboration 2024). This clearly demonstrates XRISM's capability to study the circumnuclear environments of AGN.

To explore the circumnuclear environment of radio-loud AGN, we conducted a XRISM observation of the broad-line radio galaxy (BLRG) 3C 111. This object is a well-studied, nearby ($z = 0.0485$) BLRG, classified as a Fanaroff-Riley type II based on its radio morphology. The XRISM observation of 3C 111 detected a narrow neutral Fe-K line with a width of approximately 20 eV (σ). Additionally, the observed spectrum indicates potentially more complex structures in the Fe-K line. In this presentation, we will report the results of the spectral analysis of the XRISM observation of 3C 111 and discuss the complex structures inferred from the Fe-K line features.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

S30a 電波銀河 Cen A のガンマ線ジェットの研究

大庭 伊織, 深沢 泰司 (広島大学)

中心部から非常に強い電磁波を放つ銀河の核を AGN (活動銀河核) と呼び、AGN から非常に強い電波を放ち、双極性のジェット (相対論的プラズマ流) を持つような銀河は、電波銀河に分類される。

Cen A は、天の川銀河から最も近傍に位置する電波銀河であり、電波ジェットに沿って GeV/TeV ガンマ線が検出されており、外側には電波ローブと呼ばれる電波で広がった構造も見つかっている。このような様々な領域で発するガンマ線の様子を知ることで、ジェットの発生機構を解明する手がかりとなる。Cen A は、2010 年に Fermi ガンマ線宇宙望遠鏡により初めて高エネルギーガンマ線が電波ローブで発見され (Abdo. A. A, et al, 2010)、2018 年に同望遠鏡で電波ジェットからのガンマ線放射も確認された (Prokhorov. D. A, et al, 2019)。また近年では、H.E.S.S 望遠鏡によって TeV 帯域のガンマ線の発見が報告されている (H. Abdalla, et al, 2020)。

本研究では、Cen A の中心部の放射源 (コア)、コアから数 kpc に位置する kpc ジェット、そしてジェットが銀河の外側にかけて減速し、周囲の物質と相互作用して形成される巨大な Mpc スケールの電波ローブなどからのガンマ線放射を解析し、その発生・放射機構や中心から外側に至る過程でのエネルギー輸送や散逸方法を解明するため、Fermi 衛星の打ち上げ (2008 年) から現在 (2024 年) に至るまでの 15 年分のデータを用いることで、異なるエネルギーごとのジェットの形状の違いについての詳細な解析を進めている。本講演では、これらの研究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](#)

S31a XRISM で探る 2 型電波銀河 Centaurus A の鉄輝線構造

中谷 友哉, 上田 佳宏 (京都大学), 深沢 泰司 (広島大学), Luigi Gallo (Saint Mary's University), David Bogensberger, Jon Miller (University of Michigan), Richard Mushotzky (University of Maryland), and XRISM PV Cen A team

活動銀河核 (Active Galactic Nuclei; AGN) の中心核構造を調べることは、超巨大ブラックホールと母銀河との共進化を理解する上で非常に重要である。X 線による観測はガス・ダストを含む様々な物理状態の情報を得ることができ、特に透過力に優れていることから、トラスに隠された 2 型 AGN の中心核構造を明らかにすることができる有力な手段である。2 型 AGN における広輝線領域 (Broad Line Region; BLR) の存在は可視偏光観測によって間接的には明らかとなったが、トラスに深く隠されていることから未だ直接検出されていない。

本研究では、近傍 2 型電波銀河 Centaurus A の XRISM PV 観測で得られたデータから、鉄輝線構造に着目した初期成果を報告する。225 ks の有効露光時間で得られた Resolve データからは、トラス由来と思われる細い輝線成分に加え、2 型 AGN として初めて BLR 由来と考えられる広輝線構造が直接検出された。しかしながら、ここで得られた広輝線構造の半値全幅 ($\sim 4000 \text{ km s}^{-1}$) は、1 型 AGN によって知られている BLR の位置と光度の関係を用いて、光度およびブラックホール質量から推定した広輝線の半値全幅と異なっていた。このことは、1. トラス方向から透過 X 線によって得られた BLR の速度構造が、従来トラス開口方向から得られてきた速度構造と異なる、2. X 線で捉えられた広輝線構造に、SMBH から BLR より遠方のガスが寄与している可能性を示唆する。本講演では、XRISM 観測によって明らかとなった電波銀河の中心核の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](#)

S32a ALMA による M87 の中心領域からの分子ガス検出報告の真偽

川中宣太 (国立天文台 / 東京都立大学), 永井洋 (国立天文台), 藤田裕 (東京都立大学)

M87 はおとめ座銀河団の中心にある楕円銀河で、中心ブラックホールが大質量であること ($\approx 6.5 \times 10^9 M_{\odot}$)、中心核 (AGN) が強力なジェットをもつこと、比較的近傍 ($\sim 16 \text{ Mpc}$) にあることからこれまで多くの観測によって詳しく調べられている。特に最近の電波観測では、楕円銀河の中心付近に低温の分子ガスが大量に存在することが明らかになっており、中心の AGN 活動がこのガスの降着によって励起されているという説が広く受け入れられ始めているため、M87 においてもその中心領域の分子ガス探査がこれまで ALMA をはじめとしたいくつかの電波観測によってなされてきたが、明確な検出には至っていない。ところが最近、Ray & Hwang (2024, ApJ, 974, 5) によって ALMA のアーカイブデータの解析から M87 の中心領域に CO の輝線・吸収線を発見した、という報告がなされた。これにより、M87 中心領域における分子ガスの存在が初めて示されたと同時に、その質量・温度の評価もなされたことになる。我々はこれを検証するため、用いられていたデータセットの一部を再解析した。特に CO(2-1) の吸収線とされる構造が見えている周波数域に注目したところ、システム雑音温度のスペクトル中に上昇が見られた。また、同じデータセットにあるバンドパス較正天体の 3C273 のスペクトルも確認したところ、やはり同じ周波数域に吸収線構造が見られた。これらのことから、我々は Ray & Hwang (2024) において CO(2-1) の吸収線とされた構造は M87 に起因するものではなく、地球大気中の水蒸気の吸収に起因するものであり、同論文では正しく較正されていないデータから誤った解釈がなされたことと結論づけた。講演では解析の詳細や M87 中心領域における分子ガスに対する正しい評価、さらに仮に吸収線が本当に M87 由来であるとした場合にどのような結論が得られるのかについても述べる。

[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](#)

S33a 埋もれた活動銀河核が示唆される超高光度赤外線銀河の電波放射の起源

林隆之 (麻布中学校・高等学校, 国立天文台), 萩原喜昭 (東洋大学), 今西昌俊 (国立天文台)

赤外線で $10^{12} L_{\odot}$ 以上の光度を示す銀河は超高光度赤外線銀河 (ULIRG) と呼ばれる。ULIRG の中心領域は赤外線を放射するダストで覆われており、中心部を可視光線で見通すことができない。そのため、ULIRG の中心領域における活動の全容は、透過力の高い電波をはじめとした多波長の情報を総合することで把握される。

我々は、可視光線では活動銀河核の存在が明らかになっていないものの、中間赤外線によってその存在が示唆されている $z \sim 0.1$ の ULIRG 3 天体 (IRAS F00091–0738, IRAS F00188–0856, IRAS F01298–0744) に対して、Very Long Baseline Array (VLBA) による空間分解能ミリ秒角スケールの多周波観測 (2.3, 8.4 GHz) を 2022 年に実施した。これら 3 天体では、Jansky Very Large Array (JVLA) による分解能 5 秒角程度の観測で、高周波における冪乗則からのフラックス欠損が報告されている (2022 年春季年会 S16a, Hayashi et al., 2021, MNRAS, 504, 2675)。この欠損はシンクロトロン放射損失に由来し、その起源の候補のひとつとして活動銀河核が想定されている。本観測の目的は、高周波のフラックス欠損が活動銀河核に付随する高輝度電波源に由来することの検証である。

結果、IRAS F00188–0856 でのみ、2.3 GHz で強度 $\sim 900 \mu\text{Jy}$ (輝度温度 $\sim 10^{7.0} \text{ K}$)、8.4 GHz で強度 $\sim 600 \mu\text{Jy}$ (輝度温度 $\sim 10^{6.3} \text{ K}$) の高輝度電波源を検出した。他の 2 天体では 3σ の上限値として 2.3 GHz で $\lesssim 300 \mu\text{Jy}/\text{beam}$ 程度、8.4 GHz で $\lesssim 100 \mu\text{Jy}/\text{beam}$ を得た。3 天体とも、JVLA 観測では 9.0 GHz で 3–4 mJy の電波強度を示しており、VLBA による電波源の検出有無に関わらず、高輝度電波源が全体の電波放射に占める割合はそれほど高くない。したがって、活動銀河核がシンクロトロン放射損失の起源だとは考えづらい。電波放射の大半、さらには高周波におけるフラックス欠損は、銀河同士の衝突による加速粒子など、活動銀河核以外に由来すると考えられる。

[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](#)

S34a ALMA で観測されたミリ波帯光度曲線の解析による銀河系中心核 Sgr A* における降着円盤傾斜角の決定

柳澤一輝, 有山 諒, 岡 朋治 (慶應義塾大学), 岩田悠平 (国立天文台)

Sgr A* は、銀河系の中心核に存在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。この Sgr A* は、電波から X 線に渡って激しい光度変動を示すことが知られている。特に赤外線および X 線で観測されるフレアは数十分程度の継続時間を持ち、SMBH 極近傍で発生する現象と推測される。実際、VLTI/GRAVITY を使用した Sgr A* の赤外線フレアの観測によって、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ている。さらに、ALMA によって静穏時の 230 GHz 光度においても約 30 分の周期性が検出された (岩田他、日本天文学会 2020 年春季年会 S10a)、ミリ波帯光度変動と赤外線ホットスポットとの関連が示唆された。

我々は、ALMA Cycle 8 で取得された Sgr A* のアーカイブデータの入念に行い、230GHz 帯連続波の光度曲線に周期 53 分の鮮明な正弦波振動を検出した (柳澤他、日本天文学会 2024 年秋季年会 S26a)。この正弦波振動は、降着円盤内で円運動するホットスポットの相対論的ビーミングに起因するものと解釈された。今回その解析をさらに進め、光度曲線へのビーミングモデルの精密なフィッティングにより、最大のスピンを持つ SMBH におけるホットスポットの回転速度と軌道傾斜角をそれぞれ、 $v = (1.007 \pm 0.001) \times 10^5 \text{ km s}^{-1}$, $i = 2.89^{\circ} \pm 0.03^{\circ}$ と制約した。 χ^2 検定の結果、特殊相対論的効果が無視できる $v/c \ll 1$ の状況は強く棄却されることが分かった。また得られた軌道傾斜角の値は Sgr A* の降着円盤が我々から見てほぼ face-on の配置にあることを意味しており、これは VLTI/GRAVITY の観測結果から示唆された配置とよく整合している。

[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](#)

S35a 2018 年の EHT 観測に同期した M87 の多波長観測キャンペーン

秦和弘 (名古屋市立大), 紀基樹 (工学院大/国立天文台), 川島朋尚 (東大宇宙線研), 笹田真人 (東京科学大), Daniel Mazin (東大宇宙線研), EHT 多波長サイエンスワーキンググループ, 他

M87 はおとめ座銀河団の中心部に位置する巨大電波銀河であり、イベント・ホライズン・テレスコープ (EHT) によって事象の地平線スケールの構造が直接探査可能な活動銀河核である。一方こうした EHT による巨大ブラックホール観測と協調する形で、電波からガンマ線に至る大規模な多波長観測キャンペーンを実施している。2017 年 4 月に実施した多波長合同観測では、EHT 観測時期の M87 が全波長帯で静穏期であることが報告されていた (2021 年秋学会 S03a 講演)。

今回はその 1 年後である、2018 年 4 月に行われた 2 回目の EHT-多波長合同観測キャンペーンの結果を報告する。2018 年のキャンペーンには、地上および宇宙から、電波・可視光・紫外線・X 線・GeV/TeV ガンマ線で総勢 17 を超える観測装置が参加した。その結果、M87 の中心部から約 10 年ぶりとなる TeV ガンマ線フレアを検出することに成功した。また X 線中心核においても 2017 年に比べて増光が確認され、2018 年の M87 は特に高エネルギー帯で活動期であったことを示している。我々はさらに、東アジア VLBI 観測網 (EAVN) やかなた望遠鏡などを用いてガンマ線フレアの発生時期のジェットの構造を調査するとともに、得られた広帯域 SED のモデリングも行った。本講演では得られた多波長観測成果について報告するとともに、2017 年 (静穏期) と 2018 年 (ガンマ線フレア期) の比較から示唆されるブラックホール周辺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](#)

S36a Very High Energy observations and multiwavelength study of blazar 1ES 1218+304

Abhradeep Roy, Yusuke Suda (Grad. Sch. Advanced Sci.&Eng., Hiroshima U.), Seiya Nozaki (Max-Planck-Inst. Phys., Germany), for the CTAO LST project, MAGIC Collaboration

The blazar 1ES 1218+304 is a high-synchrotron peaked BL Lac object at a cosmological redshift $z = 0.182$. It was first detected in Very-High Energies (VHE, $E > 100$ GeV) by the MAGIC telescope in 2006. 1ES 1218+304 is known for showing strong flux variability with occasional outbursts across the electromagnetic spectrum. This source also exhibits an atypically hard VHE spectrum. The Large-Sized Telescope prototype (LST-1) for the Cherenkov Telescope Array Observatory (CTAO) observed 1ES 1218+304 during its moderate activity in the VHE band from February to April 2023. In this presentation, we report the detection of 1ES 1218+304 by LST-1 above 100 GeV with $>5\sigma$ significance along with a preliminary multiwavelength study including quasi-simultaneous observations by Fermi-LAT, Swift-XRT, and Swift-UVOT. During this period, the MAGIC telescopes also observed 1ES 1218+304 simultaneously with LST-1. Such joint operation of MAGIC and LST-1 corresponds to the most sensitive Cherenkov telescope. The preliminary joint MAGIC+LST-1 data analysis of 1ES 1218+304 indicates a better detection significance due to improved sensitivity.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

S37a 銀河系中心大質量ブラックホール Sgr A* の 340 GHz 帯短期強度変動 (III)

三好真、朝木義晴 (国立天文台)、坪井昌人 (明星大学)、上原顕太 (東京大学 OB)、堤貴弘 (NRAO)、宮崎敦 (日本宇宙フォーラム)、加藤成晃 (気象庁)、松元亮治 (千葉大学)、岡朋治 (慶應大)、高橋真聡 (愛教大)

ALMA (cy03) による観測データ (Dust Cores around Sgr A*, 2015.1.01080.S, PI: M. Tsuboi, Co-I: M. Miyoshi, A. Miyazaki, K. Uehara, Y. Kitamura, S. Ishikawa) を用いて、銀河系中心大質量ブラックホール Sgr A* のサブミリ波帯、340 GHz における短期強度変化の解析結果を 2017 年及び 2018 年の秋季年会において報告した。その後の進展を今回報告する。

4 エポックに分散するデータを解析し、Sgr A* を中心とする $25'' \times 25''$ 視野の 1630 枚 (10 秒積分) の画像を取得した。Sgr A* の強度を、視野内の非変動天体の強度と比較することで Sgr A* の信頼のおける光度曲線を得た。Sgr A* の相対的強度は、1~3 時間という短い期間に急速かつ大幅な変動 (26 ~ 67%) を示している。状態空間モデルを用いた時系列解析によって欠測データ点の影響を除去し、(周期) スペクトルを今回、得た。その結果、28 ~ 32 分と 21 ~ 24 分の周期変動 (QPO) が存在するらしいことが判明した。前者は 400 万太陽質量のブラックホールでの ISCO における軌道周期とほぼ一致する。また、過去に報告された周期変動もいくつか見つかった。さらに 10 分未満の時間スケールでの変動成分があることも分かった。十数分以上の周期は、ブラックホールの周りを回る軌道運動や円盤振動に関するものとして説明できるが、10 分以内の短周期成分はできない。おそらく、Sgr A* の超巨大ブラックホールから 4~数 R_g 離れた降着円盤や流出における磁気流体現象が、この短時間の変動の可能性のある起源であると思われる。

[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](#)

S38a 極端 2 重星型超巨大ブラックホールと結論される M87* VLBI 電波像の再検討とその確証

大家 寛 (東北大)

本研究の原点は 21.86MHz による東北大学デカメータ電波観測により、Sgr A* が極端・超巨大バイナリー・ブラックホール (ECB-SMBH) で、240 万及び 190 万太陽質量を持ち、それぞれ 0.18c 及び 0.22c の速度、周期 2200+/-50 秒で公転するとの結論にある。また、ECB-SMBH からの重力波無放状態を、理論モデルに基づき指摘している (Oya, 2023)。そして EHT データに基づき、Miyoshi et al (2022) によって発表された M87* の電波源に対する修正版 (M 像)、続き 2023 年には 3.5mm VLBI 観測網 GMVA (Lu et al 2023) によって新たに発表された M87* の電波源像 (L 像) に対し、本研究は、M 及び L 像での一対の輝く電波源領域に ECB-SMBH による理解を敷衍し、その位置関係は M 及び L 各像観測の時間差 370 日間に対応し ECB-SMBH の軌道運動を示すと結論している (Oya 2024)。今回、本研究では前研究で触れなかった第 1 M 像を考慮に入れ、第 2 M 像との観測時間差 5 日間で顕れる ECB-SMBH の軌道運動を示す電波源像を解析した。その結果 ECB-SMBH の公転軌道運動は観測面内で時計周りだと断定された。また、M87* の距離を 16.8Mpc とした時、バイナリー質量を太陽質量単位で $4.37E9$ 、及び $1.68E9$ 、また、軌道半径がそれぞれ cm 単位で $4.37E15$ 及び $1.17E16$ を持つケプラー軌道から、当初発表に対し周期 ($165+/-40$) 日と修正された。L 像と M 像の整合性を考慮しつつ、第一 M 像と第二 M 像間の移動角は、観測される楕円軌道上軌道で、 17.6° (周期 203d) と 27.6° (周期 130.9d) の 2 つの場合の可能性が判明した。第一及び第二の M 像に包含されている ECB-SMBH は電波放射領域のサイズにして $1/4$ から $1/10$ で、解析により電波源領域内に ECB-SMBH を定め得る自由度の範囲で、要求される 5 日間の軌道運動を実現すると結論された。

[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](#)

S39c クェーサー HE0151-4326 に見られる line-locking 吸収線の時間変動傾向の考察

劉強, 三澤透, 登口暁 (信州大学)

銀河中心巨大ブラックホールとその母銀河の共進化メカニズムはまだ完全に解明されていない。共進化の橋渡しとして、アウトフローが有力な候補の一つだと考えられている。しかし、指向性をもつアウトフローの放出方向に不定性があることが研究を進めるうえで大きな支障となっている。放出方向を確定するため、line-locking 吸収線がよく利用されている。

本研究ではクェーサー HE0151-4326 ($z_{em} = 2.74$) のスペクトル中に検出された放出速度の異なる 2 つの line-locking 吸収線系に対して、MINFIT という吸収線 fitting コードを用いて物理パラメータ (柱密度、速度幅と掩蔽率) の時間変動傾向を解析した。掩蔽率の時間変動が両方の system から確認できた。2023 年の学会での発表では、掩蔽率の時間変動メカニズムに関してガス運動と電離状態変動 2 つのシナリオを提唱したが、本研究では、放出速度が異なる 2 つのアウトフローガスの掩蔽率の変動傾向が不一致である (一方は増加し、もう一方は減少する) ことを確認した。この結果は、光源の時間変動にともなう電離状態変動シナリオでは再現することが困難であるため、このクェーサーに見られるアウトフローガスの時間変動はガス運動シナリオで説明できる可能性が高いと判断した。ガス運動シナリオに基づく回転速度と放出速度を比較することで、アウトフローの放出方向に制限を加えることを試みた。さらに、吸収線パラメータの変動から、2 つのアウトフローガスの物理的諸性質を考察した。

[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](#)

T01a XRISM/Resolve を用いたケンタウルス座銀河団中心部のガスの温度、速度構造の精密分光観測

近藤麻里恵 (埼玉大), 佐藤浩介 (QUP/KEK), 松下恭子 (東京理科大), 藤田裕 (都立大), 福島光太郎, 山崎典子, 藤本龍一 (ISAS), 深澤泰司, 浦田岬, Jean-Paul Breuer (広島大), 廿日出勇 (宮崎大), Aurora Simionescu (SRON), 中澤知洋 (名古屋大), François Mernier (GSFC), Michael Loewenstein (U. of Maryland), Anwesh Majumder (U. of Amsterdam), Norbert Werner, Thomáš Plšek (Masaryk U.), Ming Sun, Kokoro Hosogi (U. of Alabama), and the XRISM Team

これまで銀河団観測では、高温ガスからの X 線の連続成分と輝線を十分に分離することはできなかったが、XRISM 衛星搭載マイクロカロリメータ検出器 Resolve は高い分光性能 ($E/\Delta E > 1000$) を実現するため、各元素のアバUNDANSの決定精度が飛躍的に向上するだけでなく、各輝線の微細構造のみを用いてガスの温度や速度を精度よく決定できる。XRISM 衛星打ち上げ後の性能実証期に観測されたケンタウルス座銀河団の観測では、中心銀河周辺のガスのバルク運動 (XRISM collaboration 2024) や元素組成分布 (2024 年秋季年会福島講演) が明らかになってきた。我々は、S, Ar, Ca, Fe などの H-like 及び He-like 輝線周りの狭帯域のスペクトルフィットによる重元素アバUNDANSや乱流速度の測定、輝線強度比から連続成分とは独立に温度測定を行った。各輝線周りの狭帯域のスペクトルフィットの結果はどのエネルギー帯でも広帯域の結果と矛盾はしなかったものの、輝線強度比から求めた温度は複数の温度成分の存在を示唆した。さらに、観測された He 状 Fe 輝線 共鳴線と禁制線の強度比は、典型的な光学的に薄いプラズマモデルから計算される値よりも低い傾向にあり、ケンタウルス座銀河団中心部で共鳴散乱が起こっている可能性を示唆した。本講演ではこれらの結果の詳細とその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](#)

T02a X 線天文衛星 XRISM による Abell 2199 銀河団中心部のガスの速度構造の解明

須田一功, 松下恭子, 小林翔悟, 相原樹 (東京理科大), 佐藤浩介 (KEK), 福島光太郎 (ISAS), 近藤麻里恵 (埼玉大), François Mernier (GSFC)

Abell 2199 銀河団は近傍 ($z=0.003$) の明るいコアを持つ、典型的な”クーリングフロー”銀河団である。銀河団中心銀河 NGC 6166 の活動銀河核から東西 $80''$ に伸びた 2 つの電波ローブとガスの相互作用が示唆されている。クールコア付近の X 線画像には、ペルセウス座銀河団のような明らかな螺旋状の構造は見えていない。ただし、その非対称な形状から、スロッシングの軌道面をほぼ横から観測していると推定されている (Machado+22)。スロッシングの運動は主に軌道面で起こるため、スロッシングによるコア領域のガスの運動を調べるのに最適な天体の一つである。

我々は、昨年 9 月に XRISM 衛星を用いて、Abell 2199 銀河団の中心領域の 250 ks の観測を行った。XRISM/Resolve の視野 $3' (=104 \text{ kpc})$ 四方には銀河団中心の活動銀河核を中心としてクールコアがほぼ収まる。Resolve の視野ほぼ全域において銀河団ガスと銀河団中心銀河と視線速度の差は 150 km/s 程度であり、ガスの速度分散は 100 km/s 程度であった。非対称なコア領域の外側となる北西領域では、中心銀河との視線速度の差は 210 km/s とやや大きく、ガスの速度分散はやや小さくなった。講演では、クールコアでの乱流による加熱と冷却のエネルギーを比較し、XRISM により観測された他の銀河団の結果とも比較することによりスロッシングや活動銀河核によるクールコアの加熱を議論する。

[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](#)

T03a XRISM observations of the merger cluster A2319

Yuusuke Uchida (TUS), Kazuhiro Nakazawa (Nagoya U.), Frederick S. Porter (NASA/GSFC), Yuki Omiya (Nagoya U.), Dominique Eckert (U. Geneva), Isamu Hatsukade (U. Miyazaki), Katsuhiro Hayashi (ISAS/JAXA), Yuto Ichinohe (RIKEN), Yoshitaka Ishisaki (TMU), Caroline Kilbourne (NASA/GSFC), Maurice Leutenegger (NASA/GSFC), Maxim Markevitch (NASA/GSFC), Kyoko Matsushita (TUS), Jon M. Miller (U. Michigan), Koji Mori (U. Miyazaki), Kosuke Sato (KEK/QUP), Riccardo Seppi (U. Geneva), Aurora Simionescu (SRON), Shinya Yamada (Rikkyo U.), Tahir Yaqoob (UMBC, NASA/GSFC), Irina Zhuravleva (U. Chicago), and the XRISM team

Abell2319 is the fifth brightest X-ray cluster in the Universe. It is one of the non-cool core cluster, and the temperature of the ICM exceed 8 keV . In the cluster, there are two subgroups moving with a velocity difference of $\sim 3000 \text{ km/s}$ from each other. In addition, the cluster has a giant radio halo and a large scale cold front, indicating that the cluster is an ongoing merging system. The cold front is thought to be caused by sloshing.

XRISM is expected to reveal the gas motion in galaxy clusters with velocities of a few 100 km/s . Abell2319 has been observed by XRISM during its commissioning period totally about $\sim 145 \text{ ks}$ at the inner cold front region for Resolve. According to the Resolve observation, the turbulent motion of the ICM was $\sim 250 \text{ km/s}$. Xtend has observed the entire cluster. In this talk, we present the initial results of our XRISM observations. We would like to discuss the relation between the gas motion and the cold front.

[スケジュール \(セッション毎\) 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 衛星による衝突銀河団「かみのけ座銀河団」の ICM 運動の観測

中澤 知洋, 坂井 晃生 (名古屋大学), Maxim Markevitch (NASA/GSFC), Dominique Eckert (Univ. Geneva), Richard Kelley (NASA/GSFC), 江副 祐一郎 (都立大), 一戸 悠人 (理研), 太田 直美 (奈良女), Andrew Szymkowiak (Yale Univ.), 内田 悠介 (東京理科大), 岡部 信広 (広島大), Daniel R. Wik, Cicely Potter (Univ. Utah), 宍戸 萌那 (東京理科大), Manon Regamey (Univ. Geneva)

「かみのけ座銀河団」は近傍の銀河団であり、8 keV と高温の ICM と、銀河団全体に広がるシンクロトロンハローを特徴とする。中心付近に 2 つの巨大楕円銀河 NGC 4874 と NGC 4889 をもち、南西に伸びるサブ構造もあるなど、代表的な衝突銀河団と考えられているが、その衝突軸や速度、ICM の実際の動きや乱流の値などは明確になっておらず、XMM-Newton の PN/CCD のゲイン補正で全体の動きを探る動き (Sanders et al. 2020) や、X 線輝度の平坦性から乱流の値やスケールを探る試み (Chrazov et al. 2012) がなされてきた。2023 年 9 月に打ち上げられた XRISM 衛星は、 < 5 eV (FWHM) の優れた分光能力を持つカロリメータ Resolve を搭載し、衝突銀河団の ICM の速度情報がかつてない精度で得ることができる。

XRISM はその PV 観測で近傍の「かみのけ座銀河団」の中心付近を約 400 ks、その 6' 南を約 160 ks 観測した。Resolve スペクトルを解析した結果、中心観測の ICM は可視光の赤方偏移 $z = 0.0236$ と比べて 500–800 km/s 青方に変移していた。また中心観測では可視光の赤方偏移 (および NGC 4874) に近い成分も混ざっていることも示唆された。一方で乱流は 300 km/s (1σ) 以下であり、可視光赤方偏移と ICM の速度差よりも小さい (いずれの値も preliminary)。本講演では、これら Resolve の観測結果を示し、ICM 乱流発達モデルと比較する。また、Xtend データの解析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](#)

T05a XRISM 衛星による Abell 3667 銀河団の観測成果

大宮 悠希 (名古屋大学), 一戸 悠人 (理研), 中澤 知洋 (名古屋大学), 粟木 久光 (愛媛大学), Dominique Eckert (U. Geneva), 藤田 裕 (東京都立大学), 廿日出 勇 (宮崎大学), Maxim Markevitch (NASA /GSFC), 三石 郁之 (名古屋大学), 太田 直美 (奈良女子大学), Aurora Simionescu (SRON), 内田 悠介 (東京理科大学), Irina Zhuravleva (U. Chicago), Francois Mernier (NASA/GSFC), 上田 周太朗 (ASIAA), John Zuhone (CfA)

銀河団同士の衝突は、その巨大重力エネルギーを解放することで、銀河団ガス (ICM) の加熱や乱流励起・粒子加速・磁場増幅等を引き起こす。励起した ICM の動的運動は時間をかけて成長し、宇宙の構造進化に大きな影響を与えるため、散逸の時間規模などのその過程の解明が必要不可欠である。

$z=0.055$ に位置する銀河団 Abell 3667 は、外縁部に対称的な巨大レリックをもつ衝突銀河団である。中心部には、コールドフロントと呼ばれる接触不連続面が存在し、近年の電波観測によってレリックからコールドフロントにかけて巨大な電波ハローが観測された。これは可視光と重力レンズの観測によって、北西からの副銀河団がほぼ天球面上で真正面に南東の銀河団に衝突した描像が示唆されている。一方で Omiya et al. (2024) は、衝突時に 2 つの銀河団はオフセットがあり、銀河団同士のすれ違いで生じた角運動量によって副銀河団は視線上に回転し、コールドフロントを形成している描像を提案している。Abell 3667 は衝突による動的運動の励起から粒子加速の散逸まで一連の現象を追う上で最適な銀河団であるが、そのために衝突描像を確立する必要がある。

我々は XRISM 衛星の AO1 期に Abell 3667 の中心 (約 120 ks) とコールドフロント付近 (約 300 ks) の観測を行った。本講演では、観測成果を報告し、衝突描像及び ICM の動的運動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](#)

T06a 衝突銀河団 Abell 3667 の北西電波レリック周辺の ICM(2)

伊藤 大将, 中澤知洋, 大宮悠希 (名古屋大学), 藏原昂平, 赤堀卓也 (国立天文台), 西脇公祐 (INAF Istituto di Radioastronomia), 浅野勝晃 (東大宇宙線研), 坂井晃生 (名古屋大学)

銀河団同士の衝突で解放されたエネルギーは、衝撃波による銀河団ガス (ICM) の加熱だけでなく、乱流や磁場増幅などの非熱的エネルギーに変換され、粒子加速を引き起こす。衝突銀河団外縁では、「電波レリック」と呼ばれる \sim Mpc 規模の巨大なシンクロトロン電波構造が観測され、衝撃波の存在が示唆される。よって衝突銀河団外縁部の ICM の詳細解析は、非熱的エネルギーを定量化することの手がかりとなる。Abell 3667 は近傍の衝突銀河団で、北西と南東の ICM に 1 対のレリックを持つ。北西電波レリック周辺の過去の X 線解析では、衝撃波の詳細な位置は同定はできておらず (e.g., Finoguenov et al. 2010)、北西電波レリックのすぐ南東にある「マッシュルーム」と呼ばれる X 線高輝度領域についても、その成因は未解明である (Sarazin et al. 2016)。

我々は XMM-Newton の観測データを用いた Abell 3667 の北西レリック周辺の詳細なイメージ解析を行った。2–10 keV で 2.0×10^{-14} erg cm $^{-2}$ s $^{-1}$ より明るい点源を徹底的に除去し、0.5–1.7、1.7–4.0、10.0–14.0 keV の X 線輝度プロファイルを作成することで、ICM の空間分布と NXB/CXB モデルの妥当性を検証した。その結果、1st BCG から北西 1.5 Mpc のマッシュルームでの X 線輝度ジャンプに加え、新たに北西 1.9 Mpc のレリックで X 線輝度の不連続面を捉えた。これは 2024 年春季年会で報告した、温度ジャンプとして捉えた衝撃波候補の位置と無矛盾である (伊藤他 2024 年春季年会) が、北西レリック外縁とは一致しない。本講演では、Abell 3667 北西外縁部の ICM の物理的特性について詳細な X 線分光・イメージ解析の結果を報告し、今回の新発見と Meer KAT の電波イメージを組み合わせた、北西レリック周辺の ICM の 3 次元構造と北西レリックの関係性を議論する。

[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](#)

T07a X線天文衛星「すざく」のデータを用いた Abell399/401 銀河団間のフィラメントの観測

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、数十個から数千個の銀河が重力的に束縛された緩和系として存在する、宇宙最大の天体である。大規模構造や銀河団の進化の時間スケールは宇宙年齢と同程度なため、これらは宇宙初期の物理的状態を反映しており、宇宙進化の過程を研究する上で極めて重要な対象である。また、銀河団は階層的に成長し、銀河群やサブ銀河団との衝突を繰り返すことで形成されてきた。この過程では、銀河団は宇宙の大規模構造を構成するフィラメント状の分布に沿って進化し、数百万度に達する高温ガスを巻き込みながら衝突・合体を遂げている。本研究では、このような銀河団の構造形成プロセスや、フィラメント構造の物理的性質を解明することを目的とする。

対象天体の巨大銀河団 Abell 399/401 は、比較的近傍に位置し、銀河団衝突の初期段階にあるとされる (Fujita et al. 1996b, PASJ, 48, 191)。この銀河団では、Sunyaev-Zel'dovich (SZ) 効果の観測により銀河団同士を繋ぐフィラメント構造が確認されている。また、中心領域での加熱の兆候が観測されており (Sakelliou & Ponman 2004 MNRAS, S351, 1439-1456)、衝突に伴う衝撃波の存在も示唆されている (Akamatsu et al. 2017, A&A, 606, A1)。そのため、Abell 399/401 は、銀河団衝突の初期過程を詳細に研究する上で貴重な天体である。

本研究では、X線天文衛星「すざく」の AO1, AO8 で取得した観測データを用い、Abell 399/401 の中間領域および外縁部の温度構造とメタル分布の詳細な解析を行った。解析の結果、中間領域における加熱現象については、先行研究 (Akamatsu et al. 2017) の結果と矛盾しないことが確認された。また、フィラメント外側や銀河団外縁部においては、1keV 程度の広がった成分が存在する可能性が示唆された。講演では本解析結果を報告する。

[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](#)

T08a すざく衛星による銀河団銀河群外縁部の銀河団ガスの熱力学的構造

松下恭子 (東京理科大学), 近藤麻里恵 (埼玉大学), 佐藤浩介 (KEK), 岡部信広 (広島大学)

すざく衛星によりペルセウス座銀河団をはじめ銀河団外縁部の銀河団ガスの温度や密度の測定が可能になった結果、エントロピーなどが理論予測と矛盾することが報告されてきた。その一因としてガスの密度むらか提案されてきた。一方 XMM 衛星による X 線放射の観測とプランク衛星による S-Z 効果による巨大銀河団の銀河団ガスの圧力測定からは理論予測に近い結果が得られている。銀河団外縁部の銀河団ガスの放射は非常に微弱なため、我々の銀河系の高温ガスや太陽活動に関連する放射など銀河団ガス以外の様々なバックグラウンド成分を注意深く考慮する必要がある。特にすざく衛星の観測により天球上の領域によっては 0.6–1 keV 程度の放射が報告され (Yoshino+19, Sekiya+14, Ueda+22, Sugiyama+23)、銀河団外縁部のガスの放射との区別が難しい。これらの成分は銀河団外縁部などの低輝度な領域での温度や密度の測定に影響を与える。

今回はすざく衛星でヴィリアル半径まで観測された近傍の 14 個の銀河群から銀河団 (おとめ座銀河団、ペルセウス座銀河団、かみのけ座銀河団を含む) の解析結果を報告する。このサンプルの多くの天体は小規模であり、S-Z 効果の測定は難しい。非 X 線背景放射、宇宙 X 線背景放射、銀河系前景放射などを注意深く評価し、 r_{200} までの銀河団ガスの温度、密度分布を求めた。力学平衡に近い銀河団では r_{500} や r_{200} における温度や密度の分散は小さく、 M_{500} とよく相関していた。 r_{200} におけるガスフラクションはペルセウス座銀河団などの巨大銀河団では宇宙のバリオン比に近く、小規模な天体では 0.1 程度となった。ガスの密度むらは特に必要としない結果である。エントロピーや圧力分布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](#)

T09a 衝突銀河団中の高温ガス・BCG およびダークマターの系統的な形態比較

原田空凱, 作田皓基, 三石郁之 (名古屋大学), 太田直美 (奈良女子大/AiFA ボン大学), 岡部信広 (広島大), 鳥羽儀樹 (国立天文台), 大栗真宗 (千葉大), 他 HSC 銀河団コラボレーション

宇宙の力学進化を解明する上で、宇宙最大の自己重力系である銀河団の形成過程の理解は重要である。銀河団内で最も明るい銀河である BCG は概ね銀河団の重力ポテンシャルの中心に位置している。我々はこれまで、銀河フィラメントの交差点領域において銀河群 ~ 銀河団クラスの衝突システムと推定される天体を発見してきた (Kawahara et al., 2011 / Mitsuishi et al., 2014)。そのうちいくつかの天体について、可視光における BCG の形状と X 線における銀河団の高温ガスの引き伸ばされている方向が類似していることを指摘した。これは衝突のどこかのフェーズにおいて銀河団ガスや BCG、ダークマター間の何らかの相互作用を示唆している可能性がある。

我々はさらに多くの衝突サンプルを用いて銀河団高温ガスと BCG、ダークマターの形態的な傾向を調べたいと考えている。そのために X 線での高温ガス・可視光での BCG 形状に加え、弱重力レンズ効果を利用したダークマター分布に対してイメージ解析を行い、引き伸ばされた方向やその動径依存性を比較する予定である。我々は既に、Oguri et al. 2019 による可視光同定銀河団カタログと X 線源のカタログである 4XMM-DR14 を半径 5 分角でマッチングしている。その結果、点源でない X 線源が 203 天体マッチングし、それらの赤方偏移は 0.05 ~ 1.1、質量は $6 \times 10^{13} \sim 2.0 \times 10^{15}$ [太陽質量] である。さらに X 線で広がり調べたところ、視直径 30 秒角以上の X 線源が 80 以上見つかった。0.2 ~ 12.0 [keV] におけるカウント数が 500 以上のサンプルについても調べ、140 以上のサンプルがあることを確認した。本講演では、いくつかのサンプルにおける解析結果を紹介するとともに、今後の解析の方向性についても述べる。

[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](#)

T10b 全天サーベイへの適用に向けた銀河団スタッキング解析手法の開発

辻田悠佳奈, 太田直美, 曾我天美 (奈良女子大学), 鳥羽儀樹 (国立天文台), 大栗真宗 (千葉大学), 三石郁之 (名古屋大学), 岡部信広 (広島大学)

宇宙の階層構造の観点から、小規模銀河団は大規模銀河団よりも個数が多く、その性質の調査は宇宙の構造形成史を理解する上で重要である。しかし、小規模銀河団は X 線で暗いため、個別に解析することが困難であり、スタッキング解析など統計的手法の活用が必要となる。近年、XMM-Newton や eROSITA による研究から、可視光で検出された銀河団のスケーリング関係が X 線で検出された銀河団と異なる傾向を示すことが報告されている (Ota et al. 2023)。特に、eROSITA 全天サーベイは、幅広い赤方偏移と質量範囲をカバーし、小規模銀河団を含む大規模サンプルに基づく銀河団特性の評価を可能にする。そこで、光子統計の低い領域の平均的な性質を明らかにする高精度なスタッキング解析手法の開発が求められている。

本研究では、従来法より高精度に平均 X 線光度を導出可能なスタッキング解析手法を検討した。まず、すばる HSC で選択された CAMIRA 銀河団カタログ (Oguri et al. 2018) のうち eFEDS 領域にある 995 天体に対して、SIXTE シミュレータ (Dauser et al. 2019) による eROSITA の観測シミュレーションを行った。この際、メンバー銀河数と赤方偏移を基にスケーリング関係を用いて天体の X 線観測量を推定した。次に、サンプルをグループ分けし、各グループの平均 X 線カウントレートから平均 X 線光度を導出した。この際、グループ内の天体が赤方偏移の中央値を持つ天体と同じ性質であるとする従来法に加えて、2 通りの手法を検討した。また、メンバー銀河数と X 線光度の相関関係に注目し、eROSITA の観測結果 (Nguyen et al., in prep.) と比較した。その結果、従来法より正確に相関関係のべきを再現できることを確認した。今後は、グルーピング方法の最適化が課題である。

[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](#)

T11a Abell 3376 内のコールドフロントとジェットの相互作用に関する二次元電磁流体+熱伝導シミュレーション

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)

銀河団は、銀河団同士の衝突を繰り返しながら成長する。衝突によってコールドフロントが形成され、その近傍には $10 \mu\text{G}$ 程度の揃った強い磁場が集積する (Markevitch et al., 2000)。銀河団 Abell 3376 内の電波銀河 MRC 0600-399 から放出されたジェットは、このコールドフロント面上の磁場によって折れ曲がった後、磁場に沿って 100kpc ほど伝搬しながら、シンクロトロン放射を放出していると考えられている (Chibueze, Sakemi, Ohmura et al., 2021)。Chibueze, Sakemi, Ohmura et al., 2021 内の、三次元電磁流体シミュレーションでは、電波放射領域 N1 及び N2 の再現が行われた。我々は、コールドフロントに沿った電波放射領域である N3 において、運動エネルギーフラックスよりも熱流フラックスが 10 倍以上大きいことに着目し、熱伝導を含めた二次元電磁流体シミュレーションを行った。その結果、熱伝導の寄与によってコールドフロント上の磁場が二倍程度強くなり、N3 からのシンクロトロン放射を一部説明できることがわかった。また、熱伝導により、ジェットは銀河団中の磁力線に沿って非等方的に熱エネルギーを失うため、非軸対称な構造になり、幅も細くなるなど、大きく形状が変化することがわかった。これらの結果は、銀河団内の磁場及びガス密度構造に対する熱伝導の重大な影響を示しており、本講演では熱伝導係数に対する依存性も議論する。

[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](#)

T12a AGN properties of about 1 million member galaxies of galaxy groups and clusters at $z < 1.4$ based on the Subaru Hyper Suprime-Cam survey

Yoshiki Toba (NAOJ), Aoi Hashiguchi, Naomi Ota (Nara Women's U.), Masamune Oguri (Chiba U.), Nobuhiro Okabe (Hiroshima U.), Yoshihiro Ueda (Kyoto U.), Masatoshi Imanishi (NAOJ) and CAMIRA-AGN collaboration

This study presents the statistical properties of active galactic nuclei (AGNs) for approximately 1 million member galaxies of galaxy groups and clusters with $0.1 < \text{cluster redshift } (z_{\text{cl}}) < 1.4$ selected using the Subaru Hyper Suprime-Cam, known as the CAMIRA clusters. The research focuses on the AGN power fraction (f_{AGN}), defined as the proportion of the contribution of AGNs to the total infrared (IR) luminosity, $L_{\text{IR}}(\text{AGN})/L_{\text{IR}}$, and examines how f_{AGN} depends on (i) z_{cl} and (ii) the distance from the cluster center (R/R_{200}). Multiwavelength data were compiled using the UV-to-mid-IR range. Furthermore, spectral energy distribution fits were performed to determine f_{AGN} using the CIGALE code with the SKIRTOR AGN model. The findings indicate that (i) the value of f_{AGN} in the CAMIRA clusters is positively correlated with z_{cl} , with the correlation slope being steeper than that for field galaxies, and (ii) f_{AGN} exhibits a high value at the cluster outskirts. These results suggest that the emergence of the AGN population depends on the redshift and environment and that galaxy groups and clusters at high redshifts are significant in AGN evolution. Additionally, the study demonstrates that cluster-cluster mergers may enhance AGN activity at the outskirts of particularly massive galaxy clusters (Toba et al. 2024a, ApJ, 967, 65).

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

T13a Spectroscopically confirmed quiescent galaxies in the Spiderweb protocluster at $z=2.16$

Abdurrahman Naufal (SOKENDAI/NAOJ), Yusei Koyama, Chiara D'Eugenio, Helmut Dannerbauer, Rhythm Shimakawa, Jose Manuel Perez-Martinez, Tadayuki Kodama, Yuheng Zhang, Kazuki Daikuhara

Massive quiescent galaxies in the local galaxy cluster are thought to have formed earlier than the average galaxies. To investigate when and how they formed, we need to look at young, forming protoclusters at high redshifts. However, spectroscopically confirming high redshift quiescent galaxies is a challenging task. We report the HST WFC3 G141 grism slitless spectroscopy observation of the core region of the Spiderweb protocluster at $z = 2.16$, with the main goal of spectroscopically identifying quiescent galaxies in the protocluster without the need of pre-selection. We analyzed the spectra of all objects in a $\sim 2 \times 2$ arcmin² field of view and identified 40 protocluster members, recovering 19 previously identified H α -emitters in addition to revealing 21 new members. The spectra allowed us to identify 11 galaxies with quiescent spectra. Three galaxies with quiescent spectra are possibly still star-forming according to SED fitting, indicating a possible left-over or dust-obscured star formation. We estimate a quiescent fraction of $\sim 50\%$ for $M_{\star} > 10^{11} M_{\odot}$. About half of the quiescent galaxies possibly host AGN, hinting at AGN's key role in quenching galaxies in the protocluster environment. These quiescent galaxies have relatively more compact and concentrated light profiles than the star-forming members, but they are not yet as bulge-dominated as local ellipticals. These results are consistent with previous studies that indicate the Spiderweb protocluster is in the maturing stage, with a red sequence that has begun forming.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

U01a Ia型超新星に対する前景銀河による赤化のモンテカルロシミュレーションと赤化検出に必要なサンプルサイズの推定

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、ピーク時の絶対等級がほぼ一定のため標準光源として、宇宙の加速膨張の発見や宇宙論パラメータの推定に広く利用されている。しかし、超新星の視線方向に存在する前景銀河や銀河間ダストによる減光は、観測される distance modulus に系統誤差をもたらす、宇宙論パラメータの推定に影響を与える可能性がある。そこでまず赤化を検出し、減光測を仮定して減光量を補正する必要がある。しかし、前景銀河による赤化の効果は小さく、また、個別の天体ごとに異なってくるため、その検出には十分な統計量が必要と考えられる。本研究では、前景銀河による赤化量を、前景銀河からのインパクトパラメータの関数として表現した赤化関数 (Ménard et al. 2009) を用いてモデル化した。この赤化関数は、SDSS データを用いて前景銀河と背景クエーサーの色の相関から観測的に求められたものである。ある距離 r_{th} より近くに前景銀河があるサンプルと無いサンプル間の平均色差とその信号対雑音比 (S/N) をモンテカルロシミュレーションを用いて見積もり、最適な r_{th} についても検討した。また、SNe Ia データ (Pantheon+SH0ES サンプル) のうち、すばる HSC 探査領域にある (約 530 個) について、前景銀河の有無で分類し (有:113 個, 無:120 個)、赤化の検出を試みた。結果として、測光赤方偏移の大きな不定性のために分類できたサンプルが少なく、赤化は検出できなかった。この課題を解決するためには、分光赤方偏移を持つ大規模なサンプルの構築が重要である。本講演では、シミュレーションの結果と、赤化検出に必要なサンプルサイズの推定 (例えば、距離閾値 $r_{th}=0.11$ 分角の場合、それぞれ約 1000 個必要) を示し、将来的な観測データによる改善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](#)

U02a ボイドのサイズ推定に与える選定銀河の種類の影響

吉崎允泰、宮武広直 (名古屋大学)、砂山朋美 (ASIAA)、大里健 (千葉大学)

宇宙の大規模構造は物質のエネルギー密度や暗黒エネルギーのエネルギー密度をはじめとする宇宙論パラメータに依存する。よって、宇宙の大規模構造を調べることで、暗黒物質や暗黒エネルギーの性質、一般相対性理論の検証や一般相対性理論を超えた重力理論の探索が可能となる。

ボイドは宇宙の大規模構造の構成要素のひとつであり、内部に銀河がほとんど存在しない数十から数百 Mpc ほどの巨大な領域である。よってボイドを用いることで、銀河や銀河団を用いた大規模構造の測定と相補的に宇宙論モデルの検証に対して有用である。

ボイドを同定する際には銀河の 3次元空間分布の情報をもつ分光銀河サンプルがよく用いられるが、宇宙には様々な種類の銀河が存在する。多種多様な銀河の中でも、星形成の終わった明るく赤い銀河 (Luminous Red Galaxy; LRG) は銀河団の中心付近に位置し、星形成が活発な輝線銀河 (Emission Line Galaxy; ELG) はフィラメントやウォールに存在することが知られている。ところが、このような銀河分布の違いが及ぼすサイズ関数への影響は調べられていない。よって本研究では、まず Illustris TNG のデータから LRG の典型的な数密度 $n_{LRG} = 1.0 \times 10^{-4} (\text{Mpc}/h)^{-3}$ に対応する質量以上の銀河を LRG 的な銀河として選択した。次に銀河のスペクトルにおける [OII] 輝線の強度が Prime Focus Spectrograph (PFS) の宇宙論サンプルに対応する銀河を ELG 的な銀河として選択した。最後にそれぞれの銀河の分布からボイドのサイズ関数の変化を調べた。また本研究の結果から将来の宇宙論モデルの検証に対する展望を議論する。

[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](#)

U03a PFS 観測での宇宙論解析に向けた宇宙泡状構造の性質の解明

山田祐佳 (東京大学)

宇宙論的観測の精度が向上するに従い、標準宇宙論モデルとの矛盾が報告され始めている。この矛盾が標準宇宙論モデルの限界を示すのか、未知の系統誤差を示すのかは未だ決着がついておらず、異なるトレーサーや統計量に基づく独立な宇宙論解析が求められている。従来、宇宙論的解析は銀河などの高密度ピークに着目して行われてきたが、近年、大規模構造の低密度領域であるボイド構造の性質が修正重力や高質量ニュートリノなど、様々な宇宙論モデルに感度を持つ統計量として注目を浴びている。さらに、ボイド統計は従来の 2点相関関数と相補的な形で、宇宙論パラメータ推定の際の縮退の問題の解消に貢献する可能性が指摘されている。

本研究では、2025 年すばる望遠鏡にて遂行予定の銀河サーベイである PFS 観測で得られる銀河分布をもとに、ボイド統計量を用いた宇宙論解析を行うことを見据え、観測効果がボイド統計に与える影響を解明する。PFS 観測とは可視光での広視野分光観測プロジェクトであり、赤方偏移 0.8 から 2.4 の [OII] 輝線銀河の 3次元分布を明らかにし、宇宙論モデルの解明を目指している。PFS 観測では銀河のパワースペクトルを用いた宇宙論的解析を念頭に、観測効果が 2点統計量に与える効果が主に調べられてきた一方、ボイド統計量への影響はほとんど分かっていない。本研究では特に分光観測に用いるファイバーの割り当てが観測されるボイドの性質に与える影響を、模擬銀河分布を用いて解析した。ファイバーはそれぞれ 1.8 arcmin^2 内の銀河を一つだけ観測するので、銀河が密集した領域では観測できない銀河が多くなり、ボイドを平均 10% 程度大きく、ボイドの壁の密度を 30% 程度小さく見せることが明らかになった。さらには、観測される銀河ごとに観測確率の逆数の重みをかけることで、20Mpc/h 以上の大きさのボイドの大きさ分布と密度プロファイルを統計誤差の範囲で一致させることに成功した。

[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](#)

U04a 畳み込みニューラルネットワークと Uchuu-UniverseMachine カタログを用いた銀河団質量とスケール半径の推定

富永浩文(千葉大学、明治大学)、中村あすか、石山智明(千葉大学)、Mohamed H. Abdullah (University of California Merced)

銀河団は宇宙最大の天体であり、その数や内部の質量分布は宇宙論パラメータを調べる手がかりとなる。しかし、ダークマターを含む銀河団の質量やその分布を観測的に直接決めるのは困難である。そこで本研究では大規模な模擬銀河団カタログと畳み込みニューラルネットワークを用いて、銀河団の質量と内部の質量分布を表す特徴量であるスケール半径を推定できるか検証した。教師データとして世界最大規模の宇宙論的 N 体シミュレーション Uchuu に経験的銀河形成モデルである UniverseMachine を適用した Uchuu-UniverseMachine カタログを用いた。銀河団中心からの周辺銀河の射影された距離分布と、視線速度分布の 2 次元マップをネットワークに入力し、銀河団の質量とスケール半径を出力させた。

その結果全体の傾向として、質量が $10^{13.7-15.2} h^{-1} M_{\odot}$ の銀河団に対し、質量の推論誤差の中央値はほぼゼロであり、全体の約 68% の誤差は 0.1 dex 以内に収まるモデルの構築に成功した。スケール半径の推論誤差の中央値は約 0.06 dex であり、全体の約 68% の誤差は 0.2 dex 以内に収まる。また、どの質量、スケール長のレンジで見ても、誤差の中央値が質量でほぼゼロ、スケール長でも 0.1 dex 以内程度であることから、本研究で構築したモデルはおおむね無バイアスに真の値を再現できたと言える。

[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](#)

U05a HSC-Wide 領域の銀河スピンベクトルの大域分布の異方性解析

家正則、八木雅文(国立天文台)

マイクロ波宇宙背景放射の空間ゆらぎの観測と光学撮像による銀河の大域分布の観測は、赤方偏移 1000 の時代と 1 以下の近時代でのエネルギー密度分布を制限し、 Λ CDM モデル確立への大きな根拠となってきた。これらスカラ場場の観測に加え、ベクトル場の詳細な観測は標準宇宙論モデルの検証に新たな制限となる可能性がある。銀河のスピンベクトル場の観測は近年大規模サーベイによる画像データが公開され新たな展開をもたらそうとしている。すばる HSC サーベイはこれまでにない画質と感度での探査データ画像をもたらせた。Tadaki 他 (2021) は HSC Wide の 4 領域で撮影された多数の銀河画像から 76,635 個の渦巻銀河の渦巻模様が S 字型のものと Z 字型のものを深層学習により判別した。全ての渦巻は Leading でなく Trailing であると考えられるので、S/Z 判定は銀河スピンベクトルの視線方向成分の符号のロバストな判定を可能にする。これらの銀河のうち 15757 個については分光赤方偏移値が、70346 件については測光赤方偏移値が得られている。

探査領域内に任意の仮想評価球を設定し、その中の銀河のスピンベクトルの(地球から見た)視線方向成分の分布を検証する手法を開発した。評価球の大きさをバリオン音響振動スケール前後とした場合の解析手法、HSC Wide 領域のデータに具体的に適用した結果、および Tully 他が発見した局所宇宙でのバリオン振動球構造への適用結果を報告する。

我々を中心とする局所宇宙を評価球とする分析例はあるが、三次元探査領域中のオフセットした中心に対して評価球を設定して分析した研究としては初めての解析となる。

[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](#)

U06a 物質分布の統計的非等方性に起因する非等方ハローバイアスの初確認

正木彰伍(中京大学)、白石希典(公立諏訪東京理科大学)、西道啓博(京都産業大学)、奥村哲平(中央研究院天文及天文物理研究所)、横山修一郎(名古屋大学)

観測データから物質分布における統計的非等方性を制限することは、インフレーション、暗黒物質、暗黒エネルギーといった宇宙論的モデルを検証するうえで重要である。近年、Shiraishi et al. (2023, JCAP 08, 013) によって、四重極型の統計的非等方性が、特徴的な銀河/ハローバイアスを生じることが理論的に示された。これは単極パワースペクトルには現れず、四重極パワースペクトルにのみ現れるという非等方な特徴があるため、大規模構造の観測データから統計的非等方性を制限する強力なツールとなることが期待される。しかし、これまでのシミュレーション研究では、この非等方バイアスの存在は確認されていなかった。そこで、本研究では統計的非等方性を組み込んだ宇宙論的 N 体シミュレーションを用いて検証した。その結果、銀河団サイズのハローについて、統計的非等方性に起因する非等方バイアスの存在を初めて確認することに成功した。また、非等方バイアスがハロー質量に依存すること、およびバイアスが負の値を持つことを明らかにした。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](#)

U07a ケ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 (III)

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 (九州産業大学)

膨張宇宙論によれば、宇宙マイクロ波背景放射 (CMBR) 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 $T_0 = 2.73$ K を用いて $T_{\text{CMBR}}(z) = T_0(1+z)$ と表される。このことは、遠方銀河での T_{CMBR} 測定によって宇宙モデルが検証できることを示している。PKS1830-211 は、前景にある $z=0.89$ の渦巻銀河により、そのスペクトル中に吸収線群を呈する。私たちは、ALMA で観測された PKS1830-211 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。HCN 回転遷移の臨界密度は 10^{6-7} cm^{-3} と非常に高いため、回転準位の励起温度は CMBR 温度に等しいと考えられる。これから、吸収雲による遮蔽率を $f_c = 0.94$ ($J=2\leftarrow 1$)、1.00 (その他) に固定して $T_{\text{CMBR}}(z=0.89) \simeq 5.54$ K と概算した (2024 年 秋季年会 U04a)。

今回我々は、CMBR 温度評価の精度を改善するため、遮蔽率 f_c について精密な検討を行った。この値は吸収スペクトルだけからは一意に定まらず、未だ広く公認された値が存在しない。先行研究では $f_c = 0.91-1.00$ の値が採用されているが、この値は光学的厚みの評価に影響し、それが励起温度に不定性を生じる主要因となっている。そこで、様々な f_c を仮定して我々の得た HCN 吸収スペクトルから励起温度の速度プロファイルを計算し、依存性を調査した。その結果、 $V_{\text{rad}} = 0.51-2.21 \text{ km s}^{-1}$ において励起温度の f_c 依存性が極めて低い事が分かった。このことは、この速度チャンネルでの励起温度は f_c の不定性に影響されず、正しく CMBR 温度を反映していることを示唆している。このことにより、 $T_{\text{CMBR}}(z=0.89) = 5.17 \pm 0.04$ K と決定した。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限について議論する。

[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](#)

U08a 正規化フローモデルを用いた 21cm 線イメージングデータからのパラメータ推定

森脇可奈 (東京大学)

宇宙再電離現象とは、宇宙年齢数億年の頃に銀河間ガスが天体からの光によって電離される現象である。さまざまな観測から赤方偏移 6 頃までには電離が終えたことがわかっているものの、どういった天体がどのように電離を引き起こしたのかについては未だ明らかになっていない。SKA による将来の観測では、中性水素から放出される 21cm 線シグナルの空間的なゆらぎを測ることで再電離現象に関するより深い理解が得られると期待される。21cm 線観測データから遠方銀河形成について制限を与えるには、一般にパワースペクトルなどの統計量が用いられる。一方、SKA では 21cm 線のイメージングも可能であると考えられており、こうした画像データを直接用いることができれば、パワースペクトルのみよりも遠方宇宙に関してより強い制限をかけることができると考えられる。

本研究では、機械学習を用いて、将来得られる 21cm 線観測データから宇宙再電離の電離源についての情報を得るための手法を開発する。我々は、回転・並進対称性を組み込んだ正規化フローモデルを用い、21cm 線イメージングデータから遠方銀河のパラメータを推定するモデルを構築した。学習は、準数値的シミュレーションコード 21cmFAST により生成した 1000 個のデータを用いて行った。学習データは、電離光子生成効率や電離光子の脱出確率などのパラメータをランダムに与えることで生成した。この正規化フローモデルを用いることで、パワースペクトルのみを用いた場合に比べて 2 倍ほど高い精度でパラメータを推定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](#)

U09b 「あかり」と他衛星のデータを組み合わせた全天遠赤外線マップの作成

森口諒介 (関西学院大学), 海老沢研 (宇宙科学研究所), 山村一誠 (宇宙科学研究所), 土井靖生 (東京大学), 茅根裕司 (高エネルギー加速器研究機構), 大坪貴文 (産業医科大学), 室越琳生 (東北大学), 松浦周二 (関西学院大学), AKARI-Cosmoglobe collaboration team

インフレーションによる原始重力波は、宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) 中に特徴的な「B モード偏光」を刻印したと考えられている。B モード偏光の検出において大きな障害となるのが、銀河系内に存在するダストからの熱放射である。これを正確に見積もり、観測データから差し引くことが、LiteBIRD を始めとする将来の CMB 観測プロジェクトにおいて、B モード偏光検出の鍵となる。現在、CMB のデータ解析において、ダストからの熱放射を見積もるためには Planck などのデータをもとにしたモデルが広く使用されているが、「あかり」は、Planck よりもダスト放射のピークに近い波長域を観測しており、空間分解能も高い。公開されている「あかり」の全天画像にはわずかにデータの補正や較正が不十分な箇所が残っているが、それを改善することができれば、過去最高精度の全天遠赤外線マップを作製できる可能性がある。全天サーベイを行った様々な衛星の観測時期やスキャンパターンは異なることから、それらのデータを補完的に組み合わせれば、各衛星に固有の信号やエラーを取り除き、空からの共通な放射成分だけを精度よく決定できると期待される。実際、オスロ大の Cosmoglobe チームは、Planck, WMAP, COBE のデータを「Commander」というツールを用いて同時解析し、全天マップを作成することに成功している。我々は、Cosmoglobe チームと、Commander を用いて「あかり」と他衛星のデータを同時解析し、過去最高精度の全天遠赤外線マップモデルを作成することを目標とする共同研究を開始した。本講演では、共同研究の現状と今後の方針を報告する。

[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](#)

U10b 大規模構造の識別とグラフ理論による新たな統計量の探索

山崎壮一郎 (東京大学)

宇宙の大規模構造は、ダークマター粒子やダークマターハロー、または銀河団などをノードとし、それぞれのノード同士の物理的な距離を辺の重さとする事で、グラフと見なすことができる。最小全域木はグラフ理論で用いられるスケールフリーな構造で、グラフネットワーク内でのノード同士の集まり方を評価するのに長けている。こうした性質から、最小全域木は今まで大規模構造の識別 (Alpaslan et al. 2014) や宇宙論パラメータへの制限 (Naidoo et al. 2022) などに用いられてきた。これらの先行研究から、最小全域木にはパワースペクトルを超えた高次統計を調べる能力が備わっていることが判明しており、更なる応用が期待されている。大規模構造の識別においては、最終的に void 内の統計量から良い void を提供するようにハイパーパラメータチューニングを行うが、void の識別がスケールフリーな最小全域木を取り扱う上でのキーポイントになっていると考えられる。

そこで本研究では、大規模構造の識別を用いた最小全域木による宇宙論パラメータへの制限を提案する。大規模構造のサンプルは、LPT と局所的な重力計算を組み合わせた COLA シミュレーションによって生成されたものを用いる。周期的境界条件を仮定し、一辺 200 Mpc のボックス内でダークマター粒子を 128^3 個使用した。大規模構造としては void とそれ以外のみを考え、watershed transform と呼ばれる密度の観点からの識別を行う。その後、void とそれ以外に対して個別に最小全域木を考えることで、それら二つの領域が異なる情報を持つことをグラフ理論の観点から明らかにした。また、それらの情報から void とそれ以外における宇宙論パラメータから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](#)

U11a 角度方向の系統誤差の影響を抑えた銀河パワースペクトルの解析法の開発

中野新太郎 (東京大学, Kavli IPMU), 高田昌広 (Kavli IPMU), 栗田智貴 (MPA)

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ない。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、この手法の概要と模擬銀河カタログを用いた有効性の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](#)

U12a 銀河弱重力レンズ効果と CMB の同時解析による原始パワースペクトル、成長指数の制限

寺澤凌 (東京大学, Kavli IPMU), 高田昌広 (Kavli IPMU), 杉山素直 (University of Pennsylvania), 栗田智貴 (Max Planck Institute for Astrophysics)

標準宇宙モデル (Λ CDM モデル) は様々な観測をよく説明するが、 S_8 テンションや H_0 テンションなど、その綻びを示唆する結果も報告されており、標準宇宙モデルを超える物理の探究の必要性が増している。標準宇宙モデルではインフレーションで作られる揺らぎの原始パワースペクトルは定数のスペクトル指数を持つ波数の冪乗で記述されるが、一般には原始パワースペクトルはより複雑な波数依存性を持ちうる。また、構造の成長度合いを記述する成長指数 γ は、標準宇宙モデル (一般相対論) では $\gamma \simeq 0.55$ となるが、修正重力理論などのモデルではこの値からずれることが知られている。特に、 $\gamma > 0.55$ の場合は後期宇宙における構造の成長が抑制され、 S_8 テンションが緩和される。

本講演では、原始パワースペクトルの波数の冪乗を超える波数依存性と成長指数 γ に観測データから制限を与える試みについて述べる。我々は、すばる HSC 3 年度の銀河弱重力レンズ効果の観測データと Atacama Cosmology Telescope (ACT) DR6 の CMB 弱重力レンズ効果の観測データ、Planck 衛星による CMB 観測データを同時に解析した。初期宇宙、大スケールに感度を持つ CMB と後期宇宙、小スケールに感度を持つ銀河弱重力レンズ効果の観測を組み合わせることで原始パワースペクトルと成長指数を効果的に制限することができた。原始パワースペクトルについては標準宇宙モデルを超える波数依存性はみられなかったが、成長指数については標準宇宙モデルの値 ($\gamma \simeq 0.55$) より 2σ 以上大きい値が得られた。

[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](#)

U13a 非等方な宇宙複屈折効果を取り入れた厳密な B モード角度パワースペクトル

並河俊弥 (東京大学 Kavli IPMU・ケンブリッジ大学応用数学理論物理学科・カブリ宇宙論研究所)

宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) の光子は、パリティ対称性を破る超軽量 axion との相互作用によって伝搬中に「複屈折」し、直線偏光面が回転する。この複屈折効果によって観測される CMB の E/B モード偏光は混合する。これを E/B モード偏光の相互相関関数 (EB 相関) を用いて測定すれば、超軽量 axion を検証できる。超軽量 axion 場の空間的な揺らぎは、各視線方向で異なる回転角を生み、非等方な複屈折効果となる。

これまでの研究では、非等方な複屈折効果を作る B モードの角度パワースペクトルを計算するさい、最終散乱面は瞬間的で、再結合期での超軽量 axion 場の揺らぎの時間変動は無視されてきた。また、非等方な複屈折効果はすべて再結合期で生じたと仮定されているため、再イオン化で生じた CMB 偏光が受ける非等方な複屈折効果は正確に扱われていない。しかし、非等方な複屈折効果を通じて超軽量 axion などのモデルを制限する場合、これらの寄与を正しく取り入れる必要がある。

本講演では、非等方な複屈折効果の時間変化を考慮し、最終散乱面の厚みを考慮した場合の B モード角度パワースペクトルの計算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](#)

U14a パリティ対称性を破るヘリカル原始磁場の銀河トリスペクトルへの影響

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)

近年の銀河クラスターリングや宇宙マイクロ波背景放射の異方性による宇宙論的なパリティ対称性の破れの検出は宇宙のパリティ対称性を破るような起源が存在する可能性を示唆している。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、パリティ対称性を破る兆候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、銀河クラスターリングに焦点を当て、その 4 点相関関数 (またはそのフーリエ空間での対応量であるトリスペクトル) を用いたパリティ対称性の破れの解析について議論する。特に我々はパリティ対称性の破れの起源としてインフレーション時に生成された原始磁場を考える。原始磁場は近年、観測されている大規模な宇宙磁場の起源として注目を集めている。原始磁場の非等方ストレスは超ホライズンスケールでの曲率ゆらぎの起源として働いて "passive scalar mode" を引き起こす。その結果、パリティ対称性の破れを表す原始磁場のヘリカル成分は銀河の 4 点相関関数を通じて探査することができる。本研究では、原始磁場の非等方ストレスによって誘発される曲率ゆらぎのトリスペクトルを pole 近似を用いて導出し、ヘリカルおよび非ヘリカル成分の混在がトリスペクトルの虚数成分を生成する上で重要であることを確認した。この虚数成分は、パリティ対称性の破れを検出する鍵となる。さらに、フーリエ空間でどのような構成が奇パリティシグナルを強化するかについての議論を行う。我々の解析結果と数値結果をもとに、銀河の 4 点相関関数を活用した将来の宇宙論的観測から、ヘリカル磁場の振幅に関するより良い制限が与えられ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](#)

U15a 観測領域の形状に影響されないパワースペクトルの推定法と銀河バイアスの測定

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)

観測された大規模な銀河データから宇宙論的な情報を引き出す方法として、二点/三点相関関数 (実空間) やパワー/バイスペクトル (フーリエ空間) などの要約統計量が知られている。このとき、異なる波数が独立に振る舞うフーリエ空間を用いる方が物理的解釈の観点で見通しが良い。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が畳み込まれ、得られるパワー/バイスペクトルの理論的解釈が困難になってしまう。これに対して、近年、この観測効果 (window 効果) を最尤法に基づいて取り除く手法が銀河クラスターリングや CMB の領域で確立された。

遠方銀河の形状の歪みは、弱重力レンズ効果の影響によって光路上の物質分布のトレーサーとなる。そのため、近傍銀河の分布との間に銀河・銀河レンズと呼ばれる相関を持つ。銀河・銀河レンズ (分布-形状の相関) は、銀河クラスターリング (分布の自己相関) とは異なるパラメタ依存性を持っているため、これらの組み合わせによって銀河の形成過程の不定性 (銀河バイアス) に対して頑健な解析が可能であることが知られている。この銀河バイアスは、現在の標準的な宇宙モデルである Λ CDM モデルによって、摂動を線形的に扱える領域においてスケール (波数 k) に依存しないことが予言されている。

そこで本研究では、まず window 効果を取り除く上記の手法を銀河・銀河レンズのパワースペクトルに対して拡張した。そして、銀河クラスターリングと組み合わせることで、MCMC に基づく従来のパラメタ推定が不要な方法で銀河バイアスの測定を行い、線形領域に着目することで Λ CDM モデルの検証を試みる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

U16a 超高エネルギー宇宙線の宇宙論的影響とそのマルチメッセンジャー探査

井上進 (千葉大 / 東大宇宙線研)、大平豊 (東大理)

宇宙線 (CR) は、銀河のディスク内では星間物質に対して様々な影響を及ぼしていると考えられるが、近年は、銀河周辺物質や銀河間物質 (IGM) などのより大きなスケールでの宇宙大規模構造に対しても、CR による加圧・加熱・電離・磁場増幅などの効果が、その形成・進化に重要な影響を与えている可能性が注目されつつある。エネルギーが $\sim 10^{15}$ eV 以上の (広い意味での) 超高エネルギー宇宙線 (UHECR) は、宇宙大規模構造フィラメント内の起源天体で加速された後、銀河間空間へ逃げてゆくと思われるが、それが周囲の IGM などに与える影響についてはほとんど議論されていない。

比較的低温の IGM は Lyman alpha forest (LAF) として観測されるが、これに対し UHECR は有意な圧力を及ぼしている可能性がある。特に $z \sim 1-3$ の時期は、宇宙のバリオンの大半が低温であるとともに、UHECR 源の活動も最盛期と予想されるため、UHECR による圧力が、形成中のフィラメントや銀河団などへのガス降着にまで無視できない影響を及ぼしているかもしれない。UHECR が引き起こすストリーミング不安定性に伴う IGM の加熱が、最近の LAF 観測から示唆される未知の加熱源となりうることはすでに報告した (2023 年度春季年会、U16b)。一方、UHECR 源の周囲では、 ~ 10 Mpc のスケールで、Bell 不安定性による磁場増幅と UHECR の高密度領域が生じることも予想されており、これが最近の LAF 観測から示唆される長距離フィードバックと関係していたり、コスミックシア観測による宇宙論パラメーター S_8 の測定に影響を与えている可能性もある。上記と関係し、今後の $\sim 10^{15}-10^{18}$ eV 帯域宇宙線の直接観測で低エネルギーカットオフの有無や UHECR 源の z 依存性を抑えることの重要性や、TeV ガンマ線・UHE ニュートリノ観測による検証可能性についても触れる。

[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](#)

U17a Dynamical dark energy モデルを採用した大規模宇宙論的シミュレーション

石山智明 (千葉大学)、Francisco Prada (Instituto de Astrofísica de Andalucía)、Anatoly A. Klypin (New Mexico State University)

Dark Energy Spectroscopic Instrument (DESI) によるバリオン音響振動の観測と、宇宙マイクロ波背景放射および Ia 型超新星のデータを組み合わせると、標準的な Λ CDM モデルではなく、ダークエネルギーの状態方程式が時間変動する dynamical dark energy モデルが好まれ得るという示唆が 2024 年の春に報告された。本研究では dynamical dark energy モデルを採用した大規模な宇宙論的 N 体シミュレーションを富岳スーパーコンピュータ上でを行い、ハロー質量関数や 2 点相関関数などの Λ CDM モデルと比べた違いを明らかにし、観測と比較するためのベースラインモデルを準備している。シミュレーションは粒子数 4096^3 、ボックスサイズ $2\text{Gpc}/h$ 、粒子質量は約 $10^{10} M_{\odot}/h$ であり、比較的大質量な銀河スケールのハローを十分分解できる。Planck 衛星による宇宙論パラメータの制限値と、DESI によるものに dynamical dark energy の効果を入れたシミュレーションを比較した。

その結果、ハロー質量関数は赤方偏移 $1 < z < 2$ で $10 \sim 30\%$ の増加が DESI + dynamical dark energy モデルで見られた。増加率は大質量のハローほど大きいですが、 $z = 1$ 以降では徐々に減少する。ハローの 2 点相関関数では、バリオン音響振動のピークが小スケール側にわずかにシフトするが、dynamical dark energy の効果というよりは、Planck 衛星と DESI による宇宙論パラメータの制限値の違いに起因する。本講演ではこれら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](#)

U18a マルチスケールを取り入れた畳み込みニューラルネットによる初期密度揺らぎの再構築

中島光一朗、市来浄與 (名古屋大学)、西澤淳 (岐阜聖徳学園大学)、長谷川賢二 (鈴鹿高専)

観測精度の向上に伴い、線形理論では説明が難しい小スケールの情報を正確に扱うことの重要性が増している。例えば後期宇宙における銀河分布には重力による非線形な密度ゆらぎが含まれている。銀河観測を通じて線形密度ゆらぎに関連するバリオン音響振動などを精密に解析するには、非線形成分を適切に除去する必要がある。この課題に対しては、ゼルドビッチ近似を用いた解析的手法 (e.g., Eisenstein et al., 2007, ApJ) が標準的なアプローチとして用いられてきた。一方で、宇宙論的シミュレーションの進展により、膨大かつ高精度な学習データを活用した機械学習アプローチが近年注目を集めている。

本研究では、Mao et al., 2021, MNRAS によって提案された畳み込みニューラルネットワーク (CNN) モデルの改善可能性を検討した。具体的には、宇宙論的 N 体シミュレーション「Indra」の公開データを用い、一辺 $1\text{Gpc } h^{-1}$ の暗黒物質三次元密度分布を対象に、赤方偏移 $z \sim 0$ のスナップショットを入力、 $z \sim 10$ のスナップショットを出力とする学習を行った。Mao らの提案した CNN モデルは、一辺約 $76\text{Mpc } h^{-1}$ のサブボックスから中心座標一点の初期密度を推定するものであった。我々はこのモデルを拡張し、複数サイズのサブボックス (マルチスケール) から中心座標の初期密度を推定する CNN モデルを開発した。結果として推定値と正解値のずれを示す損失関数が約 40% 減少した。さらに密度場の統計量を測定し、より高い精度で統計量を復元できることを示した。本発表では、将来の銀河観測等を見据え、本手法の暗黒物質ハロー分布や銀河分布への応用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](#)

U19a MGCAMB を実装した COCOA による現象論的な重力検証

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

現在の標準宇宙模型である Λ CDM 模型は、宇宙の幾何学的・構造的進化を記述することができ、大規模構造を含む様々な宇宙論的観測の測定によって支持されてきた。しかし、 Λ CDM 模型は、天体形成の重力の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、より一般には暗黒エネルギー) の存在を仮定する必要がある。 Λ CDM 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。上記のような問題を解決しうる方法の一つとして、宇宙論スケールにおける重力理論を GR から変更することによって、暗黒エネルギーを導入することなく、宇宙の加速膨張を説明しようとする試みがある。これを「修正重力理論」という。近年の観測では、大規模構造測定精度が向上し、 Λ CDM 模型の破れを示唆する結果も得られている。今後も、Nancy Grace Roman 宇宙望遠鏡 (以下、Roman) 等の将来サーベイが予定され、宇宙論スケールにおける修正重力理論の検証が可能となることが期待されている。

我々は特に、Roman のために開発中である宇宙論解析パイプライン COCOA に修正重力理論入りのパワースペクトルの計算を可能にするボルツマンコード MGCAMB を実装し、先んじてすばる望遠鏡 HSC による最終データを解析し、重力を検証することを目指す。MGCAMB では、特定の修正重力理論を用いることなく、非相対論的物質や相対論的物質を感じる重力を修正する現象論的パラメータ (μ - Σ パラメータ) を扱った理論計算が可能である。本発表では、MGCAMB を実装した COCOA によって予測される宇宙論的な制限について議論する。

[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](#)

U20a 赤方偏移空間におけるハローアセンブリバイアスの機械学習モデリング

石川 慶太郎 (名古屋大), 西道 啓博 (京都産業大), 宮武 広直 (名古屋大), 田中 賢 (京都大), 砂山 朋美 (アリゾナ大)

銀河や暗黒物質の高密度領域 (以下、ハロー) の空間分布は銀河クラスタリングなどを用いて測定可能であるが、暗黒物質の空間分布を厳密に再現しない。ハローと暗黒物質の分布のずれを表すハローバイアスの大きさはハローの質量に強く依存するが、その他のハローの性質 (中心集中度など) にも二次的に依存することが知られている (Wechsler et al. 2006)。これをアセンブリ・バイアスと呼ぶ。今後 10 年の観測データの急速な増加および観測領域の拡大により統計精度が飛躍的に向上することで、実観測に対する解析ではアセンブリ・バイアスの考慮の有無で標準宇宙論パラメータの制限に大きな影響を与えることがわかっている (Miyatake et al. 2022)。それゆえに、理論モデルにおいてこの系統誤差の影響を最小化した上で、標準宇宙模型を徹底検証する必要がある。本研究ではこのアセンブリ・バイアスを調査するため、Dark Quest II シミュレーションデータを用いて、ハローの中心集中度に着目したパワースペクトルの振幅の違いを調べた。また、異なる質量と中心集中度をもつサンプルの間の相互相関関数を赤方偏移空間 ($l = 0, 2, 4$) で網羅的に計算し、これを特徴づけるパラメータ (M, c) を入力とする順伝播型ニューラルネットワークで学習させた。学習の際、層の数やユニットの数などのハイパーパラメータは、ベイズ推定による自動最適化フレームワークを使用して決定した。その結果、これまで知られていたアセンブリ・バイアスのハロー質量に対する非自明な依存性を再現し、 $l = 0, 2$ ではテストデータに対して $k \lesssim 1$ [h/Mpc] のスケールでは約 0.5% の精度で任意の質量・中心集中度を予測することを可能にした。本講演では宇宙論パラメータ・赤方偏移を固定して学習した以上のエミュレータを使用し、 $f\sigma_8$ を測定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](#)

V101a 野辺山 45m 電波望遠鏡 100-GHz 帯 LEKID カメラの試験搭載における性能評価

李豪純 (筑波大学), 本多俊介, 石崎悠治, 井上昂, 佐藤優馬, 郡山龍介, 新田冬夢, 久野成夫 (筑波大学), Damien Cherouvrier, Juan Macias-Peres (Univ. Grenoble Alpes), Alessandro Monfardini (Institut Neel), 永井誠, 村山洋佑, 松尾宏, 都築俊宏 (国立天文台), 関本祐太郎 (宇宙研), 中井直正 (関西学院大学), 成瀬雅人 (埼玉大学)

我々は、ミリ波帯の広域観測を目的として、野辺山 45m 電波望遠鏡に搭載する 100-GHz 帯電波カメラを開発している。現在、筑波大学の電波カメラグループはフランスの Grenoble Alpes 大学と共同研究を進めており、本カメラには検出器候補の一つとして、同大学で開発された 144 素子集中定数型力学インダクタンス検出器 (LEKID) を採用している。これまで、実験室における性能評価として、LEKID の光学応答試験、雑音測定、ビームパターン測定を実施し、試験観測に向けた十分な性能を確認した (石崎ほか、2024 年秋季年会 V152a)。2024 年 10 月には、100-GHz 帯 LEKID カメラを野辺山 45m 電波望遠鏡に搭載して試験観測を行い、火星、木星、土星、天王星や電波銀河 3C 84 の観測データを通してカメラの性能を評価した。

本講演では、10 月の試験観測で得られた惑星や電波銀河の観測データを解析した内容を報告する。今回の試験観測では合計 50 時間の観測を実施した。各素子のマップから火星、木星、土星、天王星および電波銀河 3C 84 の検出が可能であることを確認した。また、電波銀河 3C 84 の観測結果を中心に、2 次元ガウシアンフィッティングを用いてビーム特性の解析を行った。本講演では、アレイ全体における平均ビームサイズや、視野中心に対する各素子のビーム位置などのより詳細なビーム特性、火星や木星、土星、天王星のデータを用いた感度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](#)

V102a 岐阜大学 11m 電波望遠鏡の運用状況 - IV

村瀬建, 杉野裕輝, 石倉丈裕, 北村哉太, 多田輝太, 濱田莉来, 浅野裕也, 井上陽登, 魚住光史, 豊田裕也, 山中祐里奈, 柘植紀節, 佐野栄俊, 高羽浩, 若松謙一 (岐阜大学), 須藤広志 (仙台高専)

岐阜大学 11m 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。2024 年度は、主にアンテナの性能評価に取り組んだ。2024 年上半年は、NH₃ 分子輝線を用いて Orion KL 領域に対するマッピング観測を実施し、Green Bank telescope のアーカイブデータと比較することによって主ビーム能率 $\eta_{mb} = 0.44 \pm 0.05$ を得た (杉野他 2024 年秋季年会)。2024 年下半年は指向精度測定の整備を進め、同年 11 月中旬から測定を開始した。天体の中心位置から 0°04 間隔のオフセットで H₂O メーザーを用いた 9 点の十字スキャンを行った。天体はメーザー強度が強い W49N, Orion KL を優先して観測した。測定は風が弱い天候が良い日に実施し、1 天体あたり十字スキャンを 100 - 120 セット行った。各観測点における積分時間は 10 秒とした。観測で得られた指向誤差量に対して、12 の器差パラメータを含む方位角と仰角の正弦余弦成分からなる多項モデル式を用いてフィッティングし器差パラメータを推定した。推定した器差パラメータを用いて補正した指向誤差の標準偏差は方位角、仰角共にビームサイズの 20 分の 1 以下である 15'' を下回ると計算された。同年 12 月以降は、指向誤差データを全天へ拡張するため、メーザー天体を増やしている。その後、得られたパラメータを用いた再測定を実施し、推定パラメータ、およびフィッティングモデルの検証を行う。

[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](#)

V103a 86GHz 帯常温受信機を用いた VERA 観測システムの整備状況

近藤奨紀, 亀山晃, 向井一真, 岡田望, 澤田-佐藤聡子, 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, 朝倉佑, 島田かなえ, 山下一芳, 山内彩, 鈴木駿策, 増井翔, 山崎康正, 本間希樹 (国立天文台), 小山翔子 (新潟大学) 他

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 (2023 春季 秦)。Moscibrodzka et al. 2016 による理論モデルでは、シンクロトロン放射に対して光学的に薄くなる 86 GHz (波長 3.5mm) 帯の観測によって、SMBH とジェットを同時に捉えることができる。さらに、Global mm-VLBI Array による 86 GHz 帯観測によって同時観測が確認された (Lu et al. 2023)。そこで我々は、East Asia VLBI Network を 86 GHz 帯に拡張し、高解像度・高頻度観測によってジェットの駆動原理を解明するため、VERA 水沢・石垣局に搭載するための冷却受信機開発を進めている (2023 秋季 近藤, 亀山)。その前段階として常温受信機を両局に搭載し、単一鏡観測による性能評価を行ってきた (2024 秋季 近藤)。その結果、アンテナ開口能率が $\eta_A = 25\%$ 前後 (EL \sim 50 deg) で、これは VERA のアンテナ鏡面精度から見積もられる値と概ね等しい。そこで、次のステップとして 2024 年 11 月に、水沢-石垣基線 VLBI フリンジテストを行なった。使用天体としては Orion-KL の SiO メーザー [j=2-1] と 3C84 の連続波である。本講演では、フリンジ試験の結果についての考察や、今後の展望について述べる。

[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](#)

V104a 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 (VII)

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)

JSPS 科研費 (JP18H03828, 21H04524, 23H00221) にて VLBI 観測を行いながら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やフィールドでの水蒸気観測を目指した小型可搬局を開発中である。受信帯域が広い水蒸気だけでなく、その測定の誤差要因となる雲中の水滴と酸素の放射も同時に受信して計測できるので、各成分の分離と誤差低減に有利である。

大学屋上などでの試験を経て、2024 年度は野辺山 45m に本システムを搭載して VLBI 観測での実証実験や大気測定を行っている。どんなアンテナ光学系にも合わせられる設計だが NICT2.4m/11m は駆動系が故障し、水沢 10m はフィードの交換が困難であり外付けになってしまう。VERA20m は副鏡が大きいため地面からの放射を拾いやすく、フィードの下で受信機位置が動いたため位置関係が定常的でないうえに受信機の仮設やアクセスが難しい。よって最初の実証実験には受信機の設置が容易で口径が大きく、夏には定常的に雷雲が見られる野辺山 45m を選択した。8 月に受信機を設置し、静止衛星や水メータでフィードの位置調整を行い、SiO メータも加えて VLBI 実証実験に進む予定だが、日時によっては強い混変調雑音が見られた。観光客の数の問題なのか、海外製スマホが原因なのか、受信機の問題なのかは継続的に調査して切り分けたい。これらの試験状況を報告する。

簡素な構造と設計自由度の高いフィードの利点を活かして、まずは上限 150GHz 以上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や小型化を進め、電波天文のみならず小型衛星でのリモセン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](#)

V105a ASTE 望遠鏡の運用 (7)

南谷哲宏, 齋藤正雄, 阪本成一, 鎌崎剛, 西谷洋之, 木挽俊彦, 藤井泰範, Javier Aguilera, Javier Zenteno, 他 ASTE 運用チーム (国立天文台他)

本講演では、口径 10m 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。

2024 年 5 月に副鏡駆動機構が復旧した後、2024 年 6 月からオンチップ型超伝導分光観測装置 DESHIMA 2.0 (PIs: 遠藤、田村) の試験観測が再開され、11 月末まで継続的に運用が行われた。この間、現地望遠鏡サイトでは、発電機の停止やアンテナ制御架との通信途絶に見舞われたものの、速やかな復旧手順の確立に努めることにより、計画していたデータの取得が十分に行われた。日本においては、チリから送り返したヘテロダイン受信機の整備を行っている。冷凍機メンテナンスを実施した他、DASH345 については、冷却アイソレータを交換することで、1 つのミクサの SIS Bias 回路がオープンになる現象を解消した。また、IFDC (IF 周波数変換器) については、傾けた際に出力が大きく変動する現象があったが、内部のミクサを交換することで解消した。CAT8W は、両偏波両サイドバンド分離型受信機であるが、片方の偏波で DSB になっていることが、2023 年の観測時に確認されており、この原因調査と対応を進めている。また、デモサイエンス等の観測データの JVO での公開を準備するなど、2024 年 3 月に行われた国際外部評価での指摘事項への対応も進めている。

今後、2025 年 2 月から 3 月にかけてアンテナの定期メンテナンスやヘテロダイン受信機の搭載等を予定しており、2025 年度は、ヘテロダイン受信機 DASH345 (321-376 GHz), CAT8W (387-498 GHz), CAT10 (787-950 GHz) による科学運用を予定している。

[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](#)

V106a DESHIMA 2.0: 集積型超伝導フィルタバンクによる超広帯域分光観測

西村優里 (東大), 遠藤光 (TU Delft), 唐津謙一 (SRON), 谷口暁星, 竹腰達哉 (北見工業大), 田村陽一 (名大), 藤田真司 (統数研), 河野孝太郎 (東大), DESHIMA 2.0/ASTE collaboration

超伝導回路の集積化技術を応用すれば、コンパクトなチップひとつの上に、サブミリ波帯の超広帯域分光観測を叶えるフィルタバンク分光器を作ることができる。DESHIMA (DEep Spectroscopic HIgh-redshift MApPer) は、日本とオランダの共同開発により世界でいち早くこの技術を用いて作られた分光器で、幅広い赤方偏移の銀河における、ダストに埋もれた星形成活動を捉えることを目指している。2024 年に実施された DESHIMA 2.0 キャンペーンでは、一度に 200-400 GHz を 347 チャンネルに分光できるよう改良した超広帯域チップを、チリ・アタカマ砂漠にある ASTE 10m 望遠鏡に搭載し、性能評価と科学観測を実施した。この際、観測効率を高めるため、大気の影響の補正に必要な ON 点-OFF 点観測の切り替えを高速化する sky chopper も導入し、前景大気放射に対する光子雑音限界の感度を実証した。装置の立ち上げ・性能評価と並行して、データ解析手法の確立、プログラムの開発にも取り組み、DESHIMA 及び今後開発される集積型超伝導フィルタバンクによる面分光観測の基礎となる技術・知見が得られた。7 月半ばから 11 月末までの 4 ヶ月以上に渡った科学観測は、チームを構成する世界中の大学・機関に所属する多数の人の手によるリモート観測で行われた。高感度が求められる高赤方偏移銀河や SZ 効果の観測は大気の状態が最良のときを選んで実施し、それ以外の時間には、近傍銀河や銀河系内天体、突発天体も含め、超広帯域分光を活かした新しいテーマの開拓にも取り組んだ。桁違いの多素子化により周波数帯域の拡張や多画素化を実現できるこのフィルタバンク技術を発展させ、ユニークな科学テーマの掘り起こしと、そのテーマに最適化した周波数範囲・空間範囲を一度に捉えられる次世代装置の開発に繋げていきたい。

[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](#)

V107a 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 VII. 受信システムの要素製作および性能評価試験

谷口暁星, 竹腰達哉 (北見工業大学), 田村陽一, 萩本将都, 岡内紀翔, 加藤大翔, 中島拓 (名古屋大学), 酒井剛, 手塚愛莉 (電気通信大学), 小嶋崇文, 川邊良平, Wenlei Shan, Haoran Kang, 谷口琴美, 大島泰 (国立天文台), 河野孝太郎 (東京大学), 田中邦彦 (慶応大学), 井上昭雄 (早稲田大学), 橋本拓也 (筑波大学), 他 FINER チーム

我々は、大型ミリ波望遠鏡 LMT 50 m と ALMA バンド 4+5, 6+7 相当の 120–360 GHz 帯ヘテロダイン受信機を組み合わせて、北半球で ALMA に比肩する分光探査性能を実現する LMT-FINER 計画を推進している (田村他 2024)。ALMA2 の広帯域受信機 (小嶋他 2017, 2020, Kang 他 2024)、および 10.24 GHz 広帯域デジタル分光計 (萩本, 谷口他 2024) を採用することで、LMT-FINER では ALMA に比して 40% の集光面積、5 倍広い同時分光帯域、同等の観測条件 (標高 4,600 m) を実現する。これにより、北天で未分光のまま残された $z \sim 8-15$ の宇宙再電離期前期の銀河候補を、[O III] 88 μm や [C II] 158 μm 輝線で効率的に分光同定し星間物理を探る。

2026 年前半の LMT への搭載と科学観測に向け、我々は各要素の製作および性能評価を行っている。現在までに多バンド受信機を格納するクライオスタットの製作が完了し、バンド 6+7 受信機では 2SB の受信機雑音温度やサイドバンド分離比の評価が進行中である。広帯域デジタル分光計のデジタルサイドバンド分離機能を使った分離性能の向上も実証中である (加藤他本年会)。多バンド同時受信のための常温光学系も製作段階にある。並行して、FINER 先行機のバンド 4 受信機 (川邊他 2020 年春季年会) の改修を行い、LMT の科学観測提案を共同で実施するなど、LMT との研究交流や交渉を進めている。本講演では、これらの報告と今後の推進計画を示す。

[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](#)

V108a リアルタイム制御と分散処理を両立する望遠鏡制御システム NECST v4 の開発

高山楓菜¹, 立原研悟¹, 西川薫, 山田麟¹, 出町史夏¹, 玉城磨生¹, 石川竜巳¹, 松月大和¹, 伊藤拓冬¹, 松本健², 小西亜侑², 中川凌², 大西利和², 多田輝太³, 佐野栄俊³, 福井康雄¹ (1: 名古屋大学, 2: 大阪公立大学, 3: 岐阜大学)

NANTEN2 望遠鏡は、チリ・アタカマ砂漠にある口径 4m のサブミリ波望遠鏡で、名古屋大学天体物理学研究室が主体となって運用している。我々は、南半球から観測可能な全天の約 70% の CO 輝線マップを取得する NAnten Super-CO survey as legacy (NASCO 計画) を推進している。最大駆動速度 2000 arcsec/s、駆動精度 15 arcsec 以下の高速かつ正確なスキャン駆動が要求されるが、以前使用していたソフトウェアでは駆動精度を達成できず、機能の追加などのメンテナンスが難しいといった問題も残されていた。そこで、我々は Python3 と Robot Operating System (ROS) を使用した新たな望遠鏡制御システム、NEw Control System for Telescope (NECST) v4 の開発を、2021 年より大阪公立大学が所有する 1.85m 望遠鏡を用いて進めてきた。このシステムは、特定の望遠鏡に特化しない高い汎用性や、分散処理と信頼できるリアルタイム制御の両立を特徴とする。また、Docker を導入することで複数の計算機で同一環境を実現した。2024 年 8 月から 10 月にかけて、NANTEN2 望遠鏡に NECST v4 システムを初めて搭載した。本講演では、その駆動試験や試験観測について報告する。ドームやメンブレン、受信機関係のデバイスをリモートで制御できることを確認し、SIS 素子のチューニングを行った。ポジションスイッチ観測では天体のトラッキング観測が行えることを確認し天体信号の受信に成功した。高速なスキャン駆動のための PID パラメーターのチューニングを行い、1 度四方の OTF 観測を約 30 分という短時間で完了し、要求駆動精度を達成した。来年度は NASCO 計画の開始に向け、コミショニング観測を行う予定である。

[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](#)

V109b NANTEN2 望遠鏡の再稼働に向けた活動報告

立原研悟, 山田麟, 出町史夏, 石川竜巳, 松月大和, 高山楓菜, 伊藤拓冬, 星満, 福間耀, 山本宏昭, 小林和宏, 水野亮, 福井康雄 (名古屋大), 多田輝太, 柘植紀節, 村瀬建, 佐野栄俊 (岐阜大), 松本健, 小西亜侑, 中川凌, 岡本結人, 大西利和, 小川英夫 (大阪公立大), 西村淳 (国立天文台)

NANTEN2 望遠鏡は 2006 年より、チリ・アタカマ砂漠において、銀河系内や大小マゼラン雲の分子雲観測をおこなってきた。2019 年には新たに開発した 2 周波同時マルチビーム受信機 (NASCO 受信機) を搭載し、超広域分子雲探査 NASCO プロジェクトの開始にむけ準備を進めていた。しかし 2020 年の COVID パンデミックによって、プロジェクトのメンバーのチリへの渡航が制限され、以来望遠鏡の稼働は停止していた。2023 年度から再起動に向けた活動を再開し、現地作業をおこなっている。3 年間に及ぶ休止期間の間にドームの外壁パネルが損傷し、ダストが内部に侵入して鏡面に付着するなどの不具合もあったが、望遠鏡やドームの駆動系、冷凍機、受信機などの装置一つ一つの動作確認作業によって、大きな損傷がないことが確認された。一方 NASCO 受信機を冷却性能を測定したところ、冷却 HEMT アンプや SIS 素子のいくつかに性能の劣化が見られ、2024 年 9–10 月の期間にこれらの交換作業をおこなった。また NASCO 受信機の性能を活かし、高効率な観測を実現するために新たに導入した新制御システムソフトウェア、NECST v4 におけるファーストウェーブも達成し、天体からの CO 分子スペクトルを得ることに成功した。ソフトウェアのコミショニングは進行中であるが (高山他本年会)、システムの問題点を整理し、NASCO プロジェクトによる大規模サーベイ観測開始の目処を立てることができた。NANTEN2 望遠鏡にとって、3 年もの期間稼働しなかったことは初めての経験であったが、困難を乗り越えた再稼働に向けての現状を報告する。

[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](#)

V110b DESHIMA 2.0: ガンマ線突発天体サブミリ波帯追観測支援システムの開発

佐藤 瑞月, 竹腰 達哉, 谷口 暁星 (北見工業大学), 田村 陽一 (名古屋大学), 山中 逸輝, 西村 優里, 河野 孝太郎 (東京大学), 遠藤 光 (TU Delft), DESHIMA 2.0/ASTE collaboration

ガンマ線バースト (GRB) のアフターグローは、ジェットの衝撃波 (主に順行衝撃波) に起因するシンクロトロン放射を起源とし、強いエネルギー放射を伴う。特にサブミリ波帯では、赤方偏移 $z \sim 30$ に至っても放射強度がほぼ一定であることが理論的に予測され、宇宙初期から現在に至る星形成活動を探る有力なプローブと考えられている。また、GRB 発生直後には、逆光衝撃波による短時間の極めて強い放射が期待されるが、サブミリ波帯の観測例は少なく、バースト後数時間以内に観測を開始した例はごく限られている。一方、2024 年 7 月から 12 月に ASTE 望遠鏡で科学評価観測を実施した超広帯域サブミリ波分光計 DESHIMA は、200–400 GHz にわたる広帯域分光観測が可能であり、宇宙論的距離にある GRB フラッシュの予想強度に肉薄する感度を、現実的な時間で達成できると見込まれている。そこで本研究では、サブミリ波帯での GRB の分光追観測を、GRB の出現後、即座に実現することを目標とし、突発天体アラートシステム General Coordinates Network (GCN) と、DESHIMA および ASTE の観測システムとを連携させた追観測支援システムの開発を行なった。この観測システムでは、GCN を用いて Swift 衛星が検知した GRB の情報を取得し、ASTE 望遠鏡の観測指示書を自動的に生成、観測サイトへ自動転送する。同時に観測者が観測判断に用いる天体情報を、チャットアプリで共有する。これにより GCN アラートの発出後、最短で数分以内の観測が可能な設計になっている。本システムの試験運用は、2024 年 9 月下旬より 2 か月間実施し、Swift 衛星で検知された 10 個の GRB イベントのうち、観測条件を満たした 3 イベントについて追観測を実施できた。本講演では、システムの詳細と運用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](#)

V111b 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 VIII. 広帯域分光計のデジタルサイドバンド分離機能の実証とその時間安定性の評価

加藤 大翔 (名古屋大学), 谷口 暁星 (北見工業大学), 萩本 将都, 中島 拓, 岡内 紀翔, 田村 陽一 (名古屋大学), Haoran Kang (国立天文台), 酒井 剛 (電気通信大学)

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。これまでに、製作した 10.24 GHz 広帯域デジタル分光計 (田村他 2020 年秋季年会) の改修作業により、デジタルサイドバンド分離 (DSBS) に必要な信号とノイズの強度を同時取得するために必要なダイナミックレンジを達成した (萩本他 2023 年秋季年会)。

本研究では、分光計に搭載された DSBS 機能の実証と、その時間安定性の評価を 3 mm 帯の 2SB 受信機を用いて行った。2SB 受信機では、2 系統のアナログ回路間で生じる振幅と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。DSBS は、これらをデジタル分光計の信号処理によって補正することで、SRR を改善し、イメージ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できることが期待される技術である。実証実験の結果、SRR が 3–5 dB 程度改善された。また、振幅と位相のインバランスを補正するデジタル信号処理で用いる補正係数の計算頻度は観測効率に影響を与えるため、一度決定した係数で長時間安定したサイドバンド分離機能が保証される必要がある。評価試験の結果、想定される一晩での観測に対して十分 (20 時間以上) 係数が安定していることが確認された。これらの結果から、高感度な観測を広帯域かつ高効率で実現する上で、DSBS を採用するという本計画の方針が裏付けられた。

[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](#)

V112b 深層学習 CNN を用いた画像認識による RFI/EMI 除去のアルゴリズム構築

大野知希¹, 山本宏昭¹, 藏原昂平², 村田泰宏³, 深谷直史¹, 石川竜巳¹, 松月大和¹, 立原研悟¹ (1: 名古屋大, 2: 国立天文台 3: 福井工大)

電波観測を行う際に人工的な電波信号である RFI (Radio Frequency Interference) や観測機器由来の電気信号である EMI (Electric Magnetic Interference) が観測データ内に混入すると、データの低質化や損失が起こる。RFI や EMI は強度や線幅に関して様々であり一概に特徴づけることが困難であるため、ハードウェア的な方法では十分に除去しきれない。そのため、本研究では深層学習 CNN を用いた画像認識によって、観測データ (時間–周波数の 2 次元強度マップ) 内の RFI/EMI のソフトウェア的な除去を行う。本研究の目的は、白田宇宙空間観測所の口径 64 m 通信アンテナ (以下、白田 64 m 鏡) で観測された OH 線、CH 線のデータに対する RFI/EMI 除去である。RFI/EMI を特定の時間と周波数において検出するだけでなく、周辺の値を利用してデータ補完を行うことで、最終的には科学研究に利用することを目指す。以上を行う一貫通貫のアルゴリズムを作成することで、これから得られる観測データのみならず、過去に RFI/EMI が原因で利用できなくなったデータを科学研究に利用することが可能になる。画像認識のモデルとしては、Akeret et al. (2017) で示された RFI/EMI 検出に特化したモデルである U-Net を使い、教師データとして、HERA (Hydrogen Epoch of Reionization Array) プロジェクトのシミュレーション観測データ作成パッケージ hera_sim を用いた。教師データを学習させたモデルに白田 64 m 鏡のデータ内の RFI/EMI を検出・データ補完の処理を段階的にさせたところ、2 回の処理で RFI/EMI は元の強度の $\sim 16\%$ まで低減でき、実際の観測データに対しても RFI/EMI への処理が可能であることがわかった。本講演では、画像認識のモデルによる画像処理方法とデータ補完方法、アルゴリズムの精度について述べる。

[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](#)

V113b 次世代センチ波干渉計に向けた超広帯域クアットリッジアンテナの開発：製造方法の確立

亀山晃, 向井一眞, 抱江柊利, 小川英夫, 大西利和 (大阪公立大学), 野原祥吾, 新沼浩太郎 (山口大学), 山崎康正, 金子慶子, 神澤富雄, 三ツ井健司 (国立天文台), 長谷川豊 (情報通信研究機構)

電波天文学における近年の開発課題の1つである比帯域100%超の広帯域観測装置の実現において、天文観測機器として求める高性能フィードアンテナの実現は最難関の1つである。近年、この広帯域観測機器の実現に向けて、Quadruple-Ridge Antenna (QRA) の開発が活発化しているが、構造的な問題からその周波数は最大20 GHz程度に留まっている。VLBIにおける主要輝線は22, 43, 86 GHzといったさらに高周波帯に存在するため、QRAの高周波化は次世代VLBI広帯域同時観測にとって非常に重要である。これを受け、我々は超広帯域QRAの開発を進めており、本講演では、この開発進捗について報告する。

これまでに我々は6-23 GHz帯でのVLBI同時観測を目的としてQRAの開発を進めており、シミュレーション設計において全体域で19 dB以上の反射損失となる有力な解が得られている(長谷川他2020年秋季年会, 抱江他, 山崎他2023年秋季学会, 向井他2024年秋季年会)。また、本QRAは複数のブロックパーツを結集する必要があり、各パーツのアライメント精度が重要である。そこで現在導波管面が綺麗に製造できる切削加工と、3Dプリンターの製造方法について比較検討を行っている。3Dプリンターによる製造は、導波管面の表面荒さが大きくなるデメリットがあるが、一体型で製造ができ、かつホーンの中心対象が取れるメリットがある。そこで我々は、国立天文台先端技術センターが所有する金属3Dプリンターを用いて、QRAの一体型製造を進めている。

[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](#)

V114b 惑星電波望遠鏡IPRT用メートル波広帯域アンテナフィードの開発

桑山陽次, 三澤浩昭, 土屋史紀 (東北大), 北元 (東北工大), 氏原秀樹 (立命館大)

東北大惑星プラズマ・大気研究センターでは2001年より物理開口面積が1000m²強の飯舘メートル波帯電波望遠鏡IPRTを運用してきたが、現在、より広帯域での高感度化に向けてフィードシステムの開発を進めている。現行のIPRTの受信系は、325MHz(& 650MHz: 開発中) 中心の狭帯域高感度観測用に加えて、100-500MHz帯をターゲットとした広帯域太陽電波スペクトル観測システムを独立して備えているが、後者では感度面で弱点があった。近年の大型電波観測装置の更新(μ GMRT等)や開発(SKA等)により、今後一層の展開が期待される低周波数VLBI観測推進に向け、広帯域フィードの高効率化は重要になってきている。そこで、当グループでは、高感度観測用と広帯域観測用フィードを統合し高効率化を目指す、新たな100-700MHz帯用フィードシステムの開発に着手している。(目標:325 & 650MHz帯で60%以上、全周波数帯で40%以上)

これまで、SKA-MID band-1用フィードとしても検討報告がある自己補対形4アームsinuousアンテナ(c.f. de Villiers, 2017)をモデルケースとして、電磁界解析ソフトFEKOを用いて設計検討を行ってきた結果、製作の容易さを備えた角錐形状にて全周波数帯で50%以上の開口能率が期待される解を見い出した。実機を用いた検証を目的として、1/4スケールでのモデルの製作と特性評価も行い、京都大学生存圏研究所の電波暗室でのビーム特性評価にて、期待される計算結果を概ね再現していることを確認できた。2025年度の実用化を目指し、今後は実際の製作手法の検討や伝送・増幅系の検討を進めていくとともに、1/4スケールモデルのIPRTへの搭載による照射効率の計測試験を進めている。

講演では、設計の詳細と1/4スケールモデルを用いた評価計測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](#)

V115c 高萩・日立32m電波望遠鏡の整備・運用状況2025A

米倉覚則, 田辺義浩, 森泉怜, Sahlan Ramadhan, 古川真祐子, 高橋健太郎, 松島瑞樹, 村田千和, 百瀬宗武 (茨城大), 小川英夫 (大阪公大), 元木業人, 新沼浩太郎, 藤沢健太 (山口大), 宮本祐介, 中城智之, 村田泰宏 (福井工業大), 高羽浩, 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。現在のIF系は冷却受信機出力を3分配し、6.7, 8.4, 12.2 GHzの観測に用いている(LHCPのみ)。これを、6.7, 12.2 GHzおよびサイドバンド分離型(受信周波数可変)の3系統かつ両偏波対応へと改造中である。これにより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、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になる。

また、2024年11月9日に福井工業大学あわら宇宙センター13.5-mアンテナと日立32-mとの間でフリッジ試験を実施し、8 GHz帯において無事フリッジを検出した。

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、文部科学省宇宙航空科学技術推進委託費JPJ000959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](#)

V116a 大型サブミリ波望遠鏡の実現に向けた主鏡支持構造の設計：構造の特徴を活かした鏡面の超高精度化

今村千博, 田村陽一, (名古屋大学), 木村俊明, 河村拓昌 (名古屋市立大学), 谷口暁星 (北見工業大学), 栗田光樹夫 (京都大学)

大型サブミリ波望遠鏡 (LST) は日本が主導する将来の 50 m 級の大型サブミリ波単一鏡であり、欧州が主導する同様のコンセプトの大口径サブミリ波単一鏡 Atacama Large Aperture Submillimeter Telescope との統合に向けた議論が進んでいる。この望遠鏡の実現には形状誤差 25 μm RMS 以下の高精度な鏡面と軽量な望遠鏡構造の両立が必須だが、既存の技術だけでは性能要求の達成は難しく、LST 実現に向け複数の技術開発が進んでいる。

本講演では、予測可能な静的変形の最小化に有効な主鏡支持構造 (BUS) 設計に広義の人工知能の一つである遺伝的アルゴリズムを用いた構造最適化 (今村ほか、2023 年秋季年会 V121a) のアップデートを報告する。本研究では、LST を模した口径 50 m の BUS の部材断面積と節点座標を変数にとり、電波光学と建築学の観点から考案した制約条件下で、ホモログス変形と仰角 50 度での鏡面補正を考慮した自重変形と BUS の重量の同時最小化を行う。LST のデザイン案では、BUS はトラス状の高剛性のハブを支持点にしており、ハブの剛性が BUS のホモログス変形を妨げる可能性がある。そこで、ハブ上の節点を最適化の対象から外して最適化を実行した結果、BUS は鏡面変形を小さくする方向に大きく進化し、ハブ上の節点を変数に入れた場合と比べ約 5 倍鏡面精度が改善した。その中で最も鏡面精度が高い構造の形状誤差は 4.8 μm RMS であった。この構造は、ハブ上の節点を変数に入れて最適化した際の最も鏡面精度が高い個体よりも変形そのものは大きい、極めて高い鏡面精度を実現している。これは、アルゴリズムが非常に性質の良いホモログス変形をする構造を発見でき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](#)

V117a 南極新ドームふじ基地の建物と必要電力の検討

中井直正, 永原大暉, 吉田亮平, 門傳伸二, 瀬田益道 (関西学院大学), ほか南極天文コンソーシアム

第 11 期南極観測計画 (2028-2033) において南極内陸部の高原地帯 (標高約 3800m) に新ドームふじ基地を建設し、12m テラヘルツ望遠鏡を設置する計画を進めている。望遠鏡の運用には通年で観測、研究、生活等ができる居住用建物が必要である。その建物の検討と年間を通して室内を 20 $^{\circ}\text{C}$ に保つ電力を見積もった。建物の総床面積は約 300 m^2 である。建物は断熱性を考慮してジャパンドームハウス社のドームハウスを用いるとする。これは厚さが 20cm の高密度 (35 kg/m^3) の発泡スチロールで建築の構造材に認定されている。既製品を用いることで安価かつ建築期間が短くできる (ひと夏)。7700 型アーチ 3 号 (内部横幅 7300mm、高さ 3850mm) の内部に台形ユニット 2 号 (内部横幅 5300mm、高さ 3530mm; 外部横幅 5700mm、高さ 3730mm) がちょうど入り、その間に幅 100mm~800mm の空気層を作ることができて断熱効果を格段に高めることができる。長さ 2m のピースをつなぎ合わせることで全長を 58m とすると内部床面積は 307 m^2 となる。平均気圧が 600hPa、外気温は月平均の値 (-33 $^{\circ}\text{C}$ ~ 66 $^{\circ}\text{C}$) を採用し、発泡スチロールの熱伝導率を 0.04W/m/K とし、熱伝導、対流熱伝達および熱放射の計算を熱・流体シミュレーションソフトを用いて行くと、年間を通して室内温度を 20 $^{\circ}\text{C}$ に保つのに必要な電力は平均 1075W となった (最小が 1 月の 780W、最大が 5-8 月の 1200W)。約 1kW と低電力となったのは、断熱材の厚み、2 重構造、間の空気層のためである。7700 型アーチ 3 号または台形ユニット 2 号の単独の構造の場合には約 7.5kW なので 6.5kW の電力節約となり、居住用必要電力 36kW (発電電力 60kVA) の 18 パーセントの節電 (ドラム缶 63 本分) 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](#)

V118a 南極 30 cm サブミリ波望遠鏡のアンテナ駆動系と光学性能評価

栄野比里菜, 久野成夫, 橋本拓也, 本多俊介, 瀧口風太, 岩田将輝, 山崎豪 (筑波大学), 瀬田益道 (関西学院大学), 俣俣和夫, Dragan Salak, 半田宙也, 齋藤碩人 (北海道大学), 西堀俊幸, 石田智大 (JAXA), 猿谷友孝 (国立極地研究所)

我々は口径 30 cm のサブミリ波望遠鏡を、地上で最もサブミリ波の大気透過率の良い南極大陸内陸部の標高 3810 m に位置するドームふじ観測拠点 II に設置する計画を進めている。南極 30 cm 望遠鏡によって 492.16 GHz の中性炭素原子 [CI] ($^3\text{P}_1 - ^3\text{P}_0$) 微細構造輝線、461.04 GHz の一酸化炭素 CO (J=4-3) 回転輝線の同時観測による銀河面の広域観測を行い、分子雲スケールの分解能で銀河スケールでの星間ガスの進化過程の解明を目指す。

ドームふじは我々の 30 cm 望遠鏡が運用される夏期ですら気温 -28 $^{\circ}\text{C}$ と極低温環境であり、アンテナ駆動系において、モーターベアリング部のグリスの硬化、エンコーダーの読み取り誤差などが懸念される。これらの検証のため国立極地研究所の低温室にて望遠鏡システムを -24 $^{\circ}\text{C}$ ~ -28 $^{\circ}\text{C}$ の低温下に 2 日間置いてアンテナ駆動試験を行い、モーターへの指示値とエンコーダーの読み取った現在値のずれを測定した。3 時間連続のラスタースキャン駆動の結果、ずれの標準偏差は仰角、方位角モーター合わせて 5.57" となった。これは常温駆動の 3.68" と同程度であり、南極 30 cm 望遠鏡のビームサイズ (9' = 540") より十分小さいことが確認された。またアンテナの光学性能評価として、ビームパターンの測定を筑波大学で行った。国内では 500 GHz 帯の大気透過率は 0 に近く、天体を用いた遠方距離での測定は不可能となる。そのため電波送信機を用いた近傍距離測定を行い、電磁界解析ソフトの GRASP によるシミュレーションと比較した。実測ではシミュレーションよりも広がったビームサイズが得られたが、これは光源の送信機までの距離が近く、点源とみなせないため広がって観測された可能性がある。

[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](#)

V119a SKA1 サブプロジェクト報告 2025 春

新沼浩太郎 (山口大学), 赤堀卓也, 本間希樹, 町田真美 (国立天文台), 市来浄與 (名古屋大学), 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) 計画の国内外の進捗を報告する。世界ではメンバー国が 12ヶ国 (インドとカナダが追加) に増え、フランス・スウェーデンも手続きが進み、韓国も予算化が進みつつある。初期アレイ AA0.5 の建設は全体的には順調である一方、SKAO 評議会の議長が任期満了で Filippo Zerbi 氏へと交代し、SKAO の科学部局長 Robert Braun 氏と運用部局長の Lewis Ball 氏の退職が 2025 年中に迎えるため、体制に変化が起きる。2025 年は SKA General Science Conference の開催と SKA 科学白書の出版を控える。国際 SWG への参加者は 1600 名を超え、SKA への世界的な期待はさらに高まっている。SKA Regional Centre Network (SRCNet) では、最初のリリース v0.1 が行われる予定であり、いよいよ世界最大規模の学術情報クラウドが動き出す。

日本国内では、コミュニティと密に連携しながら、国立天文台 SKA1 サブプロジェクトが日本の SKA 計画への参加の準備を進めている。2028 年度までに大型予算を獲得するという新たな参加計画を、コミュニティシンポジウム等で合意を得ながら策定した。またコミュニティの協力を得ながら競争的資金の獲得にも努力し組織の強化を図っている。引き続き科学では SKA 先行機を使った研究と奨励を進め、SRC は v0.1 への参加を行う。技術では次の 3 年間程度で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、AIV への参加の上積み計画し、それに合わせた新たな覚書の締結を準備している。他にも日本の計画参加に向けて受信機、デジタイザ、VLBI などの技術貢献の準備を進めた。広報活動では、普及活動の一環としてサブプロジェクトの Web ページや X を開設し、情報展開に努めた。

[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](#)

V120c SKA1 サブプロジェクト科学部門報告 2025 春

町田真美、廣田朋也、寺家孝明、藏原昂平 (国立天文台)、高橋慶太郎 (熊本大学)、今井裕 (鹿児島大学)、酒見はる香 (山口大学)、他 SKA1 サブプロジェクト

SKA プロジェクトに向けた科学検討の進捗を報告する。2024 年度は、宇宙磁場の国際会議 (5 月)、星間現象の国内会議 (9 月)、宇宙再電離の国内会議 (8 月)、SKA サイエンス会議 (12 月) の企画運営に協力した。SKA サイエンス会議では、2025 年 6 月にドイツで行われる国際 SKA サイエンス会議参加に向けた議論を行い、日本のサイエンスの強味を確認し、また、キーサイエンスプロジェクト参画に向けた検討を行った。コミュニティが初期科学観測参加するための準備の一貫として、MeerKAT プロポーザル講習会 (7 月)、SKA1 感度計算機利用説明会 (11 月)、偏波解析講習会 (2 月) を開催した。MeerKAT プロポーザル講習会においては、プロポーザルの書き方、感度計算の講習のみならず、個々のプロポーザル作成にも協力し、その結果、3 件のプロポーザルが採択されるなど、着実に成果を上げている。コミュニティに対して行った業績調査では、2023 年度における競争的資金の獲得は 1 億 350 万円 (間接経費込)、学生輩出は博士 2 名修士 12 名であった。査読論文数は 36 件と前年度までの平均より若干減少したが、2023 年 2 月 (2022 年度) に PASJ 誌に特集号を刊行したことで成果が前倒しされたためと考えている。獲得資金総額が 1 億円を超えた要因は基盤 A が 4 件、基盤 B が 5 件、創発的研究支援事業が 1 件など、比較的規模の大きな経費が複数採択されているためである。7 月に開催されたシンポジウムにて要望が出た、コミュニティの横の連携を強固とし科学コミュニティの議論を活性化するためのツールとして、専用の Slack Workspace を立ち上げた。

[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](#)

V121c SKA1 サブプロジェクト SRC 部門報告 2025 春

岩田悠平、吉浦伸太郎、赤堀卓也、山下一芳、出口真輔、加藤亮 (国立天文台)、市来浄與、大前陸人 (名古屋大学)、酒見はる香 (山口大学)、ほか SKA1 サブプロジェクト

SKA 地域センター (SRC) は、SKA のデータを保持しユーザーの解析リソースを提供する学術情報基盤である。SKA の膨大なデータを単一機関だけで保持するのが難しいため、SRC はネットワーク (SRCNet) を構成して協力してサービスを提供する予定である。SRCNet 全体で 22 PFlops の演算性能と、毎年 1 PB 増える記憶容量、そして 100 Gbps の高速ネットワーク結合が求められている。日本は SRCNet の正式メンバーであり、日本支部 (JPSRC) は約 0.7 PFlops の演算性能と 50 PB の記憶容量を 2028 年初頭までに SRCNet に供したいと考えている。JPSRC はクラウド・コンテナ・ウェブ技術で天文データ解析に革新をもたらすことを目指している。

本講演では、主に 2024 年中の SRC 開発の国内外の進捗状況を報告する。SRC の開発は Scaled Agile Framework (SAFe) の開発手法を採用し、Program Increment の PI21~PI24 が進められた。SRCNet v0.1 に正式に参加を表明し、その基盤となる OpenStack や Kubernetes の整備を進めた。PI24 ではそのプラットフォームに必須のソフトウェアである CANFAR、Prometheus、Rucio Storage Element、SODA Server、PerfSONFAR、GitOps、DM API をそれぞれ導入している。名古屋大学に設置していた計算機を天文台に輸送、設置するとともに、UPS、ハードディスクの増強を行うことで、国際チームから v0.1 として求められていた演算能力とストレージ能力を達成した。2023 年度に導入したベクトルプロセッサで、ファラデーモグラフィ、EoR 前景放射除去、パルス解析の高速化試験を行い、ファラデーモグラフィと前景放射除去については CPU からの高速化が達成できたものの、パルス解析については改良が必要であることが分かった。

[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](#)

V122c SKA1 サブプロジェクト技術部門報告 2025 春

新沼浩太郎 (山口大学), 砂田和良, 吉浦伸太郎, 小山友明, 河野裕介, 山崎康正, 寺家孝明, 藏原昂平 (国立天文台), 小林秀行 (上海天文台), ほか SKA1 サブプロジェクト

SKA1 サブプロジェクト技術部門における 2024 年度の活動を報告する。技術部門では引き続き AIV を中心とした活動を継続している。MID AIV は担当者 1 名が南アフリカに合計で 6 ヶ月程度滞在し、SARAO/SKAO の担当者らとともに議論を行いながら試験観測データの評価などを進めた。また関係者 3 名らが現地対面にて打ち合わせを行い、来年度以降の国内大学研究者の貢献の道筋をつけた。LOW-AIV 活動についてはテスト手順書の作成を進め、担当者 1 名の業務引き継ぎを行った。SKA-VLBI にむけた広帯域記録装置の試作では、10GbE 下で 16Gbps (160 万パケット=100GbE-JF では 128Gbps 相当) の伝送記録に耐える受信・記録ソフトウェアの開発を完了した。加えて、SKA LOW-VLBI を見据え、低周波 VLBI 実験に関する技術獲得のため東北大学飯館局と協力のもと、インド GMRT や Ooty 基線との VLBI 観測の実施に加え、オーストラリア MWA との VLBI 観測実施に関する議論も開始した。Band5 (5-15GHz)、Band6 (15-23GHz) 受信機の開発はスイスと会合を持ち、給電部開発に興味のある日本と増幅器開発に興味を持つスイスとで共同開発の議論を進めた。AD 変換器については、市販チップで技術要求を満たす設計の可能性、暴露環境での使用、さらには EMI の問題について議論を深めた。

2025 年度は AA0.5 の AIV および CSV の活動、そして AA1.0 の AIV 活動に取り組む。SKA-VLBI にむけた広帯域記録装置の試作を進め、400Gbps の記録を目標にする。また、緊急性の高い Band5 受信機への技術貢献、および将来的な拡張期を見据えた Band6 受信機の開発、について議論をさらに深める。大型予算獲得後に貢献予定の AD 変換器などについても、技術要求を満たす設計検討に加えて、その量産方法の検討を進める。

[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](#)

V123a The Next Generation Very Large Array - Spring 2025

泉拓磨 (NAOJ), 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), 奥住聡, 田中圭 (Science Tokyo), 大屋瑤子 (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), 坂井南美 (理化学研究所)

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× higher sensitivity and > 10× higher resolution than the current VLA and ALMA, which will revolutionize our understandings on various aspects of the universe. In this talk, we will first report recent progresses of the international ngVLA community, including (1) successful pass of the NSF Conceptual Design Review in US, (2) antenna site investigation in Mexico, (3) proposal of German VLBI function, (4) Science/Technical Advisory Councils (SAC/TAC) reports, and (5) scientific + technical advancements in Japan. In particular, we will report the construction of a prototype antenna that is already happening in US, and explain how the construction plan and timeline (recently updated in the ngVLA study group) in Japan align well with the US's prospect, with a particular emphasis on the importance of Long Baseline Array. Lastly, a summary of a series of Science Working Group (SWG) workshops will be given: we will explain our plan to publish a Japanese science white book based on these community's efforts.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V124a アルマバンド 8v2 受信機プロジェクトにおける光学設計案

今田 大皓, 坂井 了, 金子 慶子, 小嶋 崇文, 上水 和典, 増井 翔 (国立天文台), 西川 悠馬 (大阪公立大学), Bangwon Lee (KASI)

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。本アップグレードでは、中間周波数の広帯域、高感度化に重点を置き、広帯域化、高感度化に伴って、光学設計も検討項目の一つとなっている。

既存のバンド 8 受信機の伝送光学系は楕円鏡一枚で構成され、導波管型の直交偏波分離器 (OMT) を採用することで、ビームの取り回しをシンプルにしている。一方で、楕円鏡一枚ゆえのビームの変形・偏波特性の劣化や、楕円鏡・真空窓によるケラレの影響、導波管内でのトラップモードなど、いくつか改善しうる点があることも明らかになっている (今田ほか、2024 年春季年会 V120a)。

上に挙げた点を光学設計の観点から改善するために、我々は光線追跡を用いて新たな伝送光学系の設計を実施することにした。従来の軸対称ガウシアンビームのパラメータを追跡する方法では、ビームの変形や偏波特性を最適化時に追跡するのが難しいからである。また、光線追跡の結果から、自由空間と導波管の間を繋ぐ役割を担うホーンの設計パラメータを得ることにした。ホーンのホルン設計はモードマッチングとモーメント法による計算で実施した。本講演では、設計の制約条件、アルマ望遠鏡で規定された性能指標に加え用いた指標、設計の目標値、光線追跡で設計した後に実施したビームシミュレーションの結果、ホーンの結果を紹介する。得られた設計解のビームシミュレーションの結果は良好な性能 (e.g., 開口能率 80%以上) を示し、我々は今後、実際に製作、測定を行なう予定である。

[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](#)

V125a アルマバンド 8v2 受信機プロジェクトにおける導波管回路の開発状況 2

増井 翔, 小嶋 崇文, 坂井 了, 上水 和典, 金子 慶子, 今田 大皓 (国立天文台), 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。具体的には、「中間周波帯域の広帯域化 (従来の 2 倍以上)」、「さらなる低雑音化」、「高サイドバンド分離度化」などの実現を目指したバンド 8 version2 (バンド 8v2) 受信機を開発を進めている。上記の性能を実現するためには、導波管回路等の損失低減が重要であり、我々は近年の切削技術を活かした高性能な導波管回路の設計を新たに進めている。

バンド 8v2 受信機で使用する導波管回路には、直交偏波分離器と 2 サイドバンド (2SB) ユニットが挙げられる。増井他 2023 年春季年会において、直交偏波分離器及び 2SB ユニットの試作品の測定状況について報告した。当試作よりいくつかの課題が見つかったため、課題をフィードバックした直交偏波分離器と 2SB ユニットの試作を新たに進めている。直交偏波分離器においては、ワイヤー放電加工部での挿入損失の劣化を防ぐため、金メッキ直交偏波分離器の製造を進めた。メッキに伴い、回路の寸法誤差に影響があることが考えられるため、メッキ無の直交偏波分離器も製造し、反射損失等を含めた全体の特性を比較する。2SB ユニットにおいては、これまでの先行研究から 2SB ユニットに内蔵している終端器の性能がサイドバンド分離度に影響を与えることがわかっており、現試作では終端器の実装誤差による反射損失の劣化低減を目指した。加えて、前試作の 2SB ユニットでは 20 mm 角のブロックで回路を実現していたが、現試作では挿入損失の改善のために小型なブロックで回路を製造した。また、前試作の 20 mm 角の 2SB ユニットに SIS ミキサを接続した 2SB システムの測定も実施した。本講演では、上記の導波管回路や 2SB システムの測定結果について発表する。

[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](#)

V126a アルマバンド 8v2 受信機プロジェクトにおけるカートリッジ設計検討

坂井了, 今田大皓, 金子慶子, 小嶋崇文, 増井翔, 上水 和典 (国立天文台)

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 から 2 倍以上への広帯域化と共に、受信機システムの大幅な高感度化を重要項目として挙げている。また、サイドバンド分離度、偏波特性や開口能率等の性能向上も目指しており、これらを実現する上で最適な 2 サイドバンド (2SB) 受信機の回路構成および光学系構成を検討している。カートリッジ設計では、自重や熱収縮による変位量、熱流入量や固有振動数等の要求仕様、組立作業性など機械的に成立しつつ、IF 信号および局部発信 (LO) 信号の伝送特性を考慮して、各コンポーネントや伝送線路の形状・配置設計を進めている。例えば、LO 伝送系に関してはミキサ駆動に最適な電力となる損失かつ高次モードの共振の影響が小さい導波管設計、IF 伝送系では可能な限り挿入損失を抑え、周波数特性に急な傾斜が付かないよう同軸ケーブルを設計している。本講演では、3 枚の反射鏡と導波管型偏波分離器から構成される光学系、ミキサ-低雑音増幅器-IF ハイブリッドの順番で間に冷却アイソレータを介さず接続された 2SB 回路構成におけるカートリッジ設計の検討状況を述べる。カートリッジの CAD モデル設計案、熱・構造解析結果や IF 信号および LO 信号の伝送特性の解析結果等を紹介する。

[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](#)

V127b Update on ALMA Operations and Development Program - Spring 2025

M. Fukagawa, S. Iguchi, B. Hatsukade, S. Ishii, K. Kikuchi, 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 September 2024. Regarding the operational status, the Cycle 10 observing period concluded at the end of September 2024. During Cycle 10, ALMA set a new record with a total of 4,250 hours of data passing immediate post-observation quality assurance on the 12-m Array. The total observation hours for the 7-m Array and the Total Power Array also reached their highest levels in ALMA's history. Another highlight of Cycle 10 was the increased execution time for high-frequency programs including Band 10. Cycle 11 successfully commenced immediately after Cycle 10.

Preparations for the Wideband Sensitivity Upgrade (WSU) have also progressed. In the development programs led by East Asia, the Data Transmission System has passed the Preliminary Design Review in October 2024, and activities for the basic design of Band 8 version 2 receivers are continuing. In addition, the Total Power GPU Spectrometer in the WSU era, being developed in collaboration with KASI, has also passed the Conceptual Design and Subsystem Requirements Reviews in November 2024. Alongside the development of individual hardware components, design studies for the WSU observing system are being actively conducted in the areas of science operations and software.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V128a LiteBIRD 低周波望遠鏡に入射する赤外線天体のコンタミネーション評価

森口諒介(関西学院大学), 海老沢研(宇宙航空研究開発機構), 関本裕太郎(宇宙航空研究開発機構), 藤本龍一(宇宙航空研究開発機構), 永田竜(宇宙航空研究開発機構), 松浦周二(関西学院大学)

JAXA が計画している LiteBIRD は宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) の B モード偏光成分を観測することで、間接的にインフレーションによる原始重力波の検出を目指す宇宙望遠鏡である。しかしながら、LiteBIRD の低周波望遠鏡 (LFT) は CMB だけではなく、赤外線点源も集光してしまう。赤外線点源による雑音の寄与は、メタルメッシュフィルター (Ade+2006 SPIE62750U) で減少させることが可能だが、同時に観測周波数の光学効率も減らすことになる。よって、赤外線点源による雑音への影響を見積もることにより、メタルメッシュフィルターへの要求を明確にして、CMB 偏光観測の最適化をおこなう必要がある。そこで LFT に入射する明るい赤外線天体の影響を調査した。その影響は、LiteBIRD が赤外線天体を観測した際の強度の角度パワースペクトルと、Planck の宇宙論パラメータから推定した CMB 強度の角度パワースペクトルとを比較することで評価できる。このために LiteBIRD のスキャンストラテジーをシミュレーションするソフトウェアである Falcons と、赤外線天文衛星「あかり」が観測した遠赤外線天体カタログを用いた。Falcons で LiteBIRD のスキャンパターンをシミュレーションし、スキャンに沿ってこれらの赤外線天体が LFT に入射する際の時系列データを作成した。時系列データから全天マップを作成し、それから角度パワースペクトルを算出した。求めた角度パワースペクトルと宇宙論パラメータから推定される CMB の角度パワースペクトルを比較して、入射した赤外線を十分にカットするために必要なフィルターの透過率はどの程度か、その要求値を概算した。その結果、現在利用を想定しているフィルターの性能で、十分赤外線点源のコンタミネーションを抑えられることが分かった。

[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](#)

V129a CMB 望遠鏡 GroundBIRD の観測運用と較正の現状

辻井未来(東北大), 池満拓司(京大理), 石田秀郷(東北大, 理研), 石塚光(総研大), 内田智久(KEK, 総研大), 大谷知行(理研), 小栗秀悟(JAXA), 片岡敬涼(京大理), 唐津謙一(SRON, TU Delft), 木内健司(東大理), 沓間弘樹(東北大), 小峯順太(京大理), 古谷野凌(埼玉大), 末野慶徳(京大理), 鈴木惇也(京大理), 関本裕太郎(JAXA), 田井野徹(埼玉大), 田島治(京大理), 田中智永(東北大), 辻悠汰(東北大, 理研), 富田望(東大理), 永井誠(天文台), 長崎岳人(KEK), 成瀬雅人(埼玉大), 羽澄昌史(KEK, 総研大), 服部誠(東北大), 本多俊介(筑波大), 美馬覚(理研), 吉田光宏(KEK, 総研大), Jihoon Choi(KASI), Ricardo Tanausú Génova-Santos(IAC), Yonggil Jo(Korea U), Kyungmin Lee(Korea U), Michael Peel(Imperial College London), Rafael Rebolo(IAC), José Alberto Rubiño-Martín(IAC), Eunil Won(Korea U), Alessandro Fasanoe(IAC)

GroundBIRD は宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) の偏光観測に焦点を当てた日本主導の国際共同実験である。本実験の特徴は仰角 70 度に傾けた状態の望遠鏡を最大 20 RPM もの高速回転することで大気揺らぎを克服する点にある。これにより、大角度スケール ($l \sim 6$) の CMB 偏光に現れる再電離バンプの地上からの測定を目指す。2023 年度には、全ての本観測用超伝導検出器 Microwave Kinetic Inductance Detector (MKID) の全素子の搭載を完了し、本格的な観測を開始した。観測周波数帯は 145 GHz 帯 (138 ピクセル) および 220 GHz 帯 (23 ピクセル) をカバーしている。

本講演では GroundBIRD 実験の進捗状況と観測データ較正システムの現状について報告する。特に、偏光角較正装置の開発状況に焦点を当て、その現状と課題について議論する。

[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](#)

V130a 機械学習を用いた次世代太陽風観測装置のシステムヘルスマネジメントの完全自動化

竹原大智, 岩井一正

惑星間空間シンチレーション (IPS) は太陽風中の密度擾乱により引き起こされる電波の散乱現象であり、名古屋大学では大型電波望遠鏡を使って観測を行っている。現在、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の開発が進められている。この装置は強力なデジタル信号処理エンジンを持ち、平面デジタルフェイズドアレイにマルチビーム機能を実装した大口径・広視野の次世代電波望遠鏡 (次世代機) である。次世代機の導入により、既存装置の約 10 倍の観測データが創出され、太陽圏構造の理解や太陽風加速問題の解明、宇宙天気予報の精度向上が期待されている。

一方で、次世代機ではデジタルマルチビームシステムの実装によりシステムの複雑化が進み、機器の故障やキャリブレーションミスを同定するコストが増大する。高品質な観測を安定して実行するためには、すべての装置が正しく動作しているかを逐次人力で監視することは不可能であり、完全に自動化しなければならない。これに対応するため、AI を活用したシステムヘルスマネジメント (SHM) が重要となる。AI を活用することで、高精度での異常検出だけでなく、問題発生時に自動的に対処法を選択し迅速に復旧することが容易になる。

本研究の目的は、機械学習を活用したリアルタイムな異常検知と予知・保守機能を実装することで望遠鏡の稼働率を最大化することである。先行して開発された 64 チャンネル分のデジタルバックエンドの各チャンネルの出力データから、合成前のアナログ信号の異常検知をする AI を開発、実装した。本 AI ではロジスティック回帰モデルを使用し、5 回の交差検証を行った。実験では連続波の擬似信号を入力し、任意のアナログ入力に 3dB の減衰器をつけたものと、そうでないもののスペクトルデータ 12000 個を用いた結果、99.925% 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](#)

V131a 次世代太陽風観測装置用アナログ信号受信系の開発 II

渡部温, 岩井一正, 藤木謙一, 加賀尾勇典, 竹原大智 (名古屋大学宇宙地球環境研究所)

太陽には太陽風やコロナ質量放 (CME) といった太陽大気プラズマの放出現象が存在する。特に CME はプラズマ内部に複雑な磁場構造を含んでおり、地球へ到来した場合、社会インフラに多大な影響を及ぼす可能性がある。我々は、周波数 327 MHz、物理開口面積約 4,000 m² を有する大型電波望遠鏡を用いて惑星間空間シンチレーション観測 (IPS 観測) を実施し、CME の到来予測 (宇宙天気予報) へ応用している。近年、宇宙天気現象に関心が高まるなかで、我々の観測にはこれまで以上に大量のデータ創出が求められている。

この課題に対応するため、既存装置の約 10 倍の観測天体数を目標とし、平面フェーズドアレイやデジタルビームフォーミング技術を組み込んだ次世代太陽風観測装置の開発を進めている。本研究では、この次世代太陽風観測装置におけるアナログ信号受信系の開発に取り組んでいる。

次世代太陽風観測装置用受信系の開発目的は、IPS 観測を実施するための最小検出フラックス密度 (0.3 Jy) を確保することである。これまでは、受信系に必要な受信器雑音温度を推定を行なった。本発表では、推定値を基に策定した信号合成系、増幅系、フィルタ系の仕様について詳細を報告する。合成系には、16 本のアンテナ素子から受信した信号を低損失で合成するため、挿入損失が 0.5 dB の 16 ポート合成器を採用した。仕様では同軸ケーブル長を最小限に抑えたが、プロトタイプ評価でケーブル部分での損失の増大が確認された。改善のため、低損失ケーブルへの代替を検討している。増幅系は、デジタルバックエンドのダイナミックレンジに対応するため 70 dB の増幅率を必要としている。低雑音増幅器 (増幅率 30 dB、雑音指数 0.8 dB) と高利得増幅器 (増幅率 40 dB) の 2 段を採用することで、低雑音かつ高利得な増幅系を実現した。

[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](#)

V132a 月面天文台 TSUKUYOMI の実現に向けた概念設計検討 6

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), 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) について報告を行ってきた。特に星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。本講演では、この概念設計とフィジビリティ検討の進捗について報告する。1–50 MHz 帯を観測周波数帯域として観測システムを設計しており (Iguchi et al. 2024, SPIE)、15 MHz において −40 mK の吸収量の 1/5 の観測感度を主要な目標としてアナログ回路を設計 (Matsumoto et al. 2024, SPIE) している。アンテナの高さを 7 m 以上とすることで 20 MHz 以下の感度が改善され (Yamasaki et al. 2024, SPIE)、アンテナを月の裏側ではなく極域に設置することで天の川銀河からの放射が低減される可能性が分かった。しかし、月の極域では地球からの人工による電波干渉の影響が強くなる。一方、米国 LuSEE-Night や FARSIDE、中国 DSL 計画では月の裏側での 21cm 線グローバルシグナル観測を検討しており、観測感度や人工電波干渉といった観点から議論する。観測感度の他に 21cm 線グローバルシグナルの検出精度を決める要因である校正手法やその精度、アナログデジタル変換器の線形性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](#)

V133a アナログデジタル変換器の非線形応答による入出力特性と量子化損失の周波数特性の評価

山崎康正, 井口聖 (自然科学研究機構国立天文台)

電波天文学において観測システムの感度や線形性を決める主要な要素の一つが、アナログデジタル変換器 (ADC) において生じる量子化損失である。ビット数が制限され、高精度が要求される電波天文観測システムでは、ADC における量子化損失がもたらす非線形効果を見逃すことが多く、量子化損失の低減が重要となる。本研究では、アナログ信号の電圧値が時間軸上で正規乱数として振る舞うとして、ADC の入出力特性を数値シミュレーションした。まず、ADC に入力する電圧値の周波数特性が矩形である場合の ADC の出力強度が理論式 (Iguchi et al. 2018, SPIE) と完全に一致することを確認した。その上で ADC への入力信号が観測帯域内にリップルを含むような周波数特性を持つ場合を考えるため、例としてナイキストレート $\frac{1}{4}$ のカットオフ周波数を持つフィルタを使用し、6 ビットの ADC の出力強度をシミュレーションした。ADC の入力強度が最適であれば、通過帯域の強度から −30 dB の強度 (ノイズフロア) までフィルタ特性を維持するのに対して、ADC の入力強度が飽和に近づくにつれて、通過帯域とノイズフロアの強度比が上昇し、最終的には −10 dB となった (1 ビット相当)。これは、入力強度に応じて見かけ上のビット数が変化し、ノイズフロアとなる量子化損失が変化するためであると説明できる。そして、理論的に導かれる (オーバーサンプリングの効果も含めた) 量子化損失の値と、このシミュレーションで得られた量子化損失値の間には、数 % の範囲で矛盾がないことを確認した。さらに 1 ビットの量子化損失の補正を実施すると、ノイズフロアの強度が −20 dB に改善された。これにより、入力強度に応じた見かけ上のビット数を考慮した量子化損失を補正することで、線形性の周波数特性を大幅に改善できる可能性を示した。

[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](#)

V134a テラヘルツ強度干渉計による画像合成の実証に向けた実験システムの評価

丹羽綾子、小関知宏（筑波大学）、松尾宏、江澤元（国立天文台）

ヘテロダイン干渉計によってテラヘルツ帯域での高角分解能観測が可能になったが、1 THz よりも高周波の領域では大気透過率の著しい低下によって地上からの観測は阻まれ、高角分解能観測は現実のものとなっていない。我々は、宇宙からの観測でヘテロダイン受信機以上の高感度となりうる直接検出器を用いた干渉計の実現に向け、強度相関による画像合成を行うテラヘルツ強度干渉計の開発を進めている。本発表では実験室での画像合成の実証に向けた実験システムの準備状況について報告する。

テラヘルツ強度干渉計は、高精度な遅延時間測定のために応答速度の速い検出器を必要とする。我々はこれまでに超伝導ジョセフソン接合 (SIS) を用いた 660 GHz 光子検出器を低リーク電流で実現しており、現在はこの検出器を搭載して実験室での画像合成の実証実験を行うための冷却システムと広帯域の読み出し回路の開発を進めている。クライオスタットは 3 層のシールドの窓にそれぞれ赤外線フィルタを搭載しており、冷却サイクルの短縮と省電力化のために 4 K パルスチューブ冷凍機と 0.8 K 吸着冷凍器を組み合わせた冷却が可能である。広帯域の読み出し回路は 2 段のソースフォロワ回路と広帯域アンプを極低温で組み合わせたもので、現時点では回路単体で 10 MHz までの読み出しが可能となっている。検出器を搭載しての読み出しは初段の FET と常温のオペアンプでは成功しており、検出器の DC 特性や光に対する応答の評価が行われた。現在の喫緊の課題は検出器の広帯域読み出しであり、並行してパルス光源を使った実験システムの評価に向けた光ファイバの真空導入の準備を進めている。

[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](#)

V201a 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, 山下卓也, 能丸淳一, 寺田宏, 杉本正宏, 鈴木竜二, 藤縄俊之, 関口和寛, 土居守, 吉田道利, 常田佐久他 (NINS/国立天文台), H. Yang, L. Simard, E. Reddy, 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。TMT は 2019 年以後ハワイでの現地工事を進められていないが、これまで TMT 計画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。米国科学財団 (NSF) は環境影響評価と国家歴史遺産保存法に基づく合意形成に向けて、先住民の調整者を雇用しプロセスを進めており、また、マウナケアの新しい管理組織 (MKSOA) は体制整備を進めている。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、連邦政府予算による NSF の参加に向け、NSF による最終設計段階に必要な各種審査が進められるとともに、予算決定を行う連邦議会からは北半球の TMT と南半球の GMT から成る米国超大型望遠鏡 (US-ELT) 計画への支持が表明されている。国立天文台もワシントン D.C. において US-ELT を広く周知するための国際会議を共催した。国内では文科省科学技術・学術審議会の学術研究の大型プロジェクトの推進に関する基本構想 (ロードマップ 2023) に TMT が掲載される等、学術的意義等の観点で高い評価を受けている。国立天文台では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。また、TIO 主導のサイエンスケースの改訂、JWST と超大型望遠鏡の連携の検討や、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](#)

V202a TAO 望遠鏡 TARdYS 分光器較正のための近赤外天文コムの開発

小口和真, 吉岡孝高, 小幡響, 峰崎岳夫 (東京大学), 本原顕太郎 (東京大学/国立天文台), 土居守 (国立天文台), Leonardo Vanzani (Pontificia Universidad Católica de Chile)

TARdYS (TAO AIUC high resolution (d) Y-band Spectrograph) は TAO 6.5m 望遠鏡の観測装置として開発中の観測波長 Y バンド (0.84 - 1.12 μm), R=66000 の高分散赤外線分光器であり、視線速度法による系外惑星の発見を目的としている。近年、高分散分光器の波長較正用光源として光周波数コム技術を応用した「天文コム」の導入が始まっている。光周波数コムは時間軸上で等間隔の超短パルス列であり、多数の輝線が等しい周波数間隔で並んだ周波数スペクトルを持つようなレーザーである。天文コムとは、高分散分光器の分解能および帯域に合った周波数間隔と広帯域性を両立させた光周波数コムである。我々は TARdYS 用の天文コムの開発を進めており、本講演では外部共振器および TAO サイトでの長期間運用を想定した制御系の改良について報告する。

まず視線速度感度 10cm/s の較正を可能とする天文コムの光周波数純度実現のため、新設計の低分散鏡を用いた外部共振器の性能評価を行った。設計では Y バンド全波長域で光コムの出力が得られることが期待されたが、実際の鏡の反射率がそれより高すぎたため、波長域は 10nm 程度の狭い範囲にとどまった。今後は適切な反射率の低分散鏡の再製作や、共振機を複数用いた光学系の構築などを検討している。また、天文コムの安定運用に必要なフィードバック制御を遠隔化するための制御系の改良も行なった。従来のセットアップでは、光周波数コムや外部共振器のフィードバック制御のパラメータ設定等をオンサイトで行なう必要があったが、本研究では FPGA SoC ボードを使用し、さらに専用のオープンソースソフトウェアを採用した。これによりセットアップを大幅に簡素化できた上に、遠隔地から天文コムを制御するための見通しを立てることもできた。

[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](#)

V203a TAO 6.5m 望遠鏡に向けた新しい SWIMS-IFU の自由曲面鏡を用いた光学設計

柳引洗佑 (東京大学), 尾崎忍夫, 都築俊宏 (国立天文台), 山形豊 (理化学研究所), 細島拓也 (理化学研究所, 東京大学), 竹田真宏 (理化学研究所), 森田晋也 (東京電機大学), 本原顕太郎 (東京大学, 国立天文台), 高橋英則, 小西真広, 加藤夏子, 陳諾, Yun Jeung, 安田彩乃, 幸野友哉, 田中健翔, 藤井美里 (東京大学)

東京大学では現在、チリのアタカマ高地チャナントール山頂に TAO 6.5m 望遠鏡を建設している。SWIMS-IFU はその第一期近赤外線広視野多天体分光カメラ SWIMS に面分光機能を追加するイメージスライサー方式の面分光ユニットである。スライス幅をシーイングサイズ 0.5" に最適化し、既存の近赤外線面分光装置より広い視野 17.2" \times 14.0" を実現する。我々は SWIMS が PI 装置として運用されていたすばる望遠鏡に最適化した SWIMS-IFU を完成させ、2022 年 3 月にファーストライトを行ったが、視野や瞳像のケラレ、望遠鏡構造からの熱輻射による迷光などの問題点が複数確認された。

そこで TAO 6.5m 望遠鏡用 SWIMS-IFU のためにこれらの点を改善した新しい光学設計を行った。限られたスペースでケラレと迷光を改善するためには複雑な光学素子配置となり、各鏡面での大きな反射角による取差が発生するが、自由曲面鏡を採用することでこの取差を補正する。設計の結果、スライスマイラーとスリットマイラーの結像面での RMS スポット直径がそれぞれ <121 μm 、<127 μm とスライス幅 (500 μm と 182 μm) より十分小さくなる解を得た。自由曲面鏡のアライメントは一般に難しくなるが、すばる望遠鏡用 SWIMS-IFU の製作で有効性を実証した超精密切削加工を用いた複数ミラーの一体加工技術により負担を軽減し開発を進める計画である。

[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](#)

V204a せいめい望遠鏡の分割主鏡における位相合わせの進捗状況

木野勝 (京都大学), せいめい望遠鏡グループ

京都大学が中心となり開発したせいめい望遠鏡の分割主鏡は 18 枚の扇状の鏡で構成される。2019 年の観測開始以来、各分割鏡の焦点位置を共有するのみで、光は干渉しない、いわゆる光パケツ状態での運用を行ってきた。この状態でも岡山天文台でのシーイングサイズに対しては十分な結像性能であるが、回折限界には至らない。補償光学装置の開発が進んでいること、および 2024 年 6 月頃より分割鏡間の段差を光学的に測定する位相カメラシステムが利用可能になったことを受けて、分割鏡間の段差をゼロにする位相合わせの作業を開始した。この調整は以下の 3 段階からなる。

- (1) 分割鏡間の段差で生じる光路差を可視連続光のコヒーレント長以下まで調整
- (2) Warping-Harness を使って全ての鏡の曲率半径を揃えたとともに残存波面誤差の修正
- (3) 分割鏡間の段差で生じる光路差を波長の 1/10 程度まで調整

2024 年 7 月 17 日の時点で (1) を達成した。確認のために望遠鏡焦点に取り付けた CMOS カメラを用いて 0.3 ミリ秒の短時間積分で恒星を撮影したところ、大気揺らぎの下ではあるが 3.8 m の開口サイズに対応する大きさのスペックルを持つ星像を取得できた。現在は (2) の調整作業を進めており、曲率半径誤差を含めたハルトマン定数で ~ 0.4 秒角程度となっている。今後は (2) の作業をさらに進めるとともに (3) の工程にも着手し、開発中の補償光学装置 SEICA と組み合わせることで回折限界性能での観測運用を目指す。本講演では位相合わせ作業の現状に加えて、回折限界達成への見通しについて報告する。

[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](#)

V205a ULTIMATE-Subaru : 近赤外線広視野カメラ WFI の開発状況

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, 田中壺, 美濃和陽典, 森鼻久美子 (国立天文台), 櫛引洗佑 (東京大学)

すばる望遠鏡の次世代観測装置システムである ULTIMATE-Subaru は、可変副鏡を用いた地表層補償光学 (GLAO) により視野 $20'$ 直径の視野で 0.2 秒角の空間分解能 (K_s -バンド) を実現する。Wide Field Image (WFI) はこの GLAO と組み合わせ、視野 $14'$ 角、波長 $0.9\text{--}2.5\mu\text{m}$ をカバーする近赤外線広視野カメラである。

すばる望遠鏡のカセグレン焦点面では $14'$ は 60cm に相当するため、単一の冷却光学系でカバーすることは困難である。WFI ではこれを 4 つの独立した光学系でカバーする。各光学系のフィールドレンズは、一辺が 23cm の正方形のフッ化カルシウムレンズで、常温に設置される。第 2 レンズ以降は 100K 以下まで冷却され、各光学系それぞれが 3 枚のフィルターホイールを有し、合計 15 種類のフィルターの搭載が可能である。焦点面検出器には HAWAII-4RG を各一台用い、ピクセルスケールは $0.1/pix$ となる。WFI 全体での有効ピクセル数は $8\text{K}\times 8\text{K}$ となる。

WFI はこれまで予備設計を進めていたが、2024 年度より大型の科学研究費 (科研費特別推進研究、代表: 兒玉忠恭) が採択されたことにより本格的に開発を進めることとなった。本発表では WFI の概要を紹介するとともに、2024 年度に行った最終設計結果及び今後の開発予定を報告する。

[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](#)

V206a ULTIMATE-Subaru: GLAO 波面センサーに用いるマイクロレンズアレイの表面形状と光学性能の評価

寺尾航暉, 大屋真, 田中陽子, 大野良人, 美濃和陽典 (国立天文台), 秋山正幸 (東北大学)

ULTIMATE-Subaru は、すばる望遠鏡への搭載を目指して開発を進めている近赤外線広視野観測装置プロジェクトである。地表層の大気揺らぎを補正して広視野での星像改善を可能とする地表層補償光学系 (GLAO) と広視野撮像装置 (WFI) の組み合わせで、視野約 14×14 平方分角にわたって K-band で約 0.2 秒角の高空間分解能観測の実現を目指している。GLAO レーザーガイド星波面センサーではシャックハルトマン波面センサー (SHWFS) を採用している。SHWFS ではマイクロレンズアレイ (MLA) を用いて、サブ開口ごとに測定したスポット像の重心位置と理想的な波面が入射した場合の基準位置との移動量を求めることで全体の波面を測定する。そのため、MLA の結像性能の理解が重心検出精度の評価に重要となる。本研究ではマイクロレンズ間の焦点ズレとなる曲率半径誤差、像の FWHM を劣化させる球面収差などに寄与する面精度、透過光が結像せずに像のコアより外側に逃げてしまい背景成分を増加させる dead zone に注目する。dead zone とは、矩形開口に球面を作成することによって特に開口端で発生する球面からズレた領域と定義している。GLAO 性能評価シミュレーションからサイズ要求を満たすためには曲率半径誤差 $\pm 3\%$ 、面精度 $\lambda/5$ 、dead zone $< 25\%$ が必要な重心計算精度を確保するための MLA 要求仕様となった。そこで、GLAO 用に製作した MLA が仕様を満たしているか評価するために、白色干渉計を用いた表面形状測定、得られた形状データを用いた光学シミュレーション、平行光を入れて実際のスポット像の測定を行った。その結果、測定した MLA は表面形状に対する仕様を満たすこと、仕様から想定される光学性能となることを確認した。本講演ではこれらの測定結果とその考察に関して報告する。

[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](#)

V207a SuMIRe-PFS[42]: PFS プロジェクトの進捗状況

田村直之^{1,2}, 越田進太郎¹, 矢部清人^{1,2}, 森谷友由希^{1,2}, 川野元聡¹, Robert Lupton³, Craig Loomis³, Arnaud Le Fur³, 吉田裕茂¹, Chi-Hung Yan⁴, Jennifer Karr⁴, 田中賢幸¹, 石垣美歩¹, Wanqiu He¹, 新井彰¹, Vera Maria Passegger¹, Jim Gunn³, 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、すばる望遠鏡次期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いる、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 2394 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 年前期から始まる科学運用を前に、装置の安定化と性能評価、ソフトウェア開発や運用体制の構築等を行っている。

2024 年秋季年会での報告以降は、特にスカイ除去に困難をもたらすファイバー透過率時間変化の改善に注力し、この問題の主原因が主焦点装置とファイバの接続部に生じた $\sim 5\mu\text{m}$ 程度の間隙の時間変化にあること、この間隙に屈折率マッチングジェルを適用することで透過率変化を 1% 以下に抑制できることなどを確認した。現在は共同利用観測での実用に向けて対策を講じている。データ解析パイプラインの開発においては、全波長帯において 10% 程度のフラックス較正精度を達成しており、現在スカイ引きおよび近赤外データ解析手法の改良を進めている。また、試験観測の中でキュー観測に加えてクラシカル観測や ToO 観測のシミュレーションを行い、多様な共同利用観測に対する遂行体制の確認と整備を行った。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](#)

V208a すばる望遠鏡広帯域分光装置 NINJA: 装置概要と現状報告

幸野友哉 (東京大学), 吉田道利, 東谷千比呂, 守屋亮, 尾崎忍夫, 柳澤顕史, 大野良人, 美濃和陽典, 寺尾航暉, 早野裕, 小山佑世, 富永望, 大内正巳, 田中賢幸, Sadman Ali (国立天文台), 田中雅臣, 秋山正幸 (東北大学), 長尾透, 松岡良樹 (愛媛大学), 本原顕太郎, 播金優一, 櫛引洗佑, 穂満星冨, 安田彩乃, 田中健翔, 藤井扇里 (東京大学), 佐藤理究 (早稲田大学)

すばる望遠鏡では、次世代補償光学装置である広視野地表層補償光学 (GLAO) と並行してレーザートモグラフィ補償光学 (LTAO) の開発が進められており、近赤外線波長域ですばる望遠鏡の回折限界に迫る $0.05''$ レベルの高空間分解能を実現することが期待されている。我々は、LTAO に最適化した可視光から近赤外線に至る広帯域分光が可能な観測装置 NINJA を提案しており、現在、近赤外線分光器部分を開発中である。

NINJA の近赤外線分光器は、波長分解能約 3300 (スリット幅 $0.35''$) で $0.8\text{-}2.5\mu\text{m}$ のスペクトルを 1 回の積分で取得できる。限界等級は 2 時間積分、 $S/N=10$ で $J=22\text{mag}$ と見積もられており、これはシーイングリミットで運用されている VLT の X-Shooter と比較して約 1mag 深い。最終的にすばる望遠鏡の赤外ナスマス焦点に設置される予定のナスマスビームスイッチャー (NBS) に接続する計画で、そこに常駐させ、柔軟な観測運用に対応させることができる。以上のような高い感度と柔軟な運用が可能であることを活かし、中性子星合体のフォローアップ観測など、時間軸天文学にも対応できる観測の実現を目指す。

近赤外線分光器は現在製造段階を終え、組み立て・統合・試験段階に入っており、2026 年度のファーストライト観測を目指している。また可視光分光器についても概念検討を進めている。本講演では、NINJA の概要と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](#)

V209a NINJA 近赤外検出器 H2RG の読み出し最適化の試み

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。可視光分光器 ($0.3\text{-}0.8\mu\text{m}$) と近赤外線分光器 ($0.8\text{-}2.5\mu\text{m}$) 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 SIDECAR (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。その前段階として、検出器を適切に駆動する条件 (検出器バイアス値、プリアンプ設定、駆動方法等) を見出す必要がある。このために我々は、検出器の駆動条件を設定するためのソフトウェア (本年会, 柳澤・他) を新たに開発した。これを用いて、駆動条件毎に検出器の性能 (暗電流、読み出しノイズ、ゲイン、線形性等) を評価した。

本講演では、H2RG エンジニアリンググレードモデルに対して行った、読み出し条件の最適化を試み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](#)

V210b MACIE を介した HxRG 検出器の通信制御コードの作成

柳澤顕史 (国立天文台), 田中健翔 (東京大学), 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

NINJA は、すばる望遠鏡のレーザートモグラフィ補償光学 (LTAO) に最適化した可視分光器と近赤外線分光器を組み合わせた広帯域分光装置である。現在、近赤外線分光器の開発を進めており、我々は検出器の読み出し系を担当している。NINJA の検出器には Teledyne 社製の HAWAII-2RG (H2RG) が採用され、フロントエンドに SIDECAR (Teledyne 社)、バックエンドに MACIE (Markury 社) を使用している。このたび、この構成に基づき検出器を遠隔通信制御するコードを作成したので報告する。

従来、HxRG シリーズのバックエンド回路には Teledyne 社の JADE2 や SAM が使用されていたが、これらの供給終息に伴い、我々は MACIE を選択した。MACIE 付属の GUI ソフトウェアは Windows と Linux で動作し、一通りの検出器制御を可能とする環境が提供されている。しかし、先行品の GUI には備わっていたソケット通信機能が提供されていないため、自前で検出器制御系の遠隔通信制御を実現するコードの作成が必要だった。これに対応するため、Markury 社より C++ ベースの MACIE ライブラリが提供されている。

本研究では、MACIE ライブラリを用いて C++ で記述したサーバーを作成し、初期化、SIDECAR ASIC の状態監視と設定、画像取得と FITS ファイル出力、の各機能を実装した。本コード作成により、検出器全域を指定した駆動方法で読み出しが可能となり、外部から制御パラメータを設定できる環境が整備された。以上により、NINJA 検出器の駆動方法を調整する環境が整った。講演では、本ソフトウェアの概要と設計、ならびに実験結果を紹介する。

[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](#)

V211b ULTIMATE-START: レーザートモグラフィ補償光学におけるアップリンクジッターの推定

小鹿哲雅 (関西学院大学), 美濃和陽典, 大野良人 (国立天文台), 秋山正幸 (東北大学)

ULTIMATE-START プロジェクトでは、4 つのレーザーガイド星 (LGS) を用いたトモグラフィ技術によって大気揺らぎを高度方向に分解し推定するレーザートモグラフィ補償光学 (LTAO) の機能を、現在すばる望遠鏡で稼働中の補償光学システム AO188 に追加する。LTAO では、従来の有限距離 (高度 90km) にある LGS1 つが作る円錐状の光路では十分に測定できなかった目標天体の円柱状の光路中の大気揺らぎを、4 つの LGS が作る 4 つの円錐でカバーすることで測定することができる。これにより、特に可視光域での補償性能を引き上げる。LGS 補償光学の特性として、地上から上空へ打ち上げる際にレーザー光が受けた局所的な大気揺らぎによる LGS の位置のふらつき (ジッター) を、自然のガイド星 (NGS) と比較してキャンセルする必要があり、それにより観測可能な天域が限られてしまう。本研究ではジッターを LTAO によるトモグラフィから推定することにより、NGS なしでの LTAO の補正性能をどれほど向上させることができるかを検証する。NGS なしで十分な補正性能が得られる事が検証されれば、将来的に全天域で LTAO による観測が可能になる。

2023 年春季年会では、レーザー送信望遠鏡の最適化結果とレーザーの上空までの物理光学伝搬 (アップリンク) 結果を報告した。本発表では、新たに行った上空から望遠鏡までのダウンリンクパスのトモグラフィ技術による計算をもとに、LGS のアップリンクジッターを推定する方法の議論と研究計画の紹介をする。また、現在行なっている LGS の配置直径・サイズ・等級ごとの LTAO 補正性能の評価をまとめる。

[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](#)

V212b TMT の科学活動と科学運用の進捗

安井千香子, 青木和光, 伊王野大介, 白田知史 (国立天文台), 秋山正幸, 田中雅臣 (東北大学), 成田憲保 (東京大学), 本田充彦 (岡山理科大学)

われわれは、2030 年代のファーストライトを目指して開発を続ける、次世代 30m 望遠鏡 TMT の科学検討を進めている。特に 2024 年度は国内や国際協力のもとで数多くの科学検討活動が行われた。まず、2015 年に初版がまとめられた TMT 国際天文台の科学研究検討書 (Detailed Science Case) の改訂版が出版・公開された。また 6 月には東北大学で開かれた、国際研究会「ELT Science in Light of JWST」では JWST の成果を受けて次世代超大型望遠鏡 (ELTs) での研究連携が議論され、若手研究者・技術者が主導するワークショップ「TMT ACCESS (eArly Career Centered, Engineers-Scientists Synergy)」では 2040 年代のサイエンスとその実現のための装置が議論された。また日本で初めて開催された国際光工学会 (SPIE) と同時期に、TMT 観測装置関係者が情報交換・議論する場として「TMT instrumentation community workshop」を開催した。

米国においては、US-ELT プログラムの枠組みで TMT を建設・運用する計画が米国国立科学財団 (NSF) により審査されており、NSF 国立光赤外線天文学研究所 (NOIRLab) がユーザサポート・データアーカイブなどの開発を担当する計画が準備されている。日本側としては検討状況をリアルタイムに把握し、またすばる望遠鏡と TMT の連携で成果をあげられるよう、両望遠鏡の一体的な運用を行うことを方針としており、これの具体化と米国での検討への意見の反映を課題として取り組む。本年会でも広く意見を求めたい。

[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](#)

V213a 近赤外線高分散分光器 WINERED：観測モードチェンジャーの開発

竹内智美, 大坪翔悟, 小牧誠人, 猿楽祐樹, 佐川英夫, 河北秀世 (京都産業大学), 池田優二 (株式会社フォトクロス), 松永典之, 鮫島寛明 (東京大学), 谷口大輔, 安井千香子, 濱野哲史 (国立天文台), 吉川智裕 (Edechs), WINERED グループ

WINERED は京都産業大学と東京大学を中心に運用する PI 型の近赤外線高分散分光器である (Ikeda+2022)。z, Y, J バンドを波長分解能 $\lambda/\Delta\lambda=28,000$ と $70,000$ で取得する WIDE, HIRES-Y, HIRES-J モードは比類ないスループット (~ 0.6) により 6.5m マゼラン望遠鏡移設で世界最高感度に到達した。これを活かして天の川・大小マゼラン銀河の化学組成、系内外惑星大気など幅広い分野で成果を出している (e.g., Matsunaga+2023)。これまで 3 モードの変更は、チーム内かつ 1 夜 1 モードに限定した観測を行っていたため、エッセル回折格子と X-disperser を手動交換する方法を採用していた。現在はコミュニティへ開かれた装置となったため、多種多様な要望が運用リソースを増幅させている。更なる観測頻度の増加も予想される中、より効率の良い運用を行うために、自動で 3 モードを変更するモードチェンジャーを開発する。それに伴い、光学素子の位置再現精度の向上や、筐体開閉時の作業照明による残像ノイズが無くなることが期待され、安定した長期間観測の実現も見込まれる。常設された 2 つのエッセル回折格子は、リニアステージに搭載されたフォールドミラーを光路内に挿入/抜去することで切り替える。3 種類の X-disperser の交換にはロボットアームを採用し、筐体内を自由に経路選択できる設計となっている。それぞれの位置再現精度はスペクトル移動量を $1/20$ ピクセルに抑えるように設計しており、リニアステージは ≤ 0.22 arcsec (仕様値: 0.634 arcsec)、ロボットアームは $\leq 10.08 \mu\text{m}$ (仕様値: $\pm 100 \mu\text{m}$) という試験結果が得られている。本発表では、モードチェンジャーの概要と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](#)

V214a PRIME 望遠鏡の近赤外線検出器 (H4RG-10) の非線形性補正 2

濱田龍星 (大阪大学), PRIME-collaboration

PRIME (PRime-focus Infrared Microlensing Experiment) 望遠鏡は南アフリカ天文台 (SAAO) に設置され、その広視野 (約 1.45 deg^2) を利用して近赤外線での銀河系中心領域でのマイクロレンズ探査や南天での突発天体観測を行っている。NASA/GSFC から提供された 4 台の HAWAII 4RG-10 (H4RG-10) を使用することで、近赤外線と広視野を実現している。

正確な測光観測のためには、検出器システムの非線形性を補正することが重要になる。これまでの方法 (JWST のパイプラインで使用されているものなど) では、安定した光源を使用して、線形信号が非線形信号にどのように変換されるかを測定することで、非線形性を補正していた。これは光源に対して、無視できるほど暗電流が小さい、或いは、完全に線形な暗電流の仮定のうえで成り立つ。PRIME の場合、検出器を高温 (119.5 K , 2024 年 12 月現在) で運用しているため、暗電流が上昇し、特異 (非線形) な暗電流を示す pixel が増加してしまっている。そのような pixel では、従来確立されていた方法の仮定が破綻し、正しい補正を行うことができなくなってしまっている (V230a, 2023 年秋季年会)。そこで、そのような場合でも非線形性を補正する新しい方法を考案し、その実用性を検証した。

本講演では、新たな補正方法自体とその補正精度を従来手法と比較しながら説明する。また、この新たな方法が現在の PRIME の画像解析にどのように組み込まれているか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](#)

V215a 高速撮像システム IMONY の開発と運用の現状

中森健之 (山形大学), 橋山和明 (山形大学/東京大学), 佐藤杏樹, 佐藤知宙, 長谷部愛奈, 前城美羽 (山形大学), 庄子正剛, 本多良太郎, 宮原正也 (KEK), 木野勝 (京都大学), 川端弘治, 中岡竜也 (広島大学), 武井大 (Daiphys Tech/立教大学), 上野一樹 (大阪大学)

中性子星に代表されるコンパクト天体由来する突発現象は継続時間が短く、その放射機構を明らかにするためにはサブミリ秒の時間分解能が求められる。また非熱的放射の典型的なスペクトルから、可視光帯域は X 線やガンマ線より桁で高い光子フラックスが期待される。時間分解した上でも十分な光子数が期待される可視光の高時間分解観測は、高エネルギー帯域よりも有効な観測手段であると言える。

我々は半導体光センサであるガイガー・アバランシェ・フォトダイオード (SPAD と呼ばれる) アレイを用いた高速撮像システム Imager of MPPC-based Optical PhotoN counter from Yamagata (IMONY) を開発してきた。150–200 μm の画素ごとに、検出した光子に対して 100 ns の分解能でタイムスタンプを付与することで、動画として再構成できるイベントデータを生成する。Global Navigation Satellite System の信号を受信してシステムを駆動しているため絶対時刻も取得でき、精密な光度曲線が得られる。

これまでに我々は、かなた望遠鏡とせいめい望遠鏡に IMONY を搭載した観測実験を行ってきた。特に今年度はせいめい望遠鏡での科学観測と並行して、ハードウェアのアップグレードを進めてきた。具体的には、素粒子実験用の ASIC を採用した回路系の集積化 (2024 年秋・佐藤) を中心とし、小惑星による掩蔽観測を目指した可搬型装置としての可能性開拓や、多色カメラシステム化の設計検討を進めてきた。本講演では、システム開発と科学観測それぞれにおいて、現状と展望を述べる。

[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](#)

V216a 小型高感度近赤外線高分散分光器 GARNET の開発

猿楽祐樹, 大坪翔悟, 佐川英夫, 竹内智美, 河北秀世, 新中善晴, 平井彩希子 (京都産業大学), 所仁志, 山室智康, 池田優二, 小林仁美 (株式会社フォトクロス), 安井千香子, 谷口大輔 (国立天文台), 近藤 荘平 (東京大学)

多様な分子の振動回転遷移が密集している赤外線波長域での高分散分光観測は、太陽系惑星・衛星の大気科学に極めて有益な情報をもたらす。大口径の地上望遠鏡に搭載された波長分解能 $R=50,000\text{--}100,000$ のエッセル分光器による観測では、惑星大気中の微量成分が混合比で数 ppb レベルまで検出されている。より微量な、しかし科学的に重要な分子種 (特に微量成分の同位体分子種) の検出に向けて、より高い波長分解能や感度が求められている。また、得られたデータを様々なタイムスケールの大気現象と結びつけて正しく解釈するためには長期的・継続的なモニター観測が欠かせない。観測時間を得やすい小口径望遠鏡に搭載可能な赤外線高分散分光器が実現すれば大気科学のパワフルなツールとなる。そこで我々は、小型ながらもこれまでにない高い波長分解能 ($R\sim 200,000$) と感度をもつ K、L バンド用エッセル分光器 GARNET を開発している。サイズは $950\text{mm} \times 660\text{mm} \times 510\text{mm}$ と口径 1m 級望遠鏡のカセグレン焦点でも搭載可能なほどコンパクトであり、スループットの設計値は 0.33 を超える (スリットロス除く)。本装置の小型化・高感度化のキーとなる新技術がゲルマニウム製イメージング回折格子 (主分散素子とクロスディスペーザの両方に使用) とコーズライト製反射光学系である。これらの技術は将来の赤外線観測の標準技術として幅広く用いられることが期待され、本開発はその技術実証の意義もある。2026 年に神山天文台荒木望遠鏡 (口径 1.3m) でのファーストライトを目指し、将来的には海外の観測適地へ移設することで恒星、彗星、原始惑星系円盤、系外惑星などの科学テーマ拡大も視野に入れている。

[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](#)

V217a 高コントラスト観測法 Coherent Differential Imaging on Speckle Area Nulling (CDI-SAN) の開発 5

米田 謙太 (NAOJ), 西川 淳 (NAOJ/総研大/ABC), 早野 裕 (NAOJ/総研大), 入部 正継 (大阪電通大), 山本 広大 (京大), 津久井 遼 (ロジストラボ), 村上 尚史 (ABC/NAOJ), 田中 洋介 (農工大/ABC), 田村 元秀 (東大/ABC/NAOJ), 住 貴宏 (阪大), 山田 亨 (ISAS), Olivier Guyon (NAOJ/ABC/アリゾナ大), Julien Lozi, Vincent Deo (NAOJ), Sébastien Vievard (NAOJ/ABC), Kyohoon Ahn (KASI/NAOJ)

高コントラスト観測技術を用いて、系外惑星の近傍の恒星の光を 10^{-8} から 10^{-10} にまで抑制することで、地球に似た惑星の発見やバイオシグナチャーの検出が期待される。波面収差に起因する恒星散乱光は、高コントラスト観測技術の中の波面制御技術によって抑制される。しかし、地上望遠鏡では大気揺らぎ、宇宙望遠鏡では温度変化に伴う装置変形などが、従来の波面制御技術では抑制できない高速に変動する散乱光を引き起こす。

我々は、このような高速に変動する恒星散乱光を抑制する手法として、Coherent Differential Imaging on Speckle Area Nulling (CDI-SAN) 法 (Nishikawa 2022, ApJ, 930, 163) の室内実証実験を進めている。CDI-SAN 法とは、5 種類の波面変調と同期した焦点面強度測定を、恒星散乱光の変動よりもわずかに高速に繰り返し実行し、得られた時間平均強度を用いた演算により、変動する恒星散乱光を抑制するポストプロセス技術である。室内実証実験では、可変形鏡を用いて、恒星モデルの散乱光に変動を与えながら CDI-SAN 法を実行し、コントラストを 5.7×10^{-7} から 1.1×10^{-7} に改善することに成功した (米田他, 2024 年秋季年会 V218a)。現在、より高いコントラストの達成およびより良いコントラスト改善率を実証するために、高い位相分解能に設定した可変形鏡での実験や、ターゲット領域外から漏れる制御できない恒星光を抑制する field stop の導入を進めている。

[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](#)

V218a レーザーレーザーガイド星の基礎実験

米田隼, 峰崎岳夫 (東京大学)

現在大型望遠鏡では補償光学 (AO) の人工ガイド星にナトリウムレーザーガイド星が使用される一方、大気に打ち上げたパルスレーザーのレーザー後方散乱光を適切なタイミングで受光し所定の高さの上空に仮想光源を作る、レーザーレーザーガイド星 (RGS) 方式も存在する。産業用に普及した UV パルスレーザーを光源に利用可能で、安価かつ pilot-safe という特長を活かし Baranec et al. (2012) で小望遠鏡自動 AO 装置用に実用化されている。

我々も独自に AO 用 RGS システムを開発すべく、RGS の基幹技術であるタイミングゲートイメージング、つまり所定の距離からの帰還光のみを波面センサ (WFS) で受光する地上実験を開始した。安全のため低出力可視パルスレーザー (波長 640 nm, パルス幅 5-39 ns, ピークパワー 50 mW) を使用し、大気のレーザー後方散乱は遠方のレトロリフレクターの反射で模擬した。製作したレーザー送受信光学系はレーザーを光ファイバーに入れ、ファイバー出口からの拡散光をコリメータレンズで平行波面にして射出する。レトロリフレクターからの帰還光は同じコリメータレンズで集光、ビームスプリッターで分岐され、WFS と帰還タイミング計測用光検出器にて観測される。まずタイミングゲート機構なしにレーザー送受信実験を行い、片道距離約 10, 50 m では帰還タイミング測定と WFS 受信に成功、約 500 m では WFS 受信のみ成功した。次に Baranec et al. (2012) に倣いポッケルスセル高速シャッターを WFS 光路に挿入しゲートイメージング実験を行った。ポッケルスセルは電圧印加時に入射光の偏光を回転させる光学素子であり、電圧印加時に光が透過するよう前後の偏光板を調整した。片道距離約 50 m で帰還パルスと同時に光を透過させた場合のみ WFS で強い光を受信し、基本的なタイミングゲートイメージングに成功した一方、消光比は 1:10 と RGS には不足で、ポッケルスセルのアライメントにより改善を試みる。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V219a 機械学習を用いた Tomo-e Gozen 突発天体アラートシステムの開発

笹岡大雅, 酒向重行, 瀧田怜, 新納悠, 森由貴 (東京大学), 富永望 (国立天文台), 高橋一郎 (東京科学大学), 田口健太 (京都大学), 田中雅臣 (東北大学), Tomo-e Gozen コラボレーション

時間軸天文学においては、広域サーベイと迅速な追観測を実現する観測ネットワークの構築が不可欠である。東京大学木曾観測所では、1.05 m シュミット望遠鏡に搭載された広視野 CMOS カメラ Tomo-e Gozen を用いて高頻度の広域サーベイを毎晩おこなっており、1 晩あたり約 10 件の突発天体の候補を捉えている。しかし、それらに加えて、主に画像の差分処理の失敗に起因する 10 万件を超える大量の誤検出が混入することが問題となっている。そこで、Tomo-e Gozen では、画像ベースの CNN 機械学習モデルと、特徴量ベースのランダムフォレスト機械学習モデルを直列に介することで誤検出の大幅な低減に成功している (Takahashi et al. 2022, 星野ら, 日本天文学会 2024 春季年会 Z220a)。しかし現状のモデルでも一晩に数 10 件の誤検出が混入するため、本出力を突発天体の自動追観測用のアラートとして用いるには、誤検出の除去精度が約 1 桁不足している。

そこで我々は、広域サーベイの観測方法とランダムフォレストモデルで使用する特徴量の種類を変更・追加することで誤検出の除去精度を改善する研究をおこなった。結果、80%以上の TPR (真陽性率: 真の天体現象を正しく判別できる確率) と 5% 以下の FPR (偽陽性率: 誤検出を天体現象とみなしてしまう確率) を達成する正誤判定モデルの構築に成功した。これにより一晩に発生する誤検出の数は数件程度まで減少した。加えて本研究では、関連する天文カタログを特徴量に取り入れたランダムフォレストモデルを用いて、突発天体の要因を推定する分類器も構築した。これにより、超新星、激変星、フレア星など 7 つの分類の確率を出力することが可能となった。本講演では、本アラートシステムを用いた他研究機関の望遠鏡との連携観測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](#)

V220a すばる望遠鏡の全天モニタ画像公開システムの構築

内山 久和, 古澤 久徳, 田中 壱, Andrew Neugarten, Kiaina Schubert, 古澤 順子, 中島 康, 小澤 武揚, 小山 舜平, 布施 哲治, 三上 真世 (国立天文台)

近年の大規模探査やアーカイブ天文学の発展に伴い、信頼性が担保された形で観測データと共に環境データを保存・公開することの重要性が高まっている。たとえば、観測時の空の透明度を正確に把握することは、解析結果の再現性の確保や、観測機器の性能評価において必要不可欠な要素である。すばる望遠鏡の HSC では、専用のモニタリングシステム (OSQAH) により積分ごとに空の透明度が計算され、ユーザーが利用できる仕組みになっている。一方、すばる望遠鏡の他の多くの観測アーカイブデータでは、空の透明度に関する情報を把握できるケースは限られていた。特に、すばる望遠鏡の全天モニタは 2006 年の故障を機にそのデータ公開が停止され、空の透明度に密接に関係する雲量情報の取得が困難な状況だった。最近になって、ハワイ観測所により新カメラ (Alcor System OMEA-5C) が設置され、2024 年 4 月より毎夜 (露出間隔最大 40 秒)、全天モニタ画像の取得が再開された。

我々は新カメラの全天モニタ画像を SMOKA に自動で保持・公開できるシステムを構築し、すばる望遠鏡の全ての観測アーカイブデータに対する環境データの精緻化を実現した。これには、既存の全天モニタ画像公開システム (OZSKYMON) が応用されており、画像データの転送・データベース化・公開の一連作業が日々自動で実行される。更に我々は畳み込みニューラルネットワークを用いることで、画像から観測時の天候を判別するモデルを構築した。この学習済みモデルの正解率ならびに F1 スコアは共に > 0.8 となることを確認した。また、モデル予想雲量と OSQAH から得られる空の透明度とが平均的に負の相関を示すことが分かり、モデルの妥当性が示唆された。我々はその学習済みモデルを SMOKA に統合することで、観測アーカイブデータの利活用最適化を図る。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V221b MAGNUM 望遠鏡近赤外線 4 色同時撮像装置の概念設計と科学検討

左近樹, 峰崎岳夫, 鯨島寛明, 吉井讓 (東京大学天文学教育研究センター), 永山貴宏 (鹿児島大学), 中屋秀彦 (国立天文台), 池田優二 (Photocoding), 田中雅臣 (東北大学), 富永望 (国立天文台), 前田啓一 (京都大学), 梅田秀之 (東京大学)

時間軸天文学およびマルチメッセンジャー天文学は、現在、国際的に特に重視される研究分野である。各国で 1-2m クラスの占有望遠鏡を異なる経度のサイトに建設し研究が実施されているが、可視光と比べて、近赤外線波長域の連携は手薄な状態にある。現在、アリゾナ大学は米国アリゾナ州の標高 2800m のレモン山観測所内のサイトに、東京大学より譲渡した口径 2.02m の MAGNUM 望遠鏡の再立ち上げを進めている。我々は、MAGNUM 望遠鏡に近赤外線 Y(1.032 μ m), J(1.235 μ m), H(1.162 μ m), Ks(2.159 μ m) バンド 4 色同時撮像装置 (MAGNUM Near-Infrared Four-colour Image; MAGNIFI) の搭載を目指し、その概念設計に着手した。これにより、鹿児島大学 1m 望遠鏡の kSIRIUS (J, H, Ks バンド 3 色同時撮像装置) との連携のもと、+16h の経度差をもつ日米二拠点での均質な近赤外線多色撮像連携観測を実現する。光学設計検討の結果、F 変換光学系と、オフナー系を経て、3 つのビームスプリッターで Y, J, H, Ks バンドの 4 つのチャンネルに分け、近赤外線波長域 0.9 μ m - 2.3 μ m の 4 色同時測光を実現する設計を採用した。検出器には全チャンネルで浜松ホトニクス社製の InGaAs 検出器を用いて、3.7 分角 \times 3.0 分角の視野を実現する。本研究では、キロノバなどの北天から観測可能な全ての重力波源の検出後数時間から数日以内での即応近赤外線観測を実現しマルチメッセンジャー天文学への貢献を狙うほか、Legacy Survey of Space and Time (LSST) で発見された時間変動天体の近赤外線のフォローアップ観測を系統的に行う事で時間軸天文学への貢献を図る。本講演では、MAGNIFI の仕様と予測性能を報告する。

[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](#)

V222b ニュージーランド 61 cm 望遠鏡に搭載する紫外線・可視光・近赤外線 3 バンド同時撮像装置 ATEA の開発

山響 (阪大), 奥本祐生 (阪大), 鈴木大介 (阪大), 都築俊宏 (国立天文台 ATC)

日本の光赤外線コミュニティがアクセスできる南天の望遠鏡は非常に限られている中で、ニュージーランド、マウントジョン天文台の 61cm 望遠鏡は口径が比較的小さいが我々のグループがアクセスできる貴重な望遠鏡である。これまで可視光 3 バンドカメラ (Tripole 5) が GW170817 (Utsumi et al., 2017) や重力マイクロレンズイベントの観測に使われていたが、望遠鏡の F 値変更のため使用が困難となった。そこで、F/6.25 でもマルチバンドで観測できるよう、新たに ATEA (Aotearoa Triple-band Equipment for Astrophysics) を開発している。ATEA では、明るいキロノバの色情報を得るために、紫外線、可視光、近赤外線の 3 バンドで同時観測を行う。また、近赤外線バンドによって、我々の研究グループが建設した広視野近赤外線望遠鏡 PRIME (Yama et al., 2023) による近赤外線重力マイクロレンズイベントの追加観測も可能となる。2023 年 8 月にマウントジョン天文台にて近赤外線のテスト観測を行い、ATEA 開発に向けた課題を整理して本格的に装置開発をスタートした (日本天文学会 2023 年秋季年会 V237a)。本講演では、光学設計、公差解析の進捗と 2025 年 8 月頃のインストールまでの計画を紹介する。

[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](#)

V223b 大分大学望遠鏡に搭載する多色撮像装置の開発 2

丸尾 岳, 小西 美穂子 (大分大学), 工藤 智幸 (国立天文台ハワイ観測所)

現在大分大学では 40 cm 天体望遠鏡 (Meade LX-200, Schmidt-Cassegrain telescope) に搭載する二色撮像装置 (V,R バンド) の開発を行っている。この装置開発の目的は、変光星やトランジット現象、超新星爆発など変光を伴う天体現象の観測、および天文教育に使用する事である。2024 年春季年会 (V214c) において、望遠鏡の状態や使用する CMOS カメラ (Bitran BS-70M) の室内試験結果を報告した。以降、望遠鏡の改修を 2024 年 3 月に行い、マニュアルコントローラ (TITAN TCS)、またはこれに接続したパソコンにより操作可能とした。その後光学系とカメラを望遠鏡に取り付け、2024 年 8 月 31 日から 9 日間ファーストライト観測を行った。観測期間中には結露防止のヒータや天体導入補助用望遠鏡の追加など、数点のアップグレードも同時に行った。光学系の最終調整を行い、安定した 9 月 6 日以降の 3 日間のデータについて、データ処理ソフト IRAF を用いて解析を行っている。

結果、フラットを用いた解析により、最大カウント 4096ADU のうち、3700ADU までは 1% リニアリティが確保できていることを確認した。また、Albireo A,B (離角 34.6 秒) を用いてピクセルスケールを計算すると、0.266 秒/ピクセルであり、ほぼ設計通りであることを確認できた。Vega を測光標準星としてゼロ等級を算出すると、V バンドで 1ADU=19.1 等、R バンドで 19.5 等となった。視野の歪みについては散開星団 M11 を用いて評価を行い、視野端であっても V バンド R バンド共に最大 0.2 秒角 (約 1 ピクセル) 以内であることが確認できた。

以上、本講演では昨年度から現在までに至る改修作業の内容と、試験観測の結果を報告する。

[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](#)

V224b 鏡筒長の測定値を用いた望遠鏡の自動焦点合わせ機構の性能評価

植村誠, 川端弘治, 中岡竜也 (広島大学), 西村光史, 関敬之 (西村製作所)

望遠鏡のロボット化や自動観測を実現するためには焦点合わせの自動化が必須である。広島大学かなた望遠鏡は副鏡位置を調整して焦点を合わせる。鏡筒の長さは気温や望遠鏡の姿勢によって変化すると考えられ、従来は星像サイズの実測による調整が観測時に毎回必要で、完全な自動化が難しかった。そこで、2023 年 10 月に鏡筒長測定ユニットを望遠鏡に取り付け、測定値を用いて鏡筒長が一定となるように副鏡位置を自動調整する西村製作所独自のシステムを実装した。本研究では、鏡筒長の測定値や気温、望遠鏡の姿勢を 1 年間モニターし、かなた望遠鏡の鏡筒長を決める要因や、自動焦点合わせ機構の性能を評価した。

鏡筒長の測定値は気温と強く相関し、冬季 (-5°C) から夏季 (+30°C) にかけて 0.94 mm 変化した。この変化は気温の 2 次式でよく表され、鏡筒長が約 2.5m であることを考えると、鏡筒の材質である鉄の熱膨張で説明できる。また、特にドーム内部と外気温の差が大きい夏季・冬季の観測開始時は、気温だけでなく気温の変化率を用いることで鏡筒長の変化をよりよく説明できる。一方で、望遠鏡の高度や方位は鏡筒長に影響を与えないことがわかった。

自動焦点合わせ機構は概ね期待通りに動作し、カセグレン焦点でもナスミス焦点でも、最適な鏡筒長の値は 1 年を通してほぼ一定を保った。ただし、夏季の一部の期間では最適な副鏡位置が、鏡筒長を短くする方向に 0.04-0.05 mm 変化する傾向が見られた。この原因は不明だが、鏡筒北側に設置された鏡筒長測定ユニットの変位計の測定値が、高温期のみ実際の鏡筒長を過大評価し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](#)

V225b 東京都市大学望遠鏡における光害の影響

吉崎謙, 津村耕司 (東京都市大学)

東京都市大学に設置された望遠鏡の性能評価について、前回の発表 (2024 秋, V221b) 以降の進捗について報告する。本望遠鏡のシステムの詳細は、Vixen VC200L 鏡筒に Vixen SXD2 赤道儀を利用しており、デジタルフォーカサー (OPTEC TCF-Leo Low Profile Focuser)、および追尾性を上げるためにオートガイダー (セレストロンオフアキスガイダー DX + Atik 414EX 高感度冷却 CCD カメラ) を導入している。オートガイダーは主鏡の集めた光のうち主カメラ (ZWO ASI 1600MM-pro) の視野外の光をガイドカメラに向け反射してガイドしている。本システムを用いて、仰角 10 度ごとに高度 40 度まで 16 方位、それ以上の高度では 8 方位の観測を行い、計 97 地点から立地特性上の障害のある方向、高度を除く地点で U, B, V, R, I の各バンド帯における夜空の明るさと、観測限界等級を求めた。感度校正に用いる恒星カタログには、V は AAVSO Photometric All Sky Survey (APASS) DR9、B, R, I は、The USNO-B1.0 Catalog を用いた。観測された夜空の明るさは北が最も明るく、これは都内の繁華街方面であるため繁華街が郊光害を引き起こしているという予想と一致した。本発表では、上記の観測結果を報告するとともに、東京都心という光害が大きい地域における小型望遠鏡での天文観測における精度について議論する。また、観測波長域ごとの光害の影響の大きさの違いとその原因となる場所についての考察も行う。

[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](#)

V226b JVO 開発状況：すばる望遠鏡 HDS 処理済みデータ配信サービスの機能拡張

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、すばる望遠鏡 HDS により取得されたデータを自動で解析処理するパイプライン解析システムの開発結果と、これにより一元化されたスペクトルデータの Web ブラウザ上での可視化システムの開発結果について報告を行う。

HDS のデータについては手動で解析処理されたデータが JVO portal より公開されていたが、手作業による解析は多くの人的資源を必要とするため、その後新規データの追加が行えない状況が続いていた。そこで、これまでに取得されてきた大量のデータを少ない労力により処理するために、HDS の標準的解析手法にのっとった自動解析パイプラインの構築を行った。これにより、2022 年 9 月までに取得された 55,657 オブジェクトフレームのうち、41,968 フレームについて波長較正された次元スペクトルデータの抽出を行えた。得られたスペクトルデータは JVO portal の “HDS Reduced Data Archive” において公開されており、VO インターフェイスによっても配信されている。さらに、これらスペクトルデータの詳細を JVO portal 上から簡単に閲覧できるようにするため、これまで画像データの Viewer として開発されてきた FITS WebQL をスペクトルデータにも対応できるように改良を行った。FITS WebQL によるスペクトルデータの表示は、任意の周波数範囲を拡大して表示できる他、NIST (アメリカ国立標準技術研究所) で公開されている Atomic Spectra Database にある波長データを参照すること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](#)

V227b 銀河画像の点拡がり関数逆畳み込みにおける不定性

村田一心 (神奈川工科大学), 竹内努 (名古屋大学)

観測された画像の空間分解能を改善できれば、対象天体についてより多くの情報を取得できる。しかし、点拡がり関数 (PSF) の逆畳み込みは一般的に不良設定問題であり、安定した解を得るためには適切な先見情報を加えた最適化問題を解く必要がある。我々は、対象天体を銀河に絞り、その輝度プロファイルに適した正則化として、等級ドメインにおけるティコノフの正則化を提唱してきた。銀河のプロファイルは指数関数的に変化することから、対数である等級を使用することが適切であると考えたためである。実際、一般的によく使用される全変動正則化や通常のティコノフの正則化と比較し、より高い精度で画像を再構成できることを確認している。

しかし、PSF の逆畳み込みによる再構成画像を科学的な分析に活用するには、その画素値の不定性も同時に示す必要がある。理論的には、再構成画像の不定性は、事後確率分布の分散共分散行列に対応する。しかし、分散共分散行列の推定に必要な計算量は膨大であり、現実的ではない。対角行列近似を適用する例は多くあるが、画素値の不定性として必要な精度は得られない。そこで本研究では、近年注目されているコスト関数の増加量を指標とする手法を適用した。この方法では、コスト関数の増分の許容範囲内で可能な限り再構成画像を劣化させることで、画素値の不定性を推定する。本研究では、ホワイトノイズ、およびウェーブレット空間における硬判定閾値処理により画質を劣化させた。シミュレーションによる検証を行い、人工的な PSF とノイズを付加した画像を用いて再構成画像の画質を評価した。その結果、再構成画像と元画像との差分と、推定した不定性の大きさはよく一致し、提案手法の有効性が確認された。

[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](#)

V228a 国際大気球実験 SUNRISE-3 の 2024 年フライト観測結果

久保雅仁, 勝川 行雄, 川畑佑典 (国立天文台), 大場崇義 (MPS), 松本琢磨 (名古屋大学), 石川遼太郎 (核融合科学研究所), 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), 内藤由浩 (総合研究大学院大学), J. C. del Toro Iniesta, D. Orozco Suárez, M. Balaguer Jiménez (IAA), C. Quintero Noda (IAC), S. K. Solanki, A. Korpi-Lagg (MPS)

SUNRISE-3 は、口径 1m の光学望遠鏡を NASA の大型気球に搭載して太陽を観測する国際共同プロジェクトである。日本は、観測装置の一つである近赤外線偏光分光装置 SCIP の開発を主導した。SCIP の目的は、偏光精度 0.03% (1σ)・空間分解能 0.2 秒角の偏光分光観測により、太陽光球と彩層における 3 次元磁場構造の時間発展を捉えることである。2024 年 7 月のフライトでは、高度 35km 以上の大西洋上空をスウェーデンから約 6.5 日かけて飛翔させ、地上では難しい紫外線観測と大気ゆらぎの無い高解像度・高精度偏光観測に成功し、これまでの SUNRISE のフライト観測とは質的に異なるデータが取得できた。近紫外線・可視・近赤外線の 3 個の偏光分光装置の綿密な連携による多波長観測をタイムライン機能を使って実現した。太陽の活動度が高い時期にフライトしたことで、様々な領域・イベントを観測することができた。また、今回から採用した米国製ゴンドラにより指向安定度が圧倒的に改善し、像安定化装置によるロックが長期安定した状態で連続的に観測を実施できた。SCIP の撮像装置による画像データの解析で jitter は基本的に SCIP の 1 ピクセル (0.1 秒角) 以下であるが、上流光学系起因で数秒間 jitter が大きくなる現象が低頻度で起きることが判明した。取得された約 200TB のデータの較正を進めているが、望遠鏡の仰角や昼夜の温度差によるフラットや偏光較正の安定性が今後の課題である。現状の較正データに対する予備的な解析から目標の性能に迫るデータが得られていることを確認している。

[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](#)

V229a CIB 観測ロケット実験 CIBER-2: 観測データの初期解析結果

松浦周二, 中畑秀太, 玉井桃子, 伊藤希美, 坂内峻真, 笹山涼, 高田真緒 (関西学院大), 佐野圭, 橋本遼, 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) は個別に分解できない銀河系外の微光天体や星間物質の放射を視線積分した拡散放射であり、大域的な星形成史を研究する上で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 観測を行う NASA の観測ロケット実験である。液体窒素冷却のアルミ合金製口径 28.5 cm 反射望遠鏡とレンズ光学系、および 2k \times 2k の HgCdTe 検出器 (HAWAII-2RG) を用い、6 バンドでの撮像 (視野 2.3 \times 2.3 deg²) とフィルタ分光 ($\lambda/\delta\lambda \sim 15$) を行うことで、これまでになく高い精度で CIB の非等方性とスペクトルを観測する。CIBER-2 の第 3 回実験は、2024 年 5 月 5 日 21 時 32 分 (米国山岳時間) に米国ニューメキシコ州ホワイトサンズ実験場での打上げが成功した。打上げ後 150km 以上の高度において、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 回行った。観測データを解析した結果、検出器のダークカレントは CIB を検出する低いレベルと安定性を持つこと、3 つの検出器間の電気的クロストークによるパターンノイズが寄与していること、数秒の時定数をもつ残像が存在すること、波長 1.5 μm 以上では常温相当の熱放射が寄与していること、ペイロードの脱ガスに起因するとみられる放射や高層大気による輝線放射が寄与することなどが確認された。また、飛翔中に検出した星を用いた測光感度較正を地上試験と比較した結果、両者は 10% 以下の精度で一致した。本講演では、以上の結果に加え、データ品質や測定精度に関する評価と改善への展望についても述べる。

[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](#)

V230a JASMINE のサイエンスと位置天文サイエンスコアチームの活動の現状報告

西山正吾 (宮城教育大), 郷田直輝, 矢野太平, 郡和範 (国立天文台), 松永典之 (東京大), 川中宣太 (国立天文台/東京都立大), 河田大介 (University College London/国立天文台), ほか JASMINE チーム一同

本講演では、赤外線位置天文観測衛星 JASMINE によるサイエンスの概要、位置天文サイエンスコアチームの活動の現状、他のプロジェクトとの連携計画、データ公開ポリシーに関する検討状況などについて報告する。

JASMINE 衛星は、(1) 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、(2) 中期 M 型星の高精度測光トランジット観測による地球型惑星探査、を科学目標としている。位置天文サイエンスコアチームでは、銀河系中心核領域のデータを用いたサイエンスを検討してきた (サイエンス white paper: Kawata et al. 2024, PASJ, 76, 386)。主目的である中心核構造やバー形成時期の研究だけでなく、アストロメトリを用いた連星系や星質量ブラックホール検出の可能性、隠れた星団探査、ダークマターへの制限の可能性などの検討を行ってきた。他のプロジェクトとの連携として、すばる望遠鏡の新しい観測装置である PFS、将来計画である ULTIMATE-Subaru との連携に関する議論も進めている。特に PFS は JASMINE 衛星がターゲットとする、銀河系中心核領域にあるすべての星のスペクトルを取得できる可能性があり、強力なシナジーが期待できる。ULTIMATE-Subaru との連携では、JASMINE データによる位置補正により、より暗い天体の高精度固有運動測定が期待できる。さらに、データ公開方法などの検討も進めている。観測ではターゲットとなる星周囲のデータだけではなく、観測する全画面の画像データも (間隔を開けて) 取得することを計画している。このようなデータの公開が可能かどうか、どのような形で公開するか、議論を進めている。

[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](#)

V231a 赤外線位置天文観測衛星 JASMINE：計画および開発検討の進捗状況

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, 近藤依史菜 (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計画 (公募型小型 3 号機) として、我々が住む天の川銀河の形成と進化の探究とともに、生命居住可能領域に存在する地球に似た系外惑星の探究を行うことを Science Goals に掲げ、天の川銀河の中心核領域における位置天文観測と、中期 M 型星を周回する地球型系外惑星の探査を行う。このためのミッション装置として、天の川銀河の中心核領域まで見通すことができる近赤外線 (1.0-1.6 μm) を観測波長とする口径 $\sim 36\text{cm}$ の望遠鏡システムの開発検討を行っている。高精度位置天文観測の実現には、高性能・高安定な観測装置の開発だけでなく、全観測期間 (3 年を想定) にわたるデータによるセルフキャリブレーションを行うデータ解析手法の開発も必要である。前者について、光学性能 (特に画像歪み) の安定化のために、まず、低熱膨張素材でできた望遠鏡を、温度安定させた環境で運用することにしている。また、擾乱回避のために、検出器冷却にはラジエータとペルチェ素子を用いた無擾乱な冷却システムを検討している。なお検出器としては、国立天文台が国内メーカーと開発した国産天文観測用 InGaAs 撮像センサーを、宇宙用化かつ大フォーマット化して搭載すべく開発が進められている。一方、後者については、位置天文観測衛星の先駆者である Gaia のチームと連携して検討を進めている。

2024 年に、これまでの概念検討の成果を踏まえてミッション定義審査 (MDR) に臨み、同年 7 月に無事 MDR を通過した。現在、JAXA のプリプロジェクト化に向けた準備を進めている。本講演では、JASMINE 計画の進捗とともに、ミッション装置や衛星システムおよびデータ解析などの検討状況や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](#)

V232a JASMINE による系外惑星探査に向けた望遠鏡姿勢ドリフトによる測光安定性への影響評価

笠木結, 河原創 (ISAS/JAXA), 平野照幸 (ABC/NAOJ/総研大), 大澤亮 (NAOJ), 上塚貴史 (東京大学), JASMINE チーム

JASMINE の主要な科学目標の一つは、中期 M 型星の精密測光を通じてハビタブルゾーン内の地球型惑星を探索することである。我々はこれまで、模擬データ画像を用いた測光精度の評価を進め、2022 年春季年会 (P327a) および秋季年会 (Z221a) で報告してきた。これらの研究では、ピクセル間感度応答 (フラット) の補正精度が測光精度に与える影響が大きいことが示されている。一方で、観測中に望遠鏡の姿勢ドリフトによって星像が検出器面上を移動する場合の影響については十分に理解されていない。本講演では、フラット補正精度に加え、模擬星像がさまざまなドリフト速度で検出器面上を移動する場合に、測光安定性にどのような影響が生じるのかを評価した結果を報告する。今回は、星の明るさを $H_w = 10.5\text{ mag}$ 、露光時間は 12.5 s に設定し、軌道の約半周に相当する 50 分間の星像を作成した。この 50 分間における測光値のばらつきを調べた結果、フラット補正精度が 1% の場合、50 分間に 30 ピクセル以上のドリフトが発生すると、測光値のばらつきが 0.3% を超えることが判明した。一方で、ドリフト速度が 50 分間に約 10 ピクセル以下、またはフラット補正精度が 0.1% である場合、ピクセル間の感度応答のばらつきによる測光値への影響はほとんど見られなかった。また、ピクセル内の感度ムラについては、姿勢制御誤差で星像が広がることによって影響が軽減され、測光値が星像中心のピクセル内の位置に依存しないことが確認された。

[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](#)

V233a SOLAR-C 衛星 EUVST: 望遠鏡と搭載機器の設計開発状況

勝川行雄, 原弘久, 浦口史寛, 石川遼子, 岡本文典, 川畑佑典, 久保雅仁, 成影典之, 小原直樹, 都築俊宏, 篠田一也, 光武正明, 鄭祥子 (国立天文台), 清水敏文, 加藤秀樹, 松本純, 三好航太, 備後博生, 内山瑞穂, 山崎大輝, 鳥海森, 末松芳法, 太刀川純孝, 田中寛人, 峯杉賢治, 宮崎英治 (JAXA), 高木淳治, 木林優介, 井本寛之, 藤江彰裕, 橋本真之介 (三菱電機), 国際 SOLAR-C チーム

SOLAR-C 衛星は、極紫外線 (SW: 17–21 nm, LW: 46–122 nm) にある多数の輝線を高空間分解能 (0.41 秒角) 高感度で分光観測する観測装置 EUVST を搭載する。望遠鏡は口径 28 cm 焦点距離 2.8 m の軸外放物面の主鏡 1 枚でスリット上に結像させるシンプルな光学系であり、各素子は CFRP パネルからなる鏡筒構造内に配置される。主鏡は視野スキャンと姿勢揺れ補正を兼ねる傾動機構と、焦点調整用の直動機構の上に設置され打上後にロックを開放して可動できるようにする。望遠鏡内に搭載する分光器コンポーネントは日本のみでは開発が困難なものもあり海外機関から提供される。紫外線の広い波長範囲にわたり高い反射率を持つ主鏡多層膜コーティング (w/ ドイツ)、幅の異なるスリットを選択できるスリット交換機構 (w/ イタリア)、軸外し非球面かつ SW 用 LW 用 2 枚を接合する凹面回折格子 (w/ フランス)、SW 波長範囲で高感度な CCD カメラ (w/ イギリス)、MCP と CMOS アクティブピクセルセンサで LW の広い波長範囲を高感度に検出する IAPS カメラ (w/ アメリカ)、スリット周囲の紫外線像を得る撮像装置 (w/ アメリカ) である。各分光器コンポーネントに対して望遠鏡側から光学 IF と機械環境・熱環境を提示して設計を進めてもらうとともに、コンポーネントの設計結果を ICD として提示してもらうことで望遠鏡との IF 設計を確認する。また、コンポーネントの熱数学モデル・構造数学モデルを提供してもらい望遠鏡のモデルに組み込むことで、望遠鏡全体の構造設計・熱設計を検証している。

[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](#)

V234a SOLAR-C EUVST における迷光評価と構造設計への反映

石川遼子, 都築俊宏, 勝川行雄, 浦口史寛, 原弘久 (国立天文台), 森塚章恵 (東京大学), 大場崇義 (MPS), Sarah Matthews, James McKeivitt (UCL), 三宅美咲, 植崎翔太 (MELCO), 国際 SOLAR-C チーム

本講演では、次期太陽観測衛星 SOLAR-C の極紫外線高感度分光望遠鏡 (EUVST) における迷光解析について報告する。EUVST は、波長 17 nm–21.5 nm の極端紫外光を観測する Short Wavelength (SW) と波長 46 nm–122 nm の真空紫外線を観測する Long Wavelength (LW) の 2 チャンネルからなる。観測波長の極端～真空紫外は太陽といえなく、回折格子までフィルタなどない EUVST では、太陽スペクトルの大部分をしめる真空紫外から可視、赤外での迷光をいかに防ぐかが課題となる。科学要求による迷光閾値は 1 photon/sec/pix 以下と非常に厳しい。

我々は、照明解析ソフトウェアを用いて EUVST の光学・構造設計をもとに全系の迷光解析を実施した。その結果、太陽の淵の外側にあるコロナループやフレアを観測する「オフリム」観測時に、プレスリットにあたる太陽光が散乱して直接カメラに入るパスが顕著であることが明らかとなった。SW カメラの検出器は CCD であるため、その上流に可視光除去のためのアルミフィルタを設置するが、搭載予定のフィルタの可視光除去率 (5×10^{-6}) では要求を二桁も上回ってしまう。LW カメラについては、検出器として IAPS を用いているため、可視光迷光は無視できるほど小さいが、真空～近紫外の QE が最大 30% と高く、これらの波長域からの迷光が閾値を上まわることがわかった。この結果をふまえ、プレスリットとカメラの間に追加でバッフルを設けた解析を再度行ない、プレスリット起因の迷光を抑えることに成功し、見通しをたてた。バッフルを追加することによるコスト増加を緩和するため、迷光解析では同時に各 부품の黒色化の要否、黒色化方法の選定、不要部品の精査も行い、迷光除去の観点から構造設計への要求を確定させた。

[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](#)

V235a SOLAR-C EUVST における太陽光斜入射解析

森塚章恵 (東京大学/国立天文台), 小原直樹, 都築俊宏, 勝川行雄, 浦口史寛, 原弘久 (国立天文台), 清水敏文, 松本純 (ISAS/JAXA), 安藤聡祐, 広瀬光史 (三菱電機)

次期太陽観測衛星 SOLAR-C は極紫外線高感度分光望遠鏡 EUVST (EUV High-throughput Spectroscopic Telescope) を搭載し、2028 年度の打上げを予定している。EUVST は開口径 280 mm の反射望遠鏡であり、熱対策としてスリット上流に設置されたプレスリットにて観測視野外光の吸収および排熱を行う設計となっている。しかし、衛星の姿勢異常時には観測時の想定角度とは異なる角度で太陽光が入射 (斜入射) し、プレスリット以外の望遠鏡構造や分光器コンポーネントに集光する可能性がある。斜入射時の照射状況によっては、熱による部品の変形や破損を引き起こす恐れがある。このリスクを評価し対策を検討するには、太陽光の入射方向と照射位置および放射照度の関係を定量的に見積もる必要がある。

本研究では、斜入射条件下の光路、照射位置、放射照度を明らかにするために、照明解析ソフトウェアを用いて EUVST の 3D モデルを構築し、模擬太陽光の光線追跡シミュレーションを実施した。太陽光の入射角を X 軸/Y 軸まわり $-10^\circ \sim 10^\circ$ の範囲で 1° ごとに変化させて網羅的な解析を行ない、照射位置と放射照度の変化を整理した。プレスリット周辺は放射照度が高い領域であり、このうち光がプレスリット隣のスリットジョー撮像装置の筐体 (入射パワー 19.0 W) やプレスリット上部を通過し +Z パネル (入射パワー 16.0 W) に照射された場合に最大放射照度 0.04 W/mm^2 が確認された。また、開口部筒状部分や迷光仕切り板にも照射されることが判明した。今後、本解析結果をもとに各照射位置での熱的耐性を評価し、許容滞在時間を定義する。本講演では網羅的に解析した結果と代表的な照射位置を紹介する。

[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](#)

V236a SOLAR-C における検証計画と検証マネジメント

内山瑞穂, 山崎大輝, 清水敏文, 加藤秀樹, 備後博生, 松本純, 三好航太, 鳥海森, 松崎恵一, 坂尾太郎, 田中寛人, 藤原正寛, 末松芳法 (ISAS/JAXA), 原弘久, 勝川行雄, 久保雅仁, 成影典之, 石川遼子, 岡本文典, 川畑佑典, 篠田一也, 光武正明, 浦口史寛, 都築俊宏, 小原直樹, 鄭祥子 (国立天文台), 渡邊恭子 (防衛大学校), および SOLAR-C 関連国際開発チーム

SOLAR-C は、2028 年度打上げ予定の次期太陽観測衛星ミッション計画である (2024 年春季年会 V227a)。SOLAR-C は近年の太陽物理学の進展を踏まえこれを更に観測的に発展させるために、極紫外線高感度分光望遠鏡 (EUVST) を搭載する。EUVST は、真空紫外線、極端紫外線の幅広い波長帯域を抜け目なく観測し、かつ高空間 (0.4 秒角)・高時間分解能 (1 秒) で観測現象に追従できる能力を持つ (2024 年秋季年会 V255a)。SOLAR-C プロジェクトの特色は、ISAS/JAXA 全体リードの元、これまでの太陽望遠鏡の実績・知見を持つ国立天文台が EUVST の開発リードを担い、複数の海外機関によって搭載機器が開発されることである。また、日本が開発する望遠鏡構造部へ海外機器を組込む際の光学調整・性能検証は米国およびドイツにて実施される。従って ISAS 主体ミッションでは初めて一つの観測装置内に海外機関とのインターフェースが複数存在し、検証計画のマネジメント手法の確立が本プロジェクトの成否を左右すると共に、将来の日本主導国際大型宇宙望遠鏡プロジェクトを見据えた上でも先駆的で重要な要素である。本プロジェクトでは既存宇宙機標準をテラリングした「検証管理計画書」を作成し検証計画の基本方針と全体像の共通認識を示し、装置機能要求と検証機会の対応、各試験の所掌分担の明確化、基本方針から外れる検証事項の管理などを規定している。本講演では、試験検証計画の概要、特に国際共同開発における EUVST の組立および試験検証フローと計画管理の枠組みについて発表する。

[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](#)

V237b SOLAR-C 搭載超高精度太陽センサ UFSS 性能評価のための太陽光光量計測

近藤勇仁(東京大学), 山崎大輝 (ISAS/JAXA), 寺岡耕平, 吉田南(東京大学), 川畑佑典, 篠田一也, 鄭祥子(国立天文台), 末松芳法, 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 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 Bread Board Model について、人工光源を用いて統計誤差や特徴付けされた系統誤差の測定を実施し、性能評価試験を行ってきた(長谷川他、天文学会 2020 春季年会 V242b; 近藤他、天文学会 2024 秋季年会 V256a)。本研究では、UFSS が軌道上での太陽光強度の入力に対して、適切に応答を示すことを検証する試験手法の開発を行った。本検証では国立天文台先端技術センター内のクリーンルームおよび、その屋上に設置されクリーンルーム内に太陽光を導入可能なヘリオスタット望遠鏡を用いる。UFSS Engineering Model (EM) での検証に先立ち自作したピンホール光量計によるクリーンルーム内外での長時間測定から大気のエアマス減光やヘリオスタット望遠鏡の装置による減光を評価した。本講演では本測定の詳細と解析結果について述べ、今後の UFSS EM を用いた太陽光光量試験の計画も紹介する。

[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](#)

V238b Daniel K. Inouye Solar Telescope (DKIST) 搭載用近赤外 Lyot/Michelson 干渉計フィルターの設計

永田伸一, 浅井歩, 上野悟, 横山央明(京都大学), NIRTF 検討 WG

我々は、米国 National Solar Observatory の DKIST の第二世代装置として、近赤外偏光分光撮像装置 (Near Infrared Tunable Filter: NIRTF) の検討を行っている。装置の中核をなす、tunable filter には、(1) Fe XIII 1074.7nm、He I 1083.0nm の線輪郭を $10^4 \sim 10^5$ で観測する波長分解能、(2) 視野 $> 60''$ を確保する口径、(3) 現象に追従するための 100ms 以下での波長シフト、(4) 直交 2 偏光同時観測、などの機能が求められる。Fabry-Perot (Air-spaced/LiNbO₃)、Lyot、Michelson 干渉計の各タイプに対して要求を満たすフィルター部材の実現性を検討した結果、Lyot フィルターと Michelson 干渉計フィルターの組み合わせをベースラインとして選定した (24 年秋季年会 V241b)。これらのフィルターは ~mm 間隔の反射面での干渉を利用する Fabry-Perot とは異なり、光路方向に 100mm 以上の長さを持つ。4000mm の DKIST 主鏡からの角倍率と、フィルター口径のサイズ制約を考慮すると、telecentric 配置で用いることになる。この場合、透過幅は F 値の二乗に反比例し、フィルター口径は F 値に比例する。そして、フィルター径、F 値は装置の光学系に影響する。他方で、透過幅要求は、観測ターゲットの輝線・吸収線を用いた磁場診断能力を満たす必要がある。そこで、輝線・吸収線のモデル、フィルターのモデルを用いたパラメータサーベイを行い、DKIST の最大 AO 視野 (168'') を ~200mÅ の幅で観測する一つの解として、口径 40mm のカルサイトを用了 4 段の Lyot フィルター、口径 33mm の口径を用了 2 段の Michelson 干渉計フィルターの構成を得た。講演では、使用する部材の精度を考慮した、フィルター設計詳細について報告する。また、バックアップ案の大口径 Air-spaced Fabry-Perot ($\phi \sim 200$ mm) の検討状況について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](#)

V239b 高高度軌道の人工衛星・スペースデブリの光学測光観測

藤原智子, 橋本修, 安藤和子, 奥村真一郎, 西山広太 (日本スペースガード協会)

宇宙空間で運用されている人工衛星の数はここ数年で顕著に増加し、遂に 1 万機に達した。一方、ロケットの残骸や運用を終えた衛星、それらの爆発・衝突によって生じた破片といった宇宙ゴミ (スペースデブリ) は確認されているだけでも 2 万個程度存在し、宇宙空間の安定的利用にとって深刻な脅威となっている。特に利用価値の高い静止軌道帯 (高度 36,000km 付近) や低軌道帯 (高度 1,000km 以下) はスペースデブリの密集地帯でもあり、「どこに」「どのような」宇宙物体があるのかを把握・認識する宇宙状況認識 (SSA: Space Situational Awareness) の取り組みが目下進行中である。しかし、静止軌道以上の高高度軌道物体の観測は、光学望遠鏡による軌道情報の把握のみに重点がおかれ、個々の物体の形状やサイズ、材質といった物理特性や運動状態が調査される機会は非常に限られているのが現状である。

観測的にこれらの特性を知るためには、まず既知の人工衛星を対象とした観測で、それぞれの物体固有の特性が観測結果にどのように反映されているのかを理解する必要がある。我々は JAXA 美星スペースガードセンターで、QZS-3 (みちびき 3 号)、HIMAWARI-8/9 (ひまわり 8/9 号) 等の運用中の衛星や、2023 年 9 月に運用終了した QZS-1 (みちびき初号機) の運用中及び運用を停止し軌道を離脱した後の連続測光観測を実施し、ライトカーブを取得した。

本講演ではこれらの観測結果を報告し、そこからどのような情報が得られるのかを議論する。

[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](#)

V240a 紫外線宇宙望遠鏡 LOPYUTA 計画の検討状況

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), 木村淳 (大阪大学), 木村智樹 (東京理科大), 埜千尋 (NICT), 益永圭 (山形大学), 堺正太郎 (東北大学), 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。これらの課題を達成するため、水素、酸素、炭素の輝線を含む 110-190nm の真空紫外波長域で、高い空間解像度と波長分解能を持ち、選定した科学観測ターゲットを集中的に観測運用する。焦点面装置は、中分散分光器 MRS (分解能 ~6,000)、高分散分光器 HRS (~40,000)、紫外スリットイメージャ UVSI、及び広視野ガイドカメラ FGS からなる。有効面積 350cm² と解像度 0.1 秒角を達成するため、主鏡口径 60cm の紫外用ミラー、高反射率コーティングの成膜工程、高効率回折格子の開発を進めている。高分散分光器はエッセル回折格子を用いて 3pm の波長分解能を目指す。また、視野 (3 分角) と空間分解能・高い波長分解能を両立するため高感度・大型検出器の開発する。高効率を達成するための成膜工程や大型検出器の開発は、HWO への参画を目指した技術実証とも位置付けられる。

[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](#)

V241a The Current Status and Japanese Contributions to NASA FIR-Probe PRIMA

Hanae Inami (Hiroshima University), Tohru Nagao (Ehime University), Shuji Matsuura (Kwansei Gakuin University), Hidehiro Kaneda, Takuma Kokusho (Nagoya University), Issei Yamamura, Takao Nakagawa (ISAS/JAXA), Yao-Lun Yang (RIKEN), Takuya Hashimoto (University of Tsukuba), PRIMA-Japan Team

NASA Far-Infrared Probe PRIMA is a cryogenically-cooled (4.5 K) far-infrared observatory with a 1.8m aperture, which is to be launched in 2031. It has been selected as the Far-Infrared Probe for the Step 1 selection in Oct 2024, and the final selection versus the X-ray Probe is scheduled in 2026. PRIMA has a continuous wavelength coverage from 24 μ m to 235 μ m with imaging and spectroscopy, as well as 96–235 μ m for polarimetry. The sensitivities of imaging and spectroscopy will be improved by factors of at least 10 and 100, respectively, compared to the previous far-infrared observatory, Herschel, from > 10 years ago. In addition, PRIMA is unique in its fast survey speed, which is over 1000 times faster than Spitzer and Herschel. These capabilities will enable us to address important areas identified by the Astro2020 Decadal Survey, such as the origin of planets and their atmospheres, co-evolution of galaxies and supermassive black holes, the buildup of dust and metals, and more. Japan has a strong heritage in far-infrared observations and instrumentation, thanks to IRTS, AKARI, and SPICA. PRIMA provides an ideal opportunity for the Japanese community to exploit these assets and make significant contributions to PRIMA, both scientifically and technically. In this talk, we will describe the current status of PRIMA and the plan for Japanese contributions to the mission.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V242a 初期宇宙ガンマ線バースト探査衛星 HiZ-GUNDAM 搭載の可視光・近赤外線望遠鏡開発の現状

津村耕司, 影山璃音, 益子瑛任, 宮坂明宏 (東京都市大), 松原英雄, 土居明広, 篠崎慶亮, 富田洋 (JAXA), 川端弘治 (広島大), 秋田谷洋 (千葉工大), 松浦周二 (関西学院大), 米徳大輔 (金沢大), ほか HiZ-GUNDAM チーム

HiZ-GUNDAM 衛星は、ガンマ線バースト (GRB) の探査・即時追観測を行い、「初期宇宙探査」と「重力波天文学の推進」を実現することで、「タイムドメイン天文学」と「マルチメッセンジャー天文学」の進展に貢献することを目指している。広視野 X 線モニターで GRB や X 線突発天体を発見すると、その方向に自律的に衛星の姿勢を変更し、可視光・近赤外線望遠鏡で発見した GRB を即時に多波長同時観測することで、その天体までの測光的赤方偏移を推定し、それらの情報を地上にアラートする。HiZ-GUNDAM 衛星は、JAXA 宇宙科学研究所の公募型小型衛星 5 号機候補として、2030 年代の打上げを目指して概念検討を進めている。

HiZ-GUNDAM 衛星に搭載される可視光・近赤外線望遠鏡は、ビームスプリッタとケスタープリズムによって 0.5-2.5 μ m の波長範囲を 5 分割して同時観測する。近赤外線波長域にて観測する望遠鏡であるため、常温で打ち上げた後に軌道上で放射冷却により 200 K 以下に冷却して使用される。この冷却により光学性能を損なわないために、望遠鏡は鏡や鏡筒等の構造物を全て同一のアルミニウム合金にて製造することで、相似収縮により冷却しても光学性能を損なわないというコンセプトとなっている。この望遠鏡の冷却コンセプトを実証するため、2025 年度に試験モデル (BBM) を製造し、実際に使用温度まで冷却して光学性能評価を行う計画である。本発表では、HiZ-GUNDAM 搭載の可視光・近赤外線望遠鏡開発の現状、特に BBM 試験に向けての準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](#)

V243a 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) の観測を通して初期宇宙における再電離過程の解明やブラックホール誕生の瞬間という極限時空探査を目的としている。HiZ-GUNDAM 衛星に搭載する可視光・近赤外線望遠鏡は近赤外線の高い感度を得るために望遠鏡を 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。今までの解析にて、この温度要求を満たす光学・熱モデルを製作したが、後のより詳細な検討によって、姿勢変更により温度勾配が生じ、熱変形が起きるため光学性能が劣化する懸念が指摘された。そのため、望遠鏡の熱変形に伴う微小変形に対してより強くなるように光学設計が変更された。そこで、本研究では、新しい光学設計を取り込んだ熱モデルに対して、Ansys Inc. の Thermal Desktop を用いて熱解析を行った。熱モデルとしては望遠鏡は側面のラジエタからの放射冷却によって冷やされる。より低温状態を必要とする近赤外線検出器には専用のラジエタが追加されている。熱解析の条件として衛星が昼夜境界線上の太陽同期を周回中に通常の探査姿勢から GRB 発見に伴い、熱的に最悪な姿勢へ移行する場合を考えた。この姿勢変更による望遠鏡の温度勾配を計算し、その熱変形量から光学性能の劣化を評価した。本発表では、姿勢変更による主副鏡間距離や光学設計変更後の望遠鏡や近赤外線検出器の温度などの HiZ-GUNDAM 衛星の熱解析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](#)

V244a HiZ-GUNDAM 衛星搭載候補の可視光検出器 Canon LI3030SAM に対する放射線試験

益子瑛任, 津村耕司, 影山璃音, 宮坂明宏 (東京都市大), 松原英雄, 土居明広, 篠崎慶亮, 冨田洋 (JAXA), 川端弘治 (広島大), 秋田谷洋 (千葉工大), 松浦周二 (関西学院大), 米徳大輔 (金沢大), ほか HiZ-GUNDAM チーム

HiZ-GUNDAM 衛星は、ガンマ線バーストの探査・即時追観測を行い、「初期宇宙探査」と「重力波天文学の推進」を実現することで、「タイムドメイン天文学」と「マルチメッセンジャー天文学」の進展に貢献することを目指している。HiZ-GUNDAM 衛星に搭載される可視光・近赤外線望遠鏡には、可視光検出器と近赤外線検出器の 2 つの検出器が搭載されるが、Canon LI3030SAM が搭載される可視光検出器の候補の 1 つとなっている。HiZ-GUNDAM 衛星の目標とする運用年数は 3 年となっており、この運用期間に LI3030SAM が宇宙空間での高エネルギー粒子による放射に耐えうることを試験するため、LI3030SAM に対する放射線試験を行なった。電源を OFF にした状態の LI3030SAM に対して、軌道上の 0, 0.5, 1, 3, 5 年に相当する放射線を照射した結果、LI3030SAM は 5 年相当の放射線照射後も多少の性能劣化はあったものの、健全な状態を維持したため、放射線試験はクリアした。健全なピクセルがバッドピクセルになる確率は 1 年間相当の放射線照射あたり約 0.5 % であった。本発表では、LI3030SAM に対する放射線試験前後の性能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](#)

V245a 赤外線天文衛星 GREX-PLUS 計画: 進捗報告 2025 春

井上昭雄 (早稲田大), 山村一誠, 鈴木仁研, 中川貴雄 (宇宙科学研究所), 岩室史英, 橋ヶ谷武志 (京都大学), 江上英一, Jarron Leisenring, Andre Wong (アリゾナ大学), 金田英宏, 松尾太郎 (名古屋大), 本原顕太郎, 和田武彦, 野村英子, 守屋堯 (国立天文台), 播金優一, 野津翔太 (東京大), 児玉忠恭 (東北大), 山田亨 (宇宙科学研究所), 小宮山裕 (法政大), 大藪進喜 (徳島大), 大内正己 (国立天文台/東京大), 宇宙物理学 GDI, 他 GREX-PLUS チーム

JAXA 宇宙科学研究所が戦略的に進める中型計画は、GDI (Groupe de Discussion Intensive; 戦略的中型創出グループ) とコミュニティが協力して作り上げるものである。本講演では、宇宙物理学 GDI のもと、銀河進化・惑星系形成観測ミッション WG で検討している GREX-PLUS (Galaxy Reionization Explorer and Planetary Universe Spectrometer) 計画の進捗報告を行なう。GREX-PLUS は、口径 1.0m、温度 50K の冷却宇宙望遠鏡に波長 2-8 μm 帯 5 バンドの広視野カメラを搭載する。オプション装置として、波長 10-18 μm 帯で分解能 30,000 の高分散分光器の搭載を検討している。銀河と惑星系の形成進化の解明を二大科学目標とし、特に、「初代銀河」と「スノーライン」の探査を主要科学目的としている。さらに、他の計画には無いユニークな観測機能を活用した合計 18 テーマにもおよぶ様々な科学目的を達成することができる (GREX-PLUS Science Book; arXiv:2304.08104)。主な技術的課題は、擾乱伝達抑制による高安定指向制御、放射冷却系の試験検証、低温下での光学性能検証である。高分散分光器を搭載する際の課題として、中間赤外線帯の高感度検出器の調達、イメージンググレーティングの開発、観測系-衛星姿勢系協調による絶対指向制御の実現がある。講演では、現在実施中の口径 1.0m 望遠鏡の構造設計、衛星バス部の熱歪み解析、広視野カメラフィルターのゴースト解析などについて報告する。

[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](#)

V246a GREX-PLUS 高分散分光器：地上望遠鏡搭載技術実証用分光器の進捗状況

馬場俊介, 中川貴雄 (ISAS/JAXA), 松原英雄, 榎木谷海 (総研大, ISAS/JAXA), 平原靖大, 笹子宏史, 李源, 趙彪 (名古屋大学), 古賀亮一 (名古屋市立大学), 海老塚昇 (理化学研究所), 和田武彦 (国立天文台), 池田優二 (株式会社フォトクロス)

我々は、惑星形成論で重要な H₂O スノーラインの探査を主な目標として、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) を用いた高分散分光器 HRS (10–18 μm, λ/Δλ ~ 30,000) を搭載することを狙っている。IG は高屈折率媒質中に回折面を作るエシェル格子で、光路差が屈折率で伸びる分、高い分散を小型の分光器で達成できる。今までに IG の有望な材料として CdZnTe を選定し、その屈折率・透過率の極低温測定、超精密加工方法の確立、表面反射防止の開発を進めてきている。これらの成果を集約してまず地上望遠鏡用の分光器を製作し、天文観測における CdZnTe 製 IG の性能を実証する計画である。この実証用分光器では、HRS と同等の波長分解能を N バンド (8–13 μm) で達成させる。宇宙科学研究所の 1.3 m 望遠鏡のナスミス焦点へ設置し、原始惑星系円盤表層から放射される H₂O 12.453 μm 輝線を試験観測することを想定している。前回の年会では、IG サイズの見積もりや、検出器フォーマットに合わせたエシェログラムのスキャンといった初期検討について報告した。本講演では分光器設計の進捗について報告する。現在、IG の母材として直径 6 インチの CdZnTe インゴットを確保し、その内部の単結晶領域の大きさを調査している。光学レイアウトに関しては、エシェル型分光器でよく採用される white pupil 型を用いないこと、カメラ系に屈折系を用いることで、比較的コンパクトにまとめられると分かった。冷凍機をはじめとする各種部品については、宇宙望遠鏡の状況を踏まえながら、使用可能なものの選定を進めている。今後はこれらの情報を整理し分光器の設計を詳細に決定していく。

[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](#)

V247a GREX-PLUS 高分散分光器：CdZnTe の分光屈折率の温度依存性

榎木谷海, 松原英雄 (総合研究大学院大学, ISAS), 中川貴雄, 馬場俊介 (ISAS/JAXA), 平原靖大, 李源, 趙彪, 笹子宏史 (名古屋大学), 古賀亮一 (名古屋市立大学), 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、中間赤外線イメージング・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。そのため、IG の材料には高い屈折率と小さい吸収係数が要求され、その材料候補として CdZnTe が選出された (Sarugaku et al., 2017)。現在は CdZnTe IG の実証に向けて、地上用の実証用分光器 (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)。宇宙機搭載用の分光器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 $\Delta n < 10^{-3}$ の精度で求めたい。また、多重反射効果を考慮した吸収係数算出にも寄与できる (本年会講演李ら)。

我々は極低温・中間赤外線における CdZnTe の屈折率を測定するために最小偏角測定装置を開発している。測定波長として中間赤外線 10/11.5/14/17 μm (フィラメント光源とバンドパスフィルター (~1% の帯域幅)) を選択でき、赤外検出器として液体窒素冷却単素子 MCT 検出器を採用した。また、2 段式 He GM 冷凍機による冷却とヒーターの加熱によって、極低温から常温で温調可能である。この測定系を用いて、温度 12.4 K・波長 17 μm における偏角測定と可視光によるオートコリメーション頂角測定を行い、CdZnTe の屈折率 $n = 2.6145 \pm 0.0023$ を導出した。今回の測定精度は、装置の系統誤差が支配的になり目標値の 2 倍であった。本講演では、上記の結果と他の温度で測定した結果を合わせて、CdZnTe の分光屈折率の温度依存性について報告する。

[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](#)

V248a GREX-PLUS 高分散分光器: イメージング・グレーティング材料候補 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 (名市大), 榎木谷海, 松原英雄 (総合研究大学院大学, ISAS/JAXA), 中川貴雄 (東京大学, 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査を目指し、次世代赤外線天文衛星 GREX-PLUS に搭載可能な中間赤外線イメージング・グレーティング (IG) 分光器の開発を進めている。IG は、波長 10–18 μm で高分散 $R = \lambda/\Delta\lambda \sim 30,000$ を実現するための、高屈折率材料に溝加工を施したコンパクトな回折格子であり、IG 材料の吸収係数 α が小さい必要がある ($< 0.01 \text{ cm}^{-1}$)。我々は、低抵抗 CdZnTe ($\sim 10^2 \Omega\text{cm}$) に対する極低温での透過率測定に用いた装置 (Maeshima et al. 2022) を基に、コモンパス・ダブルビーム光学系による透過率測定装置を開発し、厚さ 1、5、10 mm の高抵抗 CdZnTe 試料 ($\sim 10^{10} \Omega\text{cm}$) に対する吸収係数の精密な導出に取り組んでいる (李他 2024 秋季天文学会年会 V250a)。

今回、常温から 6 K までの冷却下 (測定時間 バンドパスフィルターウィンドウ 1 つあたり ~ 90 分間) での透過率の連続測定において、検出器系への常温熱放射の流入に起因する透過率の系統誤差を除くために、真空窓、光学チョッパーや検出器集光放物面鏡等を格納可能な断熱容器を二重化した。そして、これらの光学素子の温度安定化の最適条件を探索した結果、ペルチェ素子とヒーターの PID 制御により、この常温光学系を $15.00 \pm 0.01^\circ\text{C}$ (rms) に制御した。高抵抗 CdZnTe プリズム試料に対する極低温での屈折率測定結果 (榎木谷他 本年会発表) を透過率の測定値に対して適用すると、波長 10.6、15、19 μm に対する吸収係数 α は、無限回多重反射モデルの仮定の下でそれぞれ 0.00046 、 0.00349 、 0.00381 cm^{-1} と求められ、要求 ($\alpha < 0.01 \text{ cm}^{-1}$) を満たすことが示された。

[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](#)

V249a GREX-PLUS 高分散分光器：イメージングレーティングの光学特性評価に向けた広帯域 2D FT-IR 分光器の開発

趙彪, 平原靖大, 笹子宏史, 根岸昌平, 李源, 趙宸コウ (名古屋大), 古賀亮一 (名市大), 笠羽康正 (東北大), 中川貴雄, 松原英雄, 榎木谷海 (ISAS/JAXA), 和田武彦 (国立天文台), 伊藤文之 (産総研)

宇宙望遠鏡計画 GREX-PLUS に搭載可能な中間赤外線高分散分光器 HRS ($\lambda = 10\text{--}18\mu\text{m}$, $R = \lambda/\Delta\lambda \sim 30,000$) では、分散素子として高屈折率かつ高透過率材料である CdZnTe のコンパクトなイメージングレーティング (IG) を用いる必要があり、CdZnTe の小型試料に対する極低温での屈折率および透過率の精密測定を進めている (榎木谷他, 李他 本年会発表)。HRS の総合的なスループットの向上のためには、IG の入射・出射面で起きる表面反射防止構造の形成が必要であるが、低温での分光透過率、空間均一性および耐性を評価する測定装置の構築には様々な困難が伴う。本発表では、真空チャンバー内で $T \sim 20\text{K}$ に冷却した CdZnTe 試料に対する、屈折率の最小偏角測定や透過率イメージング測定に適用可能な、小型かつ汎用性の高いイメージングフーリエ変換分光器 (2D FT-IR) の開発結果について報告する。

この新しい分光器では、 $17 \times 15 \times 8$ cm の筐体内で、視野 $\sim 6^\circ$ 、F 値:1.9 の入射光が自由曲面鏡によりコリメートされたのち、二分割された平面鏡 (上部のみピエゾアクチュエータによる ± 0.99 mm の等速移動) により位相差干渉が与えられ、波長 $4\text{--}20\mu\text{m}$ に感度を有する常温カメラに結像される (趙他 ASJ2024 秋 V218a)。発振波数 961.5 cm^{-1} の量子カスケードレーザーの測定線幅から波数分解能 3.2 cm^{-1} を得た。これは近光軸で二分割された平面波の光路差を表す式 $\Delta L = 2M \cos[\alpha - \tan^{-1}(a/f) - 90^\circ] / \cos[\tan^{-1}(b/f)]$ (M : 可動鏡の移動距離; α : 平面鏡の設置角度 $= 58^\circ$; f : 対物鏡の焦点距離; a, b : 検出器の座標) における分解能 $\Delta\nu = 1/\Delta L$ と対応する。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

V250b GREX-PLUS 高分散分光器: 性能評価用分光器搭載二次元アレイ検出器ドライバーの設計

平原靖大, 渡部豊喜, 伊藤和也, 岡田宏太 (名古屋大学), 和田武彦 (NAOJ), 坂野井健 (東北大学), 本田充彦, 大島修 (岡山理科大学), 馬場俊介, 中川貴雄, 松原英雄 (ISAS)

我々は、計画中の赤外線天文衛星 GREX-PLUS への中間赤外線高分散分光器 HRS (観測波長 $10\text{--}18\mu\text{m}$, $\lambda/\Delta\lambda \sim 30,000$) の搭載を目指し、開発中の CdZnTe イメージング・グレーティング (IG) の性能実証のための地上望遠鏡搭載用分光器の設計を進めている (馬場他 本年会発表)。この分光器はまず地上望遠鏡に搭載し、主に原始惑星系円盤の H_2O 輝線 ($\lambda \sim 12.453\mu\text{m}$) の、HRS と同程度の波長分解能での観測を目指す。検出器には Ge 製 IG の冷却エシエル分光器 GIGMICS (Hirahara et al. 2012) に用いた Raytheon SB-189 Si:As BIB 検出器 (512×412 pixels, HRS 用検出器の約 1/5) を採用し、Cross Dispenser の回転によって観測波長領域を選択する。

四半世紀前に製造された二次元アレイ検出器の Read-Out Integrated Circuit (ROIC) は総ピクセル数こそ現代の FPA に比べて少ないものの、P-ch MOSFET による 2 系統 2 相シフトレジスタや 4 系統検出器出力用ソースフォロワが用いられていて、その駆動にはアナログクロックパルスとバイアス電圧、および精密定電流の供給が必要である。そこで今回、「あかり」、GIGMICS、名古屋大学気球搭載遠赤外線干渉計 FITE、および現在東北大学 PPARC で制作中の近赤外線エシエル分光器 ESPRIT 等で採用された各種 Raytheon 製赤外線二次元アレイ検出器ドライバーの設計資産をもとに、様々な旧型 ROIC の駆動を可能にする FPGA ボードを用いたコンパクトなドライバーエレクトロニクス回路の設計を進めた。

講演では、この FPA 検出器ドライバーの詳細な設計・制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](#)

V251a 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 (ISAS/JAXA), VERTECS collaboration

宇宙背景放射は銀河系外から飛来する放射の積算であり、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。これまでの観測ロケット等による観測の結果、近赤外線の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。その天体の候補として、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おり、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、可視光における多色観測が超過光の起源解明のために重要となる。そこで我々は、宇宙可視光背景放射観測を目的とする 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、産学官による輸送・超小型衛星ミッション拡充プログラム (JAXA-SMASH, JAXA-Small Satellite Rush Program) のもと、大学、JAXA、企業が共同で開発を進めている。3U サイズのミッション部は、宇宙背景放射の観測に特化した広視野レンズ光学系とバッフルおよび低暗電流の CMOS センサー部から成る。一方、3U サイズのバス部は、九州工業大学で開発された超小型衛星バスシステムをもとに、VERTECS の新規要素である高精度姿勢制御ユニット、S 帯および X 帯通信機、展開型太陽電池パドルを適合する構成としている (本年会 中川ら)。

2024 年 10 月には、JAXA-SMASH Program において Space BD 株式会社が輸送サービス事業者に選定され、2025 年度に H3 ロケットで打ち上げられる予定である。打ち上げに向け、2024 年後半からは、衛星 EM (Engineering model) のシステム統合および環境試験を進めるとともに、S 帯および X 帯の地上・運用系の開発を実施している。その結果をもとに、2025 年前半までに衛星 FM (Flight model) の開発を完了する計画である。

[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](#)

V252a VERTECS 衛星バス・システムの開発状況

中川貴雄 (ISAS/JAXA), 佐野圭 (九州工業大学), VERTECS collaboration

宇宙初期からの星形成史を解明するための宇宙可視光背景放射観測を主目的とする VERTECS (Visible Extragalactic Background RadiaTion Exploration by CubeSat) プロジェクトを進めている (本年会、佐野ら)。VERTECS は、6U サイズの CubeSat であり、その衛星バスシステムは、九州工業大学等が 2022 年に打ち上げた 6U 衛星である KITSUNE 衛星の技術ヘリテッジを活用したものである。ただし、KITSUNE は地球観測等の複数の技術実証を目指した衛星であり、天文観測衛星ではなかった。そこで、衛星を天文観測に最適化するように、KITSUNE 衛星バス部に VERTECS ではいくつかの変更を加えている。最大の変更点は、高い姿勢安定性要求 ($10''/\text{min}$) を満たすために、高精度の姿勢制御系を採用したことである (本年会、Cordova-Alarcon ら)。現在は、衛星姿勢を模擬するソフトウェア・シミュレータによる性能評価試験を行っているところである。さらに、大量の観測データ ($\sim 700 \text{ Mbytes/day}$) を地上に伝送するために、X-band の通信機を搭載し、従来の中大型天文観測衛星並みの 5 Mbps の通信速度を実現している。この大量のデータを受信するために、東京都市大学に新たに X-band アンテナの設置を予定している。このように、VERTECS では新しい搭載機器が多く、消費電力の増大に対応するために、展開型の太陽電池パネルを採用し、約 30W の発電能力を持たせた。

衛星全体の構造・熱設計については、STM (Structure Thermal Model) を作成し、2024 年 8-9 月に、振動試験、衝撃試験、熱真空試験を行い、設計の妥当性を確認した。この成果を受け、2024 年 12 月現在で、衛星全体の EM (Engineering Model) の試験中である。この結果を受け、2025 年春期には FM (Flight Model) の組み立て、試験を行い、2025 年度に打上げを予定している。

[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](#)

V253a Integration and Verification of the ADCS for the VERTECS CubeSat Mission

J.R. Cordova-Alarcon, A. Ikeda, W. Bejarano-Torres, E. Saptoka, K. Sano (Kyushu Institute of Technology), H. Tanaka, T. Nakagawa (ISAS/JAXA), S. Ikari (The University of Tokyo), I. Jikuya (Kanazawa University), K. Hirako (JAXA), Y. Yatsu (Tokyo Institute of Technology)

VERTECS is a 6U CubeSat mission developed through joint collaboration between Kyushu Institute of Technology (Kyutech) and external collaborators across Japan, supported by JAXA's Small Satellite Rush (JAXA-SMASH) Program. Its goal is to investigate cosmic star formation history by measuring the extragalactic background light (EBL), a diffuse light thought to originate from first-generation stars or intra-halo light. A 3U optical telescope with a $3k \times 3k$ CMOS sensor captures photometric data in four spectral bands (400–800 nm). Scheduled for a 2025 launch, VERTECS will operate in a sun-synchronous orbit at 576 km altitude. This paper presents the integration and testing of the Attitude Determination and Control System (ADCS) for VERTECS. The ADCS unit interfaces with the satellite BUS via an adapter board, facilitating command and telemetry exchange. Numerical simulations validated its performance across mission phases, ensuring a pointing stability of 10 arcseconds (1σ) over 1-minute exposures. An ADCS testing facility is being developed at Kyutech for hardware-in-the-loop (HIL) simulations, and confirmation of magnetic and sun sensor and actuator polarization in a simulated orbital environment. These tests will verify ADCS readiness for VERTECS in-orbit operations.

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

V254a 超小型衛星 VERTECS: ミッションペイロードの開発状況

瀧本幸司, 中川貴雄, 高橋葵, 保田慶直, 田中颯 (ISAS/JAXA), 佐野圭, 橋本遼, 當銘優斗, 川崎悠貴, 中川俊輔, 佐藤凜 (九州工業大学), 松浦周二, 廣瀬優樹, 小鹿哲雅, 大原有稀, 津本明音, 夷子真生 (関西学院大学), 津村耕司, 新村浩司 (東京都市大学), VERTECS collaboration

VERTECS (Visible Extragalactic background RadiaTion Exploration by CubeSat) は、6U サイズの超小型衛星に広視野かつ小型の可視光望遠鏡を搭載して、宇宙可視光背景放射を観測するプロジェクトである (佐野ら、本年会)。本衛星に搭載する 3U サイズのミッションペイロードは、全視野角 $6^\circ \times 6^\circ$ 、ピクセル視野角 $11'' \times 11''$ で高スループットなレンズ光学系と、高感度かつ低ノイズな検出器、迷光除去バッフルから構成される。検出器前面にはカラーフィルタを配置し、波長 400–800 nm を 4 バンドに分割する。

これまでに BBM および EM の設計・製作・試験を実施し、要求仕様を満たすミッションペイロードの設計解を得た。望遠鏡に入射した平行光は、全バンドで要求を満たすサイズ ($\phi_{EE90\%} \leq 10 \mu\text{m}$) に結像することを確認した (小鹿ら、本年会)。また、QT レベルの振動・衝撃試験や、 $-30^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$ の熱サイクル試験でも各部品に変形や損傷は見られず、各試験の前後で光学性能に著しい変化が無いことを確認した (橋本ら、本年会)。加えて、レンズ光学系および検出器が十分な放射線耐性を持つことも確認した (廣瀬ら、本年会)。これらの結果を受けて、2024 年 11 月にはレンズ光学系と迷光除去バッフルの FM の製作が完了し、現在は FM 検出器と組み上げて、ペイロード単体および衛星全体の機能・性能試験を進めている。VERTECS は 2025 年度に H3 ロケット 30 形態試験機での打上げを予定している。本講演では、ミッションペイロードの概要と、各コンポーネントの要求仕様および評価試験、打上げまでのスケジュールについて報告する。

[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](#)

V255a VERTECS: 超小型衛星に搭載する可視光望遠鏡の光学試験結果

小鹿哲雅, 廣瀬優樹, 大原有稀, 夷子真生, 津本明音, 松浦周二 (関西学院大学), 橋本遼, 當銘優斗, 川崎悠貴, 中川俊輔, 佐野圭 (九州工業大学), 瀧本幸司, 高橋葵, 田中颯, 中川貴雄 (ISAS/JAXA), 津村耕司 (東京都市大), VERTECS collaboration

VERTECS (Visible Extragalactic background Radiation Exploration by CubeSat) は、6U サイズの超小型衛星で宇宙可視光背景放射を観測し、暗黒時代から現在に至る宇宙の形成史を解明するミッションである。黄道光、星々の光、銀河系内ダストによる散乱光を前景光として差し引き、星マスクを適用しないピクセルの平均値から、約 $10 \text{ nWm}^{-2}\text{sr}^{-1}$ の背景放射を求め、精度を増すためには広い視野と鋭い PSF が必要である。また、背景放射は視野内に一様に広がるため、迷光と区別し、その絶対強度を測定する必要がある。VERTECS の望遠鏡は 1 バンドあたり $3^\circ \times 3^\circ$ の視野、4 バンドの可視フィルター (400-500nm, 500-600nm, 600-700nm, 700-800nm)、高い迷光除去性能を持つバッフル、感度校正済みのカメラを備える。計画では 1 年間で全天の 4 割を観測する。

現在、エンジニアリングモデル (EM) の試験を完了し、フライトモデル (FM) の試験を実施中である。本講演では、両モデルにおける光学試験の詳細と結果を報告する。望遠鏡は、軌道周回中の温度変化による焦点移動を抑制するよう設計されているが、試験では設計とは異なる焦点距離の温度依存性が確認された。これに対応するため、温度コントロールにより焦点を被写界深度内に収める対策をした。また、バッフルは視野外の迷光を 6 桁減衰させるよう設計され、試験で目標性能を達成することを確認した。カメラモジュールについては、校正済みの基準光源を用いてフラット測定および各バンドの測光感度校正を行った。これらの試験結果から、EM が設計要求を満たすことを確認するとともに、FM も要求を満たすと期待される。

[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](#)

V256a 超小型衛星 VERTECS に搭載される検出器の γ 線照射試験結果

廣瀬優樹, 松浦周二, 小鹿哲雅, 津本明音, 大原有稀, 夷子真生 (関西学院大), 佐野圭, 橋本遼, 當銘優斗, 川崎悠貴, 中川俊輔, 佐藤凜 (九州工業大), 津村耕司 (東京都市大), 中川貴雄, 瀧本幸司, 高橋葵, 田中颯 (ISAS/JAXA), VERTECS collaboration

超小型衛星 VERTECS は可視光域での宇宙背景放射の観測に挑む天文観測衛星である。ミッション機器である望遠鏡の検出器は、市販の CMOS センサー (SONY IMX533) と電子回路部品を用いており、衛星への搭載実績がないことから、軌道上の環境を模擬した放射線耐性試験が重要である。放射線を照射する前の本 CMOS センサーの暗電流は、観測時のセンサー温度である 0°C 以下のとき 0.01eps 以下であり、それによるノイズは読出しノイズや背景光子ノイズと比べて十分に小さく検出感度に影響を与えないが、軌道上での放射線吸収が及ぼす暗電流や不良ピクセルの増加による検出感度への影響が懸念される。

本研究では検出器の放射線耐性を評価するため、九州大学の加速器・ビーム応用科学センターにて、 ^{60}Co を線源として用いた γ 線の照射試験を行った。軌道上での 1 年分の線量に相当する 100Gy の γ 線を 2 時間かけて CMOS センサーと駆動用の電子回路からなる検出器モジュール全体に照射した。室温にて検出器の電源を入れた状態で γ 線を照射したが、検出器は故障せずに動作し続けた。センサーの暗電流は γ 線照射の前後で約 2 倍に増加するとともに、恒温槽を用いて測定した暗電流の温度依存性にも照射前後での変化が確認された。また、センサーの不良ピクセルも増加し、試験後に増加した不良ピクセルの正常なピクセルに対する数の割合は 4.6% であった。今回の試験では、暗電流と不良ピクセルはいずれも放射線の照射により増加したが、観測に大きな影響を与えるような増加量ではないことがわかった。本年会では試験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](#)

V257a 超小型衛星 VERTECS の打ち上げに向けた振動衝撃・低温真空環境試験

橋本 遼, 佐野 圭 (九州工業大学), VERTECS collaboration

VERTECS (Visible Extragalactic Radiation background Exploration by CubeSat) は 6U と呼ばれる規格 (1U:10cm 立方) の小型衛星で、可視光領域での系外銀河背景放射の観測を目的とする。宇宙背景放射は、系外銀河の光に加えて初期宇宙の形成過程で発生した光を含んでおり、この宇宙の形成の歴史を紐解く手がかりである。衛星に搭載する屈折望遠鏡の焦点面には視野角を 4 分割するフィルターを備えた CMOS センサーの検出器を備えている。衛星の構造は打ち上げ時の振動衝撃に耐えうるよう有限要素法により構造設計検証されているが、強い機械共振があるような場合には望遠鏡の光学アライメントがずれる可能性がある。また、衛星は降交点時刻が 9-12 時の太陽同期軌道を周回し、軌道の位相や衛星姿勢に依存する太陽光や地球アルベドの入熱変化により衛星の温度が大きく変動するため、望遠鏡の焦点距離や結像性能もまた変化する可能性がある。

これらの問題が起こらないことを打ち上げ前に振動衝撃や低温真空の環境試験により確認する必要がある。そのためにもまず衛星構体の STM (Structure model) を用い振動試験を行い、衛星各部の振動レベルを確認し構造設計が妥当であることを確認した。次に望遠鏡の EM (Engineering model) を衛星の STM に組み込み振動衝撃試験を行うとともに、低温真空チャンバーを用いた光学試験にて望遠鏡の焦点距離と結像性能の温度依存性を評価し、いずれも運用上許容できることを確認した。現在、衛星全体を EM とする環境試験を進めており、今後、軌道上の熱シミュレーションをベースとする熱環境試験を実施し、各環境試験前後で衛星のバスシステムの機能チェック、光学性能評価を予定している。本講演では、環境試験の詳細な説明と試験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](#)

V258a VERTECS におけるヴィジビリティ解析および観測日決定アルゴリズムの開発

保田慶直, 岩田隆浩 (総合研究大学院大学/ISAS), 高橋葵, 中川貴雄, 瀧本幸司 (ISAS), 松浦周二, 廣瀬優樹, 小鹿哲雅, 大原有稀, 津本明音 (関西学院大学), 田中颯 (東京科学大学/ISAS), 佐野圭, 當銘優斗, 黒崎香名, 中川俊輔, 西岡政寛 (九州工業大学), VERTECS collaboration

VERTECS (Visible Extragalactic background RadiaTion Exploration by CubeSat) ミッションでは、6U キューブサットを用いて可視光域における宇宙背景放射 (Extragalactic Background Light, EBL) を広視野で観測することを目指している。EBL の正確な算出には、前景光である Interstellar Light (ISL)、Diffuse Galactic Light (DGL)、および Zodiacal Light (ZL) をモデル化し、差し引く必要がある。1 年間の科学運用期間中に全天の 4 割以上を観測し、これらの前景光モデルの精度向上を通じて EBL の精密な算出を目指す。

本研究では、人工衛星の軌道計算、通信解析を統合的に支援するソフトウェア、STK (Systems Tool Kit) を利用して、VERTECS の軌道計算および、予定されているミッション運用の要求を満たすように観測天域の観測可能性「ヴィジビリティ」の判定を行った。まず、観測機器の視線方向に対する月離角要求 30° 、太陽離角要求 90° 、地球リム離角要求 30° や、露光時間および姿勢制御に関する要求を満たすようにシミュレーションを実施した。その結果を基にヴィジビリティマップを作製したところ、黄極付近の観測が他の天域より難しいことが判明した。さらに、予定されている各目標天域について、STK で出力した観測可能な日時の一覧を基に、EBL 及び前景光 (ISL、DGL、ZL) のモデル作成に必要な観測回数を考慮した観測日を決定するアルゴリズムを構築した。

本講演では、VERTECS ミッションにおける観測日決定アルゴリズムと、シミュレーションにより得られた各天域のヴィジビリティ判定の結果と考察を紹介する。

[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](#)

V301a X線分光撮像衛星 XRISM 搭載 Resolve の現状

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^G, 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^K, 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)

XRISM 衛星に搭載される *Resolve* は、50 mK の極低温で動作する 6×6 のマイクロカロリメータアレイと焦点距離 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 *Resolve* 検出部は 50 mK まで冷却、~5 eV のエネルギー分解能で観測を継続している。この講演では *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 XRISM 衛星搭載 Resolve 用超流動ヘリウム排気系の軌道上性能

石川久美, 山口和馬, 江副祐一郎 (都立大), M.J. Dipirro, P.J. Shirron (NASA), 吉田誠至 (住友重機械), 藤本龍一 (JAXA 宇宙研), 石崎欣尚 (都立大)

2023 年 9 月に打ち上げられた XRISM 衛星搭載 *Resolve* は、50 mK で動作する X 線マイクロカロリメータであり、冷媒として超流動の液体ヘリウムを用いる。約 30L という限られた液体ヘリウムを軌道上で 3 年以上もたせるため、ヘリウムタンクへの侵入熱は約 1 mW 以下に抑えられ、定常状態におけるヘリウム排気量は約 30 $\mu\text{g/s}$ になる。このわずかなガスを無重力下で液相と分離しつつ、液体ヘリウムの寿命に大きな影響を及ぼす、超流動ヘリウムが配管の壁を伝わってフィルムフローとして流出する量を <2 $\mu\text{g/s}$ に抑える機構を持つ必要がある。

我々は *Resolve* 用超流動ヘリウム排気システムを設計、開発した。超流動ヘリウムの相分離にはポーラスプラグという熱機械効果を用いて液相と気相を分離するデバイスを用いた。フィルムフロー抑制には微細配管、熱交換器、ナイフエッジデバイスの 3 つを用いた。原子レベルに鋭いエッジの表面張力を利用してフィルムフローを抑制するナイフエッジデバイスは、我々自身が JAXA 宇宙研のクリーンルームでインハウス製作した。基本的なデザインは「ひとみ」衛星搭載の SXS に使用したものと同じだが、地上試験を経て若干のデザイン変更をした。我々は打ち上げ後の温度データから、超流動ヘリウム排気システムが適切に動作していることを確認した。打ち上げ後 1 年間の温度データと地上試験に基づいて構築した流量モデルを用いて、定常状態での超流動ヘリウムの排気量を 27~30 $\mu\text{g/s}$ と推定した。これは、打ち上げ初期に予想された侵入熱量とほぼ一致している。積算流量から液体ヘリウムの寿命を推定した結果、約 6 年程度と見積もられ、断熱消磁冷凍機サイクルを用いた寿命推定の結果と一致した。どちらの手法を用いても目標液体ヘリウム寿命の 3 年を満たすと予想される。

[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](#)

V303a 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 (3)

米山友景 (中央大), 鈴木寛大 (ISAS/JAXA), 森浩二 (宮崎大), 中嶋大 (関東学院大), 富田洋 (ISAS/JAXA), Takashi Okajima (NASA/GSFC), 野田博文 (東北大), 小林翔悟 (東京理科大), 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 (宮崎大), 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), 青木大輝, 二之湯開登, 清水康行, 樋口菜由 (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 7 日に打ち上げられ、2024 年 2 月に定常運用に移行した X 線分光撮像衛星 XRISM は、2024 年 8 月まで性能検証フェーズ (PV フェーズ) の観測を行い、2024 年 9 月から公募観測を行っている。XRISM に搭載されている軟 X 線撮像装置 Xtend は、焦点面検出器として 4 素子の X 線 CCD カメラ (SXI) を配置し、38 分角平方の広視野を実現している。Xtend は主に分光性能に優れる *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。Xtend は現在、科学観測を行いながら性能検証と軌道上校正を進めている。本講演では、2024 年秋季年会からの進捗を中心に、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](#)

V304a X線分光撮像衛星 XRISM 搭載軟X線撮像装置 (Xtend) の軌道上における有効面積と検出効率の評価

井上峻, 内田裕之 (京大), 信川久実子, 青木悠馬, 伊藤耶馬斗 (近畿大), 林多佳由, 岡島崇 (NASA/GSFC), 幸村孝由, 樋口菜由 (東京理科大), 森浩二, 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), 内山秀樹 (静岡大), 村上弘志 (東北学院大), 中嶋大 (関東学院大), 信川正順 (奈良教育大), 小林翔悟 (東京理科大), 鈴木寛大, 伊師大貴 (ISAS/JAXA), 田中孝明 (甲南大), 松本浩典, 小高裕和, 島耕平 (阪大), 米山友景 (中央大), 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、X線望遠鏡 (XMA) と4素子のX線 CCD カメラ (SXI) で構成され、38分角四方の広視野撮像分光観測を 0.4–13.0 keV のエネルギー帯域で行っている。天体の観測で得られたX線イベントの数をフラックスに変換するには、軌道上における有効面積と検出効率の位置依存性の情報が必須である。そこで、我々は光軸上での SXI の有効面積を他衛星と相互較正することを目的として、点源であるキューサー 3C273 を、XRISM、Swift、Chandra、XMM Newton、NuSTAR により同時観測した。その結果、地上試験を基にした現状のデータベースを用いた解析で、SXI と他衛星の示すフラックスの絶対値は ~30% の範囲で一致し、各衛星間に見られるばらつきから逸脱しないことを確認した。また、光軸以外の領域での検出効率の位置依存性については、空間的に広がった天体である超新星残骸 Cygnus Loop と Perseus 銀河団を SXI で観測し、過去の衛星のデータと比較することで調査した。その結果、0.3–2 keV、2–7 keV の両帯域で、SXI と他衛星の示すフラックスの空間分布がほぼ全ての領域で 3σ 誤差の範囲で一致していることを確認した。本講演では、これらの有効面積、検出効率の位置依存性の評価について、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](#)

V305a 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 (4)

Yohko Tsuboi, Tomokage Yoneyama (Chuo Univ.), Marina Yoshimoto (Osaka Univ.), Yukiko Ishihara, Tomohiro Yanagi, Koichiro Akasu, Noboru Nemoto (Chuo Univ.), Yoshitomo Maeda, Kotaro Fukushima, Katsuhiko Hayashi, Yoshiaki Kanemaru, Shoji Ogawa, Tessei Yoshida (JAXA/ISAS) and XRISM/Xtend Transient Team

The X-ray Imaging Spectroscopy Mission (XRISM) was launched on September 7, 2023, and the on-board Xtend, which has a wide field of view of 38 arcmin, is now performing spectral imaging in the 0.4–13 keV band. Using Xtend's wide field of view, we have been performing a transient search called XRISM/Xtend Transient Search (XTS) once a day. We have been reporting to the world via telegram within several days of detection. From the beginning of January 2024, when the XTS became operational, to the end of November 2024, we have issued 18 reports on the Astronomer Telegram (ATel). The lower limit of sensitivity is about 10–14 ergs-1 cm-2 for a one-day observation, i.e. for the observation with an exposure time of about 40 ks and an observing efficiency of about 50%. This is orders of magnitude fainter than that obtained with all-sky survey satellites (e.g., MAXI and Einstein probe) and comparable to that obtained with Swift's XRT and SRG's eROSITA. XRISM's typical exposure time has been several days so far, allowing searches with practical sensitivity to variable sources with timescales greater than one day in the 10–14 erg s-1 cm-2 flux range. Together with these instruments, XRISM now plays a key role in time-domain astronomy. In this presentation, we report the development, operation, and results by February 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](#)

V306a X線分光撮像衛星 XRISM の科学運用の現状 (3)

小川翔司, 金丸善朗, 林克洋, 福島光太郎, 吉田鉄生 (JAXA), 寺田幸功, 田代信 (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), 勝田哲, 本上侑吾 (埼玉大), 寺島雄一, 志達めぐみ, 新居田祐基, 高木利紘 (愛媛大), 山内茂雄, 太田直美, 白木天音, 鈴木那梨 (奈良女子大), 山田智史 (理化学研究所), 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), 善本真梨那 (大阪大), 飯塚亮, 内田和海, 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、衛星搭載機器の機能確認等を実施するコミッション・初期較正期、XRISM サイエンスチームによって選ばれた天体の観測を行う性能実証期を経て、2024年9月からは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) 期に入った。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スケジュールリング、観測データの高速処理およびアーカイブ処理とその結果の検証、日々の即時解析データによる検出器の健全性確認、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。これらの活動は、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て進めている。本講演では XRISM の科学運用について、これまでの GO 期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](#)

V307a X線マイクロカロリメータの次世代室温エレクトロニクスの開発と将来展望

山田真也, 林 佑, 森田 湧大 (立教大), 早川 亮大 (QUP/KEK)

XRISM 衛星の画素数は 36 画素 (校正専用の 1 画素を含む) であり、精密な分光とイメージングを同時に実現するに次世代の X 線カロリメータ技術が必要である。その中でも有望視されているのが超伝導体の転移端を活用した超伝導転移端検出器 (TES) であり、我々は基礎開発から応用実験などを進めることで技術成熟度の向上に努めてきた。XRISM 衛星に搭載された室温デジタル機器 (PSP) は 12.5 キロサンプリングで取得されたカロリメータの波形を処理する宇宙用の FPGA および組み込み CPU のシステムであったが、TES は XRISM の半導体カロリメータの比べて信号波形も速いため、室温エレクトロニクスもより高速に処理できるものが必要となる。TES には、複数の読み出し方式が開発されているが、従来の時間分割方式型の読み出しではなく、マイクロ波帯域を用いた読み出し方式に向けた開発が主流となりつつある。この読み出し方式は、4-8GHz の帯域を用い、TES の画素ごとに異なる共振ピークを持つ超伝導共振器の信号を一本の同軸ケーブルで 100 画素分読み出すものであり、DC バイアスで TES を動作させることもメリットである。我々は、2016 年以降の開発により、1 ギガサンプリング 14bit で処理するシステムの開発を進め、それを用いて 40 画素程度の TES を同時に読み出すことに成功した。近年では、RFSoc4x2 という RF の機能と高速 AD/DA の機能を FPGA および組み込み CPU も含めてワンチップにしたシステムの検討を進めており、これを用いることで帯域を 5GHz まで拡張できる。本公演では、このような次世代のマイクロカロリメータの室温エレクトロニクスの開発状況と将来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](#)

V308a X線突発天体監視速報衛星こよう (KOYOH) の運用観測の現状 (1)

澤野達哉, 米徳大輔, 杉崎陸 (金沢大学), 三原建弘 (理研), 有元誠 (金沢大学), 井町智彦, 江口大智, 大滝健生, 岡本奏歩, 笠原禎也, 河本隆希, 木邑真理子, 小島寧隼, 坂田望祥, 軸屋一郎, 莊司泰弘, 高橋直暉, 中村駿介, 長谷川琢真, 堀田将史, 松田昇也, 宗像勇輔, 八木谷聡, 山口太暉 (金沢大学)

X 線突発天体監視速報衛星こよう (KOYOH) は日本時間 2023 年 12 月 2 日に米国ヴァンデンバーグ宇宙軍基地から打ち上げられた 50kg 級の大学衛星で、重力波を伴うガンマ線バースト (GRB) などの X 線突発天体を観測し、発生時刻と発生方向を速報することで、GRB と重力波との時間差により GRB ジェットの駆動源や放射構造の解明を目指すほか、速報情報による対応天体の追観測促進など、マルチメッセンジャー天文学への貢献を目指す理学ミッションを掲げている。ミッション機器として、1 次元符号化マスクとシリコンストリップ型半導体検出器による広視野 X 線検出器 T-LEX と、CsI(Tl) シンチレーターと半導体光センサー MPPC によるガンマ線検出器 KGD を搭載する。KOYOH は打ち上げ後、約 1 ヶ月間のバス健全性の確認期間、4 ヶ月間のテスト観測期間を経て、2024 年 4 月 25 日より定常運用へ移行し、スタートラッカーの不具合などバス系のトラブルを抱えつつも、突発天体を待ち受けるため観測時間を積み重ねる運用を続けてきた。ミッション機器で観測した分光データについて、X 線天文解析の標準ツールである Xspec や fits 形式に準拠したデータの変換を進め、取得したバックグラウンド観測データの支配成分が宇宙背景放射と無矛盾であるか、突発事象検知データの hardness ratio の解析から起源についての検証を進めている。本講演では 1 年を超えるこれまでの運用の概要と、進めている軌道上観測データの解析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](#)

V309a 超小型 X 線衛星の可能性:NinjaSat の打ち上げから 1 年の現状と観測成果

岩切涉 (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), 沼澤 正樹 (都立大), 武田 朋志, 大田 尚享, 重城 新大, 渡部 蒼汰, 青山 有未来, 岩田 智子, 高橋 拓也, 山崎 楓, 周 圓輝, 内山 慶祐, 吉田 勇登, 林 昇輝 (理研/東理大), 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 絢太郎 (理研/早大)

NinjaSat は 6U サイズのキューブサット衛星 (10×20×30 cm) であり、2023 年 11 月に SpaceX Transporter-9 で太陽同期軌道に放出され無事 1 年が経過した。2-50 keV に感度を持つ非撮像型のガス X 線検出器と荷電粒子モニターの Si-PIN 検出器を搭載しており、突発天体に対する 1 日以内の緊急観測や多波長観測の調整に対する柔軟性と、現行の X 線天文衛星では難しい week から month オーダーの時間領域で連続した観測ができることが特徴である。非常に明るいさそり座 X-1 のモニター観測が可能一方で、半日程度の観測で 2-10 keV の帯域において $\sim 2 \times 10^{-10}$ erg/sec/cm² 程度の明るさの天体を検出する性能を持つ。NinjaSat のコンセプトの一つは「気軽な X 線天文観測によるサイエンス創出」であり、観測天体の選定は毎日スタッフと学生で議論を行いながら決定している。本講演では軌道上運用の現状とこれまでの 21 天体の観測結果、例えば 2024 年 2 月に発見された降着型ミリ秒パルサー SRGA J144459.2-604207 の約 1 ヶ月に渡る I 型 X 線バーストの再帰時間とバーストプロファイルのモニタリングや、約 80 年振りの新星爆発が起こるのではと世間を賑わせたかんむり座 T 星の 2 ヶ月に渡る長期観測、2024 年 11 月に見つかった正体不明の新天体 MAXI J1752-457 の発見報告から約 2.5 時間での追観測の成功とその後数日間に渡るモニターなどのユニークな成果について述べる。

[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](#)

V310b 超小型 X 線衛星 NinjaSat の光度曲線におけるバックグラウンドモデル

岩田 智子, 渡部 蒼汰, 青山 有未来, 山崎 楓 (理研/東理大), 玉川 徹 (理研), 榎戸 輝揚 (京都大/理研), 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), 周 圓輝, 内山 慶祐, 武田 朋志, 吉田 勇登, 大田 尚享, 林 昇輝, 重城 新大, 高橋 拓也 (理研/東理大), 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 6U サイズ ($10 \times 20 \times 30 \text{ cm}^3$) の超小型 X 線衛星であり、X 線天体の長期占有観測や、他の衛星が発見した突発天体の追観測を目的とする。主検出器として、2–50 keV に感度を持つ非撮像型ガス X 線検出器 (Gas Multiplier Counter; GMC) を 2 台搭載している。軌道上で GMC が取得するデータには、宇宙線起源の非 X 線バックグラウンドが含まれる。非撮像型の GMC は視野内から選択してバックグラウンドを取得できないため、X 線源がない天域 (blank sky) のデータを用いてバックグラウンドのモデル化を行う必要がある。

我々は、Ginga 衛星のバックグラウンドモデリング (Hayasida et al., 1989) に倣い、2024 年 4 月から 7 月に取得した、blank sky データを用いて、Cut-off Rigidity (COR GV) と GMC のカウントレート (R counts/s) の相関を、べき関数でフィットして表現した。得られた結果は、 $R = (1.33 \pm 0.05) \times COR^{(-0.38 \pm 0.09)} - (0.24 \pm 0.13)$ となり、これをバックグラウンドモデルとして用いることとした。2024 年 11 月に取得した別の天域の blank sky データに対し、上記のモデルを適用しバックグラウンドを除去すると、GMC のカウントレートは、 $0.00 \pm 0.02 \text{ counts/s}$ (標準偏差には統計誤差と系統誤差を含み、約 2 mCrab 相当) になった。本講演では、モデル作成の手順を紹介し、その再現性を議論する。

[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](#)

V311b 超小型 X 線衛星 NinjaSat におけるバックグラウンドスペクトルのモデル化

山崎 楓, 渡部 蒼汰, 青山 有未来, 岩田 智子 (理研/東理大), 玉川 徹 (理研), 榎戸 輝揚 (京都大/理研), 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), 周 圓輝, 内山 慶祐, 武田 朋志, 吉田 勇登, 大田 尚享, 林 昇輝, 重城 新大, 高橋 拓也 (理研/東理大), 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 2023 年 11 月に打ち上げられた 6U サイズ ($10 \times 20 \times 30 \text{ cm}^3$) の超小型 X 線衛星で、2–50 keV に感度を持つ非撮像型ガス X 線検出器 (GMC) を 2 台搭載している。GMC は天体画像が取れないので、バックグラウンドは、明るい X 線源がない天域 (blank sky) の観測データからモデル化する必要がある。特に荷電粒子によるバックグラウンドは、衛星の通過場所に依存するため、実データを用いたモデル化が必須となる。

本研究では、2024 年 4 月から 7 月までの blank sky 観測データを用いてバックグラウンドスペクトルをモデル化を試みた。地磁気カットオフ硬度 (COR) と GMC のバックグラウンドレートには相関があることが、観測データから分かっている (岩田ほか、2025 年春季年会)。NinjaSat 軌道上の COR は 2–21 GV で変化するが、データを COR に基づいて 4 等分し、2–20 keV の範囲でスペクトルがどのように変化するかを確認した。その結果、スペクトルの比に対する標準偏差は最大で 0.18 となり、~9% の範囲でスペクトルの形状は一致していることが分かった。次に、全データを使ってスペクトルテンプレートを作り、それを COR に応じて重みづけすることで、バックグラウンドスペクトルのモデル化を行った。本講演では COR によるスペクトルの形状変化について述べるとともに、COR を用いてバックグラウンドスペクトルをモデル化する手順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](#)

V312b 超小型 X 線衛星 NinjaSat の時刻較正とパルサー観測による検証 (2)

高橋 拓也, 大田 尚享 (理研/東理大), 玉川 徹 (理研), 榎戸 輝揚 (京都大/理研), 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), 周 圓輝, 内山 慶祐, 武田 朋志, 吉田 勇登, 林 昇輝, 重城 新大, 渡部 蒼汰, 青山 有未来, 岩田 智子, 山崎 楓 (理研/東理大), 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 2023 年 11 月 11 日に打ち上げられた、6U サイズ ($10 \times 20 \times 30 \text{ cm}^3$) の超小型 X 線衛星である。本衛星には 2–50 keV のエネルギー帯に感度を持つ非撮像型ガス X 線検出器 (Gas Multiplier Counter; GMC) を 2 台搭載しており、X 線検出時刻を $61 \mu\text{s}$ の時間分解能で記録している。地上では、1 秒間隔で衛星の GPS 受信機から取得される時刻を用いて GMC の時刻を較正し、X 線イベントに絶対時刻を付与している (大田ほか、2024 年秋季年会)。

NinjaSat は相互較正のため、2024 年 3 月 19 日に 2–12 keV で共通の観測エネルギー帯を持つ国際宇宙ステーションに搭載された X 線望遠鏡 Neutron Star Interior Composition Explorer (NICER) とかに星雲を同時期に観測した。Jodrell Bank Observatory による電波観測を基に、かにパルサーのパルス位相を付与した両者のパルスに対して相互相関をとった。その結果、NICER との間では 0.17 ms のビン幅の範囲でずれは無かった。

10 月に時刻付け精度の確認のため、再度 NinjaSat でかに星雲を観測し、周期解析を行った。その結果、電波観測に対してパルス位相は 0.01 位相ビン幅で 0.99 位相であった。この結果から、NinjaSat は打ち上げから約 1 年が経過した時点でも 0.34 ms のビン幅の範囲で変化が無かったことが確認できた。

[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](#)

V313a 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

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、以下の 2 つの主要ミッションを実現する衛星計画である。(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これらの突発天体の観測を通じて、ブラックホールの形成や成長する瞬間の物理現象を理解していく。

本講演では、2 つの主要ミッションのうち初期宇宙観測に着目した期待される科学成果の例、最近の計画の状況や今後の方針、および機器開発における成果概要などを紹介する。特に、本ミッションでは HiZ-GUNDAM 衛星での GRB の発見と地上大型望遠鏡による分光追観測で初期宇宙の物理情報を獲得するが、宇宙再電離研究において銀河間空間の水素の中性度の測定から決定できるシナリオについて言及する。また、2 つの観測機器である広視野 X 線モニターおよび近赤外線望遠鏡の進捗について紹介する。

[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](#)

V314a HiZ-GUNDAM 衛星搭載 広視野 X 線モニター: 2024 年度の進捗

坂本 貴紀 (青学大), 米徳 大輔 (金沢大), 土居 明広, 松原 英雄, 富田 洋 (宇宙研), 三原 建弘 (理研), 有元 誠, 澤野 達哉 (金沢大), 郡司 修一 (山形大), HiZ-GUNDAM チーム

JAXA 公募型小型 5 号機の候補ミッションのひとつとして選定されている HiZ-GUNDAM (High-Z Gamma-ray burst for Unraveling the Dark Ages Mission) 衛星は、ガンマ線バーストを宇宙遠方で発生する明るい光源として利用した初期宇宙探査、そして、重力波やニュートリノなどの信号と従来の光の観測を組み合わせたマルチメッセンジャー天文学を強力に推し進める日本独自のガンマ線バースト探査ミッションである。HiZ-GUNDAM には、現行の観測装置の 1.5 桁程度高い感度で広い視野を探査できる広視野 X 線モニター、そして、広視野 X 線モニターで発見した突発天体の方向へ自律的に衛星の姿勢制御をし、即座に追観測を行う口径 30 cm の近赤外線望遠鏡が搭載される。広視野 X 線モニターは、ロブスターアイ光学系 (Lobster-Eye Optics; LEO) と呼ばれる Photonis 社製の X 線集光素子と宇宙利用実績が豊富な PN Sensor 社の大面積 pnCCD の組み合わせで構成する。広視野 X 線モニターの 1 モジュールは、4 cm 角の LEO 素子を 3×3 で 9 枚並べ、焦点距離 30 cm の位置に 55 mm 角の pnCCD を配置し、モジュール 16 台で約 0.7 ステラジアン of 空の領域を監視する。

2024 年度は、 3×3 の 9 枚の LEO 素子をマウントできる光学フレームを製作し、そのフレームに 2 枚の LEO をアライメントした状態での X 線結像性能測定を宇宙科学研究所の 30 m ビームラインを用いて行った。2 枚の LEO をまたぐ形で X 線を照射した場合でも、広視野 X 線モニターとしての要求値を十分達成できる集光性能を有している事が確認できた。また、pnCCD については、pnCCD を駆動、そして、読み出すための基板の設計、および製作を行い、現在、基板の動作確認作業を行っている。本発表では、2024 年度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](#)

V315a HiZ-GUNDAM に向けた pnCCD イメージセンサの駆動及び読み出しシステムの開発

今度隆二, 有元誠, 澤野達哉, 荻野直樹, 米徳大輔 (金沢大学), 大塚宙, 盛顯捷, 坂本貴紀 (青山学院大学), 平賀純子 (関西学院大学)

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。0.1 s 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} erg/cm²/s (100 s 積分) の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 線検出器の開発を進めている。

本研究では、我々が開発した Field Programmable Gate Array (FPGA) システム (N. Ogino et. al. 2020) をベースとした pnCCD 駆動及び読み出しシステムの開発を行った。本システムには新たに pnCCD の駆動波形生成、pnCCD からのアナログ信号のデジタル変換機能が必要である。これらの機能を実現するために、(1)pnCCD の電荷転送信号を生成する PHI ドライバ基板、(2) 前述の AD 変換を行う ADC 基板、(3) システム全体に電源を供給する電源供給基板の 3 つの電子基板を製造した。本講演では、これらの電子基板で構築した pnCCD 駆動及び読み出しシステムの動作試験の結果について発表する。

[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](#)

V316a 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 で狙うサイエンスと軟 X 線装置の較正状況

成影典之(国立天文台), 三石 郁之(名古屋大学), 渡辺 伸, 坂尾 太郎(宇宙航空研究開発機構), 高橋忠幸(東京大学 Kavli IPMU), 長澤 俊作(SSL/UC Berkeley), 南 喬博(東京大学), 佐藤 慶暉, 清水里香, 廣瀬 維士(総合研究大学院大学), 加島 颯太(宇宙航空研究開発機構/関西学院大学), 作田 皓基, 安福 千貴, 藤井 隆登, 吉田 有佑, 馬場 萌花(名古屋大学), 須崎 理恵(東京農工大学), 田儀 結生(宮崎大学), Glesener Lindsay, Athanasios Pantazides(ミネソタ大学), FOXSI-4 チーム

観測ロケット実験 Focusing Optics X-ray Solar Imager の 4 回目の飛行計画である FOXSI-4 は、2024 年 4 月 17 日、中規模 (M1.6 クラス) のフレア発生直後に米国アラスカから打ち上げられ、世界初の太陽フレア X 線集光撮像分光観測 (0.5 keV~20 keV) を成功させた。FOXSI-4 は 7 組の高精度 X 線ミラーと高速度 X 線カメラを用いて、太陽フレア領域から放出された X 線光子 1 個 1 個の位置・時間・エネルギー情報を計測した。これにより「太陽フレア領域全体の温度構造の精査」、「太陽フレア領域全体にわたる加速された電子 (非熱的成分) の探索」、「太陽フレアで解放されたエネルギーや加速された電子の伝搬の追跡」に挑むことができる。

軟 X 線帯域 (~ 10 keV まで) では約 5 分間の観測中に 1 千万個以上の光子を検出しており、そこから得られる X 線スペクトルのフィッティングから、温度・密度・元素組成などの空間分布と時間発展が精査可能である。一方、光子統計に優れたデータであるため、精密プラズマ診断を行うには観測装置を精確に較正しておく必要がある。そこで我々は、放射光を用いた実測に基づく機器較正を実施している。本講演では、軟 X 線装置の機器較正状況を報告するとともに、世界初の太陽フレア X 線スペクトルデータで挑むサイエンス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](#)

V317a 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: 硬 X 線装置の較正状況と初期解析成果

長澤俊作(SSL/UC Berkeley, 東大 IPMU), 南喬博(東大理), 渡辺伸(ISAS/JAXA), 高橋忠幸(東大 IPMU), Yixian Zhang, Kristopher Cooper, Athanasios Pantazides, Lindsay Glesener (University of Minnesota), 成影典之(国立天文台), 三石郁之(名古屋大理), 他 FOXSI-4 team

FOXSI (Focusing Optics X-ray Solar Imager) は、Wolter-I 型集光光学系と焦点面検出器を組み合わせることで、太陽からの X 線放射の集光撮像分光を目指す日米共同の観測ロケット実験である。これまで 3 回の打ち上げは太陽静穏領域を対象としていたのに対し、4 回目の打ち上げ FOXSI-4 は、NASA による初の Flare Campaign として実施し、ロケットを即時打ち上げ可能状態に待機させ、太陽フレアの発生と同時に打ち上げることで、フレアの光子計測観測実現を目指した。2024 年 4 月 17 日、アラスカ州ポーカーフラットより打ち上げに成功し、活動領域 (~1 分) に加え、世界初となる M1.6 クラスの中規模フレア (~3.5 分) の集光撮像分光観測に成功した。

本講演では、7 台の望遠鏡のうち 4 台を占める硬 X 線焦点面検出器によって得られた初期解析結果を報告する。フレア観測にむけ要求される高位置分解能と高係数率に対応すべく、我々は新型 CdTe 半導体両面ストリップ検出器 Wide-gap CdTe-DSD 及び SpaceWire ベースのデータ取得システム開発を行ってきた (2021 年秋季-2024 年秋季年会)。その結果、4 台の検出器全てでデータ取得に成功し、4-20 keV のエネルギー範囲で合計 3 万以上の光子観測に成功した。現在解析に向けて、時刻付け、ポインティング情報や検出器の電荷共有情報を利用したサブストリップレベルの位置再構成を含めたデータ較正を進めているほか、フレアの各領域ごとに切り出してスペクトル解析を行うため、検出器レスポンスの作成や XSPEC をベースとした解析ツールの整備も進めている。

[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](#)

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 搭載高結像性能 X 線望遠鏡の開発の現状

吉田有佑, 作田皓基, 安福千貴, 藤井隆登, 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)

日米共同太陽観測ロケット実験 FOXSI-4 は、フレアによるエネルギー解放や粒子加速、プラズマ加熱等の理解を目的とし、2024 年 4 月 17 日に打ち上げられ、世界で初めて太陽フレアの軟/硬 X 線撮像分光観測に成功した。我々は地上の X 線結像系開発で培われた独自の小口径超高精度電鍍技術を用いることで ~16 秒角 (HPD: Half Power Diameter) の高結像性能 X 線望遠鏡を実現させ、X 線天文学と太陽物理学分野において国産の高結像性能 X 線望遠鏡として史上初の海外ミッション搭載という偉業を成し遂げた。現在、独自の光線追跡シミュレータを用いて、観測データからプラズマの物理量を求めるために必要な応答関数の構築を進めている (2024 年秋季年会 作田)。今回、軟 X 線帯域での性能評価を行うため、高輝度の軟 X 線照射が可能な NASA/GSFC にて打ち上げ後の地上較正試験を行った。その中で搭載品の軟 X 線望遠鏡に対して 1.5 keV での性能評価を初めて行い、QL ではあるが、迷光抑制機構であるプリコリメータの有無に関わらず、光軸光に対する HPD がどちらも ~16 秒角という結果が得られた。また、本試験を通して打ち上げ前後で結像性能の有意な劣化は確認されなかった。本講演では上記の内容に加え、後継ミッションである FOXSI-5 (NASA 条件付き採択) に向けた取り組み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](#)

V319a ブラッグ反射型分光・偏光計 ParaDAXAS の有効面積と太陽フレアの観測シミュレーション

菅井春佳, 瀬口剛弘, 坪井陽子, 米山友景, 井上諒大 (中央大学), 前田良知, 伊師大貴 (宇宙科学研究所)

我々は、Si(100) 結晶と炭素繊維強化プラスチック (CFRP) から成る X 線反射鏡 ParaDAXAS を開発している。ParaDAXAS は回転放射物面形状をしたブラッグ反射型分光・偏光計であり、X 線の分光と偏光検出を同時に行うことが可能である。我々は、ParaDAXAS を CubeSat に搭載し、太陽フレアに伴って発生する鉄輝線群 (6.4 - 6.9 keV) を観測することを目指している。輝線の微細構造はそれぞれ偏光度が異なり、輝線ごとの偏光度を調べることで、フレアループ内に存在する電子の運動エネルギーが求まると示唆されている (Inal & Dubau 1999)。ParaDAXAS は高い分光性能 (8.83 eV@6.4 keV) を持ち (日本天文学会 2024 年春季年会、V336a)、鉄輝線の微細構造を見ることができると考えられる。

今年度、宇宙科学研究所 30 m ビームラインを使用して、Fe-K α 1 (6403.8 eV) を 45° で反射する有効面積の測定実験を行った。ブラッグ反射では入射した X 線が偏光している場合、偏光方向と反射面がなす角度に応じて反射率が変化する。具体的には、偏光方向と反射面が平行な場合に最も反射率が高く、垂直な場合に最も反射率が低くなる。今回、実験で得た反射率から、最大の有効面積と、偏光方向を 10° 傾けた場合の有効面積を求めた。さらにこの結果を元に、ParaDAXAS が太陽フレアを観測したとき、Fe-K α 1 のエネルギーを持った photon がどの規模のフレアからどの程度受かるかを見積もった。

[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](#)

V320a 地球磁気圏 X 線撮像衛星 GEO-X の現状 VIII

江副祐一郎 (東京都立大), 船瀬龍 (JAXA 宇宙研・東京大), 永田晴紀 (北海道大), 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 (東京大), Ralf C. Boden, 中島晋太郎 (JAXA 宇宙研), Landon Kamps, 信原佑樹, 平井翔太 (Letara), 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 (KEK), 平賀純子 (関西学院大), 笠原慧, 小泉宏之 (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 (GEOspace X-ray imager) は世界初の地球磁気圏の X 線撮像を目指す超小型衛星である。近年の X 線天文観測から太陽風プラズマが地球周辺の中性大気から電子を奪う電荷交換反応によって発光していることが明らかとなった。太陽風は衝撃波通過後の遷移領域と呼ばれる場所で密度を増すことから、X 線は磁気圏構造を可視化する新しい手段となる (江副 天文月報 2018, Ezoe et al., 2023 JATIS)。しかし、X 線天文衛星は遠方天体を主とするため、地球近傍からの狭視野の観測が中心であり、これは未実証である。そこで我々は GEO-X 計画を推進している。機動的な超小型衛星に広視野 X 線撮像分光装置を搭載して、地球磁気圏外からの俯瞰的な観測を実現する。観測装置は、世界最軽量の MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) X 線線望遠鏡と高速読み出しが可能な CMOS と可視光遮光フィルターから構成される。第 25 太陽周期 (2025-27 年頃) の打ち上げを目指して、現在急ピッチでフライトモデルの設計開発とサイエンス検討が進んでいる。開発段階で得られてきている成果は将来の他の衛星や XRISM 観測などにも適用できると考えており、本講演では開発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](#)

V321a 地球オーロラ観測ロケット LAMP-2 に向けた X 線撮像分光観測装置の開発

吉原諒, 作田皓基, 安福千貴, 藤井隆登, 吉田有佑, 吉平圭徳, 叶哲生, 石田直樹, 加藤渉 (名古屋大学), 成影典之 (国立天文台), 三好由純 (名古屋大学・宇宙地球環境研究所), 浅村和史 (JAXA/ISAS), 井上良隆 (IMV 株式会社), 田村啓輔 (NASA/GSFC・メリーランド大学), 宮田喜久子 (名城大学), 山口豪太 (理化学研究所), 毛利柊太郎 (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 (理化学研究所・東京大学), 三石郁之 (名古屋大学)

LAMP-2 は宇宙空間と地球大気圏結合の理解を目指す地球オーロラ観測ロケット実験であり、我々は LAMP-2 搭載の X 線撮像分光観測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を、観測ロケット高度からの光学・X 線観測と地上の大気レーダーを組み合わせ、宇宙空間から中層大気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 に提案中であり、2027 年度冬の打ち上げを予定している。LAMP-2 には従来のプラズマ粒子・磁場・光学測定機器に加え、新たに X 線撮像分光装置の拡充を図る。本装置には CMOS 検出器及び小型サイズ (=小口径かつ短焦点距離) の X 線望遠鏡を搭載予定である。

現在我々は、観測機器の主要デザインパラメータの最適化を図るため科学検討シミュレーションと反射鏡多層化システムの構築を進めている。科学検討では、各高度に降り込む電子のエネルギー分布を仮定し (Miyoshi et al., 2020)、その電子が放射するエネルギースペクトルを推定し、観測方法ごとに期待される光子統計及び観測精度を調べている。また有効面積の向上を目指し、複数反射鏡間の光軸を並進・回転方向に高精度に配置する方法の検討を進めている。本講演では科学検討および開発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](#)

V322a 太陽活動が人工衛星の軌道高度変化に与える影響

田中颯, 松原英雄 (東京科学大学, ISAS/JAXA), 中川貴雄 (ISAS/JAXA), 野澤恵 (茨城大学), 大田尚享, 渡部蒼汰 (理研/理科大), 玉川徹, 加藤陽, 北口貴雄, 三原建弘 (理研), 榎戸輝揚 (京大/理研), 岩切渉 (千葉大), 青山有未来, 岩田智子, 重城新大, 高橋拓也, 山崎楓 (理研/理科大)

近年の活発な太陽活動によって高エネルギー粒子の放射や紫外線放射量が大きくなっており、それらの高いエネルギーをもつ光が地球高層大気 (主に熱圏) を加熱することで大気膨張を誘発する。この現象は、地球低軌道 (LEO) を周回する衛星に対し、空気抵抗の増大を通じて軌道高度の急激な低下を引き起こす。このような軌道高度の変動は、衛星の運用に影響を及ぼすため、大気密度の変動を正確に把握することが重要である。従来、大気密度の推定には、NORAD が更新している二行要素 (TLE: Two-Line Element) データが主に用いられてきた。しかし、TLE は軌道データの更新頻度が低く、大気密度の変動を捉えるための時間的分解能が不十分である。本研究では、2023 年に打ち上げられ、現在も運用中の超小型衛星「NinjaSat」が提供する 10 分単位の高精度 GPS データを使用することで、TLE に比べて空間的にも時間的にも分解能を大幅に向上させ、地球高層大気密度変動のより詳細なモデル化を実現した。さらに、太陽活動の指標である F10.7 指数や極端紫外線、X 線、地磁気変動のそれぞれの観測データと衛星の軌道高度変化の相関を取ることで、太陽活動が大気密度に与える影響を定量的に評価したところ、太陽活動指数 (F10.7 指数や極端紫外線) の変動と軌道高度の変動から推定される大気密度変動の間には約 2 日間強の遅延が見られることが明らかとなった。この成果は、従来の TLE ベースの推定手法を補完し、低軌道衛星の運用効率向上や、将来の超小型衛星ミッションにおける軌道設計の指針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](#)

V323b Au-L 輝線を用いた XRISM 衛星 Xtend 検出器のエネルギー較正

大宮 悠希 (名大), 森 浩二 (宮崎大), 中澤 知洋 (名大), 中野 瑛子, 岳本 廉央, 倉嶋 順 (宮崎大)

銀河団の主要なバリオン物質である銀河団ガス (ICM) の速度構造は、銀河団の質量の見積りや AGN からのジェットによって注入されたエネルギー量の推定だけでなく、粘性などの ICM の微視物理学を解明する重要なパラメーターである。XRISM 衛星や Hitomi 衛星に搭載されているマイクロカロリメーター (Resolve・SXS) は、画期的な分解能により精密分光観測が可能になった一方で、その視野は比較的小さいため ICM 全体の速度構造を解明するには多くの観測が必要となる。Sanders et al. (2020)(SD20) は、XMM-Newton の PN 検出器に含まれる Cu などのバックグラウンド輝線を用いて空間的なエネルギー較正を行い、測定速度の系統誤差を 150km/s に改善させたが、視野の中心は較正輝線がないため速度測定に使えない問題点を抱えている (Omiya et al. 2024)。

我々は、Au-L 輝線を用いて CCD 検出器 Xtend のエネルギー較正を行なった。Xtend は、宇宙線によって励起される Al-K 輝線を遮断するためにカメラ筐体や検出器のフレームカバーに Au のメッキが施されている。そのため Au-L 輝線は、Frame Transfer 型の CCD 検出器において、露光領域だけでなく蓄積領域からも検出され、観測天体からの光子とは異なる経路を通るためエネルギー較正輝線として使用するには不適であった。我々は Burst モードの観測を使用してこの問題を解決した。Burst モードとはバイルアップを引き起こす明るい天体の観測のために、Normal モードと比較して露光時間を 1/67 倍に減らす観測手法であり、この観測での Au-L 輝線は蓄積領域での読み出しを反映している。Burst モードを用いて蓄積領域間の Au-L 輝線の位置と量をモデル化し、Normal モードの観測にそれを外挿することで蓄積領域と較正に使う露光領域での Au-L 輝線を分離し、空間的なエネルギー較正を行った。本講演では、詳細な解析手法とともに、SD20 や Resolve の測定と比較した結果を示す。

[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](#)

V324b 全天 X 線監視装置 MAXI の観測データのデータベースへの登録と再解析

西尾 颯斗, 根来均 (日本大学)

全天 X 線監視装置 MAXI で観測されたデータを用いて、筑波宇宙センター内に設置した突発天体発見システム (Negoro et al. 2016) によって、これまで多くの突発現象を報告してきた。しかし、2011 年 3 月まではリアルタイムに地上に降りてくるデータのみを解析していたため、全体の約 2-3 割を占める遅延して降りてくるデータは解析されておらず、突発現象を見逃してきた可能性がある。また、SSC 検出器による軟 X 線領域での突発天体探査は、日大の福島康介により 2014 年から 2 年ほど行われただけで系統だっで行われていない。

そこで我々は、当時発見できなかった突発現象の発見を目的とし、これまで調査が行われてこなかったデータを含む過去 15 年間の全データを再解析する準備を行っている。再解析には JAXA の C-SODA と理化学研究所 (理研) の杉崎陸 (現、金沢大) らが再較正し、公開されている GSC と SSC のデータを用いる。これらのデータは基本的に 1 日毎に FITS 形式で保存されており、現システムで再解析するためにはデータベース (PostgreSQL) に登録する必要がある。その登録のためのツールはこれまで日大の田中一輝、高塚裕貴、寺嶋諒賀、仲佐悠佑、伊藤大智らによって作成されてきた。今回、それらの統合と改良を行い、さらなる登録の高速化も図った。一方、現在、これまでのデータの登録を順次行っているが、データの一部欠損や重複など、JAXA や理研でのデータ処理に伴う幾つかの問題が確認された。それらの問題を分析して補正処理を行い、これまでに低速系約 21 TB、中速系約 28 TB のデータをデータベースに登録した。また、MAXI は 2030 年まで観測が続く予定のため、日々のデータ更新に伴う自動登録処理も行っている。本公演では、これらのデータ登録システムと再解析システム全体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](#)

V325b 光線追跡シミュレータによる高結像性能 X 線望遠鏡用迷光除去機構の検討

田中良磨, 作田皓基, 安福千貴, 藤井隆登, 吉田有佑, 吉原諒, 吉平圭徳, 三石郁之 (名古屋大学)

我々は世界初太陽フレアの X 線撮像分光観測を 2024 年 3 月に実現した、太陽フレア観測ロケット実験 FOXSI-4 搭載国産高角度分解能 X 線望遠鏡開発を進めてきた。また FOXSI-4 打ち上げ後は、超小型衛星や観測ロケット等、小型飛翔体仕様の高性能 X 線望遠鏡開発も精力的に進めている (2024 年秋季年会 安福他、三石他)。小型飛翔体では、望遠鏡は小型化 (= 小口径・短焦点距離化) かつ軽量化する必要がある、各コンポーネントの素材選定や設計パラメータの再検討などが求められる。検討項目の一つに、太陽のような視直径・輝度幅の大きな天体の観測には必須である、迷光除去機構が挙げられる。この迷光除去機構は正規反射光以外の迷光を抑制することにより、イメージおよびスペクトル解析の質を格段に上げることができる。しかしながらこれまで我々が構築してきた独自の光線追跡シミュレーションでは実装されておらず、設計パラメータの最適化や非光軸光における迷光の寄与を定量的に見積もることができなかつた。

そこで我々は、中空円筒型の迷光除去機構をシミュレータに実装し、各種設計パラメータに対する影響を調べた。まず、FOXSI-4 で採用した設計パラメータに対し、シンプルな 1 枚の反射鏡と 2 枚の中空円筒型ブレードを仮定し、光軸光と非光軸光 (0.1°) に対する S (正規反射) / N (正規反射と直接光以外) 比の内側ブレード外径依存性@1 keV を調査した。内側ブレード外径は、光軸光にて反射鏡を遮らないケースから、Wolter 型の二段目双極面鏡を全面遮蔽するケースまでとした。結果、S / N 比は光軸・非光軸光どちらの場合も外径を大きくしていくことで向上していくことが分かり、迷光のうち二段目のみに反射する成分の寄与が確実となった。本講演では、エネルギー依存性や検出器面サイズを仮定した上でのより実践的な S / N 比の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](#)

V326c 超小型衛星による、宇宙空間からの太陽中性子の観測 (VIII)

山岡和貴, 田島宏康 (名古屋大), 宮田喜久子 (名城大), 渡部豊喜, 伊藤和也, 中澤知洋, 増田智 (名古屋大), 谷浩一, 新井正樹 (合同会社尽星), 宮澤拓也 (OIST), 高橋弘充 (広島大), 渡邊恭子 (防衛大)

宇宙に存在する天体でイオンが加速されているという確実な証拠を捉えるのは容易ではない。中性子はイオン同士の反応によって生じるため、中性子が検出されればそれはイオン加速の証拠となる。我々はこの中性子という新たな観測手段に着目し、太陽におけるイオン加速に伴って発生する中性子 (太陽中性子) を手掛かりにイオン加速機構の解明に迫ろうとしている。しかし、これまで太陽中性子の観測は地上モニタ観測装置が主で、バックグラウンドが高い、地球大気での減衰をうけて 100 MeV 以下の中性子フラックスが大きく減少、エネルギーが測定できないなどの問題点があり、発見以来 40 年間、観測が大きく進展してこなかった。最近超小型衛星という新たな手段が著しい技術進展を見せており、小型でもユニークなセンサで宇宙空間から高感度の太陽中性子観測を行う中性子ガンマ線分光装置 (SONGS) を開発している。

これまでに要素試作モデル (BBM) の開発を終了し、今現在はフライトモデル (FM) 形態に近いエンジニアリングモデル (EM) の開発を行っている。EM はプラスチックシンチレータ 16 本 8 層と GAGG12×12 アレイで構築され、プラスチックシンチレータ部は FM16 層の半分のスペックとしている。すでに一通りのセンサ要素 (シンチレータおよび光センサ MPPC) ・構造、センサ読み出し用の電子回路基板 (集積回路を搭載したフロントエンド回路、センサの全システムを統合するデータ処理回路、システム側とのインターフェースを行うミッションコンピュータ・電源回路からなる) の開発を終え、今は個々の電子回路コンポーネントを試験中である。本発表ではこれらのコンポーネント試験の結果について報告し、現状明らかになっている問題点について述べる。

[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](#)

V327a GRAMS 計画 14: 全体報告

高嶋聡, 一戸悠人 (理化学研究所), 井上芳幸, 小高裕和, 河村穂登, 白濱健太郎, 巽隆太朗, 袴田知宏, 藤原立貴, 善本真梨那 (大阪大学), 新井翔大, 市橋正裕, 岩田季也, 加藤辰明, 馬場彰 (東京大学), 荒井紳太郎, 石川皓貴, 内海和伸, 田中雅士, 中島理幾, 土方歌乃, 矢野裕太郎, 寄田浩平 (早稲田大学), 内田悠介 (東京理科大学), 大熊佳吾, 中澤知洋 (名古屋大学), 須田祐介, 高橋弘充, 深沢泰司, 横田雅人 (広島大学), 渡辺伸 (宇宙航空研究開発機構), 白石卓也, 辻直美 (神奈川大学), 広島渚 (横浜国立大学), 八幡和志 (防衛医大), 米田浩基 (University of Wurzburg), 荒牧嗣夫 (Northeastern University), Georgia Karagiorgi (Columbia University), Reshmi Mukherjee (Barnard College), Dmitry Khangulyan (Institute of High Energy Physics), GRAMS コラボレーション

Gamma-Ray and AntiMatter (GRAMS) 計画とは、液体アルゴン time projection chamber (LArTPC) を搭載した気球や人工衛星などの飛翔体による宇宙 MeV ガンマ線の観測や暗黒物質の間接探索を目的とする日米共同プロジェクトである。LArTPC は大容積検出器を実現できる特性を持ち、中性子星やブラックホール、突発天体から放射される微弱なガンマ線や、暗黒物質の対消滅・崩壊により生成すると予想される反重陽子を高感度で検出することが期待される。2025/2026 年には米国アリゾナ州にて有効体積 $30 \times 30 \times 20 \text{ cm}^3$ の LArTPC を気球に搭載し、約 1 日間の飛翔実験 (pGRAMS) を実施する予定である。この気球実験とは並行して LArTPC による MeV ガンマ線分光撮像を実証する目的で、低ノイズ・多チャンネル読み出しを特徴とする有効体積 $5 \times 5 \times 10 \text{ cm}^3$ の原理実証用 LArTPC (NanoGRAMS) が大阪大学で開発されている。本講演では全体計画の進捗状況、pGRAMS の準備および NanoGRAMS の開発状況について述べる。

[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](#)

V328a GRAMS 計画15: 液体アルゴンコンプトンカメラ実証機のデータ取得系の開発

白濱健太郎, 内田賢佑, 小高裕和, 河村穂登, 倉本春希, 島耕平, 高塚紗弥菜, 巽隆太郎, 長尾梓生, 袴田知宏, 宮本愛子, 善本真梨那 (大阪大), 高嶋聡 (理化学研究所), 新井翔大, 岩田季也 (東京大), 田中雅士, 寄田浩平 (早稲田大), 米田浩基 (ヴュルツブルグ大), 渡辺伸 (JAXA), GRAMS コラボレーション

Gamma-Ray and Anti-Matter Survey (GRAMS) 計画は、MeV ガンマ線帯域での分光撮像観測および暗黒物質の間接探査を目指す日米共同計画である。GRAMS では、液体アルゴン Time-Projection Chamber (LArTPC) を検出器として用いることで、COMPTEL 望遠鏡の約 100 倍という大有効面積を実現する。LArTPC では、ガンマ線とアルゴンの複数回の散乱によって生じる、シンチレーション光と複数の電離電子群を検出することで、それぞれの散乱の発生した位置とガンマ線が散乱体に落としたエネルギーを決定する。これらの情報からイベント再構成を行い、入射ガンマ線の到来方向とエネルギーを決定することで分光撮像を行う。

我々は、LArTPC での MeV ガンマ線分光撮像を実証するため、小型原理実証機 (NanoGRAMS) を開発している。NanoGRAMS では、光検出器として大受光面積の SiPM とその信号を読み出すデジタイザを用いている。また、一様電場によってピクセル電極にドリフトされた電離電子信号の増幅、A/D 変換、読み出しを低ノイズで行うため、ひとみ衛星搭載 SGD 検出器で使われた 64 ch 読み出し集積回路 VATA-SGD を用いている。そして複数回の散乱の Z 座標を決定するため、シンチレーション光検出をガンマ線イベント発生トリガー信号として 16×16 ピクセルを 4 つの VATA で並列に読み出し、それらの時間差を取得する FPGA を開発した。本講演では、FPGA による VATA とデジタイザの相互制御ロジック、および Z 座標取得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](#)

V329a 全天 MeV ガンマ線衛星計画 AMEGO-X の現状

須田祐介, 深沢泰司 (広島大学), 田島宏康 (名古屋大学), Regina Caputo, Carolyn A. Kierans, Jeremy S. Perkins (GSFC/NASA), Marco Ajello (Clemson University), Richard S. Woolf (Naval Research Laboratory)

宇宙 MeV ガンマ線の観測は、活動銀河核やガンマ線バースト、超新星残骸などにおける物理を解明する上で重要な役割を果たすと期待される。特に位置決定精度 1° 程度の全天 MeV ガンマ線観測は、突発天体のフォローアップ観測数を飛躍的に増加させ、マルチメッセンジャー天文学の起爆剤となると考えられる。そこで我々は本格的な全天 MeV 衛星として、AMEGO-X 衛星計画 (PI: R. Caputo) を提案し推進している。AMEGO-X は GSFC/NASA を中心とした国際チームで、日本からは広島大と名古屋大が参画している。2021 年の NASA MIDEX に AMEGO-X を提案したが採択に至らなかった。現在は次回の MIDEX に向けて本計画の実現性を高めるべく研究開発を進めている。特に AMEGO-X ガンマ線検出器の主要センサである新型シリコンピクセル検出器 AstroPix の改良と評価が MIDEX 提案時から大きく進展しており、2025 年に観測用ロケットを用いた宇宙空間での試験を予定している。また、AstroPix で構成するトラックと CsI カロリメータを組み合わせた、小型版 AMEGO-X とも言える技術実証器 ComPair-2 の開発も 2026 年のビーム試験に向けて着実に進んでいる。本講演では、AMEGO-X 衛星計画と狙うサイエンス、計画実現に向けた各機器の開発状況と今後について報告する。

[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](#)

V330a Cherenkov Telescope Array (CTA) 計画: 全体報告 (27)

齋藤隆之, 窪秀利, 手嶋政廣, 戸谷友則, 吉越貴紀 (東京大学), 野崎誠也 (Max Planck Institute for Physics), 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 CTA 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 1000 を超える多種多様な天体が検出されると予想されている。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でもある。

2024 年には各望遠鏡のプロトタイプスタディが終わり、アレイ建設のフェーズに移行した。北サイトにおいては大口径望遠鏡初号機、LST-1 が 2020 年から科学観測を開始しており、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) の建設も順調に進んでいても来年度中には稼働する予定である。南サイトにおいては、インフラの整備や地質調査が進行しており、設置予定の望遠鏡のプロトタイプは世界各地で試験観測をしている。

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、南サイト大口径望遠鏡、中口径望遠鏡、小口径望遠鏡の準備状況を含む 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](#)

V331a ALPACA 実験 9: ALPAQUITA 現状報告 2025 春

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), 後藤佳歩 (中部大), 林優希 (信州大理工), 日比野欣也 (神奈川大), 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), 加藤千尋 (信州大), 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), 小井辰巳 (中部大理工), 小島浩司 (中部大天文台), 横島拓音 (横浜国大), 増田吉起 (信州大), 松橋祥 (横浜国大), 松本瑞生 (信州大), R. Mayta (サン・アンドレス大), P. Miranda (サン・アンドレス大), 水野敦之 (東大宇宙線研), 宗像一起 (信州大), 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), 荻尾彰一 (東大宇宙線研), 大西宗博 (東大宇宙線研), 奥川創介 (横浜国大), 大嶋晃敏 (中部大), 中部大理工, M. Raljevic (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 (長野工科大情エ), J. Salinas (サン・アンドレス大), 柴崎季哉 (日本大生産工), 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), 瀧田正人 (東大宇宙線研), 多米田裕一郎 (大阪電通大), 田中公一 (広島大), 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 (大阪大), 大阪大南大研, 有働慈治 (神奈川大), 碓井玲 (横浜国大), R. I. Winkelmann (サン・アンドレス大), 山岸元輝 (横浜国大), 山崎勝也 (中部大理工), 横江諄衡 (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 m²) 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 m²) 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 の現状について、地表空気シャワー観測装置の運転状況と地下水チェレンコフ型ミュオン検出器の建設状況、並びに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](#)

V332a 狭視野 Si/CdTe コンプトン望遠鏡 miniSGD のダイナミックレンジ拡大と符号化マスクを用いた輝線イメージングにおける角分解能のさらなる検証

西村悠太 (名大理), 中澤知洋 (名大 KMI), 武田伸一郎 (東大 Kavli IPMU/iMAGINE-X), 大熊佳吾, 田中敦也, 大宮悠希, 安藤美唯, 大口真奈里 (名大理), 渡辺伸 (JAXA/ISAS), 高橋 忠幸 (東大 Kavli IPMU), 小林昌彦 (名大 KMI), 石田直樹 (名大技セ), 南喬博 (東大理), 大西光延, 新井利彦 (iMAGINE-X)

我々は、sub-MeV・MeV 帯域の宇宙観測の精度向上を目指し、狭視野 Si/CdTe コンプトン望遠鏡の性能実証実験機 miniSGD を開発している。miniSGD は、Si と CdTe の両面ストリップ検出器からなる半導体コンプトン望遠鏡と、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。

sub-MeV・MeV 帯域ではコンプトン散乱の量子力学的限界により、数度より良い角分解能は原理的に得られない。MeV ガンマ線観測の高感度化に伴い、百を超える天体を観測しようとする近い将来には数分から十数分角レベルの角分解能の実現が必須である。そこで我々は miniSGD に重金属製の符号化マスクを導入し、コンプトンカメラと符号化マスクの併用による撮像分光能力を実証し技術的課題を検証した。(2024 年春 西村講演)

我々は今回、より高いエネルギー帯域、特に電子-陽電子対消滅線 511 keV や 898 keV、1.275 MeV での動作検証を行った。まず CdTe の ASIC のパラメータを low gain にすることで、ダイナミックレンジを 400 keV から 1.2 MeV まで拡大し合わせてゲイン関数を再構築した。次に、²²Na や ⁸⁸Y といった高エネルギーに輝線ピークをもつガンマ線を照射し、符号化マスクとコンプトン再構成を組み合わせた解析を進めた。本講演では、それらの結果をもとに、符号化マスクを用いたコンプトン望遠鏡の性能の現状を報告する。

[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](#)

V333a SOI 技術を用いた新型 X 線撮像分光器の開発 65: 現在の到達点と今後の開発

鶴剛, 内田裕之, 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, 西岡祐介, 行元雅貴, 木村明倫, 三谷美輝, 塩川朝日, 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, 重松直樹, 杉本晃輝, 高城峻, 犬童真衣人, 田中富貴, 坂本翼, 永山祥 (宮崎大), 深沢泰司, 須田祐介, 橋爪大樹 (広島大), 田中孝明, 東竜一, 寺農夏樹 (甲南大), 小高裕和 (大阪大), 信川久実子, 岸本拓海, 桑野慧, 松井怜生, 西村勇輝 (近畿大), 信川正順 (奈良教大), 中嶋大 (関東学院大), 倉知郁生 (D&S), 鈴木寛大 (ISAS), 上ノ町水紀 (東京科学大), 島添健次, 佐藤節夫, 永井寛大, 関口輝, 小貫良行, 萩野浩一, 松橋裕洋 (東京大), 幸村孝由, 内田悠介, 清水康行, 志賀文哉, 藤田紗弓 (東京理科大), 新井康夫, 高柳武浩, 池田智法 (KEK), 片桐秀明 (茨城大), 加賀谷美佳 (仙台高専)

私達は 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。SOI ピクセル検出器は SOI 半導体プロセスを応用した日本独自の検出器であり、一体型でありながら厚い空乏層と高速の CMOS 回路を同時に実現可能である。私たちは、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、10μsec よりも高い時間分解能を実現する。これまで大きく 3 つに要素に分けて開発を進めてきた。(1) ピクセルアンプとして当初のソースフォロアから電荷有感アンプに進化し、読み出しノイズの削減に成功した。(2) デバイス構造は、センサ層と回路層の干渉の遮断、センサノードの容量と暗電流の最小化の両立を可能とする「PPD 構造」の開発に成功した。(3) 素子のフルデジタル化として、ADC, DAC, 駆動パターン発生回路の組み込みを行っている。本公演では、2010 年から開始した開発を振り返るとともに、今後の方針やその見通しを示す。

[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](#)

V334a SOI技術を用いた新型X線撮像分光器の開発 66: PDD構造を有する新型大面積X線SOI検出器XRPIX11の性能評価

淵田悠太, 犬童真衣人, 森浩二, 武田彩希, 西岡祐介, 行元雅貴, 木村明倫, 吉田大雅, 坂本翼 (宮崎大学), 鶴剛, 内田祐之, 松田真宗, 成田拓仁, 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), 上ノ町水紀 (東京科学大学), 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), 新井康夫 (KEK), 倉知郁生 (ディーアンドエス)

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、作業コストの低い小型素子を繰り返し試作することでデザインの最適化をおこない、その知見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。その過程において、Pinned-Depleted-Diode (PDD) 構造を導入した小型素子XRPIX8.5が過去最高の分光性能を達成した。そこでこの素子をベースに、PDD構造を有する大面積素子であるXRPIX-Xを開発した。このXRPIX-Xは大型素子としては過去最高の分光性能を示したが、その分光性能には領域依存性がみられた。この原因は、配線抵抗によるIRドロップのため、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した。この結果を受けて、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のタイミングを独立に制御できるようにしたXRPIX11を開発した。果たして、XRPIX11では分光性能の領域依存性が低減されていることがわかった。本公演では、最適なCI量決定のために作成したPMOSのサイズが異なるTest-Element-Grope領域の評価も含めた、XRPIX11の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](#)

V335a 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II

中嶋 大, 高木 直矢, 楠田 匠平, 佐藤 佑樹 (関東学院大学), 平賀 純子 (関西学院大学), 萩野浩一 (東京大学)

XRISM, Chandra, XMMなどの大型X線天文台で採用されているX線CCDセンサは、軟X線(< 10 keV)帯域において撮像と分光を同時に行うことが出来る一方、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。今後、X線望遠鏡の有効面積や結像性能が向上するに伴って高速センサが求められるが、近年軟X線分光性能が向上しているCMOSセンサでは5 keV以上での感度が制限されるなどの難点がある。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浜松ホトニクス社と開発している。試作素子ではCCD部とCMOS部を配線基板を介して接続した形にしているが、将来的には両者を積載してモノリシックセンサと同様のバッタブル構造にすることを検討している。

試作素子を用いて、動作温度 -20°C で ^{109}Cd からの単色X線を照射し、frame rate 5 Hzで動作させたところ、読み出し雑音は $15.5\text{ e}^{-}\text{rms}$ 、暗電流は $1.1 \times 10^2\text{ e}^{-}/\text{pix}/\text{sec}$ 、エネルギー分解能は966 eV(半値全幅)@22 keVと、従来のX線CCD(750 eV@ -70°C)と比較して遜色ない性能を得た。本講演では、試作素子の基本性能とその温度依存性、速度依存性、次回試作素子にむけた検討状況などについて報告する。

[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 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(2)

武田彩希, 黒木瑛介, 田中富貴, 森浩二 (宮崎大学), 信川久実子, 岸本拓海, 伊藤耶馬斗, 桑野慧, 松井怜生, 西村勇輝, 青木悠馬 (近畿大学), 鶴剛, 内田裕之, 松田真宗, 上林暉 (京都大学), 勝田哲, 山脇鷹也 (埼玉大学), 中澤知洋 (名古屋大学), 信川正順, 中田岳志 (奈良教育大学), 幸村孝由 (東京理科大), 上ノ町水紀 (東京科学大)

高度100 km付近の超高層大気は、地球温暖化、地震や火山、太陽活動など様々な要因で変動し、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、気球や人工衛星によるその場観測が難しい高度のため、観測データが乏しい。X線天文衛星による先行研究は、宇宙X線の大気減光を用いて超高層大気の鉛直密度分布が測定可能であることを実証したが(Determan et al. 2007; Katsuda et al. 2021)、X線天文衛星による観測では大気測定が可能なタイミングが限られており、データが離散的であるという問題点があった。我々は、宇宙X線背景放射(CXB)の大気減光を継続的に測定する、超高層大気観測専用のX線カメラSUIM(Soipix for observing Upper atmosphere as Iss experiment Mission)を独自に開発している。太陽極大付近での打ち上げ運用を目指しており、国際宇宙ステーション(ISS)の曝露部に半年間搭載する計画である。X線カメラの主検出器はX線SOI-CMOSピクセル検出器XRPIXである。X線カメラはCPU組み込みFPGA(Zynq)を用いて自律的に制御する。本講演では、Zynqを搭載した制御基板とXRPIXを搭載したカメラ基板を中心に、SUIM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](#)

V337a 超高層大気を観測する ISS 曝露部搭載 X 線カメラ SUIM の非 X 線バックグラウンドのシミュレーション

伊藤耶馬斗, 岸本拓海, 桑野慧, 松井怜生, 西村勇輝, 青木悠馬, 信川久実子 (近畿大学), 武田彩希, 森浩二, 黒木瑛介, 田中富貴 (宮崎大学), 勝田哲, 山脇鷹也 (埼玉大学), 鶴剛, 内田裕之, 松田真宗, 上林暉 (京都大学), 中澤知洋 (名古屋大学), 信川正順, 中田岳志 (奈良教育大学), 幸村孝由 (東京理科大), 上ノ町水紀 (東京科学大)

我々は、超高層大気の長期モニタリング専用の X 線カメラ SUIM (Soipix for Observing Upper atmosphere as ISS experiment Mission) を開発している。SUIM は、国際宇宙ステーション (ISS) の外壁プラットフォームである材料曝露実験 MISSE (Materials International Space Station Experiment) に半年間設置し、宇宙 X 線背景放射 (CXB) の大気吸収を高度ごとに観測することで大気密度を測定する計画である。主検出器には、SOI 技術により常温でも高い分光性能を有する X 線 SOI-CMOS ピクセル検出器 XRPIX を用いる。SUIM では、XRPIX で検出した各イベントのピクセルパターンを用いて荷電粒子イベントを棄却するが、X 線イベントと判定されてしまった一部の荷電粒子イベントが観測データにおいて非 X 線バックグラウンド (NXB) となる。我々は、ISS 軌道上で予想される宇宙線のエネルギースペクトルを仮定し、汎用の検出器シミュレーションツールである Geant4 と ComptonSoft (Odaka et al. 2010) を用いて NXB のモンテカルロシミュレーションを行った。本講演ではシミュレーションの詳細を報告し、CXB との比較を行うことで観測実現可能性を検証する。

[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](#)

V338a 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

倉本春希, 松本浩典, 小高裕和, 袴田知宏, 島耕平, 宮本愛子, 河村穂登, 村上海都, 内田賢佑, 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), 伊師大貴, 前田良知, 石田学 (ISAS), 宮本明日香, 田中虎次郎 (東京都立大), 内田悠介 (東京理科大), 呉屋和保, 横田雅人, 高橋弘充 (広島大), 粟木久光 (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

XL-Calibur 計画は、15–80 keV の硬 X 線帯域での偏光観測を目的とした日米スウェーデンの国際共同気球実験である。パルサーの磁場構造やコンパクト天体の降着構造の解明を主要な科学目標としている。本計画では、大陸間を横断する 1 回目のフライトを 2022 年 7 月に実施したが、天体信号の検出には至らなかった (2023 年秋季年会 V327a)。しかし今年 7 月に実施した 2 回目のフライトでは、Crab と Cyg X-1 から有意な X 線信号を取得することに成功した (2024 年秋季年会 V315b)。現在、他の天体を観測対象とする次のフライトが提案されている。

我々は本実験に搭載する望遠鏡の開発と運用を担当している。2 回目フライト後にカナダで回収した望遠鏡には外見上の損傷は無かったが、次のフライトに向けて望遠鏡の性能面の健全性を調査する必要がある。まず宇宙科学研究所での可視光の平行光を用いた光軸測定を実施し、フライト前の同様の測定と比べて 30 秒角以内で一致していることが確認できた。さらに、大型放射光施設 SPring-8/BL20B2 にて、硬 X 線を用いた詳細な性能測定実験を実施し、フライト前に実施した硬 X 線測定との比較を行った。本講演では、これらの望遠鏡の調査結果と XL-Calibur 計画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](#)

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, 川中榛名, 田淵 優, 谷口あゆみ, 高木利紘 (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 (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。この際、アライメントバーの数を放物面側と双曲面側とでそれぞれ 16, 10 とし、バーの数の違いによる差を評価した。その結果、放物面側、双曲面側の反射鏡の位置決め誤差は $\sigma = 11\mu\text{m}$, $66\mu\text{m}$ であった。誤差の小さかった放物面側で可視平行光源を用いて結像性能を評価したところ、HPW (Half Power Width) は約 94 秒角であった。この HPW は反射光の中心位置のズレ (85 秒角) と反射光の広がり (40 秒角) の両方に起因している。中心位置のズレは双曲面側の位置決め誤差と相関があり、放物面、双曲面共に $\sigma < 4\mu\text{m}$ とすることで、中心位置のずれを 10 秒角以下にすることが可能である。本講演では開発の現状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](#)

V340a 光線追跡シミュレーションによる小型飛翔体搭載用高性能 X 線望遠鏡の検討

三石郁之, 作田皓基, 安福千貴, 藤井隆登, 吉田有佑, 吉原諒, 吉平圭徳, 田中良磨 (名古屋大学)

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 (2024 年秋季年会 作田他、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を含む、小型飛翔体仕様の高性能 X 線望遠鏡開発も精力的に進めている (2024 年秋季年会 安福他、三石他)。小型飛翔体では、望遠鏡は小型化 (= 小口径・短焦点距離化) かつ軽量化する必要があり、これに伴う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。特に後者については大きな斜入射角となるため、非光軸光に対する幾何収差・迷光等の振る舞いを理解しなければならない。

そこで我々は独自の光線追跡シミュレータを用いて、まずは単一反射鏡に対する、幾何収差・有効面積・視野等に対する口径 (直径 20–100 mm)、焦点距離 (250–2,000 mm)、非光軸角およびエネルギー依存性を調査した。ここで反射鏡のデザインパラメータとして、FOXSI-4 搭載品 (Wolter I 型形状の二段一体型の純ニッケル製反射鏡、全長 200 mm) を仮定した。結果として、例えば角度分解能 (HPD) は、形状誤差なしでの幾何収差のみであっても直径 60 mm, 焦点距離 200 mm の場合、非光軸角 0.15° でおおよそ 25 秒角、さらには 0.33° では 100 秒角程度@1 keV にまで悪化した。一方で 0.3 keV 程度の非常に低いエネルギー帯では有効面積は 5 cm², 視野は ~3° 程度と大きな値を示した。ただし、この視野内での角度分解能や迷光による S/N 比は、視野中心からの離角依存性が大きく、トレードオフを考慮する必要がある。本講演では、ミッション要求に応じたより実践的な設計パラメータの最適化を図るための網羅的な結果、さらには複数枚の反射鏡における検討結果も報告する。

[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](#)

V341a Si 高温塑性変形技術を用いた薄板型 X 線光学系の開発

沼澤正樹 (都立大), 石田學 (JAXA 宇宙研), 江副祐一郎, 石川久美, 岸川涼, 世良直也 (都立大), 前田良知, 伊師大貴 (JAXA 宇宙研), 武尾舞 (埼玉大), 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、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 Al 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える。開発の鍵を握るのが Si の結晶面をずらして基板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。

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/凸型の治具で挟み、高温環境下でプレスすることで塑性変形させる。塑性変形後の Si 基板は、治具形状が再現された曲率半径 ~100 mm の円錐面を持つ。これまで、円錐面に湾曲させた反射鏡の試作と性能評価、及び原子層堆積法を用いた円錐面反射鏡への重金属膜付を行い、基礎技術を実証してきた (Nakaniwa et al. 2020 Appl. Opt., 武尾ほか天文学会 2021 年春季年会, Numazawa et al. 2023 Proc. SPIE)。今回我々は、高温塑性変形の加工条件と Si 結晶面に注目して最適化を行い、JAXA 宇宙研 30 m ビームラインにおいてチャンピオンサンプルの結像性能を評価した。サンプルの位相角を回転させながら、Al K α 1.49 keV ビームで 1 mm 毎に走査し、都度 CMOS カメラで反射像を取得した。結果として、基板一部照射の最良値で ~30 秒角、基板全体の平均値で ~1 分角と、いずれも条件だし以前に比べて ~1.5 倍の改善を達成した。並行して、より形状精度の良い変形治具の製作にも取り組んでおり、今後さらなる改善の見込みを得ている。本講演では、これまでの開発状況と最新の結果について、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](#)

V342a Lobster Eye Optics を用いた広視野光学系のアライメント実証

安藤慶之, 米徳大輔, 後藤初音, 長高一心 (金沢大学) 坂本 貴紀, LI JUNYI, 大塚 宙, 上村 龍太, 鈴木 誠也 (青山学院大学) 富樫拓海 (山形大学) 伊師 大貴, 富田洋 (ISAS)

HiZ-GUNDAM は、宇宙最大の爆発現象であるガンマ線バースト (GRB) を観測し、初期宇宙や重力波源の探索などを行うことを目的とした人工衛星である。HiZ-GUNDAM に搭載する高感度の広視野 X 線モニターには、Lobster Eye Optics (LEO) と呼ばれるガラス製の 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が検討されている。この検出器は、0.4–4.0 keV の軟 X 線帯域において、0.5 ステラジアン以上の視野を 10⁻¹⁰ erg/cm²/s (100 秒間露光) の感度で監視し、入射 X 線の到来方向を目標精度 <3 arcmin で決定する。広視野 X 線モニターは、9 枚の LEO で 1 台の検出器を構成し、合計 16 台の検出器を配列することで目標視野を実現する。しかし、LEO には製造時に生じた焦点距離のばらつきが存在するため、個々の素子のアライメント調整が必要となる。本研究では、広視野 X 線モニターのプロトタイプとなる光学フレームを用いて、複数の LEO で結像位置が合うように LEO の位置を調整し、そのアライメントの再現性の確認・検証を行なった。また、X 線ビームの平行度が高い宇宙科学研究所の 30 m X 線ビームラインを用いて、アライメント後の結像性能 (焦点距離、有効面積、角度応答) の評価を行った。その結果、X 軸方向の位置決定精度 5 arcmin 以内にアライメント調整できることがわかった。また、角度応答測定データから各入射角に対する有効面積を求めた。本発表では、広視野 X 線モニターの試作フレームを用いて、LEO のアライメント実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](#)

V343a Si 高温塑性変形技術を用いた湾曲ブラッグ反射型偏光計の結像実証

伊師大貴 (ISAS/JAXA), 石牟礼碧衣, 江副祐一郎, 石川久美, 沼澤正樹, 森下弘海, 石川怜, 森本大輝, 山田裕大, 宮内俊英, 小笠原勇翔, 世良直也, 中川悠, 福島優 (東京都立大), 満田和久 (QUP/KEK), 森下浩平 (九州大), 中嶋一雄 (東北大)

我々は湾曲 Si 結晶を用いたブラッグ反射型偏光計を開発している。Si 結晶を自由に湾曲させる高温塑性変形技術を活用し、結晶面をずらし基板を湾曲させることで、ブラッグ反射の高い偏光検出感度を維持しつつ、エネルギー帯域の拡大と集光を、さらにオフプレーンに検出器をわざと配置することで、分光も狙う。既に球面に塑性変形させた試作結晶を用いて本手法で世界で初めて偏光検出を実証した (内野 日本天文学会 2021 年春季年会, Ueda et al. 2022 SPIE など)。我々は今回、集光と分光性能の評価を目的として、JAXA 宇宙科学研究所 30 m ビームラインにて曲率半径 1042 mm に球面変形した Si (100) 基板 (直径 100 mm, 厚み 300 μm) に Fe $K\alpha_1$ (6.404 keV) および $K\alpha_2$ (6.391 keV) を含む連続 X 線を照射し、サンプルと検出器間の距離を変えながら反射像の撮影を行った。曲率半径から予想される集光位置はサンプルから 385 mm であり、308–408 mm の可動範囲の内 5 箇所に検出器を置いて撮像し、本手法で世界で初めて 2 本の輝線に対応する反射像を取得することに成功した。取得した反射像からプロジェクションを作成し、像全体の幅の変化および $K\alpha_1$ と $K\alpha_2$ のピーク位置の変化から集光位置を推定した結果、 395 ± 26 mm および 377 ± 12 mm と求まり、予想される集光位置と誤差の範囲内で両者一致した。さらに Ge (220) 二結晶分光器で単色化した $K\alpha_1$ と $K\alpha_2$ も照射し、本実験で最も集光位置から離れた、つまりサンプル方向に 77 mm オフフォーカスした配置において、 $K\alpha_1$ と $K\alpha_2$ の輝線間距離と幅からエネルギー分解能を 2.7 eV (FWHM) と求めた。本講演では、我々の手法の原理と開発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](#)

W01a 超高光度 X 線パルサー NGC 7793 P13 におけるパルス位相のエネルギー変調

小林翔悟 (東京理科大学)

超高光度 X 線パルサー (ULXP) は、自身のエディントン限界 ($\sim 10^{38}$ erg/s) を超えて超臨界降着を行い輝く中性子星である。これまでに銀河系内および他銀河で 8 天体が確認されており、その降着流の幾何学は未解明である。X 線パルスは、中性子星の磁場に拘束され共に自転する降着流から放射されると考えられており、そのパルス位相に伴う変動を追うことで、この未解明な降着流の幾何学を理解する手がかりとなる。

NGC 7793 P13 (以降 P13) は、渦巻き銀河 NGC 7793 に付随する ULXP で、2013 年の発見から 2023 年に至る 10 年間にわたって *XMM-Newton* や *NICER* によって年に 1–2 回程度の頻度でモニタ観測されており (Fürst+2021)、X 線パルスの時間変化を追うのに最適である。本研究では主に *XMM-Newton* のアーカイブデータを利用して、P13 の X 線パルスのエネルギーごとの変調を調べた。解析の結果、2013 年から 2016 年の観測で明らかな変調は見られていなかったのに対して、2017 年に行われた 0.5–2 keV の帯域で X 線パルスピークが > 2 keV に対して遅れるパルス変調が起きていることがわかった。この時の遅れは最大で自転周期の $\sim 30\%$ である。2017 年以降は 2020 年にかけて遅れが再び解消される傾向に転じ、最低時には自転周期の $\sim 10\%$ となった。変調の大きさは、X 線パルス率および X 線フラックスと緩い相関が見られたが、光子指数などスペクトル形状とは有意な相関は見られなかった。このようなパルス変調およびその時間変化は、同じ ULXP である NGC 5907 X-1 でも報告されており、磁場に拘束された降着流が、高温となっている中性子星の近傍からより低温である外側に向かってたなびいた構造をしている可能性を示唆している (Miura+2023)。P13 でも同様な現象が発生しており、それが何らかの原因で時間変化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](#)

W02a 超臨界降着パルサー NGC 7793 P13 の長期的光度変動とスピンの進化

善本真梨那 (大阪大学), 米山友景 (中央大学), 小林翔悟 (東京理科大学), 小高裕和, 川室太希, 松本浩典 (大阪大学)

超大光度 X 線源パルサー (Ultraluminous X-ray Pulsar; ULXP) の正体は超臨界降着状態の中性子星と考えられており、数年スケールの光度変化の中で、スピンの成長率の変化や消失・出現を示すことが観測されている (e.g., Bachetti et al. 2020)。このような時間変動の観測事実の蓄積は、ULXP の質量降着モデルを確立する上で重要であり、また他の超大光度 X 線源の観測結果に役立つ。そこで、過去 10 年以上の密な観測により 2 桁に及ぶ光度変動を示した ULXP の NGC 7793 P13 が有用なターゲットとなる。

我々は *XMM-Newton*, *Chandra*, *NICER*, *NuSTAR* による 2011 年から 2023 年までのデータを用い、2020 年までの報告 (Fürst et al. 2021) よりさらに 3 年長期の光度とスピンの変動を系統的に調べた。その結果、2020 年に 10^{37} erg s $^{-1}$ から 10^{38} erg s $^{-1}$ と回復傾向を示した光度 (3–10 keV) は、2021 年に再度 10^{37} erg s $^{-1}$ まで減光したことが分かった。その後は再増光し、2023 年後半には $\sim 10^{40}$ erg s $^{-1}$ まで上昇したことを発見した。また、2020 年に検出されなくなったパルスは、再増光フェーズで再び検出されるようになり、平均的な自転加速率は 2020 年以前に比べて約 2 倍も増加していた。類似の光度変動は、他の ULXP (NGC 300 ULX1, NGC 5907 ULX1) で報告されているが、NGC 7793 P13 は唯一パルス消失後、再増光期に自転加速率が上昇している。さらに我々は、位相分解スペクトル解析を実施し、スペクトル硬度比の長期的進化を調査した。その結果、2018 年から 2020 年までの光度減少期において、on-pulse 状態のスペクトルは硬度比が一定であるのに対し、off-pulse 状態のスペクトルはソフトになる傾向を発見した。これは、中性子星の降着柱のサイズ変動によって説明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](#)

W03a 超小型 X 線衛星 NinjaSat を用いた X 線バースター SRGA J144459.2–604207 の長期観測による中性子星質量の制限

武田 朋志 (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), 大田 尚享, 重城 新大, 渡部 蒼汰, 青山 有未来, 岩田 智子, 高橋 拓也, 山崎 楓, 周 圓輝, 内山 慶祐, 吉田 勇登, 林 昇輝 (理研/東理大), 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), 土肥 明 (理研), 西村 信哉 (東大/理研), 平井 遼介 (理研/モナッシュ大学), 小高 裕和 (大阪大), 丹波 翼 (ISAS/JAXA), 谷口 絢太郎 (理研/早大)

SRGA J144459.2–604207 (SRGA J1444) は 2024 年 2 月 21 日に発見された降着型ミリ秒パルサーである。INTEGRAL 衛星により I 型 X 線バーストが規則的な周期で繰り返されていることが確認され、X 線バースターの一種である “Clocked Burster” と同定された。NinjaSat は、発見 2 日後の 2 月 23 日から 3 月 18 日まで SRGA J1444 を長期モニタリングし (exposure ~ 197.5 ks)、この間に合計 12 個の X 線バースト検出した (Takeda et al. 2024)。超小型衛星の利点である長期観測を活かし、定常 X 線フラックス F_{per} (伴星からの質量降着率に比例) の低下とともにバーストの再帰時間 Δt_{rec} が 2 時間から 10 時間に増加することを確認した。我々は、観測時間の制限により観測できなかったバーストの個数をマルコフ連鎖モンテカルロ法を用いて推定する解析手法を新たに開発し、 Δt_{rec} と F_{per} との間に冪乗則 $\Delta t_{\text{rec}} \propto F_{\text{per}}^{-\eta}$ ($\eta = 0.84^{+0.02}_{-0.01}$) が成り立つことを示した。SRGA J1444 は 1 よりも有意に小さい η が観測された初めての天体であり、理論モデルとの比較から、中性子星質量が太陽質量の 2 倍より大きいことが示唆される。また、過去に観測された Clocked Burster と比較して、バーストの継続時間はおおよそ 20 秒と短く、これは太陽組成に比べてヘリウムに富んだ降着物質を仮定することで説明できる。

[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](#)

W04a NinjaSat 観測から示唆される SRGA J144459.2-604207 の伴星の金属量

土肥明 (理研)、西村信哉 (東大/理研)、平井遼介 (理研/モナッシュ大学)、武田朋志 (理研/理科大)、岩切涉 (千葉大)、三原建弘、玉川 徹 (理研)、青山有未来、岩田智子 (理研/理科大)、榎戸輝揚 (京大/理研)、大田尚享 (理研/理科大)、加藤陽 (理研)、北口貴雄、高橋拓也、渡部蒼汰、山崎楓 (理研/理科大)

2024 年 2 月に降着中性子星 SRGA J144459.2-604207 (SRGA J1444) から多数の X 線バーストが観測された。この天体は、INTEGRAL や NICER 等により観測された前半の時期では、比較的規則的な X 線バーストを起こす一方、NinjaSat により観測された後半の時期では、徐々に暗くなりつつバースト頻度が下がる特徴的な振る舞いを示した。前期観測で見られるような一定な振る舞いをするバースターを "Clocked Burster" と呼び、これまで観測された Clocked Burster はバースト継続時間が 40 秒前後と長めであった。一方、SRGA J1444 は 20 秒以下と短めであった。したがって、従来の Clocked Burster と光度曲線の形状が異なる SRGA J1444 の観測を理論モデルと比較することで、今までにない降着中性子星の性質を見出せる可能性がある。

X 線バーストの光度曲線には様々なモデルパラメータが関与するが、本研究では、その中でも伴星からの降着物質の組成に着目し、SRGA J1444 モデルの数値計算を行った。その結果、高金属量、あるいは、ヘリウムがやや多い非太陽系組成のモデルにより、INTEGRAL や NICER (Clocked Burster の振る舞いをする時期) の観測を説明できることがわかった (2024 年秋季年会 N16a で報告済み)。しかし、NinjaSat との後期観測の比較を行うと、高金属量のモデルは再帰時間が長くなってしまふことにより棄却される傾向にあることがわかった。本講演では、NinjaSat の後期観測による SRGA J1444 の金属量の制限について数値・解析モデルの双方から議論する。

[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](#)

W05a 超新星残骸 RCW 103 の中心天体からの 1.01 秒パルスの検出

牧島一夫 (東大理)、内田和海 (ISAS/JAXA)、榎戸輝揚 (京大理)

超新星残骸 RCW103 の中心にあるコンパクト X 線源 1E 161348-5055 は、「Central Compact Object (CCO)」と呼ばれる 10 例ほどの中性子星の代表格であり、しかも $T = 6.67$ hr という極端に長い周期性を示す (De Luca+2006)。これは中性子星の自転周期と考えられてきたが、その解釈には無理が多い。そこで我々はマグネターの観測結果 (e.g., Makishima+24) にもとづき、この天体は自由歳差運動をしており、自転周期と歳差周期がわずかに分離する結果、それらのビートが長周期 T に現れ、それに伴いパルス位相が周期 T で変調されるため、自転周期は直接には検出しづらいつと考えた。同様な考えは Heyl & Hernquist (2002) も提唱している。

我々は、「あすか」GIS (1993 年と 1997 年) および XMM-Newton (2001 年と 2005 年) により取得された、この CCO の 4 つの公開 X 線データを解析した。真の自転周期は $P = 0.3 - 30$ s の範囲にあり、その位相が 6.67 hr の周期で「進み遅れ」すると考え、マグネター研究で開発した復調手法でこの「進み遅れ」を補正した結果、ビートの元となる真の自転周期が 4 つのデータに内在し、それらは $P = 1.0093558(8), 1.0094963(6), 1.0096311(70), 1.0097713(6)$ 秒と年代順に決定された。高い精度で一定のスピンダウン率 $\dot{P} = 1.1 \times 10^{-12}$ s/s が成り立っている。

得られた P と \dot{P} を用いると、この CCO は特性年齢 14.7 kyr、双極子磁場 2.3×10^{13} G、スピンダウン光度 1.1×10^{33} erg/s をもち、 P/T 比 (\approx 星の非球対称度) から、内部トロイダル磁場は 6.5×10^{15} G と推定できる。これらの諸量はマグネターに準じるものなので、この中性子星は、内部磁場により磁気駆動されているらしい。自由歳差運動を仮定した簡単な放射モデルを用いると、これまで $P \approx 1.01$ 秒パルスが検出できなかったことや、周期 T で強度が大きく変動することが説明できる。以上の結果はまもなく ApJ に投稿予定である。

[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](#)

W06a 高速電波バーストの半数以上が「リピート型」であることを示す証拠の発見

山崎翔太郎、橋本哲也 (台湾國立中興大學)、後藤友嗣、凌志騰 (台湾國立清華大學)

高速電波バーストは約千分の一秒の間、電波帯域で明るく輝く、その起源が謎に包まれた爆発的な天体現象である。高速電波バーストは、同じ方向から繰り返し発生する「リピート型」と一度しかバーストが起らない「単発型」に分類される。リピート型と単発型は、それぞれ中性子星フレアなどの反復可能な爆発現象や連星合体などの一回限りの爆発現象といった異なる起源を持つ可能性があり、これらを正しく区別する事は高速電波バーストの謎を解明するうえで最も重要である。しかしながら、観測的に全ての高速電波バーストを網羅する事はできず、リピート型と確認されたものは全体のわずか数%にとどまる。リピート型が単発型として誤認される可能性もあり、この割合は不完全な観測の影響を受けた下限値にすぎない。そのため、高速電波バーストの起源解明の鍵となる「リピート型の真の割合」は依然として未解明である。この問題を解決する独自の方法として、我々は単発型の発見率の時間変化に注目した。興味深いことに単発型の発見率が時間と共に大きく減少していることが世界で初めて明らかになった。単発型は観測を進めるにつれリピート型に再分類される事でその発見率は減少していく。単発型の発見率が大きく減少しているのは、単発型として見つかったバーストの多くが実際にはリピート型である事の決定的証拠である。我々は高速電波バーストのトイモデルを構築し、この結果と比較したところ、半数以上のバーストがリピート型である事が 99% の信頼度で明らかになった。さらに、95% の信頼度では、ほぼ全てがリピート型である事を示唆する。我々が示した値はこれまで知られていた割合 (わずか数%) を一桁以上上回る。本研究は、従来数%と考えられていたリピート型の割合が、実際は大幅に上回る 50%以上であることを示し、この分野の常識を定量的に覆した重要な結果である。

[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](#)

W07a 3次元一般相対論的輻射磁気流体力学シミュレーションによる磁化中性子星への超臨界降着流

井上壮大 (大阪大学), 大須賀健 (筑波大学), 高橋博之 (駒沢大学), 朝比奈雄太 (筑波大学)

恒星質量ブラックホールのエディントン光度を超える光度を有する X 線パルサーを超高光度 X 線パルサーという (e.g., Bachetti et al. 2014). 莫大な光度の起源は磁化中性子星への超臨界降着流 (エディントン降着率 \dot{M}_{Edd} を超える降着流) であると考えられている。これまで我々は一般相対論的輻射磁気流体力学シミュレーションを駆使し、超高光度 X 線パルサーにおける降着機構や、降着円盤からのアウトフローの形成について報告した (2023 年秋季年会)。しかしこれまでの研究では軸対称を仮定した空間 2 次元計算を実施していたため、降着流の非軸対称構造については未解明のままだった。

本講演では空間 3 次元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た結果について報告する。前回報告した 2 次元計算と同様、中性子星の磁軸と降着円盤の回転軸が一致した軸対称構造を初期条件として与え、空間 2 次元計算との比較を行った。その結果、降着率が $\sim 10^3 \dot{M}_{\text{Edd}}$ 、中性子星双極子磁場強度が 10^{11} G の時、中性子星磁場による磁気圧と降着円盤の圧力が釣り合う界面において磁気レイリー-テイラー不安定と思われる不安定が成長し、降着円盤内縁よりも内側にスパイラル状の降着流が形成される様子が得られた。中性子星ごく近傍では大部分のガスが双極子磁場に沿って中性子星磁極付近に降着するが、一部の方位角ではガスの圧力が双極子磁場の磁気圧に打ち勝ち、中性子星の赤道面付近へ降着することもわかった。以上は 2 次元計算では現れない 3 次元計算特有の構造である。講演では双極子磁場強度を変えた場合の降着形状の違いや、中性子星へ持ち込まれる角運動量の比較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](#)

W08a Examining the north-south symmetry of pulsars based on γ -ray phaseograms

Paul K. H. Yeung^A, Dmitry Khangulyan^B, Takayuki Saito^A; ICRR, U. Tokyo^A, IHEP, CAS^B

Fermi-LAT observations revealed that each GeV pulse profile of the Crab, Geminga and Vela pulsars consists of two peaks (P1 & P2) and a “bridge” between them. There is clearly a “bump” at the bridge phase of Vela’s pulse profiles, that could also be regarded as the third peak (P3). On the other hand, the Crab’s & Geminga’s bridges relatively resemble a “valley floor”. Despite such an apparent difference, it is interesting to investigate whether their bridge emissions are still within the same general picture as Vela’s. If the bridge of a pulsar’s phaseogram is P3, then we would expect, according to the north-south symmetry, the fourth peak (P4) to exist as well. However, such a hypothetical P4 is not intuitively identified on gamma-ray phaseograms of the Crab, Geminga and Vela pulsars. One possibility is that P4 is mixed up with and indistinguishable from other peaks, while another possibility is that our line of sight disfavours the detection of P4. For each of our targeted pulsars, we examine the relative feasibility of these two scenarios, by modelling the Fermi-LAT & IACT phaseograms. Our toy model assumes a north-south symmetric configuration, while taking into account the emission geometry, Doppler shifts, time delays as well as the spatial and spectral distributions of beams’ intensities. Based on the fitting results, we infer the locations of emission sites as well as the beam directions. Then, we interpret the essence of each emission site.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W09a 高速撮像装置 IMONY によるカニパルサーの長期光学観測成果

橋山和明 (東京大学/山形大学), 中森健之, 佐藤杏樹, 長谷部愛奈, 前城美羽, 佐藤凜 (山形大学), 庄子正剛 (KEK), 武井大 (Daiphys Tech/立教大学), 川端弘治, 中岡竜也 (広島大学), 木野勝 (京都大学), 寺澤敏夫 (東京大学), 米倉覚則 (茨城大学), 岳藤一宏, 村田泰宏 (JAXA), 三澤浩昭 (東北大学), 上野一樹 (大阪大学), 佐藤知宙 (山形大学)

カニ星雲の中心に位置するカニパルサーは、約 34 ms 周期で高速回転する中性子星である。パルサーからの電波からガンマ線に渡る幅広い電磁波放射は、自転に同期した周期パルスとして観測される。磁気圏内外での限られた領域からの非熱的放射であると考えられているが、放射機構の議論に決着は付いていない。

カニパルサーが各回転ごとに放射するシングルパルスは、約 34 ms あたりの磁気圏の状態を逐次反映していると考えられる。従って、シングルパルスの観測は磁気圏の状態を統計的に明らかにするために重要である。しかし、電波帯ではカニ星雲の放射が強く、電波シングルパルスは背景放射の揺らぎに埋もれて観測できない。また、X 線・ガンマ線では光子統計が少なく、シングルパルスの検出は難しい。

一方、可視光帯では約 34 ms あたりの光子統計が豊富であり、シングルパルスの検出が十分期待できる。現在山形大学では、可視光帯で最大 100 ns の時間分解能を有する高速測光装置 IMONY の開発を進めている。2024 年 2 月には東アジア最大級の京都大学「せいめい」望遠鏡 (口径 3.8 m) へ搭載し、合計 7 夜に渡り連続的にカニパルサーの光学観測を実施した。その結果、平均的に 5σ の統計的有意度で光学シングルパルスを検出することに成功した。本講演では、過去最長である合計 7 夜の連続観測結果を元に、可視光帯におけるパルス波形の構造変調の有無および可視光シングルパルスの統計に着目して議論する。

[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](#)

W10a XMM-Newton, NuSTAR を用いた PSR J1838-0655 に付随するパルサー星雲の X 線スペクトルにおける折れ曲がり起源の詳細な調査

本上侑吾 (埼玉大学), 寺田幸功 (埼玉大学, ISAS/JAXA), 馬場彩 (東京大学), 柴田晋平 (山形大学), 田中周太 (青山学院大学), 森浩二 (宮崎大学), 内田裕之 (京都大学), 石崎渉 (東北大学)

パルサー星雲 (PWN) は中心天体であるパルサーが放射するパルサー風によって駆動していると考えられており、電波から X 線帯域ではシンクロトロン放射、ガンマ線帯域では逆コンプトン散乱で非常に明るい放射を持つ。PWN は宇宙線電子成分の起源候補として注目されており、放射スペクトルの理解が加速電子スペクトルの理解へとつながる。近年いくつかの PWN の X 線スペクトルに折れ曲がりが見出されている (e.g., Tsujimoto et al., 2011)。折れ曲がりの起源は未だに不明であり、パルサーのパラメータとの経験的な相関が探索されている (Bamba et al., 2022)。PSR J1838-0655 は Bamba+22 で系統調査に用いたどの系よりもスピンドウンエネルギーが低く、パルサー X 線効率が低いという特徴がある。これにより、より広いパラメータ空間において系統調査が可能となる。NuSTAR 観測データの解析によって PSR J1838-0655 に付随する PWN においても折れ曲がりの特徴が確認された (2024 年秋季年会 本上講演)。しかし、PSR J1838-0655 の X 線スペクトルにおける折れ曲がりには $\Delta\Gamma \sim 0.25$ と非常に小さいため、詳細な系統調査のためにも折れ曲がりの特徴をより詳細に決定する必要がある。

本研究では、軟 X 線帯域の XMM-Newton 観測に加えて、硬 X 線帯域を NuSTAR でカバーすることで、スペクトル上の折れ曲がりの決定精度を上げる試みを実施した。これにより、X 線スペクトルの折れ曲がりをより詳細に決定し、この結果を用いたさらに詳細な系統調査が可能となることが期待される。本講演では、この系統調査の結果を用いて PWN の X 線スペクトルにおける折れ曲がり起源に関する議論を行う。

[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](#)

W11a 回転駆動型パルサーのシンクロトロン放射による偏光の系統的研究

佐伯聖真 (広島大学), 木坂将大 (広島大学), 高田順平 (華中技科大学)

回転駆動型パルサーは中性子星の自転エネルギーをエネルギー源として放射された電磁波がパルス状で周期的に観測される天体である。パルス放射は電波からガンマ線まで多波長に渡っており、パルス波形の観測データを元に放射領域の構造が議論されてきた。このうち、可視光からガンマ線までの放射領域は星から離れた領域と考えられているもの、波形のみからではその構造の特定に至っていない。このような状況に対して、2021 年に打ち上げられた IXPE 衛星により複数の回転駆動型パルサーの X 線偏光の観測データが得られる状況になり、X 線帯域の偏光による放射領域の系統的研究が可能になった。X 線はシンクロトロン放射と考えられており、その偏光から放射領域の磁場の情報が得られるため放射領域の更なる制限ができることが期待される。

これまで、偏光データの解析を行う上で比較対象として使われたモデルでは、ガンマ線と X 線で同じ放射の構造が想定されていた。しかし、ガンマ線では放射のうち自転軸方向の放射成分は星からの熱的 X 線光子との衝突により電子陽電子対生成を起こすことで吸収されると考えられるが、X 線では吸収されない。実際、Vela パルサーなどのパルス波形はガンマ線と X 線で異なっており、X 線帯域では自転軸方向の放射が寄与していると観測的にも示唆がある。よって、自転軸方向の放射成分を取り入れた偏光モデルを構築する必要がある。

そこで我々は自転軸方向の放射成分を取り入れた偏光モデルを構築し、その影響の調査を行った。その結果、自転軸方向の放射成分の寄与により、パルスのピークで見られる偏光角の変化の幅がより大きくなるなどの効果があることが分かった。講演では、得られた偏光パターン of 理論的解釈に基づいた Crab パルサーの偏光観測の結果の議論も行う。

[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](#)

W12a 相対論的遠心力風の加速効率と構造

柴田 晋平 (山形大学)

磁化した中心天体が回転するとき、遠心力でプラズマが加速されるとする遠心力風の加速効率については長年議論されてきたが明確な答えが得られていなかった。中心天体の磁場は基本的にダイポールで閉じた磁場構造を持つが、遠心力によって開いた磁場構造を作ることによってエネルギー流出のパスが作られ、中心天体の回転エネルギーが解放される。この閉じた磁場から開いた磁場が作られるプロセスを最近明らかにすることができた (2024 年春季年会)。

軸対象定常モデルで、さらに精密な解析を進めている。共回転しながら磁場に沿って流出し、光円柱のすぐ内側でローレンツ因子が発散する解があることを見つけた。その結果、流体の運動エネルギー密度が増加し磁場のエネルギー密度に達したときに磁気リコネクションが起こり開いた磁場を作り出す。この時の条件を用いると、最大加速可能なローレンツ因子が $\gamma_{\max}(2M)^{-1/2}$ で、リコネクション領域のサイズが $R_L(2M)^{-1/2}$ であると見積もることができる。ここで、 M はペアプラズマ密度の Goldreich-Julian 密度に対する比 (multiplicity)、 γ_{\max} は起電圧に相当するローレンツ因子、 R_L は光円柱の半径である。ここから、遠心力風の加速効率を推定することができる。結果的には、プラズマ密度が高い時 ($M \gg 1$) は中心天体の回転エネルギーのほとんどはポインティングエネルギーとして出ていくことがわかった。

ポロイダルな磁場が Alfvén surface で regular になるための poloidal current 分布があることが force-free model から示唆されているが、一方、磁場に沿った流れが critical point を通る条件から poloidal current が決まる。両者が self-consistent になるかどうかについて検討を行った。

[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](#)

W13a ALMA によるガンマ線連星 PSR B1259-63/LS 2883 の近星点通過付近の観測

藤田裕 (東京都立大学), 河内明子 (東海大学), 岡崎敦男 (北海学園大学), 永井洋, 赤堀卓也 (国立天文台), 川中宣太 (東京都立大学/国立天文台)

PSR B1259-63/LS 2883 は代表的なガンマ線連星として知られており、パルサーが大質量星を 3.4 年かけて公転している。このシステムでは、パルサーが近星点を通過する際、電波からガンマ線まで幅広い波長で増光が観測される。また、大質量星の周囲には星周円盤が存在し、パルサーは近星点通過の前後でこの円盤を通過すると考えられている。これまでの近星点通過付近の電波観測は ~ 10 GHz 以下の周波数帯に限られており、主にシンクロトロン放射が観測されてきた。一方、 ~ 100 GHz 以上の高周波数帯では、星周円盤からの熱的放射が観測可能であることが分かっている (Fujita et al. 2019, 2020)。

2024 年の近星点通過に際し、我々は ALMA を用い高周波数帯での観測を初めて実施したので報告する。観測はバンド 3 (97 GHz), バンド 6 (233 GHz), バンド 7 (343 GHz) の 3 つの周波数帯で行われ、近星点通過の 61 日前から 29 日後までの期間にわたってデータを取得した。観測の結果、すべての周波数帯で近星点付近でのフラックス増加が確認された。特にバンド 3 では顕著なフラックス増加が見られ、これはパルサー風と恒星風または円盤との相互作用によるシンクロトロン放射が原因と考えられる。バンド 6 では熱放射からシンクロトロン放射への遷移が観測され、さらに熱放射が優勢なバンド 7 では近星点通過後 24 日に緩やかな増光が確認された。

これらの観測結果は、パルサーの円盤通過が円盤を完全に破壊するわけではないことを示唆している。また、近星点通過後の円盤膨張の可能性など、パルサー風と星周円盤の相互作用についての新たな知見が得られた (Fujita et al. arXiv:2411.11950, ApJL in press)。

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W14a XRISM で探る低質量 X 線連星 4U1916-053 の光電離プラズマ

宮城生成、堂谷忠靖 (東京科学大学、ISAS/JAXA)、Maria Diaz Trigo (ESO)、米山友景 (中央大学)、幸村孝由 (東京理科大学)、志達めぐみ (愛媛大学)、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) との近接連星系であり、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。4U1916-053 は中性子星を含む低質量 X 線連星であり、代表的な dip 天体の一つである。このような天体では、中性子星近傍からの X 線放射が、様々な散乱や吸収過程を経て観測者に届くと考えられているが、その詳細はわかっていない。Dip は、4U1916-053 を含む一部の低質量 X 線連星で観測されており、降着円盤外縁部による X 線放射の遮蔽と考えられている。スペクトル中に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。本研究では XRISM 衛星によって得られた 4U1916-053 の高分解能スペクトルデータの解析を行なった。

XRISM は、2024 年 4 月 15 日から 18 日にかけて、正味約 113ksec の観測を行った。観測期間中、定常 X 線放射の flux はほぼ一定で、最後の 50ksec で若干増加が見られた。X 線バーストと dip が検出されたが統計が十分ではなかったため、本研究では、定常成分のスペクトル解析を中心に行なった。スペクトル中に He-like および H-like の鉄の吸収線が観測されたことから、視線上に高階電離プラズマ ($\log \xi \sim 3-4$) の存在が示唆される。しかし、それだけではスペクトルを再現できず、光電離プラズマを通らずに届く、散乱成分の存在も示唆された。講演では吸収線の詳細解析について報告するとともに、過去の「すざく」による観測結果もあわせて、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](#)

W15a The high X-ray polarization from an accretion disk corona source

Ryota Tomaru, Hirokazu Odaka (Odaka University), Chris Done (Durham University)

We report the first X-ray polarization measurement of an accretion disk corona (ADC) source, detecting a polarization degree of $8.8 \pm 1.4\%$ and a polarization angle of $-46 \pm 5^\circ$ (1σ confidence) in the 2–8 keV band for the neutron star 2S 0921-630. ADC sources are observed at high inclinations, where the central emission is obscured by the vertical structure of the accretion disk. The observed X-rays originate mainly from electron scattering and reprocessing in photoionized plasma, likely associated with an equatorial disk wind launched from the outer disk. Our analysis reveals a potential increase in polarization degree and angle with energy across the band. To interpret these findings, we performed spectro-polarimetric simulations based on a thermal-radiative wind model driven by X-ray irradiation of the outer accretion disk. These simulations reproduce the high polarization degree and its weak energy dependence, but the observed variation in polarization angle suggests a more complex, non-axisymmetric scattering geometry. These results offer new insights into the scattering processes and wind structures in ADC sources, advancing our understanding of X-ray polarization in compact object systems.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W16a XRISM time-resolved spectroscopy of the transient eclipsing low-mass X-ray binary AX J1745.6-2901(II)

田中虎次郎 (東京都立大学), 青木悠馬, 正嶋大和, 信川久実子 (近畿大学), 内田裕之, 鶴剛, 成田拓仁 (京都大学), 内山秀樹 (静岡大学), 江口智士 (熊本学園大学), 勝田哲 (埼玉大学), 金丸善朗, 鈴木寛大, 前田良知, 渡辺伸 (ISAS/JAXA), Richard Kelley (GSFC/NASA), 倉本春希, 島耕平, 松本浩典 (大阪大学), Lia Corrales, Mayura Balakrishnan (University of Michigan), 澤田真理 (立教大学) 坪井陽子 (中央大学), 中嶋大 (関東学院大学), 信川正順 (奈良教育大学), 村上弘志 (東北学院大学), 山内茂雄, 吉本愛使 (奈良女子大学), Q. Daniel Wang (University of Massachusetts) 他 XRISM 銀河中心 & Galactic Compact チーム

超巨大ブラックホール Sgr A* から 1.5 分角の位置にあるトランジェント低質量 X 線連星 AX J1745.6-2901 を XRISM を用いて観測した。2024 年秋季年会 (W21a 講演) では、この観測に基づく解析結果の速報を発表したが、その後、測定値が確定し、解釈がさらに進展したため、ここに報告する。

Resolve の精密スペクトル解析により、秋季学会で報告した高電離の Fe (xxv, xxvi) および Ni (xxviii) 由来の吸収線について、すべての輝線で同じと仮定すると 40_{-10}^{+20} km s⁻¹、青方偏移が -170_{-50}^{+60} km s⁻¹ であることが明らかになった。また、Xtend スペクトルの解析から、この吸収体が電離パラメータ $\log \xi \approx 5$ を持ちつつ、非常に大きな柱密度を伴うことが確定した。本研究では、吸収体モデルを用いて吸収体の存在位置やダイナミクスを調べた。吸収体が回転運動に留まるのか、円盤風として連星系外へ吹き出すのか、あるいは円盤に戻る流れや乱流などの物理過程が関与しているのかを検討した。

[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](#)

W17a XRISM/Resolve による大質量 X 線連星 Cygnus X-3 の軌道運動速度測定

三浦大貴 (東大, ISAS/JAXA), Timothy Kallman (NASA/GSFC), Ralf Ballhausen (NASA/GSFC, メリーランド大), 袴田知宏, 小高裕和, 都丸亮太 (大阪大), 榎戸輝揚 (京都大), 山田真也 (立教大), 山口弘悦 (ISAS/JAXA) on behalf of the XRISM Cyg X-3 team

大質量 X 線連星 Cygnus X-3 はコンパクト星 (主星) とウォルフ・ライエ星 (WR 星) からなる系であり、主星の正体は未だ明らかになっていない。Chandra/HETG を用いた水素状鉄 Ly α 輝線の軌道位相分解スペクトル解析により Vilhu et al. (2009) は主星の円軌道運動の速度振幅を 418 ± 123 km s⁻¹ と推定し、Koljonen & Maccarone (2017) はその結果と赤外線分光の結果、WR 星の大気モデルから、主星の質量を $< 10 M_{\odot}$ と制限している。

XRISM 衛星は 2023 年 3 月に、軟 X 線で明るい hypersoft 状態にある Cyg X-3 を観測した。2024 年秋季年会 (Z204a) では、XRISM/Resolve により得られた Cyg X-3 の精密分光スペクトルについて概観した。特に、水素状鉄 Ly α のプロファイルは輝線と吸収線が混合していることを明らかにしたが、これは Chandra/HETG では確認できなかった特徴であった。本研究では軌道位相分解した水素状鉄 Ly α スペクトルを現象論的なガウシアンで輝線・吸収線をモデル化した。従来手法 (C 統計 in XSPEC) では強く相関するモデルパラメータの不定性を正しく評価することが困難なため、今回は MCMC 法に基づくベイズ推定法を採用した。解析の結果、主星の速度振幅は $300 - 600$ km s⁻¹ (90% 信頼区間) となり、Vilhu et al. (2009) の結果と一致した。この速度は、複数の先行研究が示唆する軌道傾斜角 $\approx 30^{\circ}$ を仮定すると、主星が非常に低質量であることを示唆する。

本講演では、上記の解析について詳細に報告し、得られた速度振幅に基づくコンパクト星の質量への制限や他のパラメータの変動の解釈までを議論したい。

[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](#)

W18a 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

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。これらのスペクトル構造は、WR 星からの星風がコンパクト星近傍からの X 線により光電離されることで作られていると考えられる。これまで、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。連星系のサイズが小さく、星風が 1000 km/s を超える速度を持つことから、星風の流体素片の密度やそれが受ける X 線強度は短いタイムスケールで変動する。そのため、星風が光電離平衡であるかは自明ではない。そこで本研究では放射モデルパッケージ SPEX の TPHO モデルを使用して、星風の電離状態を計算した。星風の運動に沿った鉄のイオンフラクションの時間変化を計算した結果、Cyg X-3 で考えられるパラメータの範囲内でも、電離・再結合の緩和過程が変化に追いつけず電離非平衡状態になりうることがわかった。

[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](#)

W19a 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 (2)

袴田知宏, 小高裕和, 都丸亮太 (大阪大学), Timothy Kallman (NASA/GSFC), Ralf Ballhausen (メリーランド大学), 山口弘悦, 渡辺伸 (ISAS/JAXA), 三浦大貴 (東京大学, ISAS/JAXA), 榎戸輝揚 (京都大学), 北本俊二, 林佑, 山田真也 (立教大学), 中嶋大 (関東学院大学), 山岡和貴 (名古屋大学), 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 線連星で, 地上実験では困難な光電離プラズマモデルの構築に最適な天体である。これは, WR 星から放出される質量損失率 $6.5 \times 10^{-6} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ の強烈的な星風が, コンパクト天体からの X 線によって光電離されているためである。Cyg X-3 は今年の 3 月に XRISM 衛星によって観測された。その結果, 星風由来の H-like や He-like の高階電離 Fe, Ca, Ar, S イオンや Li-like 以降の低階電離 Fe イオンの輝線・吸収線が検出された (2024 年秋季年会 W16a)。

本研究では, H-like Fe, Ca, Ar, S イオンの輝線・吸収線 (以後, Ly α 線とする) の軌道モジュレーションの詳細な解析を, これらイオンの運動や放射領域の解明を目的として行った。その結果, 重い元素ほど Ly α 輝線速度がコンパクト天体の公転運動の視線速度に近い軌道モジュレーションを持つことがわかった。この公転運動は, 公転周期中で最も暗くなる時にコンパクト天体が WR 星の後方に位置するという仮定で計算したものである。輝線速度と公転運動とのモジュレーションの位相差は Fe Ly α 輝線は 0.04 軌道フェイズ, S Ly α 輝線は 0.17 軌道フェイズであった。この違いは, 星風中の各イオンの放射領域へのコンパクト天体の重力や運動の影響として理解できる可能性がある。本講演では, 観測結果を元にコンパクト天体と WR 星に影響を受けた星風の運動や空間構造について議論し, 光電離プラズマ中の輻射輸送シミュレーションと観測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](#)

W20a XRISM で検出された鉄の蛍光輝線で明らかにする Her X-1 の円盤構造

成田拓仁, 榎戸輝揚 (京都大学), Peter Kosec (SAO), 永井悠太郎, 齊藤裕次郎, 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 線放射が, 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が生じると考えられている。先行研究 (Kosec et al. ApJ, 2022) では, 6.4 keV に見られる幅 (1σ) ~ 20 eV の細い鉄 K 輝線と, 6.7 keV に幅 ~ 200 eV, 6.5 keV 付近に幅 ~ 700 eV の広がった 2 つの輝線構造も観測されていた。輝線幅から推定できる速度から, 細いものが相手の恒星からの降着流, 広がったものは降着円筒からの放射と考えられていた。しかし, 特に細い輝線は幅が 20 eV 程度と既存の検出器のエネルギー分解能よりも小さく, 詳細な構造を調べることは難しかった。そこで我々は, 最高のエネルギー分解能 (6 eV @ 6 keV) を持つ XRISM の公募観測 (GO1) で, Her X-1 の観測を提案して Priority-A で採択された。観測は日米のチームで, 明るい main on の位相の 2024 年 9 月 10 - 14 日の 4 日間 (連星周期の約 2.5 周分) 行われた。さらに XMM-Newton, Chandra, NuSTAR, 理研を中心に打ち上げた NinjaSat での同時観測も行った。XRISM の観測は, 食を含む時間変動をとらえ, 低電離の鉄の蛍光輝線と高階電離した鉄の吸収線を検出した。この観測から, 細い鉄輝線が, 輝線幅が 20 eV と 2 eV の 2 成分に分離できる兆候を捉えた。

[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](#)

W21a MAXI による Her X-1 超軌道周期のターンオンの軌道位相 I

浅井和美 (理研), 白樫薫子, 遠藤茉莉, 三木優也 (立教大学), 三原建弘 (理研), 北本俊二 (立教大学)

X 線連星パルサー Her X-1 は, 中性子星の自転による 1.24 秒のパルス周期, 軌道運動による 1.7 日の軌道周期, 降着円盤の歳差運動による約 35 日の超軌道周期の 3 つの周期を持つ。軌道運動と降着円盤の歳差運動は独立だと考えられるので, 両者の位相は無関係であると考えられる。しかし, 先行研究 (Giacconi et al., 1973, ApJ, 184, 227) で「ターンオン (35 日周期のメインオンの立ち上がり) は, 軌道位相 0.2 と 0.7 で起こる」と報告されていて, その後の研究でも確認されているが (eg. Leahy and Gonzalez, 2023, IJAA, 12, 172), 統一した説明はなされていない。そこで, 今回, MAXI/GSC のスキャンデータ (2009 年から 2024 年の約 15 年間のデータ) を用いて, Her X-1 のターンオンの時刻を正確に決定することを試み, その時刻と軌道位相の関係を調べた。まず, ターンオンの時刻の決定のために, 35 日周期の光度曲線のモデル化を試みた。モデルでは, 降着円盤の歳差運動本来の光度曲線, 軌道運動に伴う食, 軌道位相 0.2 や 0.7 で起きるディップを含めた。解析では, データ個数が有限なために起きる統計上の効果も考慮した。その結果, 軌道位相との相関は, 特になことを示すことができた。ターンオンが軌道位相 0.2 や 0.7 で起こることは, ディップによる見かけ上のものであると解釈できる。さらに, 決定したターンオンの時刻から求めた, 超軌道周期の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](#)

W22a XRISM 衛星を用いた大質量 X 線連星 Vela X-1 の輝線解析

加藤寛之, 斉藤裕次郎, 榎戸輝揚 (京都大学), Tim Kallman, Maurice Leutenegger, Katja Pottschmidt (NASA/GSFC), 渡辺伸, 辻本匡弘 (JAXA/ISAS), Metteo Guainazzi (ESA/ESTEC), Ehud Behar (Technion), 米山友景 (中央大学), Greg Brown, Natalie Hell(LLNL), Ralf Ballhausen (FAU), Maria Diaz Trigo (ESO), Javier Garcia (Cal Tech), Lia Corrales (UMich), 幸村孝由 (東京理科大学), 中嶋大 (関東学院大学), 小高裕和, 河村穂登 (大阪大学), 杉崎陸, Rulcan Ma (NAOC), 松永海 (京都大学)

Vela X-1 は中性子星と B 型大質量星からなる食を起こす大質量 X 線連星であり、約 9 日の軌道周期と 283 秒のバース周期を持つ。今回、X 線分光撮像衛星 XRISM により、2024 年 1 月 4, 5 日と 5 月 20 日に、それぞれ合計 67 ks、13 ks の Vela X-1 の観測が行われた。この衛星に搭載された X 線カロリメーター「Resolve」で得られたスペクトルには、Fe の輝線として、Fe I $K\alpha$, $K\beta$, Fe XXV $K\alpha$, Fe XXVI $K\alpha$ が検出された。また、Fe I $K\alpha$ に付随するコンプトンショルダーとも解釈できるの兆候が検出された (斉藤 他 2023 年度日本天文学会秋 W33a)。また、5 月 20 日の観測では、7.47 keV 付近に Ni $K\alpha$ のと考えられる輝線も検出された。等価幅は約 7.5 eV で、中心エネルギーは実験室系で測定されるものより $3.9_{-2.6}^{+2.4}$ eV だけ低エネルギー側にシフトしていた。過去にアスカや Chandra といった従来の衛星によって Vela X-1 で Ni $K\alpha$ 輝線の兆候が確認されているが (Sako et al. 1999, R. Amato et al. 2021)、 $K\alpha_1$ と $K\alpha_2$ が分離できるほど明確に検出されたことは初めてとなる。また、Ni/Fe のエネルギーフラックス比は $(6.3_{-1.8}^{+1.9}) \times 10^{-2}$ であり、組成比が本天体の中性子星を作った超新星での爆発的要素合成による場合、親星の進化や爆発機構に言及できる可能性がある。本講演では、Vela X-1 の軌道位相で分割した解析結果を報告するとともに、他の大質量 X 線連星も含め、Ni 輝線について調査した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](#)

W23b 対向伝播する大振幅アルフベン波によるプラズマ加熱と相対論的粒子加速

佐野孝好 (大阪大学), 諫山翔伍, 松清修一 (九州大学)

我々は、電子-イオンプラズマ中で、磁力線に沿って対向伝播する円偏光電磁波の作る定在波によって、非相対論的な速度のすべての電子が相対論的速度にまで効率的に加速されることを理論的に示した (Isayama et al. ApJ 2023; Sano et al. PRE 2024)。そこで、高速電波バースト (FRB) に関連する強磁場中性子星周辺で想定される電子-陽電子プラズマ中のアルフベン波でも、同様な現象が起こるかどうかを Particle-in-Cell (PIC) シミュレーションを用いて数値的に検証した。その結果、背景磁場の強度よりも電磁波の振幅が大きい場合に、直線偏光のアルフベン波の作る定在波中で電子・陽電子ともに MeV 以上のエネルギーに効率的に加速されることが明らかになった。さらに、放射減衰を考慮したシミュレーションでは、相対論的粒子がガンマ線を放射することで、元々の電磁波のエネルギーの大部分がガンマ線放射に変換される。このガンマ線放射によって電子・陽電子が対生成することも期待され、激しいエネルギー変換過程が極短時間に実現する可能性が示唆される。本講演では、このような物理過程の詳細や、これが実現する条件、FRB モデルにおける重要性などについて紹介する。

また、電子-陽電子プラズマ中で、磁力線に沿って伝播する直線偏光、及び、円偏光電磁波の伝播特性についても詳しく解析した。例えば、真空からプラズマ中へと伝播する電磁波の場合、透過や反射、またはプラズマを押しよけて侵入など、波の振幅に依存して様々な振る舞いが存在することが明らかになった。本講演では、それらの特性の物理的解釈や発生条件について報告する。さらに、「レーザー宇宙物理学」の新しい実験テーマとして、将来的に大型レーザー実験で原理実証が可能かどうか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](#)

W24a Cir X-1 を取り巻くプラズマおよび吸収体の軌道位相に伴う変化について

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)

2023 年 9 月、JAXA により打ち上げられた X 線分光撮像衛星 XRISM の性能検証期 (PV) ターゲットとして、2024 年 2 月、中性子星連星系 Cir X-1 の dip 期にあたる軌道位相 $\phi = 0.93 - 0.97$ の観測が実積分時間 35 ks にわたって行われ、これに並行して NICER 望遠鏡による同位相および直前の stable 期にあたる軌道位相 $\phi = 0.61 - 0.98$ での X 線同時観測が実積分時間 13 ks にわたって行われた。本天体は、非常に若い形成初期の降着円盤に特徴的な、粗い吸収体による不規則な X 線スペクトルの光度変動を示す種族であり、降着円盤の形成史やコンパクト天体の降着現象による質量輸送を解析するうえで注目されている。本研究では、従来の X 線観測装置に比べてエネルギー分解能が飛躍的に改善した XRISM 衛星データによって決定された各種輝線・吸収線強度を、NICER 望遠鏡による同時観測 X 線スペクトルデータに適用し、本天体の異なる軌道位相における物理パラメータの時間変動を調査した。その結果、本天体の一見複雑なスペクトル変動は時間変動しない周縁ガスプラズマ成分と部分吸収の被覆率の変化によって大きく変動する中性子星・降着円盤成分を用いてよく記述されることが分かった。これにより、Cir X-1 周囲のプラズマおよび吸収体の位置関係に制限を付けることができた。2025 年 2 月には、講演者が提出した観測提案に基づいて、再び XRISM 衛星による Cir X-1 の観測が、flaring 期にあたる軌道位相 $\phi = 0.00 - 0.29$ に合わせて行われる予定である。

[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](#)

W25a 低電離した鉄輝線に着目した降着型パルサー Cen X-3 の XRISM 解析

永井悠太郎, 榎戸輝揚 (京都大学), 辻本匡弘, 望月雄友 (ISAS/JAXA), Richard Kelley, Katja Pottschmidt (NASA/GSFC), Pragati Pradhan (ERAU), 他 XRISM Cen X-3 Target Team, 斎藤裕次郎, 井上峻 (京都大学)

精密分光衛星 XRISM/X 線マイクロカロリメータ *Resolve* は、その初期性能評価の期間に、連星運動の一周をカバーするように降着型 X 線パルサー Cen X-3 を観測した。この天体は、中性子星と青色超巨星からなる食連星であり、連星周期は約 2.1 日である。この観測では、低電離の鉄 $K\alpha_{1,2}$ 、 $K\beta$ 輝線、高階電離した (ヘリウム様、水素様) 鉄 $K\alpha$ 輝線が検出された。このうち、低電離した鉄 $K\alpha$ 輝線の中心エネルギーの変動は、サイン関数でよく近似され、これは連星運動に伴った変動を示唆している (Mochizuki et al. 2024 ApJL, 永井 et al. 2024 年秋季年会 W35a)。一方で、この変動の中心は、中性鉄輝線を仮定した場合、可視光観測から得られている系の速度 (Hutchings et al. 1979 ApJ) で想定される値から低エネルギー側に ~ 2 eV ずれており、これまで説明できていなかった。この要因の一つとして考えられるのは、鉄輝線の電離度である。そこで、我々はこの問題を解決するために $K\beta$ 輝線と $K\alpha$ 輝線の中心エネルギーの差を考慮することで、運動によるずれを除き、鉄の電離度を ~ 5 と求めた。この電離度の鉄 $K\alpha$ 輝線の中心エネルギーは、中性鉄 $K\alpha$ 輝線よりも低エネルギー側にずれており、この問題は概ね説明できた。以上に加えて、SKIRT や Cloudy を用いて輻射輸送計算をすることで、低電離した鉄輝線の等価幅の変動の説明も試みた。本講演では、低電離した鉄 $K\alpha$ 、 $K\beta$ 輝線の中心エネルギーや等価幅に加えて、高階電離した (ヘリウム様、水素様) 鉄輝線の連星位相に伴った変動について説明し、これらの輝線の放射場所について議論する。

[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](#)

W26a 大質量連星系パルサー Cen X-3 の蝕中の高電離鉄輝線に着目した XRISM/*Resolve* で可能となったプラズマ診断

望月雄友 (東京大学, ISAS/JAXA), 辻本匡弘 (ISAS/JAXA), 榎戸輝揚, 永井悠太郎 (京都大学), Katja Pottschmidt (GSFC/NASA), Cen X-3 target team

大質量連星系パルサーの蝕中は、中性子星からの直接放射成分が大質量星に隠れているため、直接成分によって電離したプラズマからの電離再結合線を、直接成分に邪魔されることなく観測できる。特に顕著な特徴が、高階電離鉄からの Fe XXV $He\alpha, \beta$ 、Fe XXVI $Ly\alpha, \beta$ 輝線群である。これらの輝線群は、微細構造線を含むが、従来の X 線回折格子分光観測では分離ができなかった (Wojdowski et al. 2003 ApJ)。2023 年 9 月に打ち上げられた XRISM 衛星に搭載する X 線マイクロカロリメータ分光器では、Fe XXV $He\alpha, \beta$ や Fe XXVI $Ly\alpha, \beta$ のなどの微細構造線を、太陽以外で初めて分離できる。微細構造線同士の強度比は、共鳴線同士の強度比とは異なるプラズマパラメータに依存するため、これまでと質的に異なるプラズマ診断が可能である。我々は、XRISM 衛星/*Resolve* 装置の初期性能評価として観測した、Cen X-3 の蝕中データ解析を試みた。Cen X-3 は O6 型星と中性子星の高質量 X 線連星であり、2.08 日の軌道周期で蝕の観測が可能な天体である。本データは、連星周期連続観測によって精密 X 線エネルギースペクトルが軌道位相毎に取得された、世界初の高質なデータである (永井 et al. W35a 2024 年秋季年会, Mochizuki et al. 2024 ApJL)。本観測により、ヘリウム様鉄の $He\alpha$ 輝線の w, x, y, z 輝線に加えて、 $He\beta, \gamma, \delta$ 輝線を検出し、水素様鉄輝線の $Ly\alpha_1, \alpha_2$ 輝線、 $Ly\beta_1, \beta_2$ 輝線の検出に成功した。本講演では、これら検出された輝線の強度比を、Cloudy を用いた輻射輸送計算を用い、XRISM/*Resolve* によって初めて可能となったプラズマ診断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](#)

W27a Short Timescales of Normal X-ray Outbursts in Be/X-ray Binaries Investigated Through Hydrodynamical Simulations

Atsuo T. Okazaki (Hokkai-Gakuen University)

Be/X-ray binaries are a class of X-ray transients consisting of a Be star, characterized by a circumstellar disk, and a neutron star. Typically quiescent in X-rays, these systems occasionally exhibit outbursts caused by the neutron star accreting material from the Be star's disk. Based on the peak X-ray luminosity (L_X), these outbursts are categorized as normal (Type I) outbursts ($L_X \leq 10^{37}$ erg s^{-1}), lasting a small fraction of the orbital period, or giant (Type II) outbursts ($L_X > 10^{37}$ erg s^{-1}), which typically persist for several tens of days, sometimes exceeding one orbital period (e.g., Reig 2011).

The short duration of normal outbursts presents a challenge, as it is much shorter than the viscous timescale of a standard accretion disk. Okazaki, Hayasaki & Moritani (2013) proposed that these events may involve Radiatively Inefficient Accretion Flows (RIAFs). However, the possibility of standard accretion flows cannot yet be excluded. This study explores an alternative explanation that the rapid dispersal of the accretion flow by the Be star's wind accounts for the short outburst timescales. Through hydrodynamical simulations, we examine the interaction between the stellar wind and accretion flow in Be/X-ray binaries, offering new insights into this phenomenon.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W28a X線天文衛星「すざく」を用いた古典新星 V1280 Sco のスペクトル解析

黒川音彩, 山内茂雄 (奈良女子大学理)

古典新星とは激変星 (白色矮星連星系) の一種であり、一度だけ新星爆発が観測されたものの事を指す。新星爆発は恒星の水素ガスが白色矮星の表面に降り積もり水素の熱核融合によって生じる爆発現象である。爆発後もガスは供給され続ける。このような降着過程や降着量の変化によって、この種の天体は観測時期によって物理状態が変わることが報告されている。V1280 Sco はそのような天体の一つである。

V1280 Sco は、2007 年 2 月に新星爆発を起こしており、150 日以上をかけて 3 等級減光する緩新星に分類されている。2007 年から 2013 年の分光観測では、これまで最も遅い進化を遂げている V723 Cas の記録を超えて非常に遅いスペクトル進化をしていることが報告されている (Naito, 2015, Acta Polytech. CTU Proc., 2(1), 217)。また X 線観測では、2009 年の Swift 衛星での観測にて、温度について黒体モデルでは約 0.2 keV、apec を用いたプラズマモデルでは約 0.23 keV と求められている。しかしこの際詳細にスペクトルモデリングをするにはカウント数が低いと述べられている (Ness et al., 2009, ATel, #2063)。

本研究では、すざく衛星の観測データの解析を行った。すざく衛星のライトカーブには周期的、長期的変動は見られなかった。スペクトル解析では単一温度プラズマモデルを用いて解析を行ったところ、よく再現できることがわかった。プラズマ温度は 0.26 keV と求めることができた。またフラックスから算出した光度は 3.4×10^{32} erg/s であった。

本講演では、V1280 Sco において X 線のスペクトル解析結果を報告するとともに、結果をもとに先行研究との比較、物理状態の考察と議論を行う。

[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](#)

W29a XRISM の高精細 X 線分光観測で見てきた矮新星 SS Cyg の境界層

石田 学, 堂谷忠靖 (宇宙科学研究所), 寺田幸功, 武尾 舞, 市川太一 (埼玉大), 向井浩二, 林 多佳由 (NASA's GSFC), 木邑真理子 (金沢大), Eric M. Schlegel (UT-San Antonio)

本講演では、2023 年 9 月 7 日に打ち上げられた X 線天文衛星 XRISM に搭載された高精細 X 線分光装置 Resolve で、矮新星 SS Cyg の静穏時とアウトバースト時の境界層を観測した結果を報告する。静穏時の観測は 2024 年 5 月 15 日から 18 日にかけて行われた。静穏時には、降着円盤中の物質は白色矮星近傍で強い差動回転で減速されて Kepler 速度から外れ、摩擦で加熱されて軌道面に垂直方向に膨張し、温度 10^8 K を越える光学的に薄い熱的 X 線プラズマになる。この Kepler 速度から外れた降着円盤の内側領域を境界層と呼ぶ。しかしこの境界層プラズマがどのように白色矮星に降着して行くのかを観測的に解明するのは、エネルギー分解能の制約からほぼ不可能であった。Resolve の X 線スペクトルにはシリコンから鉄までの重元素の輝線が見られている。このデータからプラズマの温度と速度の関係を高い精度で調べることで、降着流が主に動径方向に流れるのか、白色矮星の位相角方向に流れるのかを調べることができる。いっぽうアウトバースト時の観測は 2024 年 6 月 4 日から 8 日にかけて行われた。アウトバースト時には降着円盤の密度が高いため、境界層での発熱に冷却効率が勝り、境界層は幾何学的に薄いまま白色矮星に到達している。その境界層の温度は 10^5 K 程度と X 線を放射するには低すぎるにもかかわらず、過去の観測では温度 5×10^7 K 程度の熱的な X 線が観測されており、その放射場所が謎のままとなっている。Resolve では、このプラズマからの He 様と H 様の Fe 輝線が、白色矮星表面での Kepler 速度と同程度の速度分散で広がっている様子が観測されている。このことからアウトバースト時の X 線放射場所と放射機構を特定する研究を進めている。本講演では Resolve によるこれらの初期観測とその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](#)

W30a XRISM/Xtend で銀河系中心に見つかったスペクトルが特異な点源の観測

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), 信川久実子, (近畿大学), 坪井陽子 (中央大学), 前田良知, 石田学 (ISAS/JAXA), 志達めぐみ (愛媛大学), 林多佳由 (UMBC/NASA/GSFC), 松本浩典, 善本真梨那 (大阪大学), 他 XRISM 銀河中心チーム

X 線分光撮像衛星 XRISM は初期性能検証期間終了までに 4 度銀河系中心領域を観測し、うち 2024 年 2 月末から 3 月頭にかけて X 線撮像検出器 Xtend の視野内に増光した点源を検出した。日本天文学会 2024 年秋季年会 W05a 講演 (吉本ら) は、この天体が 1 桁の光度変動があることを示した。また、スペクトルには Fe 輝線を含むが、特異的に Fe-XXV $K\alpha$ よりも Fe-XXVI $K\alpha$ の方が 3-5 倍も強い。衝突電離平衡状態の光学的に薄い熱的プラズマモデルでフィットを試みたが、連続成分と輝線を同時に再現することはできなかった。

我々は天体の種族を調査するため、これまでの解析結果から天体の候補として強磁場激変星 (mCV) と中性子星を含む低質量 X 線連星 (NS-LMXB) を挙げた。スペクトルに物理モデルを適用したところ、mCV モデルではいかなる質量や元素量でも再現できなかった。一方で、LMXB モデルで説明可能であることがわかった。さらに、特異な鉄輝線構造は光電離プラズマを付随すると考えると説明できる。本講演では、候補天体および物理モデルによるスペクトル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](#)

W31a 新天体 MAXI J1752-457 の報告より約 2.5 時間後からの NinjaSat 追跡観測

青山 有未来, 高橋 拓也 (理研/東理大), 岩切 渉 (千葉大), 榎戸 輝揚 (京大/理研), 渡部 蒼汰, 岩田 智子, 山崎 楓 (理研/東理大), Chin-Ping Hu (彰化師範大/理研), 武田 朋志, 玉川 徹, 三原 建弘, 北口 貴雄, 加藤 陽 (理研), 大田 尚享, 重城 新大 (理研/東理大)

全天 X 線監視装置 MAXI は、2024 年 11 月 9 日に銀河系中心付近 (R.A., Dec.) = (268.213, -45.795) にある新天体 MAXI J1752-457 から、ピークフラックス $(1.71 \pm 0.17) \times 10^{-8}$ ergs s⁻¹ cm⁻² の X 線増光を検知し、Astronomer's Telegram (ATel) へ報告した (ATel #16898)。その後、硬 X 線天文衛星 NuSTAR の追跡観測により、MAXI J1752-457 は 2024 年 8 月に発見された突発天体 EP240809a に同定された (ATel #16910)。

超小型 X 線衛星 NinjaSat は、この発見報告からわずか 2.5 時間後に追跡観測を開始し、X 線強度の減衰期全体にわたる 2024 年 11 月 19 日まで長期モニタリングを実施した (ATel #16903)。2-10 keV の X 線強度は MAXI の X 線検出から指数関数的に減衰し、その時定数 τ は MAXI の初期観測においては $\tau = 1.9 \pm 0.2$ 時間であったが、その後の NinjaSat の観測では $\tau = 15 \pm 1$ 時間と長くなった。2-10 keV のスペクトルは、黒体モデルでよく再現され ($\chi^2_\nu \sim 1$)、黒体温度が 1.03 ± 0.04 keV から 0.55 ± 0.08 keV まで低下した。降着円盤モデルでも同様にフィットでき、円盤の内縁温度が 1.58 ± 0.09 keV から 0.73 ± 0.14 keV まで低下した。べき関数モデルではやや合いは悪くなるが ($\chi^2_\nu \sim 2$)、べき 2.4 ± 0.1 から 4.5 ± 0.7 へ傾きが急になった。これらの特徴は、中性子星 X 線連星系で発生する intermediate X-ray burst に類似しているが、2 時間で早く減衰する成分の後に、長く X 線放射が続く成分も見られるなど、過去の既知種族への分類が難しい。本講演では、NinjaSat と MAXI の解析結果と、天体の正体解明に向けた解釈を述べる。

[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](#)

W32a TESS・Gaia のサーベイ観測による恒星-コンパクト天体連星の探索

白石祐太, 仏坂健太 (東京大学), 増田賢人 (大阪大学), 谷川衝 (福井県立大学), 本田敏志 (兵庫県立大学), 佐藤文衛 (東京科学大学), 大宮正士 (ABC), 田實晃人, 泉浦秀行 (国立天文台)

近年、人工衛星 Gaia による位置天文サーベイや LAMOST 等の分光サーベイなどの公開データをもとに、ブラックホールや中性子星、1 太陽質量を超える重い白色矮星などのコンパクト天体を含む連星系が数多く発見されている。これらの系は現在盛んに議論されている、重力波前駆天体や X 線連星、激変星や Post Common Envelope Binary などの進化過程を制限するのに重要な役割を果たしている。

我々は人工衛星 TESS の測光サーベイによる光度曲線や Gaia の視線速度変動の情報をもとに、コンパクト天体と恒星の連星を探索した。本研究のターゲットは周期 1-10 日の恒星-コンパクト天体連星系である。これらの系はコンパクト天体の潮汐の効果などで恒星が軌道と同期した変光を示す。我々は Gaia で視線速度変動が検出されている天体の中からこの変光を探索し、コンパクト天体の質量が 1 太陽質量よりも重いと考えられる連星系の候補天体を選定した。得られた候補天体をなめた望遠鏡・MALLS 分光器やせいめい望遠鏡・GAOES-RV 分光器を用いて追観測し、視線速度変動を測定して連星軌道を決定した。その結果、F-K 型主系列星と 1.0-1.2 太陽質量の暗い伴星からなる、周期 0.7-2.8 日の連星系を 4 つ発見した。これらの天体は全て、主系列星と重い白色矮星からなる Post Common Envelope Binary であると考えられる。

本講演では、我々の用いた恒星-コンパクト天体連星候補天体の選定方法と、実際に発見した恒星-コンパクト天体連星を紹介し、これらの連星の進化過程について議論する。

[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](#)

W33a ぎんが衛星搭載全天モニター装置 (Ginga/ASM) による X 線新星の探索

北本俊二 (立教大学)

X 線放射天体の多くは、いろいろな時間スケールで強度やエネルギースペクトルを変化させる。その変化を調べることで、X 線放射天体の物理現象を知ることができる。また、X 線新星も度々現れる。X 線新星は光度が大きく変わるので、光度とエネルギースペクトルの変化の相関等を観測するためには都合が良く、放射機構の研究に重要な情報をもたらす。すでに半世紀近く X 線天体の強度やエネルギースペクトルをモニターしたデータが蓄積されてきた。ぎんが衛星に搭載されている全天モニター装置 (All Sky Monitor(Ginga/ASM)) は、1987 年 2 月から 1991 年 11 月まで、およそ 4 年半の間、X 線で全天をモニターした。この間の大部分は、X 線で全天モニター観測を行っているのは Ginga/ASM 唯一であった。Ginga/ASM で観測した既知の天体の光度曲線はデータベースとしてすでに公開されているが、データベースに無い天体の光度曲線の作成をはじめとする解析ツールはなかった。そこで、現在、Ginga/ASM のテレメータデータに立ち戻って、天空の座標を与えて、その座標からの X 線の活動を調べる解析ツールの開発を進めている。今回、MAXI で発見されたいくつかの X 線新星の 1987 年 2 月から 1991 年 11 月の間の活動の探索を行った。そのうち、大質量 X 線連星系のパルサーである V0332+53 が 1989 年 9 月に、BH 候補星である MAXIJ1728-360 が 1990 年 3 月に増光の兆候を示していることを確認した。その他の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](#)

W34a 天X線監視装置 MAXI のアーカイブデータを用いた突発天体の系統的調査と光度曲線解析システムの改良 II

工藤優乃, 根来均, 中島基樹 (日本大学), 森井幹雄 (JAXA/DATUM STUDIO)

MAXI/GSC 突発天体発見システム (Negoro et al. 2016, PASJ, 68, S1) によってこれまで多くの X 線新星や突発現象が発見検出され、世界に速報してきた。しかし、銀河バルジ領域などの天体が密集している領域では、点源の検出器による拡がり (FWHM $\sim 1^\circ$) により、十分な調査が行われてこなかった。そこで、銀河バルジ領域で等間隔の座標点ごとに光度曲線を作成し、未検出の X 線新星や既知天体の X 線強度の増光を検出する無バイアスサーベイを試みている。前回の年会では、その概要と、新たにわかった問題点を解決するために行なった、光度曲線の作成に用いるイメージフィット解析手法 (Morii et al., 2016, PASJ, 68, S11) の改良について報告した。

その主な改良点は、それまでガウス関数で近似していたイメージフィットで用いられる点拡がり関数に代わる、X 線の検出器への入射角度とエネルギーに依存する非対称な点拡がり関数の組み込みである。その関数の形状は、入射角以外に、用いるエネルギー帯域での比例計数管内での X 線の平均自由行程と熱雑音による芯線上での位置決定誤差により決定される。今回、それらのパラメータを Sco X-1 と Crab のデータを用いて、スペクトルの形状から解析的に求めたものと比較しながら、実データを用いてカメラ毎に決定した。その結果、改善された 4–10 keV の光度曲線に加え、10–20 keV での光度曲線が新たに全カメラで得られるようになった。一方、2–4 keV バンドでは、データの天体の芯線上の位置が最大で約 2.6 mm (約 0.8 度) 正しい位置からずれていることが新たにわかり、検出位置を関数としたオフセットを加えることにより対処した。講演では、新たに得られるようになった 10–20 keV の光度曲線を中心に既存の光度曲線と比較を行い、無バイアスサーベイ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](#)

W35a Quasi-Static Analysis of Collective Neutrino Flavor Conversions in Core-Collapse Supernovae

Jiabao Liu, Waseda University

The interplay between collective neutrino flavor instabilities and core-collapse supernova (CCSN) dynamics is of growing interest due to its potential influence on explosion mechanisms. However, directly solving neutrino flavor conversions within CCSN models remains computationally infeasible because of the short temporal and spatial scales involved. This study introduces the quasi-static analysis approach, which self-consistently integrates the effects of flavor conversions into CCSN simulations. Unlike previous approximations that assume instantaneous relaxation to a flavor conversion quasi-steady state, this method accounts for deviations arising from the slow evolution of the neutrino background. By modeling the secular evolution of the quasi-static state, this framework predicts time-dependent flavor conversion outcomes on astrophysically relevant, slowly varying neutrino radiation fields. These advancements offer a robust method for capturing the dynamical impacts of flavor conversions on CCSNe, addressing a critical gap in current simulation capabilities.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W36a Einstein Probe で検出された X 線突発天体 EP240414a の残光モデル

松本達矢 (京都大学)

2024 年 1 月に中国から打ち上げられた衛星 Einstein Probe は 0.5–4 keV の軟 X 線帯域でサーベイ観測を行い、多くの突発天体を発見している。しかし、可視光などによる追観測の体制はまだ十分に整っておらず、多波長でのデータが得られている天体はまだ数例しか報告されていない。最近、可視光や電波でも追観測され、赤方偏移 $z \sim 0.4$ に同定された天体である EP240414a が報告された。この天体は爆発から 2 週間後の可視光観測により、ガンマ線バースト (GRB) に付随するような広い線幅を持つ Ic 型超新星が検出されたため、大質量星の重力崩壊によるコラプサーに起源をもつと考えられる。しかし、爆発から数時間–1 週間にかけて得られた可視光でのデータは GRB によく見られる単調に減少する光度曲線を示さず、特に数日で増光を示している。我々はこの振る舞いを解釈するために X 線から電波までを含めた多波長でのモデル化を試みた。その結果、可視光での増光が見られるまでの成分は通常の GRB に見られるような残光によって説明でき、さらに X 線と電波の観測も再現できることがわかった。講演ではこのモデルの詳細を説明した後に、モデルが示唆するパラメータを考慮しつつ、爆発から数日に見られた可視光での増光の起源を議論する。

[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](#)

W37a Ic-BL 型超新星が付随する Off-axis GRB の電波残光

草深 陽 (宇宙線研究所), 松岡知紀 (ASIAA), 澤田 涼 (宇宙線研究所)

ガンマ線バーストの起源天体の一つとして Ic-BL 型超新星が考えられている。1998 年にガンマ線バースト GRB 980425 に超新星 SN1998bw が付随していることが発見され、long GRB の起源天体として Ic-BL 型超新星であることが判明した。このように SN が付随する GRB 天体、いわゆる GRB-SN の数は現在 58 天体に及ぶ。しかしながら、Ic-BL 型超新星の数に比べて、GRB-SN の数は非常に少ない。これは GRB が off-axis であるために多くの GRB-SN を見逃していることを意味していると考えられる。しかしながら、どの程度見逃しているか、またどれぐらいの Ic-BL 型超新星に GRB が付随しているのかは未だよく分かっていない。

そこで我々は GRB-SN を見つける方法として、電波での追観測を提案する。Off-axis GRB の場合、電波残光は数 10 日から数 100 日にかけて増光していくので、超新星爆発を起こしてから追観測することが容易である。一方、超新星も同じく数 10 日程度で電波で増光していくことが判明している。我々は off-axis GRB の電波残光が超新星の電波光度曲線に寄与する可能性について系統的調査を行った。その結果、GRB の見込み角度とエネルギーの値に依存して、電波超新星よりも電波残光の方がピークを作るタイムスケールが長くなることで、特徴的なダブルピークを作ることを示した。これまでに観測された電波超新星の中にもダブルピークを示す例もあるので、再解析することで off-axis GRB を発掘する可能性がある。また、今後 Ic-BL 型超新星の爆発から数 10 日～数 100 日後ぐらいに電波で追観測を行うことで off-axis GRB を新たに発見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](#)

W38a 相対論的高温なプラズマ中の無衝突衝撃波の PIC シミュレーション

上井戸一紀 (東京大学)

宇宙空間の衝撃波は粒子間衝突に比べてプラズマ波動と粒子間の相互作用が支配的な無衝突衝撃波であり、磁場増幅や粒子加速をすることが知られている。天体現象で観測される光の一部は、衝撃波が生成・増幅した磁場中を、衝撃波が加速した荷電粒子が運動することで生じるシンクロトロン放射であると考えられている。

温度が静止質量に比べて大きい ($kT \gg mc^2$) 相対論的に高温なプラズマ中の衝撃波は、ガンマ線バーストのシェルモデルや銀河ジェットの下流など、様々な高エネルギー天体現象に存在すると考えられている。しかし、衝撃波研究の殆どは温度が静止質量に比べて無視できる冷たい領域 ($kT \ll mc^2$) 中の衝撃波を考えており、逆の温度極限である相対論的高温な領域中の衝撃波については、運動論的にどれくらい磁場が増幅されるか、どれくらい粒子が加速されるか、そもそも衝撃波が形成されるのかすらも全く明らかでない。

相対論的高温プラズマ中の無衝突衝撃波について調べるために、第一原理的な Particle-In-Cell (PIC) シミュレーションを行った。簡単のため、電子陽電子、非磁化プラズマ中の衝撃波について調べた。その結果、相対論的高温な非磁化電子陽電子プラズマ中の無衝突衝撃波について、(1) Rankine-Hugoniot 条件を満たすように無衝突衝撃波が生成され、(2) 適切な規格化の下で、冷たい領域中の衝撃波と磁場生成や粒子加速の量は殆ど同じであることが明らかになった。これらの結果はプラズマ物理で理解でき、様々な天体現象に応用できる。例えば、密度不均一を考えることで、ガンマ線バースト残光の下流の広い領域の磁場が説明できないという未解決問題を解決できるかもしれない。

[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](#)

W39a 相対論的衝撃波と非一様媒質が作り出す乱流場の性質

森川亮地, 大平豊, 大村匠 (東京大学)

ガンマ線バースト (GRB) では中心エンジンから光速に近い速度を持ったプラズマ流を放出すると考えられている。このプラズマ流がプラズマ運動論的不安定性によって媒質中を伝播する衝撃波を作り出す。媒質は衝撃波が伝播するスケールで非一様性を持っていると考えられており、これらの非一様な媒質と衝撃波が相互作用することで、衝撃波下流では乱流が駆動される。特に、GRB ガンマ線観測や電波の偏向観測などからプラズマ運動論的なマイクロスケールよりもむしろ Magnetohydrodynamics (MHD) で議論される大スケールの磁気乱流の存在が示唆されており、相対論的衝撃波下流の磁気乱流生成機構の解明が GRB の放射を説明するために重要になってきている。

本研究では、特殊相対論的 3 次元 MHD シミュレーションによって、相対論的衝撃波と上流に存在する非一様な密度媒質との相互作用によって駆動される乱流場の解析を行なった。特に、磁場増幅に必要な非圧縮性成分がどの程度駆動されているのかを解析するために Helmholtz 分解を行い、乱流場における圧縮性と非圧縮性を独立に取り出した。モードごとの性質を Fourier 変換などを用いて解析し、非一様媒質の密度振幅が重要なパラメータのうちの一つであるということが明らかとなった。講演では、圧縮性と非圧縮性の性質の違いについての結果を示し、密度揺らぎがどのような値の時に乱流場が駆動されるのかを議論する。

[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](#)

W40a 相対論的 Godunov SPH 法による高密度天体からの高速噴流の解析

北島 欽大, 犬塚 修一郎 (名古屋大学)

活動銀河核のジェットやガンマ線バーストといった天文現象において、相対論的噴流現象が広く観測されている。しかし、これらの噴流を駆動する加速機構については、未だに説明が十分ではない。近年の研究では、ジェットが初期段階で光速の約 90% に相当する速度を持つ場合、噴流する方向に対して垂直な方向への膨張によってローレンツ因子が 100 程度まで加速されることが示されている。しかし、このような初期速度がどのようにして獲得されるかについては依然として不明である。

本研究では、新たに開発した特殊相対論的 SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics) 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解析した。その結果、ベルヌーイの定理に従い、静止したガスが光速の約 95% まで加速されるプロセスを数値的に再現することに成功した。本講演では、相対論的高温ガスが真空中でどのように加速されるかを説明するために実施した研究について報告する。特に、真空環境が加速過程に果たす本質的な役割を明らかにするとともに、数値計算における主要な困難点についても議論する。また、本研究で開発した相対論的 SPH 法の技術的な詳細を説明し、得られた解析結果を示す。

[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](#)

W41a 電子-陽電子-イオンプラズマにおける相対論的衝撃波による陽電子の選択的加速

荒井 翔吏 (千葉大学), 松本 洋介 (千葉大学)

陽電子過剰 (Positron excess) は、宇宙線に関する未解決問題の 1 つである。陽電子などといった反粒子は、主に一次宇宙線と星間物質との衝突によって 2 次的に生成されると考えられており、陽電子のフラックスもそのモデルで説明できると考えられていた。しかし、PAMERA や Fermi-LAT、AMS-02 といった観測では、10 GeV 以上の陽電子のフラックスが 2 次陽電子のみを考慮したモデルよりも大きくなっていることが報告された。この結果は、未知の 1 次陽電子の加速源が存在することを示唆している。可能性として、パルサーや超新星残骸などといった高エネルギー天体での粒子加速やダークマターの対消滅が考えられているが、結論は出ていない。本研究では、前者の立場に立ち、高エネルギー天体が形成する相対論的衝撃波による粒子加速を調べた。その結果、陽電子が少ない電子-陽電子-イオンプラズマにおいて、上流陽電子が電子やイオンに比べて大きく加速されることが分かった。また、電子と陽電子のエネルギースペクトルを比較したところ、陽電子の数が電子に比べて少ないにも関わらず、高エネルギー側の陽電子の数が電子を超過することが分かった。本公演では、電子-陽電子-イオンプラズマ衝撃波における陽電子の選択的加速と陽電子過剰の関連性についての詳細を報告する。

[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](#)

W42a 数値相対論を考慮した非球対称エジェクタにおける sGRB ジェットの伝播

木戸 大三郎, Christopher Irwin, 仏坂 健太 (東京大学), 川口 恭平 (マックスプランク重力物理学研究所/東京大学/京都大学), 井岡 邦仁 (京都大学), 柴田 大 (マックスプランク重力物理学研究所/京都大学)

短ガンマ線バーストは中性子星合体、あるいは中性子およびブラックホールの合体によって放出されるエジェクタ内を相対論的ジェットが伝播し、その衝撃波に伴う放射が起源であると考えられている。このような相対論的速度で膨張しているエジェクタ内でのジェットおよびコクーンの伝播、振る舞いはパルサー由来の長ガンマ線バーストの場合に比べて解析的、数値的に理解が進んでおらず、球対称など簡略化されたモデルにとどまっている。本研究では数値相対論によって得られたエジェクタのプロファイルに対し、ジェットの光度、初期開き角、合体との時間差といったパラメータを変えて 3 次元相対論的流体力学シミュレーションを行った。現状中性子星とブラックホール連星合体に伴う重力波の電磁波対応天体は観測されておらず、本研究は実際にそのような電磁波対応天体が観測された際にガンマ線バーストの中心エンジンに対して制限をつけることが期待される。シミュレーションの結果、球対称の場合に得られた半解析解とブレイクアウト時間などがよく一致するパラメータレンジがあることが確認できた一方、弱いジェットの場合はジェットの初期開き角が大きい場合、天頂角方向の密度分布によってコリメーションが強くなり、異なる振る舞いを示すことがわかった。さらに講演内ではローレンツファクターやエネルギーの角度分布および速度分布に対してどのような影響を与えたかも議論する。

[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](#)

W43a キロノバのスペクトルにおけるヘリウム吸収線

千葉公哉, 田中雅臣 (東北大学), 仏坂健太 (東京大学)

中性子星連星合体は r 過程元素の起源の 1 つだと考えられている。合体後に放出されるイジェクタからは、キロノバと呼ばれる熱的放射が生じる。キロノバのスペクトルを読み解くことで、中性子星連星合体における r 過程元素合成について観測的に研究することができる。

2017 年に観測されたキロノバである AT2017gfo のスペクトルにおいて、1 μm 付近に P-Cygni プロファイルを伴った強い吸収線が見られる。この吸収線に寄与している候補元素として、ストロンチウムおよびヘリウムが提案されている。前者は LTE 輻射輸送計算などにより詳細に検証されている反面、後者は r 過程元素の崩壊によって生じる非熱的電子の振る舞いを考慮しなければいけないため、前者ほど検証されていない。ストロンチウムは r 過程元素の 1 つであるため、中性子星連星合体における r 過程元素合成量を評価する際に、この吸収線における 2 つの元素による縮退を解くことは重要である。

そこで、我々は非熱的電子による効果を考慮したヘリウムの反応速度方程式を解くことで、ヘリウムがキロノバのスペクトルにどの程度寄与し得るかを評価した。爆発からの時間や非熱的電子による加熱率、ヘリウムの質量割合などがヘリウム吸収線強度に与える影響について調べた。また、これまでに詳細に検証されている超新星スペクトルの場合と比較することで、 $\mathcal{O}(10^3)$ K の熱的放射において、ヘリウムがスペクトルに寄与するために重要なパラメータを探索した。本講演では、これらの結果を踏まえて、AT2017gfo や将来観測されるキロノバにおいて、ヘリウムがスペクトルにどの程度寄与す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](#)

W44a 高密度星連星合体からの X 線・ガンマ線放射への内部転換 X 線と核異性体の影響

藤本 信一郎 (熊本高専), 本上 侑吾, 勝田 哲, 寺田 幸功 (埼玉大学)

2017 年に観測された重力波イベント (GW170817) では、電波から γ 線に亘る幅広い波長の電磁波対応天体が初めて同定された。速い中性子捕獲過程 (R 過程) により合成された中性子過剰核の崩壊熱に起因して可視光・赤外線放射するキロノバ (AT2017gfo) が検出された。さらに連星中性子星合体に伴って (R 過程により生成されることが理論的に確実視されている) 重元素 Sr, Te などが実際に合成されることが赤外線ライン同定から明らかにされた。しかし理論的に確実視されている第 3 ピーク核 ($Z \sim 80$) の合成は未だ観測的に明らかにされていない。

本研究では、高密度星連星合体から放出されるガス中で R 過程によって合成される中性子過剰核の崩壊反応に起因する核 γ 線・内部転換 X 線の Flux の時間発展を計算し、個々の原子核崩壊に伴う核 γ 線・内部転換 X 線輝線の将来観測による同定可能性を検討する。我々の先行研究 (Terada+2022) と同じ球対称等速膨張モデルと核反応ネットワークを用いて、電子比 Y_e をパラメータとして放出ガスの温度・密度・化学組成の時間発展を見積もった。さらに、これまでに検討事例が少ない核異性体および過去には未検討の内部転換 X 線の影響を網羅的に考慮しつつ、(高い輝線強度が期待される) 合体から 1 ヶ月程度までに放射される内部転換 X 線・核 γ 線を計算した。

その結果、以下のことがわかった: (1) 内部転換 X 線を考慮した結果、100keV 程度以下の Flux が増加する (特に 60-70keV 以下では 1 桁以上); (2) 中性子過剰度が高い $Y_e \leq 0.20$ の放出ガスでは質量数 190 を超える原子核崩壊に伴う高 Flux な内部転換 X 線輝線が多数存在する;

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

W45a ボルツマン放射輸送計算とコンプトン散乱を組み込んだ二温度一般相対論的磁気流体計算; 低光度降着円盤の電子温度分布

小川拓未 (筑波大学), 朝比奈雄太 (筑波大学), 高橋博之 (駒澤大学), 川島朋尚 (東京大学), 大須賀健 (筑波大学)

Event Horizon Telescope によるブラックホール M87* と Sgr A* の撮像により、質量降着率が非常に低い降着円盤 (低光度降着円盤もしくは放射非効率降着流) の研究が、これまで以上に活発に行われるようになってきている。これらの研究では、ブラックホールの撮像イメージを再現するように、理論モデルのパラメータを探索するという手法が取られている。中でも、撮像イメージに直接影響を与える電子温度の決定法は重要である。しかしながら、通常の一般相対論的磁気流体 (GRMHD) 計算で電子温度は解いていないため、プラズマベータやイオン温度を基に、電子温度を求める経験的な関数 ($R-\beta$ モデル) を使用していることが多い。2 温度 GRMHD 計算も行われているが、簡易的な冷却関数を使用しており、電子温度を正確に求めることができていない。

そこで本研究では、熱的コンプトン散乱を含む電子の放射冷却と Howes 2011 の乱流加熱モデルを考慮した 2 温度 GRMHD 計算を行い、低光度円盤における電子温度を正確に求める手法を開発した。この際、コンプトン散乱に必要な放射の分布は、ボルツマン放射輸送計算によって求めている。その結果、M87* を想定した降着流では、プラズマベータがおおよそ 10^{-1} の領域で放射冷却が顕著となり、冷却を無視した計算に比べて電子温度が約 1 桁低下することがわかった。また、イオンと電子の温度比とプラズマベータの関係は、 $R-\beta$ モデルの示すトレンドとは大きく異なっていることも明らかとなった。これは、 $R-\beta$ モデルを修正する必要があることを意味している。講演では、簡易的な冷却関数を用いた 2 温度 GRMHD 計算との比較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](#)

W46a 相対論的流体シミュレーションのためのパデ型状態方程式

銭谷誠司 (オーストリア科学アカデミー), Indu K. Dihingia, Yunming Zhu, 水野陽介 (上海交通大学李政道研究所)

近年、ブラックホール観測の劇的な進展に伴って、磁気圏・ジェットなどのプラズマ環境を予測する (一般) 相対論的磁気流体シミュレーションの重要性が増している。これらのシミュレーションでは、基礎方程式を閉じるクロージャーとしてエネルギーと密度・圧力を関連づける状態方程式 (EoS) を使っている。相対論的流体の理想状態方程式 (Synge 解) は修正ベッセル関数を含むため、数値計算では非常に使いにくい。そこで、本来ならば $\Gamma = 5/3$ (非相対論極限) から $\Gamma = 4/3$ (超相対論) に滑らかに変化するはずの非熱比を $\Gamma = 4/3$ に固定するなど、さまざまな近似が使われてきた。最近では、より Synge 解に近い EoS (variable EoS) を使った計算も少しずつ行われるようになってきた。

今回我々は、テイラー展開を分数式に拡張したパデ近似を用いて、相対論的流体の Synge 解のより良い近似式を導出した。この新しい EoS は、代表的な variable EoS (Taub-Mathews 解) よりも Synge 解を 2 桁正確に近似することができる。この EoS をシミュレーションで使うためには、グリッドの保存変数を個々の物理量に直す基本変数変換 (primitive variable recovery / inversion) が必要だが、既存の数値解法 (Mignone & McKinney 2007) を新 EoS 用に修正することにも成功した。

本発表では、新 EoS の導出・関数形と基本変数変換を説明した後、GRMHD シミュレーションに組み込んで、MHD 基本問題やブラックホール降着円盤を計算した結果を紹介する。

[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](#)

W47a 一般相対論的偏光 X 線輻射輸送計算によるジェットに沿った偏光 X 線の生成機構

小嶺龍生 (筑波大学), 大須賀健 (筑波大学), 川島朋尚 (東京大学宇宙線研究所)

空間分解が難しいブラックホール周囲の構造を解明する手段の一つが X 線の偏光観測である。IXPE 衛星による Cyg X-1 の偏光 X 線観測がその一例であり、電波ジェットと向き揃った電場ベクトルを持つ偏光が検出された。この結果をもとに、高温コロナが降着円盤に沿って分布しているという仮説が提案されているが (Krawczynski et al. 2022)、まだ確定には至っていない。こうした中、竹林らは一般相対論的偏光輻射輸送計算を行い、相対論的ジェット (Broderick and Loeb 2009) での円盤光子のコンプトン散乱による X 線偏光を調べた (2024 年春季年会 W08a)。その結果、ジェットによるコンプトン散乱でもジェットに沿った方向の偏光が現れることがわかった。この理由は、相対論的効果によりジェットに沿った方向の散乱確率が低下し、ジェットの側面から入射して散乱される光子の割合が増加するためである。ただし、ジェットに沿った偏光が現れるのは 10keV 以上のエネルギー帯に限られていた。

そこで我々は、竹林らが 75 度と設定していた観測者の見込み角を、30 度として計算を行った。その結果、IXPE のエネルギー帯域である 2-8keV において、ジェットに沿った偏光が検出されることを発見した。見込み角が小さくなると、円盤の回転によりビーミングを受けた高エネルギー光子が届きにくくなり、散乱光子の割合が増加するからである。また、円盤の内縁半径が大きくなると、ジェットの側面から入射する光子の割合が増え、その結果、偏光度が大きくなることも確認した。講演では、Cyg X-1 との比較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](#)

W48a 一般相対論的モンテカルロ X 線放射輸送コードの開発

岩田季也 (東京大学), 小高裕和 (大阪大学), 萩野浩一, 馬場彩 (東京大学)

ブラックホール降着系では、ブラックホール近傍に高温のガス「コロナ」が存在し、X 線の放射源となっていると考えられている。しかし、コロナの幾何構造や起源についてはいまだに明らかになっていない。コロナの幾何構造を解明するためには、X 線スペクトルと偏光観測を統合的に説明できるモデルを構築することが有効な手段だと考えられる。

2021 年 12 月に打ち上げられた X 線偏光撮像衛星 (IXPE; Weisskopf et al. 2022) によって 2-8 keV のエネルギー帯域における本格的な X 線偏光観測が可能となった。また、2023 年 9 月には X 線分光撮像衛星 XRISM (Tashiro 2022) が打ち上げられ、X 線帯域でのエネルギー分解能 ~ 5 eV の精密分光観測を実現している。これらの観測データを十分に活用し正確に解析するためには、仮定された光源や物質分布から、ブラックホール近傍の一般相対論的効果を考慮して観測される X 線スペクトルと偏光を計算できる高精度なシミュレーションコードの開発が不可欠である。

我々は、モンテカルロ X 線放射輸送コード MONACO (Odaka et al. 2011) に一般相対論的効果を取り入れたシミュレーションコード MonacoGR の開発を進めている。MonacoGR では、Kerr 時空での光子の運動を追跡し、物質との相互作用を考慮しながら、光子の位置、エネルギー、運動量、偏光を計算する。モンテカルロ法を用いているため、複雑な物質分布や多様な相互作用に対応する柔軟性を持つ。開発の初期段階では、光子追跡コードを開発し、主要な相互作用としてコンプトン散乱を実装した。本講演では、MonacoGR の開発状況を報告し、その応用について議論する。

[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](#)

W49a 深層学習を用いた一般相対論的輻射磁気流体力学計算の高精度・高速化

上野航介, 朝比奈雄太, 大須賀健, 矢島秀伸, 福島肇 (筑波大学)

ブラックホール天体をはじめ、光度の大きな天体の形成や進化を理論的に解明するためには、輻射場を正確に解く数値計算法が必要となる。輻射場の計算において、昨今、広く用いられているのが、0次と1次の輻射モーメント量をもとにエディントンテンソルを近似的に求める M1 closure (M1) 法 (González et al. 2007) である。M1 法は比較的高速であるが、光学的に薄い場合や輻射が非等方な場合には正確に解くことができないことが示されている (Asahina et al. 2020)。輻射輸送方程式を解くことで得られた輻射強度からエディントンテンソルを求める Variable Eddington Tensor (VET) 法 (Stone et al. 1992) は、正確な輻射場を得ることができるが計算量が多いという難点がある。

そこで本研究では、ブラックホール降着円盤のシミュレーションにおいて、深層学習を用いてエディントンテンソルを推定し、正確且つ高速に輻射場を計算する手法を開発する。具体的には、VET 法を実装した一般相対論的輻射磁気流体力学計算で得られた輻射場と流体場を説明変数とし、エディントンテンソルを目的変数とした深層学習を行う。こうして作成した深層学習モデルを用いてエディントンテンソルを推定し、輻射場を計算する。

2024 年春季年会では、ブラックホール近傍領域 (50 シュヴァルツシルト半径以内) のみを学習した結果を報告したが、遠方領域 (50-500 シュヴァルツシルト半径) も学習させることで、遠方領域はもちろんのこと、ブラックホール近傍領域でも計算精度が向上することが確認できた。計算速度は VET 法の 3 倍以上になった。さらに、L2 正則化を用いることで、VET 法ではみられない不自然な時間変動が抑えられることが分かった。

[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](#)

W50a MAXI/GSC が検出した 2024 年度後半の突発現象: MAXI J1752-457 の発見

根来 均, 中島基樹 (日大), 芹野素子, 杉田聡司 (青学), 三原建弘, 松岡 勝 (理研) 他 MAXI チーム

全天 X 線監視装置 MAXI が前回の秋季年会から本年会までに発見検出した突発天体を報告する。2024 年 10 月 9 日にバーストの短く明るい突発天体を検出し、翌 10 日、The Astronomer's Telegram (ATel) に新天体 MAXI J1752-457 として報告した (Serino+, ATel 16898)。ピーク強度は約 1 Crab で、その後 MAXI で観測された約 9 時間に渡り減光が見られた。また、この間に同天体は約 1.8 keV から約 1.2 keV まで温度が減少する黒体放射型のスペクトルを示した。このことと放射領域の大きさから、同天体が中性子星で、MAXI が検出したのは継続時間の長い X 線バーストである可能性が高い (Negoro+, ATel 16902)。太陽角制限から Swift や NICER では観測できず、NuSTAR により 10 月 12 日と 13 日に ToO 観測が行われた。その結果、詳細なスペクトルが得られるとともに、Einstein Probe が 8 月 9 日に検出した潮汐破壊候補天体 EP 240809a と位置的に一致することがわかった (Pike+, ATel 16910)。バーストの減衰の様子は NinjaSat でも観測されたが (Takahashi+, ATel 16903)、10 月 15 日に行われた MeerKAT による電波観測では検出されなかった (Crook-Mansour+, ATel 16923)。

MAXI は 9 月 6 日に Be/X 線パルサー 2S 1553-542 の過去 10 年間で 3 度目となるタイプ 1 型アウトバーストを検出し、過去のアウトバーストとの比較と共に 9 月 30 日に ATel に報告した (Nakajima+, ATel 16835)。

これらの報告以外に、MAXI の重力波対応天体探査チームから、重力波イベント S240910ci (Hiramatsu+, GCN 37448), S240915b (Nishikawa+, GCN 37520), S241109bn (Kondo+, GCN 38151), S241114bi (Takagi+, GCN 38230) の強度の上限値の報告が General Coordinates Network (GCN) になされた。講演では、MAXI J1752-457 の発見とその正体についての議論を中心に発表予定である。

[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](#)

W51a XRISM によるマイクロクエーサー V4641 Sgr の X 線精密分光観測

志達めぐみ, Maxime Parra (愛媛大), 都丸亮太 (大阪大), Chris Done (Durham 大), Maria Díaz Trigo (ESO), 小川 翔司, 鈴木寛大 (ISAS/JAXA), 辻直美 (神奈川大), 小林翔悟 (東京理科大), Teo Muñoz-Darias, Montserrat Armas Padilla (IAC), 上田佳宏, 磯貝桂介, 村田勝寛 (京大)

V4641 Sgr は銀河系内のマイクロクエーサーであり、およそ数年に一度の頻度で増光を繰り返している。2024 年 8 月ごろから V4641 Sgr が増光期に入ったことを受け、我々は、同 9 月に X 線天文衛星 XRISM で観測を実施した。この観測は、XRISM が国際公募観測を開始して以来初めての Director's Discretionary Time (DDT) 観測として実施され、静穏期に戻る直前の X 線光度が低い時期を観測することができた。X 線マイクロカロリメータ Resolve および X 線 CCD Xtend で得られたスペクトルを解析したところ、連続成分は円盤からの多温度黒体放射でよく表されることがわかった。ところが、このような円盤放射が卓越する状態は、他の銀河系内ブラックホール天体では、ふつう今回の光度よりも数桁高い光度でのみ観測される。このことから、降着円盤が大量のガスに覆われており、ブラックホール近傍からの X 線の大部分が遮られていると考えた。また、Resolve の精密分光データには高電離の鉄の輝線も検出された。この輝線は、降着円盤から噴き出すアウトフローあるいは円盤上に束縛された高温プラズマから生じたものと考えられる。さらに、XRISM による観測と同じ時間帯に、せいめい望遠鏡 KOOLS-IFU を用いた可視分光観測も行い、降着円盤の周囲や伴星から生じたとみられる輝線や吸収線を検出することができた。本講演では上記の結果の詳細を報告し、スペクトル構造からわかる降着円盤やその周囲の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](#)

W52a XRISM によるマイクロクエーサー V4641 Sgr 周辺の広がった X 線放射の発見

鈴木寛大 (ISAS/JAXA), 辻直美 (神奈川大), 金丸善朗 (ISAS/JAXA), 志達めぐみ (愛媛大) Laura Olivera-Nieto (MPIK), Samar Safi-Harb (U. of Manitoba), 木村成生 (東北大), Eduardo de la Fuente (U. of Guadalajara), Sabrina Casanova (IFJ PAN), Kaya Mori (Columbia U.), Xiaojie Wang (MTU), 加藤勢 (東大宇宙線研, CNRS), 立石大 (東京大), 内山秀樹 (静岡大), 田中孝明 (甲南大), 内田裕之, 井上峻 (京大), Dezhi Huang (U. of Maryland), Marianne Lemoine-Goumard (U. of Bordeaux), 三浦大貴 (東京大, ISAS/JAXA), 小川翔司 (ISAS/JAXA), 小林翔悟 (東京理科大), Chris Done (U. of Durham), Maxime Parra (愛媛大), Maria Díaz Trigo (ESO), Teo Muñoz-Darias, Montserrat Armas Padilla (IAC, U. of La Laguna), 都丸亮太 (大阪大), 上田佳宏 (京都大)

HAWC と LHAASO による近年の観測により、マイクロクエーサー V4641 Sagittarii (V4641 Sgr) 周辺から ≈ 0.8 PeV に達する広がった超高エネルギーガンマ線放射が発見され、注目を集めている (Alfaro et al. 2024; LHAASO Collaboration 2024)。粒子加速機構を理解するには X 線放射の情報が欠かせないが、V4641 Sgr では未だ非熱的 X 線放射や広がった放射の報告がない。2023 年 9 月に打ち上げられた X 線天文衛星 XRISM には広視野低バックグラウンド CCD カメラ Xtend が搭載され、広がった暗い X 線放射の観測に適する。2024 年 9 月の X 線増光を機に、XRISM は V4641 Sgr を約 12 ks 観測した。我々は Xtend による観測データを精査し、V4641 Sgr 周辺から広がった X 線放射を $> 4.5\sigma$ の有意度で検出した。X 線放射のサイズ (≈ 26 pc at 6.2 kpc) は TeV 帯域 (≈ 60 pc at 6.2 kpc) より有意に小さく、X 線とガンマ線を放射する粒子の母集団が異なることを示唆する。本講演では X 線放射の明るさや空間分布、スペクトルをもとに V4641 Sgr の粒子加速環境を議論する。

[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](#)

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 (I)

山岡和貴 (名古屋大), 川口俊宏 (尾道市立大), 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)

マイクロクエーサー V4641Sgr は 1999 年 2 月に BeppoSAX と RXTE 衛星で発見された天体で、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 日で静穏状態になった謎の天体である。我々はこの謎の天体の正体を明らかにするため、1999 年の発見から 2024 年までの実に 25 年間に渡る膨大な X 線データを集約し、時間変動やスペクトルの特徴を調べている。特に「High/Soft や Low/Hard 状態といったブラックホール X 線連星 (BHXB) の典型的なスペクトル状態がこの天体に存在するのか?」や、6-7 keV にみられる鉄の K 輝線や連続成分の起源、特異な巨大アウトバーストの謎に迫ることが目的である。

25 年間の X 線長期モニタ観測から、少なくとも 15 回に渡って、典型的に 2-3 ヶ月の間アウトバーストしていることが分かり、これは 1-2 年に 1 回という他の BHXB と比べて高い頻度である。そのほとんどが X 線強度でかに星雲の 1/100 程度の比較的暗い状態にある。エネルギースペクトルは一見、円盤からの多温度黒体放射スペクトルのような熱的スペクトルを示すが、1) 内縁温度が 1.2-1.6 keV と高い、2) X 線強度が変化した時に内縁半径が一定に保たれていない、3) 内縁半径の値が 1-6 km と物理的に小さい、4) 最大光度がエディントン光度の 5% と低いなど、従来の BHXB の High/Soft 状態の描像と大きく異なることが分かった。また 1999 年の巨大アウトバーストの際にもその前に同様な状態がみられており、「暗い High/Soft 状態」から巨大アウトバーストへと発展する可能性を示唆している。本発表では、V4641Sgr の長期モニタ観測から、特に X 線強度の時間変動と X 線連続成分に絞って報告を行い、ブラックホール周りの物理的描像について議論する。

[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 すざく衛星による GRS 1758-258 の low/hard state におけるスペクトル解析

小崎佑莉, 山内茂雄 (奈良女子大学)

ブラックホール X 線連星系はブラックホールと伴星が重力によって結ばれて構成された連星系であり、物理状態を解明するためには電磁波を放射する降着円盤を研究する必要がある。降着円盤の X 線スペクトルは熱的放射による軟 X 線成分と、非熱的成分による硬 X 線成分によって構成される。そのため、非熱的成分が支配的である low/hard state における物理状態を調査するには硬 X 線領域を含む広いエネルギー範囲のスペクトルを用いた解析が必要不可欠である。

GRS 1758-258 は 1990 年に発見されたブラックホール X 線連星系であり、これまで様々な研究がされてきた。AstroSat と NuSTAR による 0.3-80 keV のスペクトルを用いた解析では、hard state のスペクトルは thermal disk 成分と単一のコンプトン散乱成分 (compPS モデル) によって再現可能と報告されている (Bhuvana et al. 2023, MNRAS, 520, 5828)。また、GRS 1758-258 と同じブラックホール X 線連星系である Cygnus X-1 (Makishima et al. 2008, PASJ, 60, 585)、GRO J1655-40 (Takahashi et al. 2008, PASJ, 60, S69)、GX339-4 (Shidatsu et al. 2011, PASJ, 63, S785) を対象としたすざく衛星による 1.0-300 keV の広帯域のスペクトルを用いた解析では、low/hard state のスペクトルは単一のコンプトン散乱成分では再現できず、異なる y パラメータを持つ 2 つのコンプトン散乱成分によって再現可能と報告されている。本研究ではすざく衛星によるデータを用いた広帯域 (0.7-300 keV) での解析を実現したことにより、Bhuvana et al. (2023) では固定値としていた水素柱密度 (N_H)、黒体放射の温度 (kT_{bb}) が求められ、かつ compPS 2 成分が必要との結果が得られた。講演では解析結果を報告し、GRS 1758-258 の low/hard state の物理状態について議論する。

[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](#)

W55a 白鳥座 X-1 における短時間減光現象の分類

大和田蒼馬、北本俊二、澤田真理 (立教大学)

白鳥座 X-1 (Cyg X-1) はブラックホール (BH) と O 型超巨星 HDE226868 から構成される代表的な BH 連星系で、公転周期は約 5.6 日、地球からの距離は約 2.22 kpc と推定されている。降着円盤からの X 線放射は、high/soft state と low/hard state の 2 つの状態遷移や、1 秒以下の激しい短時間強度変動を示す。短時間強度変動の原因は必ずしも明確では無い。しかし、その中でも、外付付近で頻繁に発生する吸収 dip と呼ばれる現象は、低エネルギー X 線強度の減少がより顕著であるという特徴を持ち、O 型超巨星からの星風中の高密度ガスによる部分吸収モデルで説明される。我々は、NICER による Cyg X-1 のアーカイブデータを解析する中で、これまで報告されてきた吸収 dip とは異なる特徴を持つ変動現象を確認した。この変動現象には、Feng and Cui (2002) が報告している Type B dip と呼ぶ現象、すなわち、従来の吸収 dip に比べて、低エネルギー X 線だけでなく広いエネルギーバンドにわたって減光を示す dip 現象も含むが、それ以外にも、さまざまな減光時のエネルギースペクトルの変化があることがわかった。この現象の原因を調査するため、スペクトル解析を用いて現象の分類と考察を行った。

[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](#)

W56a 大質量星内における中性子星への降着流の一般相対論的数値流体計算

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)

コンパクト連星合体による重力波の観測によりその形成過程の 1 つである共通外層進化に近年注目が集まっている。共通外層進化とは、ロッシュローブが満たされたときに形成される共通外層の中に連星が含まれることで急速に連星間隔が減少する段階のことであり、宇宙年齢以内に連星合体を引き起こすために必要なシナリオである。しかし、大質量星と中性子星の共通外層進化ではそれぞれのスケールハイトが十数桁異なるために未だに現実的な研究は行われてきていない。特に現在まで行われてきたいくつかの先行研究では、大質量星の実際の密度や温度を無視する近似や、表面を持つ中性子星をシンクとして扱う近似、簡単な仮定をした解析的モデルである Bondi-Hoyle-Lyttleton (BHL) 降着で降着流を近似するなどして共通外層進化が扱われているが、それらの近似によって実際の共通外層進化が再現できていない可能性がある。

そこで本研究では、大質量星と中性子星の共通外層進化における中性子星周りの軸対称な降着流を一般相対論的流体力学コードを用いて計算した。特に、大質量星と中性子星のスケールハイトの違いに対処するために、中性子星からの距離に応じて計算領域をオーバーラップするように分割した上で、それぞれのオーバーラップ領域が異なる計算領域で同じ値になるまで収束計算を行った。そして中性子星への降着率や抗力を求めることで、BHL 降着率を用いた解析的モデルにおける抗力との違いや、ブラックホール周りの降着流を計算した先行研究と比較することで、ブラックホールと中性子星における降着率や抗力との違いも明らかになった。

[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](#)

W57a The redshift-evolving eccentricity distribution of gravitational wave sources

Andris Dorozsmai (NAOJ), Isobel Romero-shaw (Kavli Institute for Cosmology Cambridge), Silvia Toonen (University of Amsterdam)

The formation of merging binary black holes (BBHs) form remains a key unresolved issue in astrophysics, despite nearly 100 detections by the LIGO-Virgo-KAGRA collaboration. Detectable eccentricity offers one of the most promising ways to distinguish different formation channels. However, detecting a sufficient number of eccentric mergers to reliably carry out such a task is expected to be feasible only with third-generation GW detectors, such as the Einstein Telescope or Cosmic Explorer. As these instruments will detect BBH mergers up to redshift $z \sim 6$, it is critical to understand how the eccentricity distribution evolves with redshift.

We predict the evolution of eccentricity distributions over redshift for merging BBHs from two key channels: the globular cluster (GC) channel and the hierarchical triple channel, where three-body dynamics induce high eccentricities in the inner binary. Our population synthesis method shows that mergers from the GC channel dominate in the local universe ($z \sim 0$) by an order of magnitude, in broad agreement with previous studies. However, if we focus only on mergers that have detectable eccentricity with third generation detectors ($e \gtrsim 10^{-4} - 10^{-3}$ at 10 Hz), this picture considerably changes: at $z \sim 0$, 40% of eccentric mergers arise from hierarchical triples, and this fraction rises to 70% at $z \sim 2-3$. Therefore, high-redshift eccentric mergers may be dominated by field triples, challenging the view that such mergers primarily occur in dense 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](#)

W58a 潮汐破壊現象における降着円盤風駆動の薄い球殻状電波放射体の時間発展

早崎公威 (Chungbuk National University)、山崎了 (青山学院大学)

潮汐破壊現象 (TDE) は、主に非活動的な銀河の中心にある超大質量ブラックホール (SMBH) の周囲で明るく輝く爆発的過渡現象であり、数か月にわたって続くフレアが特徴である。TDE の標準的な理論では、銀河中心に分布している恒星が放物軌道を描いて SMBH に接近し、SMBH の潮汐力によって破壊され、破壊された残骸が SMBH に落下する過程で、その重力エネルギーの一部を解放することで明るく輝くと考えられている。最近の多波長・マルチメッセンジャー観測により、TDE の多様性が明らかになってきた。特に AT2019dsg は TDE の中でも珍しく、相対論的ジェットを伴わないものの電波放射を示しつつ赤外線、可視光、紫外線、X 線で明るく輝いており、IceCube 高エネルギーニュートリノとの対応も指摘されている。また AT2019dsg に限らず、相対論的ジェットを伴わない TDE が電波放射を示す例が年々増加傾向にあることは特筆すべきことである。

本研究では、時間依存する 1 次元球対称の薄い球殻状放射体 (シェル) モデルに基づき、非相対論的に膨張する電波放射シェルの力学を明らかにしてその時間発展を調べたので報告する。従来のモデルとの違いは、電波放射シェルの運動方程式において TDE 特有の質量落下率に起因する質量注入によるラム圧力が導入されている点である。我々はまず 2 つの極限で解析解を導出した。1 つはテイラー級数の形で表される原点 (SMBH が位置する点) 付近の近似解であり、もう 1 つは原点から遠く離れた場所で周囲の物質によるラム圧が支配的となる場合の漸近解である。また、数値解がそれぞれの解析解と良く一致することを確認した。質量注入率は時間とともに減衰するものの電波放射シェルに力学的な影響を与えるため、初期から中期にかけて単純な時間経過のべき乗則は存在しないことが分かった。また、AT2019dsg に対する我々のモデルの適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](#)

W59a 静穏期・Hard 状態のブラックホール X 線連星でのジェット・強磁場降着流からのガンマ線・ニュートリノ・宇宙線放射

久世陸 (東北大学)、木村成生 (東北大学)、Ke Fang (University of Wisconsin-Madison)

ブラックホール連星 (BHXB) は電波からガンマ線に至るまで、さまざまな波長で観測されている。LHAASO は最近、MAXI J1820+070 と Cygnus X-1 から超高エネルギー (UHE) ガンマ線を検出した。BHXB における多波長放射機構と放射領域は、まだ議論の最中にある。我々は、これらの天体における強磁場降着流 (MAD: magnetically arrested disks) からの放射が UHE ガンマ線のデータを説明できるというシナリオを提案する。BHXB が静穏状態または hard 状態にある場合、ブラックホール周囲に MAD が形成されることが期待される。MAD では磁気乱流により降着流内部の電子と陽子が加熱・加速され、ジェットでは磁気リコネクションによって電子が加速される。これら加熱・加速された粒子は、シンクロトロン放射、逆コンプトン散乱、ハドロン過程によって、多波長光子を放出する。我々のシナリオでは、MAD 内部のハドロン過程によって、MAXI J1820+070 と Cygnus X-1 の LHAASO のデータを説明できる。将来のニュートリノ検出器は、これらの天体からのサブペタ電子ボルト以下のニュートリノを検出できることも明らかになった。将来のサブ PeV ガンマ線検出器は、他の BHXB の MAD から放出されるサブ PeV ガンマ線も検出できる可能性がある。また、我々の銀河で観測された拡散ガンマ線とニュートリノに対する静穏状態および hard 状態の BHXB による寄与についても評価した結果、BHXB はこれらの放射に大きく寄与していることが明らかになった。MAD 内部の乱流で加速される陽子は降着流から逃走し、宇宙線陽子となる。我々は降着流から逃走する宇宙線強度を見積もった結果、宇宙線実験が計測している宇宙線スペクトルに対して静穏状態・Hard 状態の BHXB による寄与は小さい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](#)

W60a ブラックホール連星 XTE J1859+226 のジェット噴出に付随する予兆現象

川口俊宏 (尾道市大)、山岡和貴 (名古屋大)、M. McCollough (CfA)、R. Farinelli (INAF)、S. Trushkin (SAO)

ブラックホール連星 XTE J1859+226 の 1999-2000 年の約 170 日間にわたるアウトバーストについて、RXTE、ASCA、Beppo-SAX など取得された広帯域 (0.1-300keV) X 線データのスペクトル解析を行い、時間変動解析結果と組み合わせた考察を行った (Yamaoka, Kawaguchi et al., PASJ, 投稿中)。前回年会では (2024 年秋期年会 W40a, 山岡 他)、(1) Type-C の準周期的振動の振動周波数が降着円盤の内縁半径 (R_{in}) に逆比例して変化すること、(2) 変動率 (RMS) が R_{in} と強く相関していること、(3) 5 回のジェット噴出が示唆されている (Brocksopp et al. 2002) 最大光度時付近ではガス降着率がほぼ一定であったことなどを報告した。

これら複数回のジェット噴出に伴う電波増光現象の前にどの量が特徴的な振る舞いを示すのかを調べるため、 R_{in} や円盤光度、コンプトン散乱成分光度の時間微分を調べた結果、「 R_{in} が急速に減少し最内縁安定軌道 (ISCO) に達した時」にジェット噴出が起きていることがわかった。定量的に確認するため、時間微分量と各日時から 1 日後までの電波光度曲線の時間積分量 (fluence) の間の関係を調べ、電波 fluence が大きくなるのは dR_{in}/dt が負側に大きい絶対値を示す時であると確かめられた。これまで多くの天体で知られていたジェット噴出の前数日以内に RMS が急激に減少する観測事実 (Fender et al. 2009) に、物理的背景を提示したことになる。「急激に R_{in} が減少して ISCO へ到達する事」がジェット噴出条件であると多くの天体で確認されれば、i) R_{in} の急減少は (RMS の急減少と共に) Target-of-Opportunity 観測開始を決断する際の指標として有用である。ii) R_{in} が ISCO に到達している間は、一旦離れてまた急激に減少できるようになるまで、ジェット噴出は起きないと予想される。iii) R_{in} が ISCO に達している間は常時ジェットが出てしまう噴出機構は、修正が必要かもしれない。

[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](#)

W61a Chandra X線画像の高精度解析で鮮明化した SS 433 の双方向ジェット構造

酒井優輔 (立教大), 山田真也 (立教大), 酒見はる香 (山口大), 町田真美 (国立天文台), 五十嵐太一 (立教大/国立天文台), 早川亮大 (立教大/量子場計測システム国際拠点), 古山泰成 (立教大)

SS 433 は銀河内のマイクロクエーサーとして知られ、相対論的バリオンジェットを歳差運動を伴い放出する特異な天体である。この天体の X 線および電波の構造解析は、ジェットの物理特性を解明する上で重要である。しかし、特に秒角スケールでの X 線構造については、これまで空間分解能の限界やバイルアップ効果の影響により詳細な解析が困難であった (Migliari et al. 2002, 2005)。本研究では、高空間分解能を誇る X 線衛星 Chandra の 20 年以上にわたる観測データを系統的に画像解析した。解析には、サブピクセル化手法である EDSEER アルゴリズム (Li et al. 2004) および Richardson-Lucy deconvolution 法 (Richardson 1972; Lucy 1974; Sakai et al. 2023) を組み合わせて適用し、観測装置の潜在能力を最大限に引き出し、データの細部構造を高精度に復元した。その結果、2014 年の観測データにおいて、コアから約 1.7 秒角離れた東西方向に X 線強度のピーク構造を初めて検出した。このピーク構造は歳差運動モデル (Stirling et al. 2002) に基づく予測と概ね一致する傾向を示し、さらに 2003 年に電波望遠鏡 VLA が観測した同歳差位相の構造とも全体的に整合していた。これにより、ジェット構造の時間的および空間的な一貫性が X 線および電波の観測で確認された。一方で、Chandra 観測により見られたピーク構造は、周辺領域に比べて約一桁高い強度を示したのに対し、対応する VLA データでは数倍程度の輝度増加しか観測されなかった。この違いは、SS 433 のジェット放射機構における X 線と電波の放射過程の違いや、ジェットの局所的な物理環境の変化を反映している可能性がある。本講演では、これらの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](#)

W62a GRS 1915+105 の XRISM による高精度 X 線分光スペクトル輝線解析

菅原一希, 小林翔悟, 松下恭子 (東京理科大), 水本岬希 (福岡教育大)

GRS 1915+105 は 1992 年に発見された、K 型巨星と連星系をなす X 線トランジェント天体である。発見以来、エディントン比は時に 100% 程度に迫るほど明るい活動状態が続いていたものの、2018 年に突如減光し、現在に至るまで光度の低い静穏状態が続いている。静穏期の X 線スペクトルでは、降着流プラズマ中の Fe からの $K\alpha$ 、 $He\alpha$ 、 $L\gamma$ 線が観測されている (2024 年春季・秋季年会)。特に $He\alpha$ 線は、微細構造由来の禁制線、異重項間遷移線、共鳴線で構成され、これらの幅や強度比はそれぞれプラズマの速度分布や電離メカニズムに依存するため、発見後間もなく未だ理解の乏しい静穏期の降着描像を解明する手がかりとして期待されている (Miller+2020)。しかし、現状の X 線分光器の分光精度ではこれらは分離できず、決定打に欠けていた。

我々は、2024 年 10 月 17 日に XRISM によって露光時間 30 ks で本天体を観測した。静穏期には数回の小規模増光が観測されている (2024 年秋季年会) が、本データ周辺の時期には増光が確認できず、静穏期中の平均的な明るさにおいて観測されたデータである。X 線スペクトルでは Ca、Ar、S や Fe などの $He\alpha$ 線や $L\gamma$ 線が強く観測されており、特に鉄のヘリウム様イオンによる禁制線、異重項間遷移線、共鳴線は明確に分離されていた。まずプラズマの速度成分を制限するために、輝線構造が最も単純な鉄の $He\beta$ 線に着目しその幅を調べたところ、単一の速度成分では $He\beta 1$ と $He\beta 2$ の強度比が理論値と一致しなかった。そこで 2 つの速度成分を仮定したところ、 $\sim +300$ km/s と ~ -130 km/s の 2 成分で再現することができた。 $He\beta$ 線の速度成分の情報をもとに、複雑な放射過程を伴う $He\alpha$ 線に対しても調べたところ、禁制線や共鳴線の速度幅は再現できるものの輝線同士の強度関係は一致しなかった。これは共鳴散乱を受けているためではないかと考えられる。

[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](#)

W63a Quasi-Periodic Eruption の早期段階進化

鈴木智也, 松本達矢 (京都大学)

Quasi-Periodic Eruption (QPE) は、系外銀河の中心付近で X 線の光度曲線が準周期的にバーストを起こす現象である。バースト間隔は数時間から数日程度であり、ピーク光度は 10^{42-43} erg s⁻¹ 程度、ピーク時の温度は 100 – 120 eV 程度である。この現象の起源として、中心の超巨大ブラックホールの周囲を公転する星 (Extreme mass ratio inspiral; EMRI) が降着円盤と衝突する際に放射を出す、という説が有力である。最近の観測では、潮汐破壊現象 (Tidal disruption event; TDE) が検出された銀河のフォローアップ観測で QPE が発見されたという報告もあり、降着円盤の起源として、TDE 由来の円盤が示唆されている。

このような、円盤+EMRI 系での放射は、Linial & Metzger (2023) で初めて提案された。彼らは円盤として標準円盤の inner region を仮定して EMRI が円盤面を通過した際に放出される放射の光度や温度を推定し、観測された QPE の特徴を説明できると主張した。しかし、Linial & Metzger (2023) のモデルでは定常な標準円盤を考えているため、円盤の物理量の時間発展を組み込んでいなかった。実際の TDE では降着率が時間と共に減少し、円盤の面密度やスケールハイトが時間依存性をもつ。また、TDE の早期段階において降着率は超エディントンであるため、スリム円盤を考えなければならない。我々は、TDE が起きてから降着率が減衰していく過程と円盤が超エディントン円盤から標準円盤へと遷移していく過程を考慮して QPE 特性の早期段階における時間発展を調べた。その結果、TDE の早期段階では QPE の duration が現在受かっている QPE よりも短く、更に温度が高くなり、よりハードな X 線バーストが観測される可能性があることがわかった。また、このような硬 X 線 QPE が現在の NuSTAR 等の X 線観測で観測可能であることもわかった。

[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](#)

W64a XRISM Spectroscopy of the Stellar-Mass Black Hole 4U 1630–472 in Outburst

M. Mizumoto (U of Teacher Edu Fukuoka), M. Shidatsu (Ehime U), J. M. Miller (U of Michigan), R. Ballhausen (U of Maryland, NASA/GSFC), E. Behar (Technion), M. Diaz Trigo (ESO), C. Done (U of Durham), T. Dotani (ISAS/JAXA), J. A. Garcia (Caltech), T. Kallman (NASA/GSFC), A. Kubota (Shibaura Inst of Tech), S. B. Kobayashi (TUS), R. Smith (CfA), H. Takahashi (Hiroshima U), M. Tashiro (Saitama U), M. Tsujimoto (ISAS/JAXA), Y. Ueda (Kyoto U), J. Vink (U of Amsterdam), and S. Yamada (Rikkyo U)

We report on XRISM/Resolve spectroscopy of the recurrent transient and well-known black hole candidate 4U 1630–472 during its 2024 outburst. The source was captured at the end of a disk-dominated high/soft state, at an Eddington fraction of $\lambda_{\text{Edd}} = 0.046$ ($10 M_{\odot}/M_{\text{BH}}$). A highly variable absorption spectrum with unprecedented complexity is revealed with the Resolve calorimeter. The strongest lines are fully resolved, with He-like Fe XXV separated into resonance and intercombination components, and H-like Fe XXVI seen as a spin-orbit doublet. This is also one of the detections of the absorption lines at the smallest Eddington ratio in black hole X-ray binaries. The depth of the absorption lines varied significantly during the observation, which was too large to be explained by the change in the ionization parameter associated with the observed $\sim 10\%$ variation in the X-ray flux. We discuss the impact of these findings on our understanding of accretion in stellar-mass black holes, and potential consequences for future studies.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W65a ブラックホール X 線連星 MAXI J1820+070 のミニアウトバーストの多波長解析

樋口成和 (東京科学大学), 村田勝寛 (京都大学), 河合誠之, 庭野聖史, 笹田真人, 高橋一郎, 谷津陽一 (東京科学大学), 伊藤亮介 (美星天文台), 志達めぐみ (愛媛大学), 花山秀和 (国立天文台), 堀内貴史 (東京大学), 兵庫県立大学なゆた望遠鏡チーム, 中岡竜也, 今澤 遼, 川端弘治 (広島大学), 東京科学大学 MITSuME チーム

ブラックホール X 線連星はブラックホールと恒星から成る近接連星系であり、広い波長域で降着円盤からの(多温度)黒体放射やジェットのスピンロトロン放射による大增光(アウトバースト)が観測されるが、大增光後の小規模な再増光(ミニアウトバースト)については未だ理解が進んでいない。我々は、ブラックホール X 線連星 MAXI J1820+070 で観測された 3 回のミニアウトバーストの物理機構を解明することを目的としている。これまでに、MITSuME 望遠鏡による高頻度の可視光データとなゆた望遠鏡による近赤外線データから 3 度のミニアウトバーストの光度曲線が類似していることや降着円盤成分とジェット成分、ADAF 成分の強度の変化で可視光および近赤外線の光度変化が概ね矛盾なく説明できることなどがわかっている。(樋口他、2023 年秋季年会 W41a) これらに加えかなた望遠鏡の近赤外線データ、NICER の X 線データの解析を行うことで、可視光の増光が X 線より数日早く現れること、X 線を加えた SED も先の 3 成分で説明されることを発見した。そして、これらの観測的特徴を説明するシナリオを検討し、円盤外縁から増光する可能性があることを明らかにした。

本講演では、3 度のミニアウトバーストの増光メカニズムを統一的に解釈するシナリオについて光度曲線での解析結果を中心に報告する。

[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](#)

W66b High-energy neutrino emission from accretion shocks in black hole coronae

Minh Nhat Ly, Takayoshi Sano, Yoshiyuki Inoue (Osaka University)

A recent IceCube Collaboration survey has revealed possible detections of high-energy neutrinos (~ 10 TeV) from nearby Seyfert galaxies, including NGC 1068. The insufficient flux of GeV gamma rays from these sources suggests that the neutrinos are emitted from the hot plasma in the coronal regions surrounding the central black holes, likely through hadronic processes. To explain the observed TeV neutrinos, the acceleration of protons is necessary. Diffusive shock acceleration (DSA) in infalling accretion shocks is proposed as one of the most prominent mechanisms. However, acceleration features of particles through DSA remain poorly understood due to uncertainties in black hole corona parameters and the complex dynamics of the hot plasma. In this study, we investigate collisionless shock acceleration scenarios of particles by particle-in-cell (PIC) simulations. Here, we focus on the particle acceleration process in a substantial temperature imbalance between protons and electrons and with the effects of positron populations. Our results strongly suggested that high-energy protons accelerated at a collisionless shock can be accounted for the neutrino signals detected by IceCube from NGC 1068. On the other hand, the fraction of accelerated leptons is lower than earlier predictions, suggesting that secondary leptons are the primary contributors to the detected MeV gamma-rays.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

W67b 大領域を用いた輻射磁気流体シミュレーションによる超臨界降着流ジェットの大域的構造

五十嵐太一(国立天文台/立教大学)、町田真美(国立天文台)、古山泰成、山田真也(立教大学)、高橋博之(駒澤大学)、大須賀健(筑波大学)

超臨界降着流(エディントン降着率を超える降着流)の輻射磁気流体シミュレーションはこれまでに多数実施され、非常に強力なジェットが噴出することが示されている(e.g., Takahashi et al. 2018)。しかし、これまでのシミュレーションはブラックホールや中性子星などのコンパクト星近傍の領域($\sim 100r_s$, r_s : シュバルツシルト半径)しか考慮されていなかった。一方、X線連星SS433や活動銀河核から噴出するジェットは、噴出領域であるコンパクト星近傍の10倍程度の領域からその1億倍の距離にわたって細く絞られた構造が観測されている。そのため、X線連星SS433や活動銀河核で観測されるジェットのような細く絞られた構造がどのように形成されるかやその内部構造についてはほとんどわかっていない。

そこでわれわれは、 $\sim 2000r_s$ 程度の距離までシミュレーション領域を拡大した超臨界降着流からのジェット噴出の輻射磁気流体計算を実施した。2024年度秋季年会では、輻射圧により加速されたジェットが降着流の軸付近に光速の20-40%で噴出し $2000r_s$ まで伝搬すること、その周りには磁気圧の強いやや低速で高密度なアウトフローが噴出し中心のジェットが細く絞られることなどを報告した。本講演では、輻射・磁場およびジェットの外圧がどのように影響しジェットの細く絞られた構造を形成するかを詳細に議論する。さらに、高密度なアウトフローの外側にはケルビン・ヘルムホルツ不安定性により形成される渦状の構造が形成することがわかり、この渦がジェットの構造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](#)

W68b 線形解析に基づく磁気回転不安定性とParker不安定性の競合過程の考察

檜崎太希(東北大学)、川面洋平(宇都宮大学)、加藤雄人(東北大学)

ブラックホールなどの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、ジェットの生成など様々な現象を引き起こしている。Uzdensky and Goodman(2008)によると、乱流状態にある円盤の上部に形成されるコロナは、磁気ループを形成する。磁気ループが形成されると、リコネクションを通して円盤コロナにエネルギーを開放することができる。

円盤の乱流は磁気回転不安定性(以下MRI)の寄与によるものであり、磁気ループの形成はParker不安定性の寄与によるものであると考えられている。しかし、これら二つの不安定性を同時に取り扱う解析的な研究は少ない。そこで今回私たちは、非軸対称、成層ガス、pure toroidal磁場を仮定し、MRIとParker不安定性が同時に発達しうるような条件下における線形解析を行った。線形解析の結果得られた3本の2階時間常微分方程式に降着円盤のパラメータを適用することで、これら二つの不安定性が降着円盤のどの領域で競合し、どのような条件下で卓越するかを考察する。

[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](#)

X01a JWST で探る $z = 2 - 7$ の Ly α 輝線銀河の特性と再電離への寄与

清水駿太, 柏川伸成, 菊田智史, 吉岡岳洋, 武田佳大, 有田淳也, 星宏樹 (東京大学)

Ly α 輝線天体 (LAE) は遠方宇宙で強い Ly α 輝線を示す天体であり、その Ly α 放射は中性水素やダストによる吸収・散乱の影響を受けやすいため、LAE はダストが少なく若い星形成銀河であるとされている。しかし LAE の連続光は非常に暗いため、母銀河の詳細な性質解明が困難であった。そこで本研究では、Subaru/HSC の狭帯域フィルターを用いて選定された $z = 2 - 7$ の LAE サンプルについて、JWST の高感度な観測データを用いた SED フィッティングを行い、母銀河の物理量を推定した。その結果、先行研究と同様に、LAE はダストが少なく若い傾向があることが確認されたが、年齢が 100 Myr を超える古い LAE も存在することが示された。その Ly α 放射の脱出メカニズムを探るため、Ly α 脱出率を計算し、その星質量依存性を調査したところ、若い LAE は星形成の初期段階にあり質量やダストの増加に伴い脱出率が低下する傾向が確認された。一方で古い LAE では星形成バーストに伴うアウトフローなどにより中性水素とダスト密度が少ない通り道が形成され、Ly α 光子が銀河から脱出している可能性が示唆された。さらに Ly α 脱出率から LyC (Lyman 連続光) の脱出率を見積もることで、LAE の再電離への寄与を評価した結果、LAE のみで $z = 6 - 8$ での再電離に必要な電離光子を供給できることがわかった。

[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](#)X02a $z = 4 - 14$ の Ly α 輝線観測で探る宇宙再電離史と再電離源の性質

影浦優太 (東京大学), 大内正己 (国立天文台/東京大学), 播金優一, 梅田滉也, 中根美七海 (東京大学), 吉浦伸太郎 (国立天文台)

宇宙再電離は天体が放射する紫外線や X 線によって進行し、 $z \sim 5 - 6$ で完了したと考えられている。その一方、水素の中性度 x_{HI} が赤方偏移に沿ってどのように進行してきたか (再電離史) は、再電離源の性質にもつながる未解明の問題である。銀河から放射される Ly α 光子は x_{HI} の値に応じて中性水素により吸収されるため、銀河の Ly α 輝線の統計的な観測によって x_{HI} を推定することができる。そこで本研究では、JWST/NIRSpec を用いた JADES、GLASS、CEERS、GO/DDT のプログラムで分光観測された $z \sim 4 - 14$ の 629 個の銀河の Ly α 輝線の等価幅を求めた。等価幅観測の結果を数値シミュレーションと比較することで推定される水素の中性度は $z \sim 7, 8, 9 - 14$ でそれぞれ $x_{\text{HI}} = 0.65^{+0.04}_{-0.08}, 0.83^{+0.04}_{-0.36}, 0.95^{+0.04}_{-0.08}$ であり、これまでにない大規模な銀河サンプルを用いたことで、 $z \sim 7 - 14$ での x_{HI} が大きい値であったことが高い統計精度で示された。このことは、再電離が主に $z \sim 6 - 7$ で急速に進行する遅い再電離シナリオを支持する。このような遅い急速な再電離史は、主要な再電離源が $\sim 10^{10.5} M_{\odot}$ 以上の重いハローであり、その中の銀河 (AGN) の電離光子脱出率が $f_{\text{esc}} \sim 50\%$ と高く電離光子生成効率 (duty cycle) が大きいことで実現される。

[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](#)

X03a Zackrisson Method を用いた宇宙再電離期銀河からの電離光子脱出率の推定 2

前原瑚菜 (総合研究大学院大学/宇宙航空研究開発機構), 山田亨 (宇宙航空研究開発機構)

宇宙再電離が電離光子によって $z \sim 6$ までに完了することは、CMB のトムソン散乱の光学的深さからも明らかとなっている。主要な再電離源候補である星形成銀河からの寄与を考えるには、銀河が放出した IGM 内の中性水素ガスを電離する総電離光子数 (\dot{N}_{ion}) を求める必要があり、これは、UV 光度密度 ρ_{UV} と、電離光子生成効率 ξ_{ion} 、そして電離光子脱出率 f_{esc} の積から導かれる。 ρ_{UV} 及び ξ_{ion} は、JWST が打ち上がったことにより、 $z \sim 4 - 10$ までの値が新たに求められている。しかし、Low- z Lyman Continuum Survey ($z \sim 0$) の較正式から導出された $f_{\text{esc}} \leq 0.26$ と合わせると、再電離はかなり早期 ($z \geq 8$) に終わると推定されており、これは他の観測結果と大きく矛盾する (Muñoz et al. 2024, MNRAS, 535, L37)。そのため、 f_{esc} も高赤方偏移銀河から観測的に求めることが重要である。

前回年会では、“JWST Advanced Deep Extragalactic Survey (JADES)” の GOODS-S 領域の 84 天体から、EW(H β) - β 法 (Zackrisson et al. 2013, ApJ, 777, 39) を用いて f_{esc} の推定を行った。この推定方法を用いるには、ダストの吸収補正が必要であるため、Balmer decrement (H α /H β) から電離ガスに対する吸収補正を行った。その結果、 1σ の誤差範囲で 22 天体から f_{esc} の推定を行えた。しかし、ほとんどの天体が若い星形成銀河のモデルに整合せず、また補正後の β 値が大きすぎる ($\beta \leq -3$) 結果も含まれた。本研究も Zackrisson Method を用いて、JADES の GOODS-S 及び GOODS-N 領域で観測された $6 \leq z < 10$ の計 150 天体から f_{esc} を間接的に推定を行う。また SED Fitting Code CIGALE を用いて、星の E(B-V) を評価し、星の吸収成分から補正を行った。本講演では、GOODS-S&N 領域での f_{esc} の推定値と、吸収補正の違いにおける結果の比較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](#)

X04a 種族 II 星団の形成と合体による初代銀河の形成およびその普遍的性質について

石田怜士 (東北大学), 安部牧人 (呉高専), 矢島秀伸 (筑波大学), 大向一行 (東北大学)

初代銀河は標準宇宙論では $z \sim 10-20$ 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 $z \sim 8-14$ の宇宙初期の銀河が観測され始めている。一方で、JWST で観測された銀河は非常にコンパクトでクランピーな内部構造を持つこと、また標準的な理論予想よりも紫外線で明るい銀河が多いことが報告されており、この観測を説明可能な銀河形成理論の構築が求められている。

本研究では分子雲ガスを温度 $T = 5000\text{K}$ 、数密度 $n_{\text{H}} = 10^5\text{cm}^{-3}$ 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い、初代銀河の形成過程におけるガスのダイナミクスと星形成の物理を調べた。その結果 Lyman-Werner 輻射によって中心にコンパクトなガスクランプ ($\Sigma_{\text{gas}} \simeq 3 \times 10^3\text{M}_{\odot}/\text{pc}^2$) が形成され、さらに金属冷却によってバースト的な星形成が起こることが確認された。形成された星団の質量は $\sim 10^6\text{M}_{\odot}$ であるが、高い面密度 ($\Sigma_* \simeq 10^4\text{M}_{\odot}/\text{pc}^2$) をもち、平均金属量は $10^{-2.5}Z_{\odot} < Z < 10^{-2}Z_{\odot}$ と観測されている球状星団と同程度の金属量であった。さらに $\sim 5 \times 10^7\text{M}_{\odot}$ の星質量を持つ初代銀河はこのようなコンパクト星団が合体することで形成されることがわかった。

また本研究ではこのようなバースト的な星形成が起こる場合における種族 II 星の IMF の変化が初代銀河の星形成に与える影響を調べた。その結果、バースト的に形成された星団からのフィードバックエネルギーがガスクランプの束縛エネルギーを遥かに超えるため、形成される星質量は種族 II 星の IMF によらないことがわかった。対して IMF がトップヘビーになると UV 光度は増加し、IMF のべき $\alpha < 1.75$ であれば JWST の観測を説明可能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](#)X05a Spectroscopic Constraints on the UV Luminosity Functions at $z=7-14$: Clumpiness and Compactness of the Brightest Galaxies

播金優一 (東京大学)

We present the number densities and physical properties of the bright galaxies spectroscopically confirmed at $z \sim 7-14$. Our sample is composed of 60 galaxies at $z_{\text{spec}} \sim 7-14$, including recently-confirmed galaxies at $z_{\text{spec}} = 12.34-14.32$ with JWST, as well as new confirmations at $z_{\text{spec}} = 6.583-7.643$ with $-24 < M_{\text{UV}} < -21$ mag using ALMA and Keck. The UV luminosity functions derived from these spectroscopic results are consistent with a double power-law function, showing tensions with theoretical models at the bright end. To understand the origin of the overabundance of bright galaxies, we investigate their morphologies using JWST/NIRCam high-resolution images obtained in various surveys including PRIMER and COSMOS-Web. We find that $\sim 70\%$ of the bright galaxies at $z \sim 7$ exhibit clumpy morphologies with multiple sub-components, suggesting merger-induced starburst activity, which is consistent with SED fitting results showing bursty star formation histories. At $z \gtrsim 10$, bright galaxies are classified into two types of galaxies; extended ones with weak high-ionization emission lines, and compact ones with strong high-ionization lines including $\text{NIV}\lambda 1486$, indicating that at least two different processes (e.g., merger-induced starburst and compact star formation/AGN) are shaping the physical properties of the brightest galaxies at $z \gtrsim 10$ and are responsible for their overabundance.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)[スケジュール \(全体\) に戻る](#)[講演者索引 TOP に戻る](#)X06a 赤方偏移 $z \sim 4-10$ 銀河の平均した JWST スペクトルから探る物理状態

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), 中島彦彦 (国立天文台), 西垣萌香 (総合研究大学院大学/国立天文台), 渡辺くりあ (総合研究大学院大学/国立天文台), 中根美七海 (東京大学), 柳澤広登 (東京大学), 清田朋和 (総合研究大学院大学/国立天文台)

ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 (JWST) の登場によって高赤方偏移銀河 ($z > 4$) の元素組成比を調べることができるようになり、初期宇宙における元素合成の進化について徐々に明らかにされつつある。その中で、JWST 観測で $z = 10.6$ にある銀河、GN-z11 では $[\text{N}/\text{O}] = 0.52$ と非常に高い窒素酸素比を持つことがわかった (Bunker et al. 2023)。このような高い窒素酸素比を示す銀河は GN-z11 の他にも検出されており、 $z = 6.23$ にある GLASS.150008, $z = 8.68$ にある CEERS_01019 (Isobe et al. 2023), $z = 9.38$ にある GN-z9p4 (Schaerer et al. 2024), $z = 7.04$ にある A1703-zd6 (Topping et al. 2024) などが報告されている。これらの起源の解明は、この分野の大きな関心事となっている。

本講演では、JWST Advanced Deep Extragalactic Survey (JADES) において分光観測された赤方偏移 $z \sim 4-10$ の 395 天体のスペクトルを統計的に解析した結果を報告する。この天体サンプルに対して平均したスペクトルを得たところ、窒素輝線を検出することはできなかった。一方で、誤差の評価を行い、 3σ の $[\text{N}/\text{O}]$ の上限値 $\lesssim -0.03$ を求めた。この上限値と高い窒素酸素比を示す銀河における $[\text{N}/\text{O}]$ の値を比較したところ、高い窒素酸素比を示す銀河の割合は低いことがわかった。これらの結果を用いて、初期宇宙における元素合成がどのように進んだのかを議論する。

[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](#)

X07a JWST 銀河と直接温度法で探る $z \sim 10$ までの 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), 大内正己 (国立天文台/東京大学), 中島王彦 (国立天文台/金沢大学), 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 の間の関係 fundamental metallicity relation (FMR; Mannucci et al. 2010) は、星形成とインフロー・アウトフローの平衡状態で説明される。近年、ジェームズウェッブ宇宙望遠鏡 (JWST) の観測によって、 $z > 6$ または $z > 8$ において、 $z \sim 0$ の FMR から予想される金属量よりも有意に低くなる可能性が指摘されている (Nakajima et al. 2023; Curti et al. 2024)。しかし、小規模なサンプルサイズ、 $z \sim 0$ で定められた FMR の基準面の差異、系統的な誤差の大きい強輝線法による金属量測定が原因で、FMR がどの赤方偏移で破れていたのかは結論づけられていない。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、 $z \sim 10$ までの FMR の進化を調べた。従来のおよそ 2 倍のサンプルサイズを用いて、赤方偏移ごとに同一の星質量および星形成率で銀河を分けることで、基準面の違いによる影響を除いた。平均スペクトルから [OIII] λ 4363 輝線を検出し、直接温度法を用いて金属量を求めた。その結果、 $z > 6$ で FMR からのずれの兆候が見られ、 $z > 8$ でその差が有意に大きくなることが示唆された。本講演では、 $z > 8$ で銀河の星形成とインフロー・アウトフローの平衡状態が破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](#)

X08a JWST/NIRSpec による $z \sim 10$ 銀河の [O/Fe] 測定で探る遠方宇宙の星形成

中根美七海 (東京大学), 大内正己 (国立天文台/東京大学), 中島王彦, 富永望, 高橋巨, 柏野大地, 石垣美歩 (国立天文台), 播金優一, 柳澤広登, 野本憲一, 小野宜昭 (東京大学), 渡辺くりあ, 西垣萌香, 武田唯 (総合研究大学院大学), 磯部優樹 (早稲田大学)

ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 (JWST) の分光観測に基づき、 $z \sim 10$ の銀河 GN-z11 に豊富な鉄が存在すると報告されている (Nakane et al. 2024)。この銀河が持つ酸素と鉄の組成比は [O/Fe] = -0.38 であり、同程度の金属量 ([Fe/H]) を持つ天の川銀河内の星の組成比と比較すると 1 dex 程度低い。低い [O/Fe] の起源として、2つの可能性が議論されている。1つは、低質量星が白色矮星の形成とガス降着にかかる遅延時間 ($\sim 0.1 - 1$ Gyr) を経て起こす Ia 型超新星による鉄供給である。 $z \sim 10$ という初期の時代 (ビッグバンから約 400 Myr) では、短い遅延時間が必要になる。もう 1つは、大質量星が数 Myr で起こす通常の重力崩壊型超新星 (CCSN) に比べて、質量と爆発エネルギーが大きく、鉄を多く放出する極超新星 (HN)/対不安定型超新星 (PISN) である。

本研究では、JWST/NIRSpec の分光観測によって高い S/N で連続光が検出された、GN-z11 を含む $z \sim 9 - 12$ の 6 個の銀河に対して、従来用いられてきた恒星大気鉄吸収線を含めたスペクトルフィッティングの方法 (e.g., Steidel et al. 2016) で得られる [Fe/H] と輝線から求めた [O/H] から [O/Fe] を測定した。その結果、6 天体中 2 天体が [O/Fe] < 0 という低い値を持つことが分かった。 $z \sim 9 - 12$ の 150 Myr の間に約 30% の割合で [O/Fe] が低い銀河が見つかったことから、数 Myr で生じる CCSN の酸素供給よりも前に起きた HN/PISN の鉄供給によって説明することは難しく、遅延時間の短い Ia 型超新星によって鉄が供給されたと考えられる。本講演では、鉄の組成比に基づいた遠方銀河の星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](#)

X09a Blue Tilted Power Spectrum と準解析的モデルを組み合わせた高赤方偏移の銀河形成

長船大樹, 岡本崇 (北海道大学), 大木平 (旭川高専), 長島雅裕 (文教大学), 平野信吾 (神奈川大学), 石山智明 (千葉大学), 吉田直紀 (東京大学)

現在の銀河形成シナリオでは、James Webb Space Telescope (JWST) による UV 光度の観測結果から予測された高赤方偏移で高い恒星質量を持つ銀河の個数分布を説明できない (Boylan-Kolchin 2023)。この問題を解決する方法の 1 つとして、銀河形成モデルに変更を加えるのではなく宇宙論を変更し、始原的パワースペクトルの傾きをある波数以上で変化させた Blue Tilted Power Spectrum に基づく宇宙モデル (BTPS モデル) による銀河形成シナリオが示唆されている (Hirano & Yoshida 2024)。しかし、Hirano & Yoshida (2024) は単純な星形成モデルを導入しており、現実に即した銀河形成のフィードバックを導入していない。そこで本研究は、BTPS モデルに基づく宇宙論的 N 体シミュレーションと準解析的モデル ν^2 GC (Shirakata et al. 2019) を用いて銀河形成を再現し観測結果との比較を行った。BTPS モデルでは、UV 光度関数が $z \sim 7 - 9$ では観測結果を上回る結果となった。高恒星質量の銀河の分布は、 $z \sim 9$ では観測から予測されるほどの銀河が形成されたが、 $z \sim 7$ では予測より下回る結果となった。また $z \sim 4$ では、BTPS モデルと標準モデルで UV 光度関数が異なる結果となった。BTPS モデルでは、観測と標準モデルと異なる結果が現れた原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](#)

X10b 赤方偏移 $z \sim 10$ の明るい Lyman Break 銀河候補に対する ALMA 観測

新井涼夏, 井上昭雄 (早稲田大学), 橋本拓也 (筑波大学), 任毅, 菅原悠馬 (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), 馬渡健 (早稲田大学), 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

初期宇宙の大質量銀河は、 Λ CDM 構造形成論の強力なテストとなるため大変注目されている。また、その明るさゆえに詳細な分光観測が可能であり、銀河形成の物理過程にも迫ることができる貴重な天体である。一般に遠方銀河は、Lyman break を利用したドロップアウト法によって選ばれる (Lyman Break Galaxy, LBG)。しかし、特に興味深い $z > 10$ の大質量で明るい ($M_{UV} < -22$ mag) LBG 候補を JWST で分光した結果、 $z \sim 5$ の dusty な輝線銀河 (Arrabal Haro et al. 2023) や $z \sim 4$ の Balmer Break 銀河 (Harikane et al. 2024) の混入だと判明した例がある。今後、Euclid 衛星や Roman 宇宙望遠鏡による超広視野サーベイが予定されている。それらのデータから適切な LBG 候補を選び出すため、low- z 銀河の混入を抑えた、純度の高い LBG 選択の実現が求められる。

本発表では、Hubble 宇宙望遠鏡や Spitzer 宇宙望遠鏡によって選ばれた pre-JWST 時代の最遠方 ($z \sim 10$) LBG 候補 6 天体について、ALMA band 7 で観測した (2019.1.00397.S [T. Hashimoto], 2021.1.01396.S [T. Hashimoto], 2022.1.01562.S [S. Fujimoto]) 結果を報告する。候補天体の 1 つである UDS_18697 は、 $m_{F160W} = 25.3$ mag であり、もし $z \sim 10$ ならば $M_{UV} \sim -22.3$ mag と非常に明るい。私たちはこの天体から $351 \pm 18 \mu\text{Jy}$ の連続光 ($\sim 33\sigma$) と $0.28 \pm 0.08 \text{ Jy km s}^{-1}$ の輝線 (293.28 GHz, $\sim 5.6\sigma$) を検出した。この輝線が [OIII] $88 \mu\text{m}$ である場合 $z \approx 10.57$ に対応するが、JWST/NIRSpec による追観測で $z = 2.54$ の dusty 銀河であることが判明し、輝線は CO(9-8) であった。当日は他の 5 天体の解析結果の他、low- z 銀河の混入を避ける方策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](#)

X11b Interactions of Five Galaxies at the Core of a Galaxy Over-Density at $z = 7.88$

Yoshinobu Fudamoto^{1,2}, Takuya Hashimoto³, Wataru Osone³, Yurina Nakazato⁴, Yoichi Tamura⁵, Akio Inoue⁶, Yuma Sugahara⁶, Ren Yi⁶, Hideki Umehata⁵, Ikki Mitsuhashi⁷, Masto Hagimoto⁵, Shuji Hotta⁵, (¹Chiba University, ²University of Arizona, ³Tsukuba University, ⁴The University of Tokyo, ⁵Nagoya University, ⁶Waseda University, ⁷University of Colorado Boulder)

Investigating galaxy over-density is crucial for understanding early galaxy growth because dense environments accelerate galaxy evolution via multiple processes, such as galaxy-galaxy interactions and gas infalls. At the same time, galaxy over-densities may create large ionized bubbles, enabling ionizing photons to travel large distances, further contributing to cosmic reionization. To study galaxy evolution in over-dense environments, a panchromatic approach is essential, and this is now possible thanks to the unprecedented synergy between JWST and ALMA. Recently, a massive galaxy over-density at $z = 7.88$ was reported behind the lensing cluster Abell 2744 (Morishita+22). Further, accelerated galaxy growth in the most dense $\sim 3'' \times 3''$ ($\sim 11 \text{ kpc} \times 11 \text{ kpc}$) region of the over-density, where five galaxies are merging, was reported (a.k.a “the Quintet”; Hashimoto+23). Our cycle-10, deep ALMA observations of [CII] $158 \mu\text{m}$ lines from “the Quintet” revealed an extreme complex interaction between galaxies by showing detections from all five merging galaxies totaling $L_{[\text{CII}]} \gtrsim 10^9 L_{\odot}$, showing multiple spatially-extended ($\sim 1 \text{ kpc}$) [CII] components bridging galaxies together as well as confirming some of the previously tentative dust continuum detections. In this talk, we will introduce first results from the new ALMA observations and discuss multiple-emission line properties seen by ALMA and 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](#)

X12b Mapping a kpc-scale outflow and the ionized circumgalactic medium of an extremely metal-poor galaxy

Haruka Kusakabe (NAOJ) and Edmund Christian Herenz (IUCAA)

Local starburst dwarf galaxies, in particular, extremely metal-poor galaxies (EMPGs), defined as having metallicities of $Z \leq 0.1 Z_{\odot}$, are ideal laboratories to study feedback effects because of a shallow potential and hard ionizing spectrum. Simulations predict that such galaxies have galactic-scale outflows ionizing the surrounding circumgalactic medium (CGM), which could be an escape channel 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 discovered a kpc scale extended structure of ionized gas around another EMPG, J1044+0353 at $z = 0.013$ ($D = 59 \text{ Mpc}$), with MUSE archival data. This talk will introduce the morphology and kinematics of CGM structures traced by H α and [OIII]. One of the filamentary CGM structures seems to be connected to a bi-conical ionized structure located around a supercluster (with an age of $\sim 19 \text{ Myr}$, a stellar mass of $\sim 4 \times 10^5 M_{\odot}$, Peng et al. 2023). The kinematic analysis shows velocity offsets and elevated velocity dispersions inside the bi-conical ionized structure. It suggests that the supercluster is the launching point of a galactic-scale outflow, which creates the bi-conical ionized structure and then the filamentary structure on a CGM scale. We will discuss a phenomenological model that could explain the observed feature.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X13a DREAMS: Deep Reconnaissance of Early Assemblies with Metal-poor Star formation

Kimihiko Nakajima (NAOJ/Kanazawa), Masami Ouchi (NAOJ/U. Tokyo), Yuichi Harikane, Yoshiaki Ono, Yi Xu, Hiroya Umeda (U. Tokyo), Yuki Isoke (Cambridge), Yechi Zhang (Caltech), Moka Nishigaki (SOKENDAI/NAOJ)

The formation of primordial stars and galaxies in the early universe has long been a challenge for observational astronomy, which has been revolutionized by the capabilities of JWST. A breakthrough study by Vanzella et al. (2023) utilized JWST/NIRSpec IFU observations to analyze a highly magnified ($> \times 100$) Lyman-alpha emitting arc at $z = 6.6$, hinting at the presence of a low-mass ($< 1000 M_{\text{sun}}$), low-metallicity stellar cluster within the arc. This study raises the exciting possibility of detecting Population III stars within this system.

To further investigate this object and explore pristine star formation, we secured 63 hours of JWST/NIRSpec observations in Cycle 3 (ID 4750, PI Nakajima), successfully conducted in November 2024. In this talk, we will introduce the program, Deep Reconnaissance of Early Assemblies with Metal-poor Star formation (DREAMS), designed to study this system in unprecedented detail. Our primary objective is to detect the HeII 1640 emission line using deep, medium-resolution spectroscopy, providing a diagnostic for ongoing Population III star formation. In addition to the primary target, DREAMS leverages NIRSpec's MOS capabilities to conduct uniquely deep spectroscopy of other high-redshift, low-mass objects in the lensing cluster MACS J0416. Findings from these additional targets will be presented in this 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](#)

X14a JWST, ALMA, Subaru で探る $z = 6.6$ の Himiko と CR7 の性質

清田朋和 (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), Yi Xu, 播金優一, Dongsheng Sun (東京大学), 日下部晴香, 中島王彦 (国立天文台), 藤本征史 (UT Austin)

Himiko と CR7 はそれぞれすばる望遠鏡狭帯域フィルターで見つかった $z = 6.6$ の Ly α が空間的に広がった (~ 17 kpc, 16 kpc) Ly α 放射体である (Ouchi et al. 2009, Sobral et al. 2015)。これまでこの2天体は、ともに3つのクランプからなること、静止系 UV で非常に明るいこと ($m_{\text{UV}} \sim 25$) などが報告されたが、なぜこのような性質を持つのか物理機構は解明されていない。我々は、JWST/NIRSpec IFU によって得られ公開された3次元面分光データ (PID:1215, 1217)、JWST/NIRCam 撮像データ (PID:1727, 1837)、ALMA Band6 (Cycle 0, 1, 3) の [C II]158 μm とダスト連続光データ、すばる望遠鏡 NB921 フィルターの Ly α 輝線データを用いこれら天体の性質に迫った。我々は IFU データから、Himiko が5つのクランプからなること、クランプの1つは幅の広い H α 輝線 (FWHM $> 1000 \text{ km s}^{-1}$) を持ち、AGN の可能性があることを見つけた (2024 年秋季年会, X33a)。Himiko の ALMA データから、[C II] 輝線は $\sim 5\sigma$ で検出され、UV や H α 輝線の空間位置と、[C II] や Ly α のピーク位置との間にずれ ($0''.4$) を見つけた。これは星形成領域とは別に中性水素ガスの多く存在する領域がある可能性を新たに示唆する。一方 CR7 は、少なくとも4つのクランプを確認したが、AGN の兆候 (幅の広い H α 輝線) は見られなかった。CR7 の [C II] 空間分布は UV や H α 輝線の空間分布と一致している。このように、同じ巨大 Ly α 放射体にも様々な特徴があることが示唆される。また、Himiko と CR7 共に、多くのクランプからなる合体系であること、ALMA のダスト連続光未検出 ($\lesssim 30 \mu\text{Jy beam}^{-1}$) であることから、ダストの少ない銀河合体と広がった Ly α の関連も考えられる。本講演では、これら性質に加え、理論モデルとの比較や解釈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](#)

X15a FOSSILS: Formation Of Sub-Structure In Luminous Submillimeter Galaxies

Ryota Ikeda, Daisuke Iono, Maximilien Franco, Ken-ichi Tadaki, Hidenobu Yajima, Min S. Yun, Jorge A. Zavala, Yuichi Matsuda, Ikki Mitsuhashi, Andrea Silva, Takafumi Tsukui, Junko Ueda, and the FOSSILS team

Luminous submillimeter galaxies (SMGs) are the most likely ancestors of massive galaxies that dominate the central potential of clusters we see today. Mergers or large-scale gas inflow in isolated disks are possible scenarios explaining the observed large star formation rate, but the exact triggering mechanism is under debate. In this talk, we present FOSSILS, an ALMA survey to obtain the largest sample ($N \gtrsim 30$) of unlensed luminous SMGs at 300-400 pc resolution ($\theta \sim 0.06''$) in FIR continuum. The survey allows us to study the morphologies of star formation in detail with a statistical sample for the first time. Furthermore, we present a detailed study on three luminous SMGs ($f_{870\mu\text{m}} > 10 \text{ mJy}$) previously reported in Iono et al. (2016), in which all of them have resolved images of both ALMA and JWST/NIRCam, tracing star formation and stellar distributions, respectively. We find that while two of them show a disk-like structure in both components, one SMG exhibits clumpy star formation activity and highly concentrated stellar structure with the Sérsic index $n = 5.4$. Despite the small sample size, our pilot study suggests a dichotomy in the mechanisms triggering starburst: secular instability in gas-rich disks and efficient gas inflows induced by dissipative processes.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X16a RIOJA: JWST 観測に基づく $z = 6.81$ 合体銀河の空間分解された性質

馬渡健 (早稲田大学), 橋本拓也, 碓氷光崇, 大曾根渉 (筑波大学), 井上昭雄, 菅原悠馬, Yi Ren (早稲田大学), 札本佳伸 (千葉大学), 田村陽一, 萩本将都 (名古屋大学), 橋ヶ谷武志 (京都大学), T. J. L. C. Bakx (チャルマース工科大学), 仲里佑利奈, 吉田直紀 (東京大学), 松尾宏 (国立天文台), J. Álvarez-Márques, L. Corina, L. Costantin (El Centro de Astrobiología) 他 RIOJA グループ

JWST による高感度・高空間分解能の分光観測は、宇宙再電離期にある銀河 ($z \gtrsim 6$) の星間媒質 (ISM) の物理的・化学的性質を詳細に解き明かす道を開拓した。2024 年春季年会 (X39a) では、我々が推進している RIOJA プロジェクト (JWST GO Cycle1 #1840) のターゲット天体の一つである $z = 6.81$ の銀河 COS-2987 に対する JWST NIRSpec/IFS と NIRCам の観測結果を報告し、5つのクランプからなる複雑な系であることを示した。本講演では、本天体の性質を空間分解して解析しさらなる物理描像に迫る。クランプ毎の SED 解析から、sN1 と呼ばれる一つのクランプが他に比べてダスト減光量が有意に小さく電離光子生成率も低いなど、系全体の中で特異な性質を持つことが分かった。NIRSpec/IFS [OIII] 5008 面分光データから、この sN1 は隣接するクランプと 60 km s^{-1} 程度の速度差を持ち、また sN1 と他クランプの境界領域で速度分散が最も大きくなった。COS-2987 の性質は FIRSTLIGHT シミュレーションで現れる [OIII] 5008 クランピー銀河 (Nakazato et al. 2024) と類似しており、その比較から本天体が銀河衝突によって同時多発的に誘発された星形成クランプであると示唆される。また我々は明るい二つのクランプに対してダスト減光量、星形成率、金属量などの物理量マップを作成しており、より詳細な内部構造についても本講演で議論する。

[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 The discovery of dual and offset “little red dots” with a pixel-by-pixel color selection method

Takumi Tanaka (U.Tokyo/Kavli IPMU), John D. Silverman (Kavli IPMU), Kazuhiro Shimasaku (U.Tokyo), Junya Arita (U.Tokyo), Hollis B. Akins (UT Austin), Kohei Inayoshi (KIAA, Peking U.), Masafusa Onoue (Kavli IPMU), Kei Ito (Cosmic Dawn Center), Makoto Ando (NAOJ), Suin Matsui (U.Tokyo), and the COSMOS-Web team

Deep IR observations by JWST have revealed a new population of high-redshift, red, and compact objects known as “little red dots” (LRDs). Based on the detection and analysis of broad Balmer emission lines, previous studies have suggested that LRDs may be low-luminosity AGNs hosting overmassive black holes. However, the nature and the evolution of LRDs are still unclear. In this study, we develop a new selection technique of pixel-by-pixel color selection method and apply this method to JWST/NIRCам imaging data from COSMOS-Web. As a result, we identify LRDs with extended components or nearby companions overlooked in the typical photometric selection methods, which rely on aperture color and compactness. Among them, we found LRDs that appear to be merging with other LRDs (dual LRDs) or galaxies (offset LRDs, i.e., LRD-galaxy close pairs). The overabundance of dual LRDs suggests that LRDs have an excess clustering on kilo-parsec scales, which may suggest that these LRDs are AGNs activated through interactions. From the high offset LRD fraction in our sample, we, for the first time, propose an evolutionary scenario linking LRDs to the known AGN and galaxy populations at lower redshifts.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X18a 2 サイズ近似を用いたダストの形成・進化と銀河進化への影響

五十嵐諒, 西亮一 (新潟大学)

銀河を構成する物質の1つであるダストは $1 \text{ nm} \sim 1 \mu \text{ m}$ のサイズからなる固体微粒子で、星間物質の約1%を占める。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。しかし MRN 分布に基づく、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。

2 サイズ近似を用いて Metallicity (Z) に対するダスト・ガス比の進化を計算したところ、Low-Metallicity ではラージダストが多いが、 $Z \sim 0.04 Z_{\odot}$ からスモールダストが形成・進化をし始める。 $Z \sim 0.14 Z_{\odot}$ では両サイズが同程度となったのち、ラージダストの存在比が急成長し、その後両サイズの増加の傾きが同程度となることがわかった。また星形成タイムスケールを、 $5 \times 10^8, 10^9, 10^{10} [\text{year}]$ と変化させた際のスモールダスト・ラージダスト比の Metallicity 進化を解析したところ、星形成タイムスケールが長いほど、ラージダストがより Low-Metallicity の段階で形成・進化することがわかった。一方星形成タイムスケールが短い場合、スモールダストの比率が非常に高くなる時期があることがわかった。これは初期銀河をはじめとする、爆発的星形成が起こるような環境で起こると考えられ、銀河進化研究に大きく影響する可能性がある。

上記の計算は one-zone での計算であるが、本講演ではガスをホットガスとコールドガスの2領域に分けた場合の振舞い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](#)

X19a 究極のすばる望遠鏡へ：広視野補償光学による近赤外撮像が暴く銀河宇宙史

児玉忠恭、秋山正幸、久保真理子（東北大）、本原顕太郎（東大）、美濃和陽典、小山佑世、守屋堯（国立天文台）、井上昭雄（早稲田大）、長峯健太郎（阪大）、矢島秀伸（筑波大）、杉村和幸（北大）、ほか ULTIMATE-Subaru チーム

すばる望遠鏡はこれまで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、より高赤方偏移で銀河・銀河団の形成最初期を捉えるには、近赤外での広視野・高感度な観測が必須である。そこで我々はすばる広視野補償光学システム (GLAO) の開発と並行して、0.2 秒角の高解像度 (高感度) と 14 分角四方という JWST の 20 倍の広視野を共に叶える、新しい近赤外広視野カメラ ULTIMATE-WFI を実現する。本課題は 2024–2030 年度の特別推進研究 (児玉代表) として採択され、2028 年度完成を目指して開発が本格的にスタートした。地上装置ならではの多様なユニークな狭・中間帯域フィルター群を搭載し、宇宙望遠鏡とは相補的な近赤外広域撮像サーベイを行い、大規模構造と銀河の形成史を解明する。鍵となるサイエンスは以下である。(1) 狭帯域フィルターを用いて $z \sim 8-9$ の宇宙で Ly α 輝線銀河の探査を行ない、その空間分布から再電離期の大規模構造周りに成長する電離バブルを捉え、再電離の歴史を明らかにする。(2) 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、非常に稀な重い銀河を探査・発見し、ボトムアップな銀河形成論に強い制限を与える。(3) 同時代に対不安定型超新星を初めて発見し、宇宙初期に既に大量に存在する金属の起源を明らかにする。(4) 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を明らかにする。(5) 原始銀河団を含む宇宙構造を各時代で描き出し、大規模構造の発展に連動する銀河の形成・進化史を追跡する。本講演では各々の概略を説明する。

[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](#)

X20a 集積超伝導分光撮像装置 TIFUUN による再電離期の [CII] 158 μm 輝線銀河のパワースペクトルの検出可能性

成田佳奈香, 森脇可奈, 河野孝太郎 (東京大学), 廿日出文洋 (国立天文台/東京大学)

近年の JWST の観測により、高赤方偏移で銀河が多数発見され、これまでの理解よりも、より初期の宇宙から銀河形成が始まり、進化していることが示唆されている。星形成活動や星形成の材料となる分子ガスの集積を探ることは、銀河形成の理解に必要な不可欠である。ALMA 望遠鏡を使った探査では視野が狭く探査体積が限られるという問題がある。そのため、ALMA による銀河の個別観測とは相補的に、粗い空間分解能と周波数分解能で大きな探査体積を観測する輝線強度マッピングが注目されている。

我々は、既存の輝線強度マッピング観測プロジェクトと比較し line mapping speed が 1 桁以上の向上が期待される分光撮像装置 Terahertz Integral Field Unit with Universal Nanotechnology (TIFUUN; PI: A. Endo, TU Delft) を口径 10m の ASTE 望遠鏡に搭載し、分子ガスのトレーサーとして用いられる [CII] 輝線の大規模観測を行う場合の探査設計を検討した。今回 IllustrisTNG300-1 シミュレーションを用いて、周波数分解能 $R \sim 500$ 、周波数範囲 139–170 GHz および 248–301 GHz の 2 バンド同時で擬似観測を行った。掃天範囲 ~ 1.5 平方度でノイズレベル $1\sigma \sim 1 \text{ mJy beam}^{-1}$ を達成できると、再電離末期の [CII] 輝線銀河候補を 5σ 以上で 30–200 個程度個別検出できた。また、パワースペクトルを測ることで暗い銀河も含めた統計的な議論が可能だが、そのために手前の明るい CO 輝線銀河を除去する必要がある。TIFUUN の 2 バンドを生かして前景の輝線を同定し除去するアルゴリズムを組むことで [CII] 輝線銀河のパワースペクトル ($0.05 \text{ Mpc}^{-1} \leq k \leq 5 \text{ Mpc}^{-1}$) を検出できることがわかった。これにより、光度関数の制限や大規模構造の情報を得られ、銀河形成史の解明に向け進展が期待される。

[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](#)

X21a Galaxy evolution with NASA FIR-Probe PRIMA

Takuya Hashimoto (University of Tsukuba), Mariko Kubo (Tohoku University), Yoshinobu Fudamoto (Chiba University), Kosei Matsumoto (Gent University), Yoshiki Toba (NAOJ), Hanae Inami (Hiroshima University), Tohru Nagao (Ehime University), PRIMA-Japan Team

We discuss how NASA FIR-Probe PRIMA will bring breakthroughs in the study of galaxy evolution. PRIMA is capable of imaging and spectroscopic observations over 25–265 μm and 24–235 μm , respectively. “Evolution of galactic ecosystems” and “Buildup of dust and metals” are two of the most important science topics of PRIMA. On the imaging side, with its high sensitivity and survey speed, PRIMA can detect thermal-IR emission of 10,000 to 100,000 galaxies by hyperspectral surveys ($R \sim 10$) of 1–10 square degrees. By combining PRIMA with ALMA/JWST, we can examine multi-wavelength SEDs of dust in external galaxies, crucial to understand dust-hidden star formation rate, blackhole accretion rate, and their redshift evolution. On the spectroscopic side, PRIMA’s OH absorption line observations allow us to study the outflow of molecular gas, and understand how star formation has quenched from the cosmic noon to the present. Mid- and far-infrared fine structure line ([OIII], [NIII], [OIV], [NeV] etc) observations are also feasible, and e.g., thousands of [OIII] detections at $z = 0-3.5$ are expected. These allow us to study the radiation source (star-formation or AGN) and properties of interstellar medium (gas density and abundance ratio) without suffering from dust attenuation, unlike UV and optical emission lines. We will also introduce science cases proposed by the community in Japan and discuss possible multi-wavelength synergies using Japanese facilities.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X22b JWST/NIRSpec による $z \sim 2-3$ 銀河の分光分類の試み

佐藤理究, 井上昭雄, 馬渡健 (早稲田大学), Daniel Schaerer, Rui Marques-Chaves (University of Geneva), 他 LyC22 メンバー

赤方偏移 1 から 3 の時代は Cosmic Noon と呼ばれ、宇宙の歴史の中でも星形成活動が活発な時代である。そのため、この時代における銀河の星形成活動や物理的特性を理解することは、宇宙初期から現在までの銀河形成進化の過程を解明する上で重要である。近傍から $z \lesssim 2$ の銀河を年齢や星形成史により分光分類するために用いられてきた指標として D_n4000 と $EW_0(H\delta)$ が知られている (Balogh et al. 1999 など)。これらの指標は静止系可視光の波長帯での高感度な分光観測が必要不可欠であり、ジェームズウェーブ宇宙望遠鏡 (JWST) を用いることで $z \sim 2-3$ の銀河に対してこれらの指標を適用することが可能となった。

LyC22 サーベイ (GO1: 1869, PI: Daniel Schaerer) では多波長観測から選ばれた 2 つのフィールド (SSA22 と Westphal) を JWST/NIRSpec により中分散分光 ($R \sim 1000$) し、約 140 個の $z \sim 2-3$ の銀河を同定した。本研究では、LyC22 で観測された銀河のうち約 100 個の銀河をこれらの指標を用いて光学的に分類し、スタッキングスペクトルを作成した。これらの指標の値は星種族合成モデルから予測される結果と整合的であり、1 Gyr よりも若い星形成銀河が半数以上を占める一方でそれよりも年齢が高い銀河も含まれていることが確認された。また、個別およびスタッキングスペクトルに見られる輝線などから金属量や電離状態を調べた。一部の銀河では MgII や NaID の吸収が観測されており、アウトフローの可能性についても議論する。将来的には、本研究で用いた手法をより広範な JWST 分光データセットに適用し、赤方偏移 $z \sim 2-3$ の銀河の星形成史や年齢を反映した分光分類手法を確立す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](#)

X23b $z \sim 2.5$ における quiescent な銀河団候補の発見

小松侑生 (東京大学), 田中賢幸, 安藤誠 (国立天文台), 清田朋和 (総合研究大学院大学/国立天文台)

近傍宇宙においては銀河団には星形成の不活発な赤い銀河が集中し、フィールドには星形成が活発な銀河が多くあるという「銀河の住み分け」が広く知られているが、銀河団において星形成が止まる物理メカニズムには謎が多い。とりわけ $z = 2-3$ は宇宙の歴史上最も星形成が盛んだった時期であるため、この時代の銀河団においても既に星形成が下火であったのか否かは、この謎を解き明かす上で鍵となる。しかし、現在までに知られている銀河団のうち、 $z = 2$ を超える遠方のものは非常に限定的である。そこで、本研究では $z \gtrsim 2$ の銀河団探索を行った。HSC-SSP とその協調サーベイによる u -band から K -band に至る多波長カタログ、u2k catalog (version 2) を用いて、銀河が高密度に密集している領域をピックアップし、詳細な検討を重ねて候補を絞り込んでいった。その結果、例えば XMM-LSS 領域においては、新たに $z = 2.2-2.5$ の有力な銀河団候補を 2 つ発見した。メンバー銀河の推定された赤方偏移の値は近く、また色等級図上で明確な red sequence が確認できた。本研究の結果から $z \sim 2.5$ 程度の時代においても、quiescent 銀河が卓越し十分に成熟した銀河団が存在していたことが推察される。本ポスターでは他の領域の候補についてもまとめ、銀河団候補の詳細、及び今後の展望を議論する。

[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](#)

X24c ALMA を用いた高赤方偏移のダストに隠された銀河の探索

野澤大河 (広島大学), Hiddo Algera (ASIAA), 稲見華恵 (広島大学), REBELS チーム

ALMA による観測で、初期宇宙においてダストを多く含む星形成銀河が星形成率密度に大きく寄与していることが徐々に明らかになっている。より精度良く高赤方偏移における星形成率密度を求めるためには広い領域をサーベイ観測する必要があるが、ダストを大量に持つ銀河は可視光線や近赤外線による観測では検出が困難である。そこで、本研究ではダストに隠された銀河を検出するために、ALMA の大型観測プログラムの一つである REBELS の 1.2mm 連続光のデータを用いて、観測視野内でダスト放射が見られる銀河を探索した。REBELS が取得した全 49 の画像のうち、32 の画像から計 40 個のダストに隠された銀河を検出することに成功した。そのうち 23 天体は既存の紫外線・可視光線・赤外線観測によるカタログにおいて対応天体を同定することができたが、残りの 17 天体は今回新たに発見した完全にダストに隠された天体である。今回検出した 40 個の銀河の性質を調べるため、SED フィッティングを行った。その結果、29 天体は測光赤方偏移が $0 < z < 3$ であることが求まり、可視光線と赤外線検出できなかった 5 天体は $z > 3$ である可能性があることが分かった。同様に、星質量と specific SFR はそれぞれ $10^{10-11} M_\odot$ と $0.1-10 \text{ Gyr}^{-1}$ 程度であることが分かった。その他、ダスト SED の積分によって算出した全赤外線光度についても紹介する。本研究はこれらの結果を用いて、塵に隠された星形成率密度を求めることを最終的な目標としている。

[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](#)

X25a ALMA Total Power による Stephan's Quintet 全面 CO(1-0) マッピング

前田郁弥 (大阪電気通信大学), 小麥真也 (工学院大学), 江草美実, 河野孝太郎, 諸隈-松井佳菜, 辻田旭慶, 松坂怜 (東京大学), 太田耕司, 浅田喜久 (京都大学), 金子紘之 (新潟大学), 廿日出文洋 (国立天文台), 濤崎智佳 (上越教育大学), 藤本裕輔 (会津大学), 羽部朝男 (北海道大学), 小林将人 (ケルン大学/国立天文台), 村岡和幸 (大阪公立大学), 谷口暁星 (北見工業大学),

コンパクト銀河群は、初期宇宙に頻繁に見られる密集環境での銀河間相互作用がガスのダイナミクスや星形成に与える影響を、高空間・速度分解能で調査できる貴重な天体である。中でも、Stephan's Quintet (SQ, HCG92, 89 Mpc) は最も知られたコンパクト銀河群で、広範な波長帯で観測が行われている。衝突領域では、40 kpc 以上にわたる巨大な衝撃波構造 (shock ridge) が形成され、一部で活発な星形成が見られるほか、125 kpc 以上に及ぶ長い tidal tail 内にも星形成領域が確認されている。しかし、これまで星形成の直接的な母体である分子ガス (CO 輝線) の観測は系の一部領域に限られ、分子ガスの全体的な分布や総量、ダイナミクスは明らかになっていない。

我々は ALMA ACA(7m+Total Power) を用いて、SQ 全体の CO(1-0) マッピングを実施した。本講演では TP 観測の結果を報告する。結果として 130 kpc × 80 kpc の広範囲で CO を検出し、銀河系の CO-to-H₂ 変換係数を用いた分子ガス質量は $\sim 1.1 \times 10^{10} M_{\odot}$ と推定された。衝突領域では 1000 km/s 以上の速度範囲で CO が広がり、大きく 3 つの速度成分に分かれている。衝突領域全体の分子ガス質量は ALMA 7m による CO(2-1) 観測の推定値の約 2 倍で、衝突によって広範囲に拡散した分子ガスが存在することを示唆している。さらに、上述の長い tail に沿って分子ガスが存在することも明らかになった (質量 $\sim 1.5 \times 10^9 M_{\odot}$)。この分子ガスは線幅が 20 km/s と狭く、tail 内の HII 領域と CO の視線速度はよく一致しており、tail で星形成が進行し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](#)

X26a 棒渦巻銀河中心部における星形成の抑制

山本卓 (筑波大学), 伊王野大介 (国立天文台), 齊藤俊貴 (静岡大学), 久野成夫 (筑波大学)

近傍の大質量銀河の形態は、楕円銀河、レンズ状銀河、渦巻銀河、棒渦巻銀河に大別される。これらの種別の銀河がどの様に進化してきたかを調べることは、銀河進化論の未解決の課題の一つである。そのためには銀河の星形成史を知ることが必要となる。本研究は、星形成の材料となる分子ガスと、そこから生み出された星形成領域の両者の分布形態を定量的・統計的に解析することにより、星形成がどのように進み、また鎮静化するののかについて明らかにすることを目的としている。そのために、われわれは PHANGS-ALMA の 73 銀河の CO ($J = 2-1$) 積分強度図と PHANGS-MUSE の 19 銀河の H α 積分強度図を用いて CAS 解析 (Conselice 2003) を行った。その結果、CO ($J = 2-1$) では中央集中度指標 C の値が高いにもかかわらず、H α では C の値が低い棒渦巻銀河が 4 天体あることを発見した。これらの棒渦巻銀河の中心部では分子ガスが集中しているにもかかわらず、星形成が抑制されていることが示唆された。これらの棒渦巻銀河では、銀河中心から半径 1 kpc の範囲で、分子ガスは豊富にあるにも関わらず、星形成効率が低くなっている。銀河進化論の観点から見ると、これらの銀河は内側から星形成が鎮静化する "inside-out quenching" が進行していると考えられる。一方、分子ガスが中心部に集中している棒渦巻銀河の中には、銀河の渦状腕から分子ガスが枯渇して星形成が弱まっていくと予想される "outside-in quenching" を示唆する銀河も存在する。本講演では、この点に焦点を当て、この 2 つのタイプの違いを生み出す重要な要因として、活動銀河核 (AGN) の存在の有無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](#)

X27a アルマ望遠鏡で観測された近傍セイファート銀河 NGC 1808 の HCN($J=1-0$)/CO($J=1-0$) 強度比についての研究

渡邊 友海, 馬場 一晴 (福島大学), 高野 秀路 (日本大学), 齊藤 俊貴 (静岡大学), 中西康一郎, 廿日出文洋 (国立天文台)

本研究の目的は、典型的な近傍銀河の AGN 周辺の活動を定量的に調べることで、銀河進化の過程を明らかにすることである。我々は近傍セイファート銀河 NGC 1068 の HCN/CO 強度比を高精度で調査し、CND (Circumnuclear disk) とその周辺で強度比が、星形成銀河の典型値 0.1 と比べると異常に高く、最大で 1.09 が検出された。その原因として outflow や X 線放射が考えられる。今回は NGC 1068 の高い HCN/CO 強度比の原因を、他の銀河との比較から探るため、近傍銀河 NGC 1808 の HCN/CO 強度比について報告する。NGC 1808 は、中心部に AGN があり、それを取り囲むガス (CND) (半径 ~ 0.2 kpc) があり、outflow や X 線放射が AGN 周辺で確認されている。ALMA で得られた HCN(1-0)、CO(1-0) のアーカイブデータを使い、88 pc の分解能で、HCN/CO 強度比の分布図を作成した。その結果、CND 領域で最大 0.17 という値が検出された。この値は、NGC 1068 と比較すると低い値であり、Salak et al. (2018) で得られた値と同等である。NGC 1808 は、NGC 1068 と比較して X 線光度が 1/100 であり、また radio jet が存在しない点も NGC 1068 とは異なる。X 線が支配的な領域 (X-ray dominated region) や radio jet の存在はいずれも HCN/CO 強度比を高めることが知られている。NGC 1808 の HCN/CO 強度比が NGC 1068 よりも低いことは、jet が無いことや XDR が十分に形成されていないことが原因となった可能性がある。

[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](#)

X28a ALMA observation of a giant barred spiral at $z=2.467$

Shuo Huang, Ryohei Kawabe(NAOJ), Hideki Umehata, Yoichi Tamura(Nagoya University), Kotaro Kohno(UTokyo), Toshiki Saito(Shizuoka University)

Bar structures are common in local disk galaxies and play pivotal roles in secular galaxy evolution by redistributing material and angular momentum. They are believed to be long-lived structures and are now identified at redshift $z > 2$. Yet, little is known about the onset and effect of bars in the early cosmic epoch because spectroscopy of distant bars at sufficient resolution is scarce. We report 0.15 arcsec resolution ALMA CO(4-3)/[CI](1-0) and 2.1 dust continuum observation of the dusty star-forming galaxy J0107a at $z = 2.467$ which shows textbook barred spiral morphology. We find the bar of J0107a has gas distribution and motion in the same way as local bars. At the same time, the bar drives largescale non-circular motions that dominate over disk rotation, funneling molecular gas into its center at a rate of ≈ 1000 solar masses per year, powering a bright submillimeter galaxy.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X29a Identification of > 40 gravitationally magnified stars in a galaxy at redshift of 0.725

Yoshinobu Fudamoto (Chiba University, University of Arizona), Fengwu Sun (CfA Harvard), Jose M. Diego (CSIC), Liang Dai (UC Berkeley), Masamune Oguri (Chiba University) et al.

Since the launch of the James Webb Space Telescope (JWST), extragalactic astronomy studies have been revolutionized by its unprecedented capability. In particular, JWST not only allows us to detect galaxies at high redshift but also even allows us to access single stars that exist within each distant galaxy with the aid of large magnifications of strong gravitational lensings (e.g., Mothra; Diego+23, Earendel; Welch+23). Such single stars were also previously detected as transient micro-lensing events caused by variations of critical curves due to distorted sub-halo distributions in lensing clusters (e.g., Icarus; Kelly+18). The observations of lensed stars provide us with the opportunity to study stellar physics in distant galaxies. However, previous individual star observations are limited to a small number of sources — typically one or a few stars in a galaxy — and provide only limited information about stellar populations at cosmological distances. Here, we report a surprising discovery of > 40 lensed stars within a single galaxy at $z=0.725$ that are observed over the first and second years of JWST observations. In this talk, we report an analysis of the micro-lensing events and their stellar types based on their multi-wavelength photometry. Future JWST follow-up of the micro-lensing fields will provide us with detailed stellar properties of a galaxy around the cosmic noon. Similar observation strategy may enable such studies in galaxies with even at higher redshifts.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X30a Probing the Inner and Outer Halos of M31 with Subaru/HSC and NB515

小上樹 (総研大/国立天文台), 千葉柁司 (東北大学), 小宮山裕, 田中幹人 (法政大学), Puragra Guhathakurta (UC Santa Cruz), Evan Kirby (Univ. of Notre Dame), 桐原崇亘 (北見工業大学), Rosemary Wyse (JHU), Carrie Filion (Flatiron Inst.), 石垣美歩 (国立天文台), 林航平 (仙台高専)

Λ CDM による階層的構造形成シナリオにおいて、銀河はより小さい恒星系の合体集積により形成されたと考えられている。このシナリオにおいて、降着した恒星系は銀河の恒星ハローに堆積するため、ハローは銀河の降着史を解き明かすために重要な観測領域である。近傍に位置するアンドロメダ銀河 (M31) のハローは、その近さとハロー全体を俯瞰できることから銀河形成を理解する格好の観測対象である。しかし、M31 は低銀緯に位置するため、ハロー星が前景星に埋もれてしまい、詳細なハロー構造を捉えることは困難であった。

本研究では、HSC/NB515 を用いて観測されたデータより、M31 恒星ハローの空間分布を調べた。NB515 を用いることで M31 ハローに付随する赤色巨星と前景に混入している銀河系の主系列星を 90% の精度で分離することが可能である。抽出した赤色巨星の radial profile を用いて M31 外側ハローの性質を 300 kpc にわたる領域まで調べた。主要な結果は下記のようになるが、詳細は年会で報告する。

- (1) 100 kpc までの M31 ハロー領域は、単一のべき乗則で再現され、銀河系で見られるような内側ハローと外側ハローの明確な切り替わりは見つからなかった。
- (2) 150 kpc までのハローはべき指数が ~ -2 のべき乗則でよく再現されており、銀河系や近傍渦巻銀河で推定されたべき指数 (~ -3) よりも浅い結果となった。
- (3) radial profile の break が、銀河系と同程度の約 150 kpc の領域において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](#)

X31a 矮小銀河による摂動が円盤銀河の棒状構造の力学的進化に与える影響

児玉瑠美 (東京大学), 藤井通子 (東京大学), 馬場淳一 (鹿児島大学/国立天文台)

円盤銀河中心部に存在する棒状構造(バー)は、シミュレーションにおいては、銀河中心部から形成し徐々に長くなりながらそのパターン速度は遅くなる。しかし、その詳細なメカニズムについては未だに謎が多い。孤立した円盤銀河の場合、バーが形成されると、バーとの共鳴軌道に入るハロー粒子を通じてバーの角運動量がハローに輸送され、バーのパターン速度の低下が起こると考えられている (Athanasoula 2002)。他の銀河との遭遇などによる外部摂動によってもバーの強度が上がり、バーが進化することがシミュレーションから知られている (Peschken and Lokas 2019, Wille and Machado 2024)。しかし、外部摂動を受けたあとのバー進化のメカニズムはまだ解明されていない。

そこで本研究では、銀河円盤、バルジ、ハローを粒子で表現した銀河モデルに、同じく粒子で表現した矮小銀河を遭遇させる N 体シミュレーションを行い、摂動を受けたバーの進化を調べた。円盤銀河には、Fujii et al. (2019) で用いられた天の川銀河モデルを使用し、矮小銀河は $10^{10} M_{\odot}$ とした。遭遇させる軌道は円盤と同平面とし、順行軌道・逆行軌道それぞれについて、遭遇させるタイミングを、バー形成初期からバーの形成後まで変えたシミュレーションを行った。その結果、どちらの軌道の場合も、バーのパターン速度の低下とバーの成長が起こった。この変化がバーからハローへの角運動量輸送に依存しているかどうか議論する。順行軌道モデルは逆行軌道に比べてバーがより成長し、パターン速度も低下し、摂動の影響をより受けていた。これらは順行軌道の矮小銀河が銀河円盤の構造により大きな影響を与えるという先行研究と合致した (Peschken and Lokas 2019)。また、矮小銀河による摂動があった時に、どのようにバーからハローに角運動量が輸送されるか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](#)

X32a Extremely Diffuse Satellite in the Remote Halo of NGC 253

Sakurako Okamoto (NAOJ), SNFC team

Over the last decade, wide-field resolved star studies have shown a remarkable variety of stellar substructures in the halos of the Milky Way and M31, attesting to the fact that accretions have played an essential role in shaping their evolution. Pushing these studies to galaxy systems beyond the Local Group is crucial to increasing sample size and deriving representative trends.

We present the discovery of NGC253-SNFC-dw1, a new satellite galaxy in the remote stellar halo of the Sculptor Group spiral, NGC 253. The system was revealed using deep, resolved star photometry obtained as part of the Subaru Near-Field Cosmology Survey that uses the Hyper Suprime-Cam on the Subaru Telescope. Although rather luminous ($M_V \sim -12$) as a satellite galaxy, the system is one of the most diffuse satellites yet known, with a half-light radius of $R_h = 3.4$ kpc and an average surface brightness of ~ 30.1 mag arcmin $^{-2}$ within the R_h . The distribution of red giant branch stars is asymmetrical and displays two elongated tidal extensions pointing toward NGC 253, suggestive of a highly disrupted system being observed at the apocenter. The morphology of NGC253-SNFC-dw1 clearly shows that this is a natural path to produce such diffuse and extended galaxies. The surprising discovery of this system in a previously well-searched region of the sky emphasizes the importance of surface brightness limiting depth in satellite searches.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X33b Detection of a New Satellite Galaxy (Triangulum IV) in the M33 Halo

小上樹 (総研大/国立天文台), 千葉柁司 (東北大学), 小宮山裕, 田中幹人 (法政大学), Puragra Guhathakurta (UC Santa Cruz), Evan Kirby (Univ. of Notre Dame), 桐原崇亘 (北見工業大学), Rosemary Wyse (JHU), Carrie Filion (Flatiron Inst.), 石垣美歩 (国立天文台), 林航平 (仙台高専)

冷たい暗黒物質に基づく銀河形成モデルでは、銀河ハローには降着した恒星系が存在する。これらの恒星系は、その力学時間の長さから降着時の情報を何十億年にもわたって保持しており、銀河形成を解明する手がかりとなる。局所銀河群にある M33 は、我々から 859 kpc の距離に位置する中質量渦巻銀河である。M33 の質量を考慮すると、M33 には $> 10^4 L_{\odot}$ の衛星銀河が 10 個程度付随していると理論予測されているものの、検出された衛星銀河は 2 つしかなく、理論予測と観測結果の間に齟齬が生じている。この原因として、衛星銀河が低表面輝度であるため、従来の観測では検出が難しかったこと、M33 中心から遠方に位置していること、M33 が低銀緯に位置しており前景星の混入の影響を受けてしまうことなどが挙げられる。

本研究では、すばる望遠鏡/HSC と狭帯域フィルター NB515 を用いることで、上記の課題を克服して M33 ハロー領域の解析を行った。解析の結果、ハローに普遍的にかつ多く存在する暗く古い星 (赤色巨星) を捉えることができた。そして、M33 ハロー星を用いて解析した結果、M33 中心から 75 kpc の位置に過密度構造 (Triangulum IV; Tri IV) を確認することができた。Tri IV は、局所銀河群で確認される典型的な矮小銀河に類似した星質量-金属量関係を持ちながら、その有効半径は 10 倍以上に及ぶ。本講演では、これらを踏まえた Tri IV の解析結果と M33 の性質を紹介する。

[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](#)

X34b こぐま座矮小楕円体銀河のハロー構造探査

佐藤恭輔 (総合研究大学院大学/国立天文台), 岡本桜子 (国立天文台), 八木雅文 (国立天文台), 小上樹 (総合研究大学院大学/国立天文台), 小宮山裕 (法政大学), 田中幹人 (法政大学)

銀河系矮小銀河は、宇宙初期の化学組成情報を保持した低金属量星によって構成されていることがわかっており、宇宙初期に誕生した銀河の生き残りとして位置付けることができる。その形成過程は未だ明らかにならず、その性質の研究は宇宙初期の銀河形成メカニズムを探る手掛かりとなる。

近年ガイア衛星により、銀河系矮小銀河を潮汐半径を超えるような外側の領域まで、星に分解した観測データが解析可能になった。ガイア衛星の撮像データは限界等級が 21 等級ほどと浅いが、固有運動によって天の川銀河の前景星と分離することが可能である。この特性を利用し、Jensen et al. (2024; MNRAS 527 4209) や Sestito et al. (2023; MNRAS.525.2875) は、こぐま座矮小楕円体銀河の外縁部に分布する赤色巨星を発見した。これらの研究で見つかったこぐま座矮小楕円体銀河の外側の構造は、天の川銀河の潮汐力によって引き延ばされた構造なのか、矮小銀河同士の衝突イベントによってできたハロー構造なのか未だわかっていない。

我々の研究グループは、すばる望遠鏡 Hyper Suprime-Cam を使い、こぐま座矮小楕円体銀河の半光度半径の 7 倍を超える範囲を含む、ガイア衛星よりも 5 等級深い撮像観測を行った。この観測データは、こぐま座矮小楕円体銀河の主系列転向点の等級 ($i \approx 23$ mag) よりも 3 等級深く、ガイア衛星では到達できない。解析の結果、ガイア衛星では見つかっていない主系列星が、半光度半径の 7 倍を超える範囲においても分布していることが明らかになった。主系列星は赤色巨星よりも絶対数が多いため、銀河の詳細な構造を探るために有用である。本講演では今回見つかった主系列星の空間分布を含め、こぐま座矮小楕円体銀河の外側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](#)

X35b りゅう座矮小楕円体銀河における Double Blue Straggler Sequence の可能性

鈴木 陸斗, 小宮山 裕 (法政大学), 八木 雅文 (国立天文台), 田中 幹人 (法政大学)

Blue straggler stars (BSS) は色等級図 (CMD) において main-sequence (MS) に沿って転向点よりも青く明るい方に伸びている系列として観測され、球状星団や、散開星団、矮小銀河、などで発見されている。ほとんどの恒星系で BSS は 1 つの系列付近に散らばって観測されるが、5 つの球状星団 (M30, NGC362, M15, NGC1261, NGC6256) と 1 つの散開星団 (Berkely17) では、CMD 上で青い BSS 系列と赤い BSS 系列の 2 つの系列があることが発見された。球状星団における BSS の形成メカニズムについては主に 2 通り考えられている。1 つは恒星同士の衝突によるものであり、これが青い系列の BSS に相当する。もう一つは、連星系における質量移動によるものであり、これが赤い系列の BSS に相当する。一方で、密度が球状星団と比べて低い散開星団における BSS の形成メカニズムは、恒星衝突による BSS 形成は難しいと考えられ、青い系列の BSS と赤い系列の BSS のどちらも連星系による質量移動が支配的と考えられている。

球状星団や散開星団では BSS の 2 つの系列について研究が進んでいるが、矮小銀河において 2 つの系列の可能性を議論した研究はない。さらに矮小銀河は星団と違い、星形成が複数回行われたものも存在し、若い MS と BSS の区別が難しい。そこで本研究では、約 100 億年以上前に星形成を終えたとき、若い MS との区別が容易なりゅう座矮小楕円体銀河 (Draco dSph) において BSS の 2 つの系列の可能性について調査した。青と赤の BSS 系列の領域を CMD 上で定義し、Draco dSph の潮汐半径内での radial profile に対して Kolmogorov-Smirnov 検定を行ったところ、有意な違いがみられた。本講演では Draco dSph においての青い系列の BSS と赤い系列の BSS の存在比から、Draco dSph の力学的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](#)

X36b 近傍 LIRG IIZw096 の近赤外線域水素再結合線を用いたダスト減光分布

大槻真優, 稲見華恵 (広島大学), GOALS チーム

銀河の真の性質を調査するには、銀河内のダストによる吸収と散乱に起因するダスト減光による補正が必要となる。ダスト減光を補正する手段としてバルマー減減率が広く使用されているが、大量のダストによって深く隠された領域ではダストの奥までを見通せていない可能性がある。本研究では、JWST/NIRSpec を用いて観測された近赤外線域にある複数の水素再結合線を利用し、近傍高光度赤外線銀河 (LIRG) IIZw096 について、空間分解されたダスト減光を推定した。本ポスターでは、パッシェン線 ($\text{Pa}\alpha$, $\text{Pa}\beta$) とブラケット線 ($\text{Br}\alpha$, $\text{Br}\beta$) の水素再結合線の HI 減減率から作成したダスト減光分布を示す。 $\text{Br}\alpha/\text{Br}\beta$ と $\text{Pa}\alpha/\text{Pa}\beta$ の輝線強度比を用いて Case B を仮定して得られた赤化 $E(B-V)$ の空間分布から、それぞれ異なる減光量を示す領域があることが分かった。これは、単一の HI 減減率だけを用いた手法がこれらの領域のダスト減光を正確に推定するには不十分である可能性を示唆している。また、今回の赤化の推定には Calzetti et al. 2020 の減光曲線を外挿した。そのため、これらの領域固有の減光がこの曲線から外れている可能性も考えられる。

[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](#)

X37b 深層学習を用いた画像処理手法の渦巻銀河のS型Z型分類への適用

蔣仁杰, 吉田健二 (芝浦工業大学), 家正則, 八木雅文 (国立天文台)

銀河の分布に見られる宇宙の大規模構造の形成と進化の理解は、標準宇宙モデルの検証においても重要な手かりである。近年、地上望遠鏡による銀河分布の大規模撮像探査観測による膨大な銀河画像データの公開提供が進んでいる。これらの画像の銀河形態を機械学習や深層学習といったAIを用いて自動分類することにより、個々の銀河のスピネクトルの同定を進めることは、宇宙の大規模構造形成におけるベクトル場の進化の解析から、新たな視点をもたらすものとして注目されている。渦巻銀河の天球面での渦の向きをS型もしくはZ型に分類することは、銀河のスピネクトルの視線方向成分の符号判定の指標となり、銀河回転の分布の大規模な解析に利用することができる。この方法は銀河の軸比と長軸方位角の分析とは独立相補的な解析となる。

我々は渦巻銀河をS型・Z型に目視分類した銀河形態カタログを教師データとして作成し、Pan-STARRSとDarkEnergySurveyが公開する銀河画像を用いて、渦巻銀河のS型・Z型の自動分類ツールを開発し、最適化を進めている。本研究では画像から目的銀河画像の適切な抽出と、別天体画像やノイズの除去を図る画像処理を行い、反転・回転画像を教師データに加えてツールの判定偏りを除去し、畳み込みニューラルネットワークを活用した渦巻銀河S型・Z型の分類ツールの精度評価を行った。

[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](#)

X38a 矮小銀河の星形成における輻射フィードバックの役割

岡本 崇 (北海道大学)

一般に、矮小銀河では分子ガスの depletion time が 10–100 Gyr にもなり、天の川銀河等 (\sim GyR)_r と比較して非常に長いことが知られている。Forbes et al. (2016) は、遠紫外線による光電加熱を考慮したシミュレーションを行い、矮小銀河では光電加熱によって星形成が十分に抑制されるため、超新星爆発の効果は副次的なものとなり、結果としてガスを銀河内に保ったままゆっくと星形成が進み、depletion time が長くなると結論付けた。一方 Hu et al. (2017) は、光電離や光電加熱を考慮した高分解能シミュレーションを行い、光電加熱の効果は Forbes 等が主張するほど強くないこと、超新星爆発も星形成の抑制に対して重要な役割を果たすことを主張した。このように、矮小銀河における輻射フィードバックの役割の理解はまだ進んでいない。

本研究では、超新星爆発や電離光子、解離光子、光電加熱に寄与する遠紫外線等を取り入れた、矮小銀河の輻射流体シミュレーションを行い、上記のシミュレーションでは無視されていた、ダストによる吸収や輻射圧も考慮した。その結果、光電離を考慮すると、超新星爆発のみを考えた場合よりも1桁以上星形成率が小さくなること、一方、光電加熱の効果はほぼ無視できるほど小さいことが分かった。本講演では、先行研究と異なる結果になった理由を考察するとともに、追加のシミュレーションが間に合えば、何故電離光子がここまで大きな影響を及ぼすのか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](#)

X39a 大規模並列計算とAIで実現するStar-by-star銀河シミュレーションの高速化

平島敬也, 森脇可奈, 藤井通子 (東京大学), 平居悠 (東北大学), 斎藤貴之, 牧野淳一郎 (神戸大学), Ulrich steinwandel (CCA), Shirley Ho (CCA/Princeton 大学/NYU)

多階層的な銀河進化を解明するため、大規模シミュレーションを活用した研究がこれまでに数多く行われてきた。銀河進化において、詳細な星形成やフィードバックの影響を正確に計算するには高い質量分解能が求められる。特に、超新星爆発の影響を適切に評価するには、 $\sim 1M_{\odot}$ の分解能が必要である。

スーパーコンピュータの発展 (特にCPUコア数の増加) により、 N 体計算やSmoothed Particle Hydrodynamics (SPH) に基づく手法では、シミュレーションで扱う粒子数が増加し、質量分解能も向上してきた。しかし、従来のコードは階層的独立時間刻み幅法を採用しているため、一部の短いタイムスケールの現象 (例: 超新星爆発) に対して時間刻み幅が極端に短くなり、演算・通信回数が数百倍に増大するというボトルネックが存在している。その結果、現在でも質量分解能が $\sim 1000M_{\odot}$ に留まり、個別の恒星を表現することは困難であり、フィードバック効果はサブグリッドモデルとして取り扱われている。

本研究では、機械学習を活用し、 $\Delta t = 10^5$ 年後の超新星フィードバックによる密度、温度、速度を予測可能なサロゲートモデルを独自に開発した。このモデルを用いることで、短いタイムスケールの現象の直接計算を回避しつつ、矮小銀河のシミュレーションでは星形成史やアウトフロー構造を再現しながら計算速度を約4倍に向上させることに成功した。また、このコードは約6万MPI並列での実行実績を有する。本講演では、超新星フィードバックのサロゲートモデルを導入した銀河シミュレーションの成果を紹介するとともに、天の川銀河規模のstar-by-starシミュレーションの開発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](#)

X40a The Milky Way Tomography with Subaru Hyper Suprime-Cam: Global halo structure

鈴木善久, 千葉柁司 (東北大学), Rosemary F. G. Wyse (Johns Hopkins University)

冷たい暗黒物質と宇宙項に基づく構造形成の標準理論に基づく、銀河は小さな銀河が重力相互作用を介して合体・降着を繰り返しながら成長してきたと考えられている。この理論に基づく宇宙論的銀河形成シミュレーションの結果から、銀河が過去にどのような降着史を経験してきたのかという情報は、特に銀河を包む領域であるハローに刻まれていることが示されてきた。

観測的に銀河の構造を調べる上では古くから私たちの住む銀河系が注目されてきた。現状、銀河系中心から 30 kpc 以内の内側のハロー構造については化学動力的観点で研究が進んでいるが、その外側のハロー構造については明らかになっていない。外側のハローは力学的な緩和時間も約 10 億年と非常に長いため、過去に降着してきた銀河の軌道運動を知る手がかりを与えるという点で非常に重要である。

本研究ではすばる望遠鏡に搭載されている Hyper Suprime-Cam を用いて得られた恒星の測光情報に基づいて、銀河系の 100 kpc 以内のハロー構造を導出した。ハロー構造のトレーサーとしては恒星種族について無バイアスのサンプリングが可能な主系列転向点を用いた。各観測領域に対して密度プロファイルを導出した結果、銀河系中心から 30 kpc 以上でハロー構造が非等方性を持つことが明らかとなった。本講演では、この起源について特に大マゼラン雲の過去の軌道運動 (e.g., Vasiliev 2023) 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](#)

X41a A Pristine Look at Extended Globular Cluster Structures: Morphology and Extra Tidal Stars

Pete Kuzma, (National Astronomical Society of Japan); Miho Ishigaki, (National Astronomical Society of Japan)

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 this contribution, we explore the morphologies of GCs at the tidal radius and beyond, comparing our results to N-Body simulations 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](#)

X42a Exploring the origin of the mysterious stellar stream “Leiptr” with Galactic Archaeology:II

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, more than 100 stellar streamers, which are left behind by orbiting dwarf satellite galaxies and globular clusters, have been found (Mateu 2023). The Leiptr stream is considered a candidate object originating from a disrupted globular cluster of 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 further investigation is needed.

To further investigate the origin of the Leiptr stream, we conducted follow-up observations and analyses. Using high-dispersion spectroscopy with the Subaru Telescope HDS, we measured the chemical composition and dynamical properties of stars associated with the Leiptr stream. Our results show that the chemical abundance pattern of the observed star aligns with typical features of UFD stars, yet it also exhibits characteristics associated with stars in globular clusters. This dual nature raises the intriguing possibility that the Leiptr stream originated from an unknown system bridging the properties of UFDs and globular clusters.

In this presentation, we will discuss our findings from these observations and their implications for a new understanding of the progenitor system of the Leiptr stream.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X43a パラレルステラーストリームを用いたダークマターサブハロー探索

金田優香, 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), Andreas Burkert (University Observatory Munich, Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik)

CDM モデルに基づく宇宙論的 N 体シミュレーションは、天の川銀河 (MW) やアンドロメダ銀河 (M31) のような明るい銀河周辺の衛星ハローの数を観測結果より過大に予測しており、この矛盾は「ミッシングサテライト問題」と呼ばれている。宇宙論的流体シミュレーションを用いた研究では、バリオンフィードバックのサブグリッドモデルを実装したことにより、MW や M31 の衛星銀河数が再現された。一方で、かねてより、星を持たないダークマターサブハロー (ダークサテライト) が大量に存在することが予想されているが、未だに見つかっていない。ダークサテライトを発見する手法として、ステラーストリームとの相互作用を観測するという手法が提案されてきた。先行研究では、ステラーストリームとダークサテライトが垂直に衝突することでギャップが形成されることが示された。M31 には矮小銀河起源とみられる 2 本の並行なステラーストリームが観測されているほか、Gaia 衛星によって MW にも並行な球状星団起源とみられるストリームが複数観測されている。本研究では、これまで形成過程の不明であった並行ストリーム構造が、ダークサテライトがステラーストリームを切り裂くように衝突することで形成されるという仮説を立てた。解析モデルと N 体シミュレーションを用いて検証を行い、並行なストリームの形成に成功した。ダークサテライトの検出にステラーストリームとの相互作用を用いる手法は、ダークサテライトの質量や個数密度分布への制限をつける手掛かりとなることが分かったので、報告する。また、ダークマターの性質の制限につながる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](#)

X44a Simultaneous formation of the Andromeda Giant Southern Stream and Eastern Extent

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 (総合研究大学院大学), 千葉証司 (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により、Andromeda Giant Southern Stream (AGSS) や Eastern Extent (EE) 等を含む、M31 のハロー領域における銀河衝突の痕跡や重元素量の空間分布が明らかになってきた。AGSS は M31 中心から南方に 100 kpc 以上にわたって恒星が細長く分布する巨大な構造であり、約 1Gyr 前の銀河衝突で形成されたと考えられている。一方で、EE は AGSS の南側に位置し、AGSS とほぼ直交する恒星 Stream だが、その形成過程は謎のままである。本研究では、M31 衝突前の AGSS progenitor の動径方向重元素量勾配を仮定した高分解能 N 体シミュレーションを用いて、AGSS 内の重元素量分布や 3 次元空間分布を調査した。その結果、AGSS 形成途中に、EE に対応する構造も発現することが判明した。この事は、AGSS と EE が同時に形成された可能性を示唆している。しかし、AGSS 形成に関する先行研究である Kirihara et al. (2017) のシミュレーションパラメータでは、EE が観測 (Preston et al. 2021) よりも南側に形成されることが分かった。そこで本研究では、progenitor のダークマターハローのスケール半径や質量を変化させ、重力ポテンシャルの影響をチューニングすることで、EE をより北側に形成し、観測を定性的に再現することに成功した。また、North-East Shell や West Shell を形成する星は、元々 progenitor の中心付近に分布していたため、恒星系の重力ポテンシャルに強く束縛されて、ダークマターハローの影響が小さいことも明らかにした。本講演では、シミュレーションモデルの詳細と AGSS や EE の重元素量分布について報告し、観測による検証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](#)

X45a 銀河スケールにおけるダークハローのカस्प-コア遷移とその起源

林航平 (仙台高専), 金田優香, 森正夫 (筑波大学)

冷たいダークマター理論 (CDM) は宇宙の大局的な構造を非常に良く再現している一方で、銀河スケールでは観測事実との相違がみられ、CDM 理論の小スケール問題として指摘されている。特に銀河や矮小銀河中心のダークマター分布の不一致は「カस्प-コア問題」と呼ばれ、活発な議論がなされている。

この問題の解決方策の 1 つとして、星形成に伴うバリオンフィードバック機構が挙げられる。CDM 理論に基づく銀河形成シミュレーションでは、超新星爆発などのバリオンフィードバックによってその周囲のガスの放出が複数回に渡って起こり、その結果の重力場変動によりダークハロー中心部の密度分布がカस्प構造からコア構造に遷移すると予想している。このカस्प-コア遷移は、銀河のバリオン質量とダークマター質量との比に依存し、特にガスリッチな矮小銀河や銀河系スケールでコア形成のピークを持つ。一方で、このカस्प-コア遷移が実際の銀河で起きているのかはあまり検証されていない。

本研究では、特にコア形成のピークを持つスケールに対応する低表面輝度銀河に焦点をあて、その動力学解析を通してダークマター分布推定を行った。さらに矮小銀河から銀河団までの様々な質量スケールと比較することで、カस्प-コア遷移が起きているのかを検証した。その際、カस्पやコア構造を反映する物理量として Kaneda et al. (2024) で提案されたダークハロー平均面密度を用いてその検証を行ったところ、カस्प-コア遷移の兆候が確認され、さらに銀河形成シミュレーションが予想するものと概ね一致することがわかった。

本講演では動力学解析の詳細を述べるとともに、本研究で得られたカस्प-コア遷移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](#)

X46a ダークマターハローのカस्प-コア遷移における臨界条件

篠崎倫, 森正夫, 金田優香(筑波大学), 林航平(仙台高専)

Lambda-Cold Dark Matter (LCDM) モデルは、銀河より大きなスケールで宇宙の構造形成の説明に成功している一方で、銀河・矮小銀河スケールではいくつかの問題点が依然として存在している。その中でも活発な議論的となっているもののひとつが、ダークマターハローの質量密度分布が理論予想と観測で矛盾する「カस्प-コア問題」である。銀河形成シミュレーションでは、超新星爆発などのバリオンフィードバックによるガスの質量放出がダークマターハローの重力場変動を引き起こす。それによりカस्प構造からコア構造へとダークマターハロー中心部の密度分布が遷移する「カस्प-コア遷移」がこの問題の解決策の一つとして考えられている。

本研究では、初期にカस्प型の NFW profile (Navarro, Frenk & White 1996) を持つダークマターハローがコア型の Burkert profile (Burkert 1995) に遷移する過程をモデル化し、その過程でのエネルギー輸送を検討した。また、バリオンフィードバックの影響は II 型超新星爆発によるものが支配的であると考え、初期質量関数 (IMF) から予言される II 型超新星爆発のエネルギーとカस्प-コア遷移前後でのハロー全体のエネルギー変化をエネルギー変換効率の観点から議論した。ここでは、Salpeter(1955), Kroupa(2001) 及び Chabrier(2005) の 3 つの IMF について解析を行った。その結果、カस्प-コア遷移が起こる為の臨界恒星質量の導出に成功した。具体的には、ダークマターハローのビリアル質量とハローに付随する銀河のバリオン質量、及びダークマターハローの characteristic surface density (Kaneda, Mori & Otaki 2024) の 3 次元パラメータ空間での相互関係を調査した。さらに、その理論模型と観測データと比較することで、実際の銀河での II 型超新星爆発フィードバックによるカस्प-コア遷移を検証した。本講演では、その解析方法と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](#)

X47a Revealing the Cosmic Baryon Distribution with FRBs and Subaru PFS

Khee-Gan Lee (Kavli IPMU)

The dispersion measure (DM) from Fast Radio Bursts (FRBs) are a promising probe of “missing” cosmic baryons since they encode all ionized gas along the line-of-sight. However, it has proved challenging to precisely model the separate DM contributions from the Milky Way, FRB host, intervening cosmic web, and CGM halos. Detailed spectroscopic observations of the foreground galaxy distribution help precisely characterize the cosmic web and foreground CGM DM contributions, dramatically improving our sensitivity toward the IGM and CGM baryon distributions. The FLIMFLAM survey has implemented this idea with 4m-class spectroscopic surveys targeting localized FRBs, and the first data release (DR1) analysis of 8 FRB fields has made the first-ever measurement of the fraction of cosmic baryons residing in the diffuse IGM, $f_{\text{igm}} = 0.60^{+0.11}_{-0.10}$, as well as measuring the CGM halo gas fraction $f_{\text{gas}} = 0.55^{+0.26}_{-0.29}$. With Subaru PFS, we would be able to target higher-redshift FRBs at $\langle z_{\text{frb}} \rangle \approx 0.6$ compared to $\langle z_{\text{frb}} \rangle \approx 0.15$ of FLIMFLAM. This represents $\sim 4\times$ increased cosmic path length probed per FRB field, allowing significant improvements in the f_{igm} constraints to the $\sim 2\%$ -level with samples of ~ 30 FRBs. These measurements will allow strong and unique constraints on the nature of stellar and AGN feedback that redistribute the cosmic baryon, which has been shown in cosmological simulations to modify the IGM baryon fraction by up to $\Delta f_{\text{igm}} \approx 0.25$. In this talk, I will both summarize the recent FLIMFLAM results, as well as present forecasts for constraints possible with PFS.

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

X48a TDCOSMO: Updated constraints on the Hubble constant from time-delay cosmography

Kenneth C. Wong (University of Tokyo), TDCOSMO Collaboration

We present the latest cosmological constraints from multiply-imaged gravitationally lensed quasars by the TDCOSMO collaboration. The measured time delays between multiple images provide a one-step determination of absolute cosmological distances, and therefore can constrain the Hubble constant (H_0) in a manner that is independent of the CMB or the local distance ladder. Since our previous milestone result, we have added another lens to our sample for a total of eight systems, and have obtained spatially resolved kinematics of one of the previous TDCOSMO lenses. We have extended our sample of external lenses with the addition of the SL2S sample and improved the quality of their kinematic measurements with Keck/KCWI IFU data in order to constrain the lens galaxy mass profile at the population level. We have incorporated an updated hierarchical analysis of line of sight structure, and are including triaxiality and projection effects to model stellar kinematics in the lens galaxies. The results are kept blinded until the analysis is complete. We expect a conservative $\sim 5\%$ measurement of H_0 from TDCOSMO lenses alone, and a $\sim 3\%$ measurement when the external lens datasets are incorporated.

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

X49a A 10% H_0 measurement with the doubly lensed quasar HE 1104–1805

Eric Paic et al. (University of Tokyo)

Time-delay cosmography leverages strongly lensed quasars to measure the Universe's current expansion rate, H_0 , independently from other methods. The sample of TDCOSMO lenses used for such measurement is dominated by quadruply lensed quasar. While these offer the most constraints on the main deflector's mass profile, doubles allow the sample to expand by a factor of 5 and sample a broader population of lens galaxies, hence preventing eventual selection biases.

In my talk, I will present the first TDCOSMO analysis of a double-imaged source, HE 1104–1805, including the measurement of the necessary ingredients: (1) Time delay: Using over 14 years of monitoring data, we measure the time delay with a precision of 7%. (2) Resolved kinematics: Using MUSE data, we extract stellar velocity dispersion measurements in three radial bins with a precision ranging from 8% to 20%. (3) Employing HST imaging and marginalizing over various modelling choices, the time delay distance reaches 9%. By combining kinematics, forward modelling and external convergence measurements, we break the mass-sheet degeneracy and measure H_0 with a 10% precision from a single system.

The high relative precision of the time delay enables us to achieve an H_0 precision comparable to that obtained with quadruply lensed quasars. This work is a stepping stone towards precisely measuring H_0 with a large sample of doubly lensed quasars to supplement the current sample of quadruply lensed quasars.

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

X50a Revealing the nature of Quadruply Lensed Quasar System (J0147+4630)

Lakra Abhay (University of Mumbai, Centre for Excellence in Basic Sciences), Katsuya Okoshi (Tokyo University of Science), Daichi Kashino (NAOJ), Kazuyuki Ogura (Kobe City College of Technology), Toru Misawa (Shinshu University) and Natsuki Hayatsu (NAOJ)

We present the results of a spectroscopic investigation of the quadruply lensed quasar system J0147+4630, with the primary objective of determining the redshift of its lensing galaxy and addressing prior discrepancies in the system's characterization. Previously, the lens redshift was determined to be 0.577 (Rubin et al 2018) and 0.678 (Goicoechea and Shalyapin 2019 ; Mozumdar et al 2023). We determined the lens redshift using long-slit spectral data obtained with the Faint Object Camera and Spectrograph (FOCAS) on the Subaru Telescope. We have carefully extracted the spectrum of the lensing source, removing contamination from the background bright quasar. Based on the extracted spectrum which exhibits absorption lines arising from the stellar component, we carried out full spectral fitting analysis using a library of stellar spectral templates. The updated lens redshift was integrated into a gravitational lens model of the system, revealing key details about the mass distribution of the lensing system. Notably, the system's unique asymmetric configuration, resembling a "parachute," offers new insights about the complex interplay of the lensing system. These results contribute to improving lensing models and understanding the environment of the lensing 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](#)

X51a 銀河中心核における大質量ブラックホールの質量進化

井上 一 (JAXA 宇宙科学研究所)

明るい活動銀河ほどより若い宇宙の時代に観測されるダウンサイジング現象と、銀河中心ブラックホールと銀河バルジの質量比例関係をともに説明するため、大質量ブラックホールの誕生と巨大質量への進化の筋書きを考察した。宇宙初期に銀河バルジ規模の原始ガス自己重力構造が形成され、そのコア部分(中心核領域)で種ブラックホールが巨大質量にまで質量進化を遂げることを考える。ダウンサイジング現象を説明するには、種ブラックホールが10億年ほどの時間で顕著な質量増加をすることが求められ、そのような短い時間での質量増加には、種ブラックホールが分子雲のコアのような非常に密度の高いところで生まれ、十分な質量増加をする間そこに居続けることが必要となる。そのような要求を満たす種ブラックホールは、ミニハローで生まれた種族IIIの星からのものとは考えにくく、中心核領域の中心に生じた分子雲のコアで生まれた種族IIの星からのものと考えられる。中心分子雲のコア部分で生まれた種ブラックホールはまわりの高密度ガスを降着して質量を増やすが、最大質量をもつものが最速で成長し、それ以外のブラックホールの質量増加を阻害すると想像される。その最大質量ブラックホールは中心分子雲の質量程度に成長すると、まわりの分子雲と力学的な相互作用を及ぼすようになり中心核領域の中心付近を彷徨するようになって、付近のガスを降着してさらに質量を増やす。しかし、その質量がある臨界質量を超えると、中心核領域を動き回るふつうの星々との動的摩擦が大きくなって彷徨運動が阻止され、巨大質量ブラックホールは中心核領域の中心に沈み込むこととなり、その質量増加は臨界質量をわずかに超えたところで終わる。このような筋書きを考えると、ダウンサイジング現象と、中心ブラックホールとバルジとの質量相関関係を、無理のないパラメーター数値で半定量的に説明できる。

[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](#)

X52a 中間質量ブラックホールがある場合の共鳴緩和

船渡陽子 (東京大学)

我々は銀河中心において中間質量ブラックホール (IMBH) がある場合の共鳴緩和について N 体計算を用いて調べたので、その結果を報告する。

銀河中心には SgrA* という超巨大ブラックホール (SMBH) がある。近年の観測により、SMBH まわりの S 星と呼ばれる星の軌道やそれを取り巻く核星系の構造がわかってきた (e.g. Gravity Collaboration, *A&A*, 636, L5, 2020)。理論的には銀河中心のような SMBH を含む高密度核星系では共鳴緩和 (resonant relaxation、以下 RR) と呼ばれる力学的な緩和がおこると予想されている (Rauch et al, *NewA*, 1, 149, 1996)。我々は中心に支配的な重力源となる天体がある系に特化した N 体計算コード GPLUM (Ishigaki et al., *PASJ*, 73, 660, 2021) を用いて、SMBH まわりの星系の力学進化を調べ、銀河中心において、RR による軌道傾斜角の変化が数十年オーダの観測で観測される可能性があることを示した (Funato, 2024, Modest24)。

ただし今までは等質量系というのは理想的なモデル系での計算であった。現実には質量分布がある。また S 星の軌道の観測結果は銀河中心に 1000 太陽質量程度の IMBH が 1 個したとしても矛盾しない (GRAVITY Collaboration arXiv:2409.12261)。

そこで、今回我々は、IMBH が 1 個ある場合の星系の共鳴緩和を N 体計算によって調べ、次のようなことがわかった。(1) 数十年オーダでは、RR による軌道変化には IMBH の存在の有無を判断するほどの違いは見られない。(2) RR ではなく、IMBH との近接相互作用により大きく軌道が変化する S 星がありうる。このことは S 星系の形成や構造進化に影響する。

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

X53a 中心核ブラックホール質量-バルジ質量関係の赤方偏移依存性とその不確実性の検討

淵本 晃輝, 宇田川 賢, 岡 朋治 (慶應義塾大学)

銀河中心の超巨大ブラックホールの質量 (M_{BH}) と銀河バルジの質量 (M_{bul}) の間には良い相関 (Magorrian 関係) があることが知られている。近傍銀河においては、 $M_{\text{BH}}/M_{\text{bul}} = 10^{-3} - 10^{-2}$ の比例関係が観測から見出されており、中心核ブラックホールの形成・進化にその母銀河が関連しているとする「共進化仮説」の強い論拠となっている。最近の観測的研究の進展により遠方銀河の $M_{\text{BH}}-M_{\text{bul}}$ 関係が調べられるようになったが、これまでに報告された複数の結果の間には大きな不整合が見られる。具体的には、いずれの結果においても赤方偏移の近いサンプル毎に $M_{\text{BH}}-M_{\text{bul}}$ 間の弱い相関関係は確認できるものの、 $M_{\text{BH}}/M_{\text{bul}}$ の値とその赤方偏移依存性に関して相反する結果が得られている。特に赤方偏移依存性に関しては、ブラックホール質量と膨張宇宙解を関連付ける理論が提案されるなど、今も活発な議論が続けられている。

今回私たちは、 $M_{\text{BH}}-M_{\text{bul}}$ 関係に関する複数の先行研究を精査し、結果が相反する原因の究明を試みた。一般に遠方銀河においては、必然的に明るい天体を選択してしまうことによるバイアスの影響や、バルジと円盤成分の分離が容易ではないという理由により、 M_{BH} と M_{bul} 双方の評価に不定性が大きい。加えて、質量の算出方法や銀河サンプルの選択方法等、様々なバイアス要因がある。これらのバイアス要因に注意しつつ先行研究の解析を再確認した結果、銀河サンプルにおける形態選択が結果の不整合に大きく影響していることが分かった。この影響を最小限にすべく、赤方偏移が 3 以下にある楕円銀河のみを抽出して再解析を行ったところ、 $M_{\text{BH}}/M_{\text{bul}}$ 比は赤方偏移に依存するという結果を得た。本講演では、結果の妥当性ととも原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](#)

X54a あかり NEP Deep Field のチャンドラ X 線源同定と、埋もれた AGN の探索

宮地崇光 (メキシコ国立自治大学), AKARI NEP Survey Team

AKARI 衛星 IRC で $2-24 \mu\text{m}$ を 9 バンドで連続的にカバーするという、ユニークな観測による北黄極領域周辺の深及び広域レガシーサーベイデータは、AGN トーラスの高温ダスト成分の検出に威力を発揮する。JWST では、その視野の狭さから、特に中間赤外域で、同様の広さの領域を多くのバンドでカバーするには、時間がかかるであろう。この領域では、多波長フォローアップ観測が続けられており、また、Euclid 衛星での深サーベイ観測領域にも選ばれている。フォローアップの一貫として、我々は、北黄極の深サーベイ領域での Chandra 衛星による X 線観測を行なった。それにより得られた、吸収後の X 線光度あるいはその上限値、と、AKARI、Herschel、Spitzer、CFHT、Subaru HSC 等のデータを使っての SED 解析より得られた、AGN の赤外域トーラス熱放射成分の光度との比をとることにより、埋もれた AGN 探索をおこない、100 個を超える Compton-thick な吸収を受けた AGN の候補をみつけた。本講演では、X 線源の、特に HSC の対応天体の同定と、埋もれた AGN 探索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](#)

X55a 硬X線観測で探る矮小銀河 SBS 0335-052E に付随する赤外線変動天体の正体

小久保 充 (国立天文台), 波多野 駿 (総合研究大学院大学), 大内 正己, 中島 王彦 (国立天文台), 川口俊宏 (尾道市立大), 川室 太希 (大阪大), 山田 智史 (理研)

極めて低質量・低金属量 ($M_* \simeq 10^7 M_\odot$, $Z \simeq Z_\odot/40$) の青色コンパクト矮小銀河 SBS 0335-052E ($z = 0.0134$) の赤外線スペクトルエネルギー分布には、約 800 Kelvin の高温ダスト放射成分が観測されている。我々はその高温ダスト放射が数年のタイムスケールで光度変動を示していることを発見し、高温ダストの正体が中間質量ブラックホール ($M_{\text{BH}} \simeq 10^4 M_\odot$) に付随する活動銀河中心核 (AGN) 現象、すなわち光度変動する AGN 降着円盤を取り囲むダストトーラス放射であると推測した (Hatano et al. 2023, arXiv:2304.03726)。可視光の光度変動が観測されないこと、及び *Chandra* 衛星で観測された軟 X 線 (0.5 – 8 keV) 光度が低いことから、もし中間質量 AGN シナリオが正しいのならばこの AGN は厚いガス・ダストで隠された heavily obscured AGN であると考えられる。

我々は中間質量 AGN シナリオの検証を目的として、ガス・ダストに対する透過力の高い硬 X 線に着目し、SBS 0335-052E に対する *NuSTAR* 衛星による 180 ksec の硬 X 線 (8 – 24 keV) 観測を実施した。観測の結果、SBS 0335-052E からの硬 X 線放射は検出されず、AGN だと仮定した場合の (赤外線光度から期待される) 硬 X 線光度に比べて 1 桁以上硬 X 線光度が小さいことが明らかになった。この結果から、SBS 0335-052E に付随する光度変動する高温ダスト放射の起源は (1) 極めて厚い吸収体 ($\log N_{\text{H}} [\text{cm}^{-2}] \gtrsim 25$) によって隠されている Compton-thick AGN、または (2) 高光度の (未知の) 突発・光度変動コンパクト天体からの直接放射、あるいはその天体を取り囲むダスト領域からの赤外線再放射 (ダストエコー)、であると制限される。本講演では、硬 X 線を含む多波長観測データから示唆される SBS 0335-052E の全体像を議論する。

[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](#)

X56a HERA 観測に基づいた Direct Collapse に対する X 線の影響

木村和貴 (東北大学), 稲吉恒平 (北京大学), 大向一行 (東北大学)

これまでの遠方宇宙の観測から宇宙誕生 10 億年以内に既に $10^9 M_\odot$ を超える超大質量ブラックホール (SMBH) が存在することが明らかとなっている。これらの SMBH の起源の 1 つとして、重たい種ブラックホールを残す超大質量星が宇宙初期に形成される 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 Hydrogen Epoch of Reionization Array (HERA) 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。

そこで本研究では準解析的モデルを用いて、HERA の観測が示す X 線強度の下で Direct Collapse がどの程度抑制されるかを調べた。使用する準解析的モデルは Li et al. (2021) のモデルに X 線などの効果を新たに追加したものである。このモデルでは銀河合体や周囲の銀河からの放射を考慮しつつハロー内のガス進化を計算することができる。多くのハローに対して計算を行い統計的にハロー進化を調べた結果、高赤方偏移で重たい SMBH が観測されている overdense 領域にあるハローであっても、X 線による水素分子形成が促進された結果 Direct Collapse はほとんど起こらないことがわかった。一方で、Direct Collapse は起こらないものこのように overdense 領域では銀河合体が駆動する乱流により、高い確率で $10^4 M_\odot$ を越える重たい種ブラックホールを形成できることもわかった。さらに本講演では X 線強度が強い場合に重たい種ブラックホールがどれぐらいの数密度で形成されるのかも議論する。

[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](#)

X57b 初代銀河における恒星質量 BH の超臨界降着成長の統計的実現可能性

喜友名正樹 (京都大学)

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 Super-Eddington シナリオがある。BH 降着半径スケールの研究からは、BH 周囲に十分高密度 ($n_{\text{H}} \geq 10^{6-8} \text{cm}^{-3}$) 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。BH の質量成長に寄与できるほどの定常的な Super-Eddington 降着実現のためには、高密度ガスに BH がトラップされる必要があるが、BH 降着成長の宇宙論的シミュレーション研究では、このような高密度ガスの substructure は分解されていないことが多い。

Super-Eddington 降着の統計的実現性を検証するため、我々は、高密度ガス雲の substructure を含む系内での BH 降着成長の解析モデルを開発した。領域内に BH と複数のガス雲が存在する系を考え、BH がガス雲に出会って力学摩擦によって trap されれば BH がガス雲の質量を獲得できるとして、その“吸収断面積”を 2D Toy Model で計算して与えた。得られた断面積をもとに、ランダム運動するガスと BH 質量時間進化を確率的に追跡した。

2D Toy Model の計算結果として、BH 質量に対してガス雲質量が大きい場合、より trap が困難になることが分かった。このことは、一度の降着成長で BH 質量が 2-3 桁以上上昇するのが困難なことを示唆する。また、そもそもガス雲と BH の相対速度がガス雲の脱出速度より十分小さくしなければ、多くの場合ガス雲は BH をトラップできず、安定した Super-Eddington 成長が起こらないことが示された。本講演では、どのような super-Eddington 成長経路がより実現可能かについて論じる。

[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](#)

X58b [CII] 輝線のスタッキング解析による AGN 駆動アウトフロー探索

澤村真星 (東京大), 泉拓磨, 中西康一郎 (国立天文台/総研大), 奥田武志 (国立天文台/東京大), 松岡良樹 (愛媛大), 尾上匡房 (Kavli IPMU), 他 SHELLQs チーム

ALMA 望遠鏡を用いて観測された, $z \sim 6$ における低光度クエーサー 14 天体の [CII] 輝線に対して行った, スタッキング解析の結果を報告する. これらの天体は Hyper Suprime-Cam Subaru Strategic Program (HSC-SSP) により発見されたものであり, 静止系 UV においては比較的暗い ($M_{1450} > -25$). このような低光度クエーサーは, 銀河合体が駆動する進化の過程において, 星形成活動を失いつつある最終段階に位置すると考えられている. そのメカニズムとして活動銀河核 (AGN) 駆動のアウトフローにより, 周囲のガスやダストが銀河の重力ポテンシャル圏外にふきとばされる負のフィードバック作用が支持されており, 低光度クエーサーにおいても母銀河スケールに及ぶアウトフローの存在が予期される. 本研究ではこれらの低光度クエーサー 14 天体を対象に, それぞれの天体から [CII] 158 μm 輝線のスペクトルを抽出した. 個々の天体における [CII] スペクトル解析の結果においては, 14 天体の内の 3 天体に [CII] アウトフローが検出された. 一方, ノイズに埋もれた微弱なアウトフローの検出を目的としたスタッキング解析を行い, ~ 0.2 mJy/beam の感度を実現したが, 顕著なアウトフロー成分を検出することはできなかった. これらの結果は, クエーサー進化後期の段階では負のフィードバックがすでに沈静化しており非常に微弱, あるいは非常に低速度 ($< \text{FWHM}_{[\text{CII}]}$) なアウトフローを示唆している. 本講演では, 先行研究における [CII] 輝線のスタッキング解析と本研究との比較を通じて, 手法自体のアウトフロー研究に対する有効性に関しても議論を行う.

[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](#)

X59b H α 輝線銀河探査で明らかにする $z=2.23$ のクエーサーグループの周辺構造

石田光 (東北大学), 児玉忠恭 (東北大学), 松田有一 (NAOJ), 田中壺 (NAOJ), 久保真理子 (東北大学) 他

銀河の形成・進化とその周辺環境との関係を理解するにあたり, クエーサーは環境と深い繋がりを持つ現象として広く研究がなされてきた. ガスの豊富な銀河同士の合体やフィラメントに沿った冷たいガスの激しい降着によってクエーサーが発現するというシナリオでは, 遠方宇宙ではクエーサーは高密度な領域において見つかることが期待される. しかしクエーサーがどのような環境で発現するのかについてはさまざまな観測・理論研究間で異なる結果が得られており, まだよく理解されていない. 我々は複数の原始銀河団候補とその周辺の大規模構造を含む $z=2.23$ の 2QZ cluster と呼ばれるフィールドに着目した. このフィールドは 4 つのクエーサーが強く群れた領域として同定され, クエーサーの同時多発的な発現の起源と環境の関係を調査することができるユニークな領域である. 我々は H α ナローバンド撮像サーベイにより, 観測されたクエーサーの数がクエーサーと銀河の相互相関から期待される数よりも多く見つかったことがわかった. これは大規模構造の中において何らかの理由によりクエーサーを発現させる現象が増加した, もしくは活発となった可能性を示唆している. 本講演では, 他のクエーサー密集フィールドとも比較しながら, 大規模構造の中でどのようにクエーサーが発現し, 周辺の銀河形成・進化に影響を与えるの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](#)

X60a eROSITA X 線とすばる HSC SSP 可視光サーベイで明らかにする X 線で明るい $z \gtrsim 4$ クエーサー探査

石川 裕太, 市川 幸平 (早稲田大学), Bovornpratch Vijarnwannaluk (ASIAA)

X 線サーベイを用いた活動銀河核 (AGN) 探査は, 近傍宇宙から $z < 4$ において, AGN 探査の重要な手段の一つとして利用されている. その一方で, $z \gtrsim 4$ になると明るい AGN 種族であるクエーサーはその数密度が非常に小さくなることが知られている. 広域かつ高感度の X 線サーベイがこれまで存在していなかったこともあり, $z \gtrsim 4$ で判明している X 線で明るいクエーサー種族は, 可視光で最初に発見された天体をフォローアップ観測したものが主であった. しかし, 遠方宇宙ではダストで埋もれたクエーサー種族の存在が示唆されており, 多波長観測, 特に可視光では見逃されるガス吸収に強い X 線による $z \gtrsim 4$ の AGN 探査は非常に重要な役割を持っている.

eRASS (eROSITA All-Sky Survey) は, ROSAT 衛星と比較して $E < 2$ keV の軟 X 線帯で感度が約 2 桁向上 ($f_{\text{lim}, 0.3-2.3\text{keV}} \simeq 10^{-14}$ cgs) した X 線全天サーベイであり, 2024 年はじめにドイツ側による最初のデータリリースが行われた (eROSITA-DE DR1). 我々はすばる HSC-SSP 可視光撮像データ領域において, eROSITA X 線で検出された AGN と g, r, i -dropout 銀河をクロスマッチさせ, それぞれ 24, 15, 2 天体の遠方 ($z \gtrsim 4$) X 線 AGN 候補を選出した. そのうち g -dropout AGN 候補 8 天体については SDSS 分光データが存在し, そのうち 7 天体が確かに $z \sim 4$ クエーサーであることを確認した. このうち 3 天体は従来の可視光のクエーサー選出法であるカラーカラー選出からは漏れてしまう領域に位置しており, X 線検出と可視光帯の dropout 手法を組み合わせることで, 可視光単体のクエーサー探査よりも広い z 領域, あるいはダスト吸収が効いたクエーサーの探査が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](#)

X61a クラスタリング解析に基づく JWST で発見された低光度 AGN のハロー質量

有田淳也, 柏川伸成 (東京大学), 尾上匡房 (Kavli IPMU), 吉岡岳洋, 武田佳大, 星宏樹, 清水駿太 (東京大学)

これまでの JWST の観測によって高赤方偏移で $M_{UV} \gtrsim -20$ の低光度 AGN (JWST AGN) が多く発見されている。しかし、JWST AGN は、X 線ではほとんど検出されない、星質量に対して極めて大きいブラックホール質量を持つ ($M_{BH}/M_* \gtrsim 10^{-2}$)、既存の AGN の光度関数に基づく予測以上に多く存在するという JWST の観測以前に発見された AGN とは異なる性質を示している。そのため、JWST AGN と既知の AGN (例えば UV で選択されたクェーサー) の性質の差異を理解することが重要な課題となっている。そこで、本研究では 27 個の $5 < z < 6$ の分光観測で広輝線領域からの輝線が観測されている JWST AGN と 679 個の測光赤方偏移で選択された銀河の相互相関関数を計算し、JWST AGN の典型的なハロー質量を $\log(M_{halo}/h^{-1}M_{\odot}) = 11.53^{+0.15}_{-0.20}$ と推定した。これはクェーサーの典型的なハロー質量の $\log(M_{halo}/h^{-1}M_{\odot}) \sim 12.5$ と比較すると 1 桁小さい値である。さらに、理論モデルに基づいて JWST AGN を持つハローの質量進化を計算すると $z \lesssim 3$ にクェーサーの典型的なハロー質量に到達することが分かった。この結果から JWST AGN は $z \lesssim 3$ におけるクェーサーの前駆体である可能性が示唆される。本講演では、ハロー質量に基づく JWST AGN の性質および JWST AGN とクェーサーの差異について議論する。

[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](#)

X62a Removal of Molecular Gas: ALMA Observations of a Radio Galaxy at $z=5.174$

Kianhong Lee, Masayuki Akiyama (Tohoku U.), Kotaro Kohno (U. Tokyo), Daisuke Iono, Masatoshi Imanishi, Bunyo Hatsukade (NAOJ), Hideki Umehata (Nagoya U.), Tohru Nagao (Ehime U.), Yoshiki Toba, Xiaoyang Chen (NAOJ), Fumi Egusa (U. Tokyo), Kohei Ichikawa (Waseda U.), Takuma Izumi (NAOJ), Naoki Matsumoto (Tohoku U.), Malte Schramm (U. Potsdam), and Kenta Matsuoka (Utena Meishu Company)

We present ALMA observations of the [C II] 158 μm line and the underlying continuum emission of TN J0924–2201, which is one of the most distant known radio galaxies. The [C II] line and 1-mm continuum emission are detected at the host galaxy. The systemic redshift derived from the [C II] line is $z_{[C II]} = 5.1736 \pm 0.0002$, indicating that the Ly α line is redshifted by a velocity of $1035 \pm 10 \text{ km s}^{-1}$, marking the largest velocity offset between the [C II] and Ly α lines recorded at $z > 5$ to date. In the central region of the host galaxy, we identified a redshifted substructure of [C II] with a velocity of $702 \pm 17 \text{ km s}^{-1}$, aligning with a model of an outflowing shell structure, consistent with the large velocity offset of Ly α . The non-detection of [C II] and dust emission from the three CO(1–0)-detected companions indicates their different nature compared to dwarf galaxies based on the photodissociation region model. Given their large velocity of $\sim 1500 \text{ km s}^{-1}$, outflowing molecular clouds induced by the AGN is the most plausible interpretation, and they may exceed the escape velocity of a $10^{13} M_{\odot}$ halo. With the ongoing and fossil large-scale outflows, these results suggest a distinctive phase of removing molecular gas from a central massive galaxy in an overdense region 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](#)

X63a 宇宙論流体シミュレーション CROCODILE による熱的 AGN フィードバックの銀河進化への影響

西濱大将 (大阪大学), 奥裕理 (浙江大学), 長峯健太郎, 豊内大輔 (大阪大学)

活動銀河核 (AGN) は、その膨大なエネルギーと放射を通じて周囲の銀河や環境に影響を及ぼし、AGN フィードバックと総称される一連のプロセスを通じて銀河進化に寄与している。本研究では、宇宙論的流体シミュレーション CROCODILE (Oku & Nagamine 2024) を用いて、AGN フィードバックの影響を銀河規模で詳細に解析した。CROCODILE は熱的 AGN フィードバックモデルのみを採用しており、運動的なフィードバックは含まれていない。その中で、銀河質量 $M_* (< 30 \text{ kpc}) = 10^{10.5-11.2} M_{\odot}$ の銀河を対象に解析を行った。

解析の結果、AGN フィードバックは $z = 1.5$ を境に銀河の密度半径プロファイルに顕著な変化を与え、10 kpc 以内のガス密度を約 2 倍減少させた。結果、銀河全体の星形成率 (SFR) は約 50 % 低下することが確認された。この SFR の減少は、ガスの温度変化によるものではなく、AGN フィードバックによる密度分布の変化が主たる要因であった。また、本銀河サンプルおよび宇宙の星形成率密度の両方については $z \simeq 2$ でピークを迎え緩やかに減衰した一方、銀河中心ブラックホールへのガス降着率は $z \simeq 1.5$ 以降でも緩やかに増加していた。このような赤方偏移変化を反映して、 $z = 1.5$ 以降は、AGN によるフィードバックエネルギーが銀河全体のフィードバックエネルギーの中で無視できない割合を占め始め、 $z \simeq 0.5$ 以降に至っては約半分を占めてい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](#)

X64a 銀河形成における環境依存性：解釈可能な機械学習を用いた解析

内田 舜也¹, Suchetha Cooray², 西澤 淳^{3,1}, 竹内 努^{1,4} (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)

現在の銀河形成の理解では、銀河はダークマターハロー内部で形成され、存在している。そのため、銀河の性質はハロー(サブハロー)の性質や分布と密接に関連しており、例えば stellar-to-halo mass relation などが知られている。一方で、銀河は孤立した天体ではなく、その性質は銀河を取り巻く多様な環境に大きく依存している。例えば、小スケール(〜1 kpc)では、銀河の合体がガスの流入、ガスの金属量の変化、中心ブラックホールへの降着を通じて銀河の特性に影響を与えることが知られている。中間スケール(〜1 Mpc)では、相互作用するハローの潮汐効果がそれぞれのハローの形成に影響を与え、銀河ハローの歴史に影響を与える可能性がある。より大きなスケール(ハローのビリアル半径より大きい距離; 1〜4 Mpc)では、銀河の星形成率に相関があることが知られている(galactic conformity)。本研究では解釈可能な機械学習モデル(ニューラルネットワーク)を用いて、銀河周囲の環境情報の特徴付けるフレームワークの構築を試みた。まずダークマターサブハローの性質を基に銀河の性質(星質量、星形成率)を予測するモデルを、IllustrisTNG シミュレーションのデータから訓練した。次に、解釈可能性の機械学習の指標である XAI (SHAP) を用いて、銀河の性質が環境の影響をどの程度受けるのかを解析し、環境と銀河の性質との相関関係について調べた。その結果、銀河性質の予測に対して高い寄与をする特徴量を特定することができた。また、central 銀河と satellite 銀河の間や、銀河の星形成活動に基づくグループごとに、環境から受ける影響が異なることが分かった。

本講演では、以上について議論し、銀河形成における環境の役割を明らかにするための新たな視点を提供する。

[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](#)

X65a Stellar Metallicity and Quenching Mechanisms in Passive and Star-Forming Galaxies: Insights from the ν^2 GC Semi-Analytical Model

劉乾晟(北海道大学)、岡本 崇(北海道大学)、大木平(旭川高専)、長島雅裕(文教大学)

This study investigates the stellar metallicity differences between passive and star-forming galaxies and explores the underlying physical mechanisms. Observational data reveal that passive galaxies exhibit higher metallicities at fixed stellar masses compared to their star-forming counterparts, with these differences diminishing when compared at fixed gravitational potential. Using the ν^2 GC model, this research successfully reproduces the observed trends, highlighting the crucial importance of star formation timescale. The findings confirm that passive galaxies are quenched primarily through strangulation. Moreover, extended star formation timescales amplify the metallicity differences, indicating that metal dilution and early quenching play significant roles in shaping these differences. The study also hypothesizes that a "pseudo-strangulation" process in central galaxies, caused by delayed gas accretion in dark matter halos, contributes to the observed metallicity patterns. The results underscore that while supernova feedback and gravitational potential wells influence metallicity evolution, it is the star formation timescale that primarily governs the metallicity offset between passive and star-forming galaxies. These findings confirm strangulation as a key quenching mechanism and offer new insights into the interplay between star formation history and galaxy evolution.

[スケジュール\(セッション毎\)に戻る](#)

[スケジュール\(全体\)に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X66a A PAH deficit in the starburst core of a distant spiral galaxy

Zhaoxuan Liu (UTokyo/Kavli IPMU/CEA-Saclay), John Silverman (UTokyo/Kavli IPMU), Emanuele Daddi (CEA-Saclay), Boris Kalita (Kavli IPMU/KIAA), Annagrazia Puglisi (USouthampton), and the COSMOS Team

We present observations and analysis of a starburst galaxy (PACS-830) at $z = 1.46$ whose dust-obscured morphology is revealed by NIRCcam to be that of a grand-design spiral thus favoring a scenario where intense star formation is not due to a major merger. We assess the strength and distribution of star formation using multiple tracers: (1) Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) emission detected at $8 \mu\text{m}$ (L_8) with a MIRI/F1800W image, and (2) L_{IR} , inferred from the CO (J=5-4) ALMA map. In particular, we detect one of its spiral arms with all tracers including CO (J=5-4) which contributes $21 \pm 6\%$ to the total flux. Within a dust-obscured starbursting core, the spatial profiles of the L_{IR} and L_8 are dissimilar thus leading to a significant deficit of mid-IR (L_8) emission in the core. This may be due to the destruction of PAH molecules by the intense ionizing radiation field, similar to star-forming regions in nearby galaxies and AGN host galaxies, and consistent with the global properties of distant starbursts. This study directly reveals spatial variations in the L_8 to L_{IR} ratio for the first time in the distant universe, in agreement with expectations from theory. Our analysis underscores the pivotal role of joint high-resolution observations with JWST and ALMA in discerning the different phases of the interstellar medium (ISM) and revealing internal physics in galaxy substructures.

[スケジュール\(セッション毎\)に戻る](#)

[スケジュール\(全体\)に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X67a $z \sim 5.5$ のバルマーブレーク銀河で探る星形成活動の抑制機構

高橋宏典 (東北大学), 森下貴弘 (Caltech/IPAC), 兒玉忠恭, Zhaoran Liu, 大工原一貴 (東北大学)

銀河がどのように星形成を停止 (quench) するかを解明することは、銀河進化における物理過程を理解する上で重要である。近年、JWST により $z > 4$ で、バルマーブレークが顕著に見られ ($0.1 \lesssim \text{Age [Gyr]} \lesssim 1.0$)、かつ [OIII] 輝線を放つ銀河が報告されている。そのような銀河の性質に迫るべく、本研究では JWST/NIRCam および NIRSpec のデータを用いて、分光データのある $z \sim 5.5$ の 4 つのバルマーブレーク銀河を解析した。Spectral Energy Distribution (SED) 解析を行った結果、最近 (約 50 Myr) に銀河の大部分で星形成活動が抑制されていると推定された。さらに、 $H\alpha/H\beta$ 輝線比の測定と SED 解析の結果の比較から、輝線を放出しているダストの多い局所的な星形成領域あるいは AGN が存在することがわかった。このことからまず quenching が大局的に起こり、残存する星形成領域や AGN はダストに覆われている可能性がある。銀河が低質量 ($M_* \sim 10^9 M_\odot$) であることで、外側の比較的浅い重力ポテンシャルにより超新星爆発によってガスが放出され、外側から quenching が進行する “Outside-in quenching” シナリオが考えられる。うち一つの銀河に対して形態の解析を行ったところ星の連続光の空間分布より [OIII] を放射している領域はコンパクトであった。この結果は中心にダストの多い星形成領域あるいは AGN が存在する一方で外側では星形成が停止していることを示しており、上記のシナリオを支持すると結論づけた。

[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](#)

X68a Systematic Exploration of massive quiescent galaxies at high redshift with JWST/NIRSpec

Kei Ito, Francesco Valentino, Pengpei Zhu (DAWN, DTU Space), Massissilia Hamadouche, Katherine Whitaker (UMass Amherst) and members of JWST GO 3567

遠方 ($z > 2$) の星形成活動が穏やかな大質量銀河は近傍宇宙における最も重い楕円銀河の祖先であると考えられており、その形成過程の理解が楕円銀河形成や遠方宇宙での大質量銀河形成の理解には重要である。一方で、バルマーブレークやバルマー吸収線などの重要なスペクトルの特徴はこの赤方偏移では観測系で近赤外線に位置するため、地上望遠鏡による分光観測では得ることが極めて難しかった。そこで、我々は James Webb Space Telescope (JWST) の分光装置 NIRSpec の多天体観測モードで、 $3 < z < 4$ の星形成が穏やかな大質量銀河のフォローアップ観測プログラムを実行している (ID:3567, PI: F. Valentino)。ターゲットとした 10 天体のうち、9 天体の観測が完了しており、最初のターゲットに関しては 2024 年秋季年会で報告した (講演番号 X45A)。本講演では、この観測プログラム全体の進捗状況と解析状況について報告する。取得したスペクトルは Cosmic Dawn Center で構築している DAWN JWST Archive と同一の手法で処理され、強い吸収線を全ての天体で確認した。現在これらのスペクトルを用いて、星形成史やアウトフローなどの観点で複数の解析が進められている。特に、公開データも含めて 30 天体程度の星形成活動が穏やかな大質量銀河について吸収線から星の速度分散を求め、星質量-速度分散関係を既存の低赤方偏移の関係と比較した。加えて、メインサンプルに加えて観測した $z = 7.29$ の星形成活動が穏やかな大質量銀河 (Weibel et al. 2024) において $H\delta$ 等の吸収線を検出することに成功した点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](#)X69b gzK 選択による赤方偏移 2 の電波銀河探査

小林 星羅, 長尾 透, 山本 優太, 柴田 航平 (愛媛大学), 久保 真理子 (東北大学), 内山 久和, 鳥羽 儀樹, 山下 拓時 (国立天文台)

大質量銀河が星形成を止めるメカニズムの候補として AGN feedback が挙げられる。これは、AGN から放射される莫大なエネルギーが周囲の星やガスに影響を与える現象である。特に電波銀河はジェットによるガス加熱やガスの掃き出しの効果を持つことから星形成抑制のメカニズムが働く重要な天体であるが、遠方宇宙において知られている電波銀河の大半は爆発的な星形成を行っていることが確認されている。つまり、高赤方偏移ではジェットによる星形成抑制の効果が働いていないように思われる。しかし、遠方電波銀河は非常に希少であり、十分な統計量での研究が行われていない。そこで、多様な星形成史を持った遠方電波銀河サンプルを構築するため、星形成銀河に加えパッシブ銀河も選択できる gzK 選択を用いて $z \sim 2$ における遠方電波銀河の選択を試みた。

本研究では、HSC-SSP の可視光カタログ、VIKING の近赤外線カタログを用いた gzK 選択を行い、選択した $z \sim 2$ の銀河に対し FIRST の電波カタログをクロスマッチさせた。同定された遠方電波銀河候補天体 (gzK -RGs) に対し unWISE の中間赤外線データを含め、CIGALE を用いた SED fitting によって物理量を推定した。その結果、 $z \sim 2$ の星形成電波銀河を 38 天体、さらにパッシブ銀河を 15 天体得ることができた。同定された gzK -RGs の星質量は $10^{11} M_\odot$ を超えた非常に大質量な銀河であり、特にパッシブ電波銀河は星形成電波銀河よりも有意に大質量であることがわかった。また、電波で検出のない天体について gzK -RGs と同様の選択を行った。 $z \sim 2$ の銀河と gzK -RGs の星質量を比較したところ、パッシブ銀河にのみ、有意に gzK -RGs の方が大質量銀河であることが判明した。これより AGN feedback の効果と星質量に関係が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](#)

X70a RIDEN Survey: Rubin/LSST を用いた ELAN 大規模探査

嶋川里澄 (早稲田大学)、菊田智史 (東京大学)、日下部晴香、Yongming Liang (国立天文台)、百瀬莉恵子 (カーネギー天文台)

宇宙大規模構造は、ダークマターの密度ゆらぎが重力によって成長し、それに伴いバリオンであるガスが集まり、銀河が誕生することで形成された。ただ実際は、銀河中の星やガスが占めるバリオンの割合は宇宙全体の1割にも満たず、大規模構造や銀河形成の全容解明には銀河外のバリオン (銀河間ガス) の理解が不可欠である。しかしながら、銀河間ガスは希薄で暗く直接観測が難しいため、未だに多くの物理現象についてコンセンサスが得られていない。そんな中、2014年に発見された巨大な Ly α 輝線雲である ELAN は、銀河間ガスが Ly α 輝線で約 300kpc 以上にもわたって輝く天体で、銀河間ガスを空間的に捉える唯一の指標として注目されている。一方で、これまで発見された ELAN はわずか 6 天体程しかなく、大規模サンプルの構築が喫緊の課題となっている。そこで我々は、ルービン天文台で 2025 年に開始する大型国際共同探査 Legacy Survey of Space and Time (LSST) を活用し、南天ほぼ全域に渡る初の ELAN 大規模探査を計画している。我々は先行研究で採られていた狭帯域フィルターによる探査手法を、LSST でも使用される広帯域フィルターに拡張させた新しい手法を提案しており、近年実データで ELAN 探査に非常に有効であることを確認した (Shimakawa 2022 MNRAS 514:3910)。最終的に既存研究の千倍を超える規模の ELAN 探査が実現できる見込みで、LSST 早期データだけでも 20-100 天体の ELAN の検出を予想している。本講演では、すばる戦略枠プログラム (HSC-SSP) データを中心に、最大で約 1 万天体のクエーサーに対して行なったパイロット探査の成果を、LSST への期待を込めて紹介する。

[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](#)

X71a Anisotropic satellite galaxy quenching in clusters beyond $z = 1$

安藤誠 (国立天文台)、嶋作一大、松井思引 (東京大学)、伊藤慧 (Cosmic Dawn Center)、田中匠 (東京大学/IPMU)

銀河団内部の星形成を停止した衛星銀河は、銀河団中心銀河の長軸方向を好むように分布していることが近年報告されている。この非等方性の起源について中心銀河の AGN 活動性と結びつけた議論や、銀河団の外側に位置する大規模構造内で事前作用を受けた銀河の降着で説明する議論が存在するが、決定的なことはわかっていない。また赤方偏移範囲については、すばる望遠鏡 Hyper-Suprime Cam 戦略枠観測のデータを用いた我々の研究により、 $z = 1$ までは星形成を停止した衛星銀河の非等方的な分布が検出されているが (2022 年秋季年会; X46a)、それより遠方で同様の傾向があるのかは確かめられていない。

そこで本研究では、より高赤方偏移の銀河団でも星形成停止銀河の非等方的な分布が見られるのかを調べるため、GOGREEN と呼ばれる遠方銀河サーベイの公開データに着目した。 $0.9 < z < 1.4$ に存在する約 10 個の銀河団に対し、近紫外線から近赤外線にわたる SED 解析から求めた測光的赤方偏移を用いて、中心銀河の長軸方向から測った方位角の関数として、星形成を停止した銀河の分布を調べた。その結果、統計的有意性は高くないものの ($\lesssim 3\sigma$)、 $z > 1$ で既に非等方的な星形成の停止が起きていることが確かめられた。また観測された非等方性の起源の理解のため、宇宙論的銀河進化シミュレーションを用いて銀河団に降着する銀河の方位角の時間変化を調べたところ、降着後の銀河の方位角は比較的短時間 ($\sim 0.5 \text{ Gyr}$) で大きく変化することがわかった。このことは、非等方性を生じせしめる物理メカニズムが銀河団内部で働く環境効果であった場合、速やかに衛星銀河の星形成を変化させる必要があることを示唆する。これらを踏まえ、観測された非等方性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](#)

X72a 赤方偏移 7.9 の原始銀河団 A2744-z7p9OD のメンバー銀河の星間媒質 II

大曾根涉、橋本拓也、碓氷光崇 (筑波大学)、井上昭雄、馬渡健、菅原悠馬、Yi Ren (早稲田大学)、札本佳伸 (千葉大学)、田村陽一、萩本将都 (名古屋大学)、橋ヶ谷武志 (京都大学)、Tom Bakx (チャルマース工科大学)、仲里佑利奈、吉田直紀 (東京大学)、松尾宏 (国立天文台)、J. Álvarez-Márquez, L. Corina (El Centro de Astrobiología) 他 RIOJA グループ

原始銀河団の研究は、銀河の環境効果のメカニズムを理解する上で重要である。我々はこれまで、赤方偏移 7.9 に存在する原始銀河団 A2744-z7p9OD に注目し、JWST による観測データを活用してメンバー銀河の星間媒質や星形成活動を調査してきた。その結果、同原始銀河団のコア領域に属しているメンバー銀河は、輝線比 $O32(\log([O III]\lambda 5008\text{\AA}/[O II]\lambda\lambda 3727, 3730\text{\AA})) \sim -0.1 - 0.4$ であり、同じ時代にある典型的な天体と比較して $\sim 0.8 \text{ dex}$ 低く、 $z \sim 3$ の典型的なライマンブレイク銀河と同程度の値をとることが明らかになった (2024 年春季年会 X10b)。また、コア領域に属しているメンバー銀河はコア領域に属していないメンバー銀河と比較して、星質量、ダスト減光量 A_V が高く、直近の星形成活動が控えめな傾向を示すことが明らかになった。これらの結果は、同じ原始銀河団に属する銀河でも、コア領域の内外でその性質に違いがあることを示唆している (2024 年秋季年会 X34a)。本研究では、同原始銀河団のメンバー銀河の各物理量間の関係を調査し、同じ時代にある典型的な天体から導出される標準的な関係との比較を行った。その結果、コア領域に属するメンバー銀河は、星質量-金属量の関係では標準的な関係に概ね従う一方で、O32 と他の物理量 (星質量、金属量、比星形成率) の関係においては標準的な関係から外れる傾向を示すことが明らかになった。本講演では、得られた結果を用いて本天体の性質を高密度領域における銀河の成長に関連づけて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](#)

X73a 銀河形成最盛期の原始銀河団に見られる低質量銀河の活発な星形成活動の物理的起源について

萩原颯, 児玉忠恭, 大工原一貴 (東北大学)

宇宙の星形成密度は $z \sim 2$ に最盛期を迎えており、銀河の形成・進化についての理解を深める上で最も重要な時代となっている。この時代の原始銀河団において、銀河の星質量-星形成率関係を逸脱するような活発な星形成活動 (スターバースト) を示す低質量銀河 ($< 10^9 M_{\odot}$) が多く存在することが観測により分かっている。銀河の星形成活動を活性化させる原因としては、主に銀河同士の衝突合体と、大規模構造のフィラメントに沿ったガスの降着の2つのシナリオが考えられるが、それらのスターバーストへの寄与はいまだ不明確である。

本研究ではこれらのスターバーストの起源を探るため、公開シミュレーションの IllustrisTNG (Nelson D. et al. 2019) を用いた。これは宇宙論的銀河形成流体シミュレーションの1つであり、現実の観測結果をよく再現するものである。また、銀河の性質として重要な環境の密度を、観測手法に則して銀河の数密度で定義し、 $z \sim 2$ の宇宙で異なる環境下での銀河特性の比較を行った。その結果、銀河の星形成活動が環境に強く依存し、特に低質量のスターバースト銀河が存在する割合が、銀河団のような高密度環境において増加していることが分かった。さらにその物理的な理由を探るため、それらの銀河の質量や星形成率の時間進化を調べると、ほとんどの銀河が直近に銀河同士の衝突合体を起こしており、それによって星形成活動が活性化されていることが示唆された。本講演では、これらの結果についてより詳しく議論する。

[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](#)

X74a HIMMEL: $z = 2.23$ 原始銀河団とその周辺領域における $\text{Ly}\alpha$ の共鳴散乱とダスト減光の環境依存性

船木美空, 児玉忠恭, 久保真理子, 大工原一貴 (東北大学)

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、星形成の活動性も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いずれ高温になり、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性はまだ明確ではない。

そこで、我々は H I ガスの分布を調査するために、HIMMEL プロジェクト (H I Mapping with Multiple Emission Lines) を立ち上げた。このプロジェクトでは、複数輝線の撮像観測を行い、それらの共鳴散乱効果の違いを利用することで、 H I ガスの分布を間接的に探ることを目的としている。本研究では、このユニークな手法を $z = 2.23$ の原始銀河団およびその周辺の大規模構造に適用した。この領域では、HiZELS サーベイによって、すでに1度超のスケールに渡って多数の $\text{H}\alpha$ 発光天体 (HAE) が発見され、フィラメント状の構造が確認されている。これに対し、我々は Subaru/HSC の狭帯域フィルターを用いて、同領域をカバーする広視野の $\text{Ly}\alpha$ 撮像観測を行った。

その結果、原始銀河団周辺の $150 \text{ cMpc} \times 150 \text{ cMpc}$ の領域に 786 個の $\text{Ly}\alpha$ 発光天体 (LAE) を発見した。また、LAE と HAE の空間分布の比較と、両輝線プロファイルの比較、SED fitting により $\text{Ly}\alpha$ の共鳴散乱とダスト減光に環境依存性があることを発見した。これらの結果に基づき、冷たいガスが周囲のフィラメント構造に沿ってどのように銀河団へ降着し、その後、銀河団コアがどのように電離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](#)

X75a ADF22-WEB: A giant barred spiral starburst galaxy in the $z = 3.1$ SSA22 protocluster core

Hideki Umehata, Yoichi Tamura, Shuo Huang (Nagoya University), Kouichiro Nakanishi, Daisuke Iono, Yuichi Matsuda (NAOJ), Mariko Kubo (Tohoku University), Kotaro Kohno (University of Tokyo), Ikki Mitsuhashi (University of Colorado Boulder), Toshiki Saito (Shizuoka University), and ADF22-WEB team

In the present-day universe, the most massive galaxies are ellipticals located in the cores of galaxy clusters, harboring the heaviest super-massive black holes (SMBHs). However the mechanisms that drive the early growth phase and subsequent transformation of these morphology and kinematics of galaxies remain elusive. Here we report (sub)kiloparsec scale observations of stars, gas, and dust in ADF22.A1, a bright dusty starburst galaxy at $z = 3.1$, hosting a heavily obscured active galactic nucleus and residing in a proto-cluster core. ADF22.A1 is a giant spiral galaxy with the kinematics of a rotating disk with rotation velocity $V_{\text{rot}} = 530 \pm 10 \text{ km s}^{-1}$ and diameter $> 30 \text{ kpc}$. The high specific stellar angular momentum of this system, $j_* = 3400 \pm 600 \text{ kpc km s}^{-1}$, requires a mechanism to effectively spin-up ADF22.A1, indicating the importance of accretion from the cosmic web to supply both gas and angular momentum to the galaxy. At the core, gas flows along dust lanes in a bar connected with the bright dusty core and the estimated mass ratio of a bulge to SMBH matches the local relation, suggesting that bars are a key mechanism to shape the early co-evolution of these components. Comparison with cosmological simulations shows that ADF22.A1 will likely evolve into a massive elliptical at the present day, experiencing a significant reduction in angular momentum.

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

X76a 深層学習で検出した $z \sim 3.5$ 原始銀河団候補の分光同定とメンバー銀河の性質

武田佳大, 柏川伸成 (東京大学), 伊藤慧 (DAWN), 利川潤 (兵庫県立大学), 久保真理子 (東北大学), 百瀬莉恵子 (Carnegie Observatories), Yongming Liang (国立天文台), 吉岡岳洋, 有田淳也, 星宏樹, 清水駿太 (東京大学), 内山久和 (国立天文台)

原始銀河団は近傍宇宙にみられる銀河団の前駆体であり、銀河進化における環境効果を調べる理想的な観測対象であるが、 $z = 4$ 以上では原始銀河団の検出は困難を極め、未だに十分な数は発見されていないのが現状である。そこで我々は測光観測データから原始銀河団検出を行う新しい深層学習モデル PCFNet を開発し、HSC-SSP Deep/UltraDeep 領域 (約 17 平方度) から 121 個の $z \sim 4$ 原始銀河団候補の検出に成功した。これらのうち 3 つの原始銀河団候補について、すばる望遠鏡/MOIRCS で K バンド分光追観測を行ったところ、2 領域でそれぞれ 5 つの天体が同一赤方偏移到検出され、 $z = 3.403, 3.408$ の原始銀河団として同定された。また、残りの 1 領域も 4 つの天体が同一赤方偏移到検出され、 $z = 3.526$ の原始銀河団である可能性が高い。これらの原始銀河団メンバー銀河の検出数は、PCFNet から予測されていた期待値と同程度であり、PCFNet によって効率的な原始銀河団探索が可能であることが示された。さらに、最大 8 つのバンド ($ugrizyJK$) を用いて SED フィットティングをしたところ、原始銀河団メンバー銀河の方が大質量かつダストが多い一方で、比星形成率は一般的な星形成銀河と同じであることがわかった。本講演ではさらに、[OIII], $H\beta$ 輝線を利用して得られる銀河の性質についても議論する。本手法で検出された原始銀河団は周囲の銀河と比べて進化がより進んでおり、原始銀河団における冷たいガスの流入や銀河合体が効果的に反映されていることを示唆している。今後、本手法を用いて高赤方偏移でより多くのサンプルが確保され、原始銀河団についての包括的な議論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](#)

X77a $z = 3.70$ の原始銀河団における内部構造と銀河の性質の関係

利川潤 (兵庫県立大学), Stijn Wuyts (University of Bath), 柏川伸成, 小野宜昭 (東京大学), 内山久和 (国立天文台), Malcolm Bremer (Bristol University), Marcin Sawicki (Saint Mary's University), 久保真理子 (東北大学), 伊藤慧 (DAWN)

原始銀河団と呼ばれる遠方宇宙における銀河高密度領域は、宇宙の構造形成だけではなく銀河進化と環境効果の関連性を探るためにも重要な研究対象である。HSC すばる戦略観測によって大規模な原始銀河団候補のサンプルが構築された。本研究では、そのうち 1 つの原始銀河団候補領域に対して Keck/DEIMOS を用いて分光追観測を行った。天球面上での銀河数密度の超過に加えて、13 天体が赤方偏移方向においても非常に狭い範囲 ($\Delta z < 0.05$) に集中しており、 $z = 3.70$ において新しく原始銀河団を発見した。原始銀河団銀河の 3 次元分布を、原始銀河団の中心からの距離 (D_{cen}) と隣接する原始銀河団銀河からの距離 (D_{nei}) という大局的・局所的な 2 つの指標を用いて定量化した。両者は緩やかに相関しており、中心に近いほど局所的な銀河数密度も高い傾向である。銀河の性質については、静止系紫外光度が明るい原始銀河団銀河は同じ明るさのフィールド銀河と比べて $\text{Ly}\alpha$ 輝線の等価幅が小さい事が分かった。さらにそのような原始銀河団銀河の性質は D_{cen} よりも D_{nei} とより強い相関を示していた。これは原始銀河団は遠方宇宙においては非常に数密度の高い領域ではあるが、銀河団形成のまだ初期段階であり隣接する銀河のような局所的な環境が銀河進化に対してより強い影響を与えていると予想される。大質量銀河やサブミリ波銀河の公開カタログも活用することで、可視撮像・分光観測では探査できていない銀河種族についても調べると、大質量銀河は原始銀河団中心部にそしてサブミリ波銀河は外縁部に分布している可能性を示した。原始銀河団銀河の性質・種族の変化と原始銀河団の内部構造との関係から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](#)

Y01a Raspberry Pi High Quality Camera による国立天文台 三鷹キャンパスの夜空の明るさ観測結果

小野間 史樹 (星空公園/国立天文台 周波数資源保護室), 平松 正顕 (国立天文台 周波数資源保護室)

「夜空の明るさ」とは人間活動に伴う照明の上方漏れ光により夜空のバックグラウンドが自然光以上に明るくなることを指す。この夜空の明るさの測定手法として、専用の測定器である Sky Quality Meter やデジタル一眼カメラを用いる方法が知られている。また近年、比較的安価で消費電力が低くオンボードでデータ処理が可能な Raspberry Pi High Quality Camera(HQ Camera) が登場したため、夜空の明るさ測定への適用を目指しその評価を行っている。

2024 年 6 月から国立天文台 (東京都三鷹市) にデジタル一眼カメラと HQ Camera を設置し、HQ Camera の評価及び都市部における夜空の明るさの日々変化の継続的な調査を行った。2024 年 6 月から 10 月の観測結果から三鷹市の夜空の明るさは 17~18 等級/□" 程度であり、夜半過ぎにかけて明るさが暗くなる都市部に特徴的な明るさ変化を示すことが確認された。また実績のあるデジタル一眼カメラを基準に HQ Camera を評価し、測定結果が良い一致を示すことが確認された。一方、HQ Camera はセンサが小型であり光学系も歪みが大きいため、星像が散乱しやすく従来の方法では背景の明るさとの分離が困難であることが明らかになった。講演では HQ Camera を用いる際の背景の明るさの分離手法の提案や HQ Camera 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](#)

Y02a 生涯学習のきっかけ作りとしての星空観望会 一周南公立大学地域ゼミでの実践一

道山知成 (周南公立大学)

SDGs の目標「質の高い教育をみんなに」が示すように、持続可能な地域発展には誰もが学べる場の提供が必要不可欠である。しかし、科学館が生涯学習の重要な拠点である一方で、全ての自治体が科学館を設置することは難しい。本研究では、科学館のない地域において「非専門家が提供する星空観望会」を生涯学習のトリガーとして提案・実践し、その学びの多様性と可能性を評価することを目的としている。

本講演では、山口県周南地域を対象に、2023 年 12 月、2024 年 8 月、9 月、さらに 2024 年 12 月に実施予定の星空観望会の成果を基に、参加者と運営を担当した大学生へのアンケートを質的に分析し、非専門家による観望会運営の課題を議論する。観望会では、望遠鏡 (口径 80mm 程度) 2 台 (自動追尾ありとなし) と電視望遠鏡 1 台を使用し、月、木星、土星を観測した。月の観察は全ての望遠鏡で問題なく実施でき、観望会参加者の反応も良かった。一方で、木星や土星の観測では担当者ごとの操作の得手不得手が顕著であった。また、電視望遠鏡を用いた星雲の観測は簡単に成功したものの、現実感に欠けるため、参加者の理解を深めるには専門家の解説が必要であることが明らかになった。今後は、アンケート結果の量的解析も含めたさらなる試行を通じて、地域社会における「非専門家が開催する星空観望会」の最適化を図り、持続可能な生涯学習の場を提供する方法を探求していく。

[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](#)

Y03a 企業幹部人材を対象とした研修における天文学の活用とその評価

高梨 直紘, 岡村 定矩 (東京大学), 巽 庸一郎, 横山 雄平, 伊藤 信久 (TOPPAN)

天文学という営みに触れることで、人がどのように変容するのかを明らかにする 第一歩として、企業の管理職を対象に行った調査研究の結果を報告する。

科学的な思考力や宇宙観を身につける上で天文学が有意義であることは広く語られているが、具体的にどのような効果があるのかを、児童ではなく社会人を対象に検証した例は決して多くない。

そこで我々は、TOPPAN 株式会社の協力を得て、管理職向けの研修において天文学を活用したプログラムを実施するとともに、研修の参加者を対象としたアンケート調査を実施し、その効果の測定を行った。また、あわせてヒアリング調査も行い、企業の管理職にとって天文学を学ぶことにどのような意味があるのか、言語化を試みた。

本報告では、これらの調査の概要を紹介し、得られた結果について報告するとともに、企業人材の育成という文脈における天文学の活用可能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](#)

Y04a 東京学芸大学 40cm 望遠鏡を活用した昼間の一等星の遠隔観測

松尾英里子、土橋一仁、畑中美里 (東京学芸大学)、下井倉ともみ (大妻女子大学)

我々は、東京学芸大学が所有する口径 40cm の光学望遠鏡 (以後: 40cm 鏡) をインターネットに接続することにより、教室や自宅からの遠隔天体観測を取り入れた教育実践を行っている (例えば、2022 年秋季年会 富田ほか、2023 年春季年会 土橋ほか、2024 年秋季年会 土橋ほか、松尾ほか)。これにより、児童・生徒は、望遠鏡の準備や移動を行うことなく、学校の教室に居ながら天体観測を体験することができる。また、昼間の授業中の観測であるため、夜間に児童生徒を集合させる必要もなく安全に観測を行うことができ、教える側の教員にとってもメリットが大きい。これまでの教育実践では、太陽のほか、昼間でも観測可能な月や金星の観測を取り入れた授業を実践してきた。

本講演では、2024 年 7 月 10 日に新宿区立柏木小学校で、小学校第 4 学年理科「月と星」の単元の授業で遠隔観測を行ったので、報告する。この単元では、星の明るさや色に着目し、星によって明るさや色が異なることを学習する。そこで今回は、通常の授業時間中である昼間に、一等星 (恒星) の観測を試みた。観測する恒星には、「リゲル・シリウス・ベテルギウス」を選んだ。これらの恒星は冬の有名な一等星であり、色の違いの分かる恒星である。昼間の授業時間中でも一等星の明るさや色の違いを観察できるよう、40cm 鏡にカラーの CMOS カメラを取り付け、その映像を Microsoft Teams を用いて柏木小学校の教室に中継した。

授業後に実施したアンケート結果と児童の様子から、昼間であっても一等星の明るさと色の違いを観察できることを確認し、児童の天体観測への興味関心を高められたことが分かった。

[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](#)Y05a 定時制高校における可視光線と H α 輝線によるリアルタイム太陽観測授業の実践

須崎今日子 (都立八王子拓真高校)、土橋一仁、塩原遼太郎、畑中美里、松尾英里子、中村梓 (東京学芸大学)

東京学芸大学の天文学研究室では、太陽を可視光線と H α 輝線で同時に観察することが可能な太陽望遠鏡の開発・整備を行っている (塩原, 2024 年度卒業論文)。この望遠鏡の開発目的の一つは、小学校から高等学校での理科授業での活用である。望遠鏡が捉えた可視光線と H α 輝線の太陽の画像を、Teams や Zoom などの遠隔会議用ツールを利用して、学校の理科授業に配信するシステムの構築を目指している。本講演では、開発中の望遠鏡を用いて試行した授業実践について報告する。

授業実践は、定時制高校である東京都立八王子拓真高等学校で、同校 1 年次の必修科目である「科学と人間生活」の授業の一部として、2024 年 11 月 27 日に実施した。参加者は 1 年次 2 クラス合計 56 名の生徒で、各クラスとも、連続した 2 校時分 (90 分) の時間をかけてそれぞれ授業を実施した。授業では、まず、使用する望遠鏡や東京学芸大学の天文学研究室について紹介し、2 種類の望遠鏡の特徴を解説した。その後、大学の屋上で撮影した可視光線と H α 輝線による太陽の映像を、Teams の画面共有機能を使ってリアルタイムで高校の教室のモニターに映し出し、クラスの生徒全員で観察した。生徒たちは、モニターに近寄って黒点の暗部や半暗部の違いに留意しながら太陽のスケッチをしたり、映像に映るプロミネンスの高さを太陽の直径から推定する活動を行った。また、過去数日分の画像と見比べて、太陽の自転周期を推定する学習も行った。本講演では、この実践について紹介し、リアルタイムでの太陽観測が定時制高校の生徒の学習意欲向上につながるかについて論じる。

[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](#)

Y06a 高校理科必修科目に関するカリキュラム研究 (III)

縣秀彦、日隈脩一郎 (国立天文台) ほか

本研究グループでは高等学校理科 4 領域が、現在はほぼ独立して指導されている一方、その内実は相互に関連しながら現代社会の問題に密接に関連していることを重視し、科学教育の意義・目的と現代社会における役割を再考し、生徒の課題発見と課題解決能力の育成を主眼とした総合的かつ基礎的な必修理科学科目を構想し、実践・評価することを目的としている。

2023 年 12 月に生徒と教員向けのアンケート調査を実施した。その結果、次の 3 点が判明した。(1) 次期学習指導要領改訂において、仮に共通基礎科目を設置する場合、物理・化学・生物・地学に含まれる基礎内容を扱う必要がある。(2) 生徒が学びたいのは「地球温暖化などの気候変動」、「ヒトの理解」、「宇宙の理解」、「感染症」等であった。理科離れを減らす意味でも、生徒の学びたい動機を考慮したカリキュラム編成が望まれる。(3) 2016 年 2 月の日本学術会議からの提言「これからの高校理科教育のあり方」発出の際には、現職教員から共通基礎科目を設置することへの反対意見が、文部科学省に寄せられたが、アンケートの結果、7 割に近い現職教員が自分の専門ではない基礎科目 (2 単位) をすでに受け持っており、アンケートの結果、6 割を超える現職教員が共通基礎科目を指導することが可能であると回答した。以上のことを踏まえ、次期学習指導要領で実装可能なカリキュラム案を精査し、それらの実践・評価活動を継続中である。

[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](#)

Y07a 見えない宇宙を教室へー教室で利用できる宇宙電波望遠鏡と教育プログラムの開発

濤崎智佳, 畑中裕輝 (上越教育大学), 横尾信行 (柏崎市立北条中学校), 浅山信一郎 (SKAO), 河野孝太郎 (東大天文センター)

近年の技術の進歩によりソフトウェア無線等が登場し、宇宙電波観測が驚くほど容易になった。可視光では見えない宇宙を体験できる宇宙電波望遠鏡を使った教材が確立できれば、天文学ひいては自然科学への興味を喚起できることが期待される。そのために、中性水素原子ガスが放射する 21cm 輝線を観測可能な電波望遠鏡システムを開発した。システムは、ソフトウェア無線をはじめとした部品は全て、通販サイトやホームセンターで入手可能なものから構成されている。インターフェイスは、python をベースとして、Mac/Windows で利用可能なシステムを開発し、児童生徒でも容易に使用可能な GUI を実装している。開発したシステムを用いて、新潟県内の公立中学校 3 年生 13 名を対象に、「地球と宇宙」単元の「宇宙の広がり」の授業で実践を行った。授業では、事前に可視光以外の電磁波とそれによる宇宙の観測の可能性について学習し、当日は星座早見盤を用いて望遠鏡を向ける方向を星座レベルのスケールで生徒各自が選択、自らアンテナを向けて観測を行った。その結果得られたスペクトルを全天の位置と比較し、天の川付近から強く 21cm 輝線が出ている一方、離れると弱いことを確認した。授業後のアンケートでは、今後自主的に宇宙について学びたいかとの質問に、全員が「そう思う」「ややそう思う」と回答しており、学習への動機づけに効果があったことが示唆された。

現在、より使いやすく導入の容易なシステムを開発しており、教員や児童生徒等が利用しやすい背景となる知識やデータの扱い方を学ぶプログラムも検討している。今後は小学校や高校での実践も行なっていく。

[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](#)

Y08c 科目横断型学習教材開発に向けた東京学芸大学 40cm 鏡による狭帯域撮像

西浦慎悟, 細田龍, 土橋一仁 (東京学芸大学・教育・理科)

現行の高等学校理科では、選択制によって物理学・化学・生物学・地学の 4 領域の独立性が高くなっているが、その一方で、高等学校学習指導要領 (文部科学省, 2019) においては「教科等横断的な学習」が謳われている。天文学は、総合科学的・応用科学的な性格が強いため、教科等横断的な学習とは親和性が高く、これまでも様々な教科横断的・科目横断的な授業が計画・実施されている (例えば、直井, 2014, 第 28 回天文教育研究会 2014 年日本天文教育普及研究会年会集録, 173-176; 齋藤, 2014, 同集録, 177-180; 加藤, 2019, 第 33 回天文教育研究会集録 2019 年日本天文教育普及研究会年会集録, 121-124; 新明・富田, 2020, 天文教育, 32(3), 11-13)。

現在、我々は輝線天体の天文学を通して、原子構造やイオン、イオン化エネルギーといった物理学・化学領域の概念を学ぶ科目横断的学習の教材作成を試みており (西浦ほか, 2024, 日本天文学会 2024 年春季年会, Y12c), その一環として、東京学芸大学 40cm 望遠鏡 (UK Orion 製 ODK16, F6.8) と冷却 CCD カメラ (FLI 製 ML8300-GPS) 用に、8 種の狭帯域フィルターを作製した。これらを便宜上、H β 487($\lambda_c=487.0\text{nm}$, $\Delta\lambda=8.2\text{nm}$), OIII500($\lambda_c=500.1\text{nm}$, $\Delta\lambda=12.5\text{nm}$), NB527($\lambda_c=526.9\text{nm}$, $\Delta\lambda=12.2\text{nm}$), NB642($\lambda_c=641.9\text{nm}$, $\Delta\lambda=9.9\text{nm}$), Ha654($\lambda_c=653.9\text{nm}$, $\Delta\lambda=8.0\text{nm}$), Ha656($\lambda_c=655.9\text{nm}$, $\Delta\lambda=8.0\text{nm}$), Ha659($\lambda_c=659.0\text{nm}$, $\Delta\lambda=7.9\text{nm}$), SII674($\lambda_c=674.0\text{nm}$, $\Delta\lambda=12.1\text{nm}$) と呼び (λ_c は中心波長, $\Delta\lambda$ は半値幅)、典型的な輝線天体から放射される H α + [NII] $\lambda\lambda 6548, 6583$ 輝線, H β 輝線, [OIII] $\lambda\lambda 4959, 5007$ 輝線, そして, [SII] $\lambda\lambda 6716, 6731$ 輝線に対応している。2023 年 10 月から 2024 年 11 月までの 4 晩のテスト観測で惑星状星雲 M27 の H α + [NII], H β , [OIII] 輝線画像が得られ、水素イオンと 2 階の酸素イオンの空間分布の違いを見ることができた。ポスターでは詳細と今後の展開などを議論する。

[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](#)

Y09c 動的宇宙の理解を目指した観測データに基づく動画教材開発 I

伊藤信成 (三重大学), 山縣朋彦, 小林登馬 (文教大学), 西浦慎悟, 五十嵐功 (東京学芸大学)

国の GIGA スクール構想により、児童生徒に一人一台のタブレットが配布され、教育現場ではデジタル機器の利用が一般的になってきている。デジタル機器の導入により、これまで紙面という制約のためにできなかった動画および 3 次元的な視点を導入できることは、理科の中でも時間的・空間的スケールが大きく指導が難しいとされてきた天文現象の理解に有効である。特に天文現象は時間変動が小さいことから、日常の時間間隔の中では、その変化に気づきにくい。

そこで、天体の動きに着目したテーマについて、デジタル機器の利点を活かし、実際の天体観測画像を用いた動画教材を作成した。作成した動画は、太陽の自転、黒点数の変動 (11 年周期)、太陽の日周運動、恒星・星座の日周運動、小惑星の移動、変光星の光度変化などである。これらの動画教材の作成には、国立天文台が公開している SMOKA, 太陽活動データベース等のアーカイブも利用している。

作成した動画は、教材として用いることを念頭に、数値情報も付記しており、単に動画を見て変化を認識するだけでなく、発展的な取組として、数値化した情報から、考察を進められるような工夫をしている。

[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](#)

Y10b 文学部における天文教育 — エーテルと暗黒物質/暗黒エネルギーの比較

林隆之 (中央大学, 麻布中学校・高等学校, 国立天文台)

報告者は、2020 年度より中央大学文学部の教養講義「宇宙論」を担当している。講義は、題目として「宇宙論」を掲げているものの、現代宇宙論に限らず、古代から現代に至る宇宙観の変遷を話題とし、最終的には科学的な視点で現代の宇宙観を理解することを目指すよう設計された。

講義では、古代ギリシア哲学の中心的概念であるアリストテレスの「エーテル」と、現代宇宙論で重要な役割を果たす「暗黒物質」や「暗黒エネルギー」の類似性に注目し、それぞれの歴史的な文脈と科学的背景を比較した。アリストテレスの宇宙論において「エーテル」は、天体の運動を説明するために必要な物質として仮定された。この「エーテル」は、地上の四大元素（火・空気・水・土）とは異なる完全かつ永続的な物質であり、当時の哲学的宇宙観を支える基盤であった。一方、現代宇宙論における「暗黒物質」や「暗黒エネルギー」も、直接の観測とされていないものの、宇宙の大規模構造や宇宙の加速膨張などを通じてその存在が示唆されており、現代の宇宙観を支える重要な概念である。これらを比較することで、「観測された現象を説明するために、未知の存在を仮定する」という取り組みが、人類の知的営みの中で繰り返し用いられていることが明らかとなる。また、「エーテル」の概念が科学革命期において否定された経緯に触れることで、科学的知識が新たな観測や理論によって発展する過程も紹介した。これにより、受講者は現代宇宙論の課題を単なる難解な科学知識としてではなく、歴史的・哲学的文脈の中で捉えることができる。以上の試みは、宇宙を捉える人類の知的営みが時代を超えて共通することを示唆するものであり、受講者に深い洞察を促す一助となりうる。

本講演では、授業の工夫、学生の学び、現状の課題を共有し、人文系学生への科学教育の可能性を探りたい。

[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](#)

Y11b 天文学史教育研究の場でのデジタルアーカイブの利活用実践

玉澤春史 (東京大学)

日本学術会議が2016年に公開した報告「大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準 物理学・天文学分野」において、「獲得すべき知識と理解」として物理学や天文学の理工学的内容に加えて物理学概念の形成の歴史や天文学が誕生した歴史的背景、観測事実に基づく現代の宇宙観への変遷といった科学史的内容にも言及されている。特に科学史的内容については共通教育で触れる機会も重要であるが、座学による内容が主となりがちで、学生による主体的な学びの機会をどのように確保するかが課題である。講演者が2021年度より担当している科学史に関する大学の共通教育提供と科学史についての授業では、当初オンライン授業における作業機会の提供としてデジタルアーカイブを利用した課題を設定した。授業が2023年度より対面開催に変更されたのちでも継続して実施しており、課題の履行状況や内容理解においてオンラインと対面での学生側の反応、および回答の傾向に大きく変化はみられず、学生側へのレポート作成などで信頼性の高い情報源に触れる機会の提供となっていると同時に、デジタルアーカイブを通じた科学史・天文学史研究の一端を紹介できる機会となっている。

[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](#)

Y12a 国立天文台水沢における最初の女性天文学者

馬場幸栄 (国際日本文化研究センター)

昭和63(1988)年7月、岩手県の水沢という町に国立天文台水沢が発足した。発足当初の国立天文台水沢には地球回転研究系、理論天文学研究系、水沢観測センターと呼ばれる3つのグループが存在し、計35名の研究者が配属されたが、そのなかに唯一ひとり女性の研究者がいた。理論天文学研究系の助手(現在の助教)、佐藤イクである。彼女はいかにして国立天文台水沢最初の女性天文学者となったのだろうか。佐藤が国立天文台に勤務することとなったきっかけは38年前の緯度観測所にまで遡る。緯度観測所は明治32(1899)年に水沢に設置された文部省直轄の天文台であり、各種の国際観測プロジェクトを担う世界的研究機関のひとつであったが、その膨大な計算作業は主に水沢出身の女性計算係たちによって支えられていた。水沢出身で、計算が得意かつ天文学にも興味があった佐藤もまた、昭和25(1950)年3月に水沢高等学校を卒業するとすぐに緯度観測所に就職し、計算担当としてのキャリアを積んでいった。佐藤は緯度観測所において手回し計算機から電子計算機への過渡期を支えるとともに、国際緯度観測事業(ILS)、国際極運動観測事業(IPMS)、アストロラーブ観測、浮遊天頂儀観測、Z項等の計算作業に従事した。天文計算にとって不可欠な存在となった彼女は、同観測所が東京天文台や名古屋大学空電研究所第三部門と統合改組されて国立天文台水沢となると、そのまま同天文台の助手となった。平成4(1992)年3月に定年を迎えたため国立天文台職員であった期間はわずか4年だったが、緯度観測所時代も含めると、佐藤はじつに42年にわたり天文学の発展に尽くしたのだった。

[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](#)

Y13a 国立天文台と上海天文台の写真乾板電子化共同事業

柳澤顕史, 根本しおみ, 岩下由美, 春日敏測, 渡部潤一, 小山舜平, 中島康 (国立天文台), 古荘玲子 (都留文科大学), Zhao Jianhai, Yang Mei-Ting, Yong Yu (上海天文台)

国立天文台と上海天文台は、国立天文台が所有する写真乾板を電子化する国際共同事業を開始した。この写真乾板は、19世紀末から20世紀末にかけて記録された天体の再現不可能な研究資源である。電子化および公開によって、これらのデータは天体の長期変動や太陽系天体の軌道進化などの研究へ活用が期待される。

上海天文台は写真乾板のデジタルアーカイブ分野で先進的な取り組みを行っており、共同事業の重要なパートナーである。彼らは独自開発した乾板デジタイザを複数台保有し、中国国内のほぼ全ての写真乾板3万枚の電子化を完了しているほか、諸外国の乾板電子化にも取り組んでいる。これらのデジタイザは、低歪曲カメラと高精度2次元ステージを備え、最も高性能の装置は写真乾板を0.5ミクロン以下の歪みで電子化できる。世界の4研究機関にしかない同種装置の中でも、上海天文台のデジタイザは最も高速であり、16cm角の乾板を1分で電子化できる。

本事業の初年度である2024年度には、旧・岡山天体物理観測所と旧・堂平観測所で撮影された約5,000枚の写真乾板を電子化する。翌年度以降は、これらのデータを活用した共同研究を2年間実施し、研究終了後に電子化データを国立天文台・天文データセンターおよび中国の仮想天文台を通じて公開する予定である。本事業は、文部科学省のオープンアクセス加速化経費の支援を受け、国立天文台天文情報センター・アーカイブ室が推進している。本講演では、本国際共同事業の詳細を報告する。

[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](#)

Y14a オープンアクセスとプレプリントを取り巻く状況に対する学術分野ごとの認識差：天文学会会員を対象とした調査の自由記述の分析

玉澤春史 (東京大学), 井出和希 (大阪大学)

研究の様々なフェーズを研究者以外にもオープンにする運動であるオープンサイエンスは科学技術政策の一部としても言及されている。そのなかでも論文へのアクセスを自由にするオープンアクセスは、公開に関わる費用を著者が負担することの影響が、査読プロセスの前後で公開し速報的に知を共有するプレプリントの活用と連動して議論になっている。また、arXivの利用が日常的な天文学宇宙物理学分野を含む物理学分野と近年になって利用がはじめられた分野とではオープンアクセスやプレプリントに対し意識が異なる可能性がある。国内における研究者への意識調査は科学技術・学術政策研究所による調査(池内・林2023)などがあり、研究分野ごとの動向の違いは示唆されているものの、分野ごとの調査は用語の使い方も含めて検討される必要がある。研究分野間におけるオープンアクセスおよびプレプリントに対する意識の差を比較するため、分子生物学会で実施されたアンケート(Ide & Nakayama 2023)内容を天文学会でも実施した。2024年の7月10日から8月9日にかけてメーリングリスト(tennet)においてよびかけ、2474(7月10日時点、団体・賛助会員登録除く)の登録から246の回答を得た。自由筆記部分には76の回答があり、大まかな傾向としてはオープンアクセスに対しては著者の費用負担増加が研究にもたらす悪影響に対する懸念、プレプリントに対しては査読の有無による利用判断の違いなどの回答があった。

[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](#)

Y15a The impact of pop culture on astronomy and astrophysics terminology.

山崎大(茨城大学), 日下部展彦(アストロバイオロジーセンター/国立天文台), 川越至桜(東京大学)

世界的に人気が高い漫画、アニメ、それらのメディアミックス等のポップカルチャーが、天文学・宇宙科学用語の大学生の認知度と理解度に与える影響を調査するために、天文学・宇宙物理学の自然科学教養授業(自然科学系リベラルアーツ科目)において、天文学・宇宙物理学の科学用語とポップカルチャーの関係性のアンケートを実施し、その結果を解析した。その結果、一部の用語においては、日米の著作・映像作品(ドラえもん, DRAGON BALL, 天元突破グレンラガン, Doctor Strange in the Multiverse of Madness, Spider-Man: Across the Spider-Verse等[1-5])の影響が無視できないことが分かった。本研究では、これらの解析結果を踏まえ、科学用語を理解する際のポップカルチャーの影響と社会・教育的なインパクトを考察した。これらの考察から、科学・天文教育にポップカルチャーを活用できるのか、活用できた場合はどのような形になるか、についても議論した。

[1] 藤子・F・不二雄, 1974-1996, ドラえもん(全45巻, てんとう虫コミックス, 東京: 小学館). [2] 鳥山明, 1985-1995, DRAGON BALL(全42巻, ジャンプコミックス, 東京: 集英社). [3] 今石洋之監督, 2007, 天元突破グレンラガン, 放送局: テレビ東京系列, 制作: GAINAX, 製作: テレビ東京, KDE-J, 電通, ANIPLEX. [4] Samuel M. Raimi, 2022, Doctor Strange in the Multiverse of Madness, (Production company: Marvel Studios, LLC, Film distributor: Walt Disney Studios Motion Pictures). [5] Dos Santos, J. Powers, K., Thompson, J. K., 2023, Spider-Man: Across the Spider-Verse, (Production company: Columbia Pictures, Marvel Entertainment, Sony Pictures Animation, Pascal Pictures, Lord Miller Productions, Arad Productions, Film distributor: Sony Pictures Releasing).

[スケジュール \(セッション毎\) に戻る](#)

[スケジュール \(全体\) に戻る](#)

[講演者索引 TOP に戻る](#)

Y16a 科学・技術に対する意識調査

生田ちさと

本講演では、インターネットを通じて行った科学・技術関心度についての意識調査の結果について報告する。本研究では、(1) どのくらいの割合の人々が科学・技術に関心をもっているのか、(2) 科学・技術に関する情報は国民とわかりやすく共有されているか、について、回答者属性との関連や過去の調査結果との比較も含めて議論する。また、科学・技術のなかでも天文学や宇宙開発・探査については、特に焦点を当て、関心の有無と程度、関心をもつ層/持たない層の特徴について、注目して議論を行う。

本研究で用いる調査は、2024 年 11 月から 12 月にかけてインターネットを通じて行ったものであり、約 20,000 人 (男女ほぼ同数で、25 歳から 49 歳までの各年代同数となるように設定) の回答を取得した。回答者については年齢や性別に加え、未婚/既婚、子供の有無、同居する子供の有無と年齢層、業種、職種、最終学歴、世帯年収、居住形態、居住地 (都道府県)、といった属性データがある。科学・技術や天文学と宇宙開発・探査についての、一般的な国民の意識とこれらの属性との関連を分析し報告する。また、科学技術への国家予算の支出についての意識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](#)

Y17a 天文学と他分野とのコラボレーションで探る新たな天文普及の可能性

松本美帆, 波田野聡美 (国立天文台)

近年、科学コミュニケーション関連の国際会議において、天文学と他分野を掛け合わせたイベントの報告が散見されるようになり、世界的にも新しい天文普及の潮流となりつつある。2024 年 11 月 3 日、国立天文台は、国立天文台三鷹移転 100 周年を記念し、「天文学 × 現代アート 100 年の宇宙 (そら) 見つめる眼・歌う声」を開催した。1926 年に竣工した、天文台歴史館 (大赤道儀室) を舞台に、100 年前、現在、未来へと続く天文学について、国立天文台の天文学者 (石垣美歩) が語り、声のアーティスト・美術家 (山崎阿弥) が自らの声によるパフォーマンスで表現する。本イベントでは、天文学と異なる分野を掛け合わせたイベントを実施することで、今まで、星・宇宙・天文学に馴染みの無かった「新たなターゲット層」の取り込みを狙った。メインテーマは、「私たちはどこから来たのか、私たちは何者なのか、私たちはどこへいくのか」に象徴される宇宙の歴史である。これは石垣の研究領域である元素合成・天の川銀河形成史にも親和性の高いもので、さらに、古来より天文学が挑み続けるこの謎は、人類の根源的な問いでもあり、ターゲット層の心にも響くことが期待された。

一般に、アート × サイエンスのイベントでは、研究者はアーティストにインスパイアを与えはしても作品の制作については関わらず、アーティストが単独で担う事が常であろう。本イベントでは、研究者とアーティストによる一年を超える対話を通じ、科学的・理論的なアプローチを経て、パフォーマンスが作り上げられた。また、暗闇の中で音のみによるパフォーマンスを行ったことも、特徴的かつ斬新な試みであった。参加者へのアンケート結果等の分析により、ターゲット層へのリーチ度、実施した広報手法の効果、参加者満足度の測定を実施し、検証を通して今後の天文学 × 他分野の企画の広報普及の可能性を考察する。

[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](#)

Y18a プラネタリウム 100 周年と研究者とのコラボレーション

井上 毅 (明石市立天文学館), 毛利 勝廣 (名古屋市立大学/名古屋科学館), 田中 壺 (国立天文台ハワイ観測所), 持田大作 (名古屋科学館), 白田-佐藤 功美子, 石井 未来, 松元 理沙 (国立天文台ハワイ観測所), 小嶋智子 (JAXA), 橘省吾 (東京大学), 吉川真 (JAXA), 日本プラネタリウム協議会 100 周年実行委員会

プラネタリウムはドイツのカールツァイス社が開発し、ドイツ博物館にて 1923 年 10 月に試験公開、1925 年 5 月に常設された。このエピソードにちなみ 2023 年から 25 年にかけてプラネタリウム 100 周年記念事業が世界各地で開催されている。日本国内では日本プラネタリウム協議会 (JPA) が 100 周年記念事業を推進している。2023 年 10 月 21 日には全国のプラネタリウム館を結んだ一斉イベントを開催し、ドイツからの中継を行うなどの前例のない取り組みを実現した。100 周年事業については、プラネタリウム館のみならず、プラネタリウム業界以外の民間企業も参加するなど幅広い事業がおこなわれており、広く一般市民にプラネタリウムを通じて天文学や宇宙開発への関心を高める契機となっている。プラネタリウム 100 周年と研究機関が連携した事業も実施されている。本公演では連携の例として、(1) カプセル帰還 3 周年 & プラネタリウム 100 周年記念はやぶさ 2 拡張ミッション拡大イベント (連携: はやぶさ 2 の拡張ミッションチーム) (2) 小惑星イトカワ・リュウグウ ダブルサンプル巡回展示 (連携: JAXA 宇宙科学研究所地球外物質研究グループ、東京大学 理学系研究科宇宙惑星科学機構) (3) すばる望遠鏡 25 周年コラボイベント (連携: 国立天文台ハワイ観測所) 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](#)

Y19a すばる望遠鏡 25 周年：マウナケアの星空を全国のプラネタリウムへ同時配信

白田-佐藤 功美子, 石井 未来, 松元 理沙, 田中 壱 (国立天文台ハワイ観測所), 井上 毅 (明石市立天文科学館), 毛利 勝廣 (名古屋市立大学/名古屋市科学館), 持田 大作 (名古屋市科学館), 東山 正宜 (朝日新聞社)

1999 年にファーストライトを迎えたすばる望遠鏡の 25 周年事業を推進している。記念動画制作、東京都三鷹市での企画展、公式サイト「すばるギャラリー」への毎月 2 枚の新画像掲載等と並び、日本プラネタリウム協議会 (JPA) と「プラネタリウム 100 周年」×「すばる望遠鏡 25 周年」記念コラボを行った。2024 年 6 月に JPA 主催「全国プラネタリウム大会 2024」にてアナウンスを行って参加館を募り、2024 年 10 月 19 日の「全国一斉講演会」にてハワイから全国 25 の施設へ、マウナケアの星空や宮崎聡所長の講演をライブ配信した。2024 年 11 月～2025 年 3 月には、全国各地 10 の施設にてすばる望遠鏡関係者によるコラボ講演会を実施した。

「全国一斉講演会」では日本・ハワイ間の 19 時間の時差を利用し、ハワイの午後 7 時 (日本の翌日午後 2 時) から開始し、既に暗くなったマウナケア山頂域の星空を全国のプラネタリウム館にライブ配信した。国立天文台が朝日新聞社と共同運用している「星空ライブカメラ」西向き特設カメラより、紫金山・アトラス彗星の姿が映し出された時には、観客から歓声が起こった館があった。さらに、すばる望遠鏡「全天カメラ」が捉えた画像が、ハワイ大学ヒロ校運用の Maunakea Weather Center サイトにて随時更新されているが、プラネタリウムで使いやすい形式にした画像を名古屋市科学館サイトよりダウンロード可能にして、全国プラネタリウムで同時放映した。本講演では、全天周プラネタリウムでの投映と相性の良い全天カメラ画像ほか、すばる望遠鏡オンラインコンテンツ活用の可能性について紹介する。

[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](#)

Y20b ハワイ島・マウナケア山頂域すばる望遠鏡全天カメラの映像活用

毛利 勝廣 (名古屋市立大学/名古屋市科学館), 田中 壱 (国立天文台), 持田 大作 (名古屋市科学館), 白田-佐藤 功美子, 石井 未来, 松元 理沙 (国立天文台), 井上 毅 (明石市立天文科学館)

ハワイ島・マウナケア山頂域のすばる望遠鏡には、高感度・高解像度の全天カメラが設置され、Maunakea Weather Center サイトで随時更新されている。2024 年 10 月 19 日に行った「プラネタリウム 100 周年」×「すばる望遠鏡 25 周年」記念 全国一斉オンライン講演会イベントでこのデータを利用したのをきっかけに、元データをプラネタリウム用のドームマスター形式に再加工の上アーカイブし、全国のプラネタリウム関係者が利用できるような再配布システムを開発、国立天文台の許可を得たうえで公開したので報告する。

講演会は日本との時差を考慮し、開始時間をマウナケアの日没時頃に設定した。そして講演会中に撮影、アーカイブされた画像の中から最適なものを選択、プラネタリウムで投影しやすい形に整形編集した後、dropbox 等を用いて 25 箇所の会場と共有した。この結果、講演会の進行に合わせて各地のプラネタリウム会場の空を一斉に、準リアルタイムでのハワイの星空に切り替えることができた。当日は紫金山・アトラス彗星がよく見えており、夕焼け、天の川、宵の明星と尾を引く彗星を含む印象的な瞬間の星空を共有することができた。

このプラネタリウム向け全天画像を、名古屋市科学館 web サイトを通じて全国のプラネタリウムや一般利用者が閲覧、ダウンロードできる形で公開した。さまざまな研究拠点等での運用用全天カメラの映像を全国のプラネタリウムで容易に利用できるようにしていけたらと考えている。

[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](#)

Y21b プラネタリウム 100 周年記念事業公認企画の状況

大川拓也, 原秀夫, 長尾碧, 野村美月, 井上毅 (プラネタリウム 100 周年記念事業実行委員会)

ドイツにおける光学式プラネタリウムの誕生から 100 周年にちなんで、2023 年から 2025 年にかけて世界各地でプラネタリウム 100 周年記念事業が実施されている。国内では日本プラネタリウム協議会 (JPA) の活動としてプラネタリウム 100 周年記念事業実行委員会が立ち上がり、我が国独自の公式ロゴマークやポスター、国内向けウェブサイトなどで広報活動が展開されている。さらに公認企画という枠組みを設定し、プラネタリウム 100 周年のより効果的な周知が図られている。公認企画は様々な主催者による一般市民向けの企画名に「プラネタリウム 100 周年記念事業公認企画」の冠称を使用していただき一体感を醸成するしくみであり、世界天文年 2009 を盛り上げた公認イベントにヒントを得たやり方である。ウェブサイトにて申請を受け付け、記念事業の趣旨に賛同し周知に繋がる企画であること等の所定の条件を満たしていれば、営利・非営利を問わず公認企画となる。その数は申請受付を開始した 2022 年 8 月以来、合計 330 件以上となっており、各企画の予定や報告は随時ウェブサイトにて公開している。プラネタリウム館や関連企業・事業者による企画をはじめ、異分野・異業種の企業・団体等の企画もあり、プラネタリウム 100 周年にちなんだ幅広い活動の情報が集約されつつある。

プラネタリウム 100 周年記念事業の終了は 2025 年 5 月に設定されており現在も公認企画の申請受付中であるが、本発表では、公認企画の最新の集計結果を示すとともに、公認企画のもたらした影響・効果と課題について述べる。

[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](#)

Y22b 国立天文台日食観測隊アーカイブ作成について (ii)

米谷夏樹 (国立天文台), 大越治, 入江誠, 日江井榮二郎, 篠田一也, 萩野正興

国立天文台では、(東京天文台時代を含めて) 日食観測隊派遣を 1883 年 (明治 16 年) 以降、記録に残っているだけでも 39 回実施している。我々は観測隊のデータおよび資料のデジタルアーカイブ化を進めている。このような天文学の古い観測データをデジタルデータとしてアーカイブ化する意義として、(i) その時にしか得られないデータの希少性、(ii) 電子化以前のフィルムや乾板の保管条件 (湿度や温度) の制約や保管場所の必要性、(iii) データの取得方法などの内容について知っている人の減少、などが挙げられる。これらのデータをきちんと整理された形で残し、次世代につなげていくことは天文教育の使命である。今年度は 2023 年秋会で発表した Y11b に加え、1932 年 8 月 31 日のアメリカ日食から 1983 年 6 月 11 日のインドネシア日食までに起きた日食のうち 15 回の日食観測記録を調査、整理した結果とデジタル化した画像データの一部を公開するウェブページを作成した。複数の学会誌や機関誌に散在していた情報を取りまとめることで誤情報を修正したり、見落とされていた新たな資料の発見をしたりと大きな進捗があった。本稿では今回作成したデジタルアーカイブの一部を紹介する。

[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](#)PDL01 地球衝突の可能性が指摘された小惑星 2024 YR₄ のすばる望遠鏡による緊急観測

寺居 剛 (国立天文台), 吉田 二美 (産業医科大学), 吉川 真 (JAXA)

2024 年 12 月 27 日に ATLAS によって最初の観測報告がなされた小惑星 2024 YR₄ であるが、2032 年 12 月 22 日に地球に衝突する確率が 1.3% であると、2025 年 1 月 29 日に IAWN (International Asteroid Warning Network) が発表した。この小惑星は大きさが 40~90m と推定されており、地球に衝突するとたとえば 1908 年のツングースカ大爆発のような被害が生じることになる。大型望遠鏡を用いてもこの小惑星を観測できるのは 2025 年 4 月くらいまでであり、次の観測機会は 2028 年半ばまでない。可能な限り今回の観測期間中に軌道の推定精度を上げて地球衝突の可能性を明確にしておきたい、という IAWN から観測の要請が世界の天文台に発信された。

2024 YR₄ は発見されて以来地球から遠ざかり続けており、2 月後半には可視光で 24 等級よりも暗くなった。中小口径望遠鏡では観測が難しくなりつつある中で 2024 YR₄ の位置を高い精度で測定するため、我々は国立天文台ハワイ観測所のすばる望遠鏡と超広視野主焦点カメラ Hyper Suprime-Cam (HSC) を用いてハワイ時間 2 月 20 日に観測を実施し、約 20 分間の観測で複数回の露出にわたって 2024 YR₄ を捉えることに成功した。観測終了後すぐにデータ解析を行い、撮像時刻と位置座標および光度の測定データを即日 Minor Planet Center (MPC) に報告した。2 月 24 日には IAWN から地球への衝突確率が大幅に低減し 0.004% になったことが発表された。

現在、地球に接近する小惑星の観測が盛んに行われているので、今後もこのようなケースが起こると考えられる。そのようなときに迅速に対応して世界のプラネタリーディフェンスの活動に貢献していきたい。

[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](#)

【2024年 秋季年会講演取消一覧】

- U23a Proving the Manner of End of the Universe by Using Mathematical and Physical Calculations and the Hubble's Law
Saleh, Gh. (Saleh Research Centre)
- V259a 宇宙重力波望遠鏡 DECIGO/B-DECIGO
安東正樹 (東京大学)
- W53a 連星中性子星合体初期の自由中性子放射における水素ライン吸収の影響
石井彩子 (山形大学)

講演者索引
(50音順)

【A】 - 【Z】

Alsaberi, Rami Z. E.	Q09a
Baxter, Joshua Ryo.....	R08a
Cabezas, Denis Pavel.....	M26a
Cordova-Alarcon, Jose Rodrigo.....	V253a
Dorozsmai, Andris.....	W57a
Gauchan, Samip.....	S25a
Goto, Tomotsugu.....	N17a
Huang, Chujie.....	M13c
Huang, Shuo.....	X28a
Inami, Hanae.....	V241a
Keszthelyi, Zsolt.....	N28a
Kuzma, Pete.....	X41a
LAKRA, ABHAY.....	X50a
Lee, Khee-Gan.....	X47a
Lee, Kianhong.....	X62a
Liu, Jiabao.....	W35a
Liu, Zhaoxuan.....	X66a
Ly, Minh Nhat.....	W66b
Manoraj, Ivan Judah.....	P226a
Naufal, Abdurrahman.....	T13a
Ohashi, Nagayoshi.....	P108a
Paic, Eric.....	X49a
Ramos, Pau.....	R05a
Roy, Abhradeep.....	S36a
Shinnaga, Hiroko.....	N27a
Shinnaga, Hiroko.....	P112b
Hashimoto, Takuya.....	X21a
Tsuboi, Masato.....	R07a
Wang, Can.....	M07a
Wong, Kenneth.....	X48a
Yang, Yao-Lun.....	P223a
Yasui, Chikako.....	P213a
Yeung, Paul K. H.	W08a
ZHOU, Xinyu.....	M05a
Zhuang, Rui.....	P203a

【あ】

青木悠馬(あおき ゆうま).....	Q23a
青木和光(あおき わこう).....	N01a
青山有未来(あおやま あみら).....	W31a
青山雄彦(あおやま ゆうひこ).....	P317a
縣秀彦(あがた ひでひこ).....	Y06a
芥川慧大(あくたがわ けいた).....	M21a
浅井歩(あさい あゆみ).....	M25a
浅井和美(あさい かずみ).....	W21a
浅野裕也(あさの ゆうや).....	Q07a
芦田洋輔(あしだ ようすけ).....	N41a
厚地凧(あつち なぎ).....	W24a
阿部正太郎(あべ しょうたろう).....	Q25a
安部大晟(あべ だいせい).....	P120a
荒井翔吏(あらい しょうり).....	W41a
新井涼夏(あらい すずか).....	X10b
荒川創太(あらかわ そうた).....	P210b
有田淳也(ありた じゅんや).....	X61a
有賀麻貴(あるが まき).....	Q10a
栗木久光(あわき ひさみつ).....	V339a
安藤誠(あんどう まこと).....	X71a
安藤慶之(あんどう よしゆき).....	V342a

【い】

飯島陽久(いいじま はるひさ).....	M46a
飯野孝浩(いいの たかひろ).....	P312b
家正則(いえ まさのり).....	U05a
五十嵐太一(いがらし たいち).....	W67b
五十嵐諒(いがらし りょう).....	X18a
幾田佳(いくた かい).....	N15a
生田ちさと(いくた ちさと).....	Y16a
井口聖(いぐち さとる).....	V132a
井口恵(いぐち めぐみ).....	M23a
池田達紀(いけだ とうき).....	P113b
池田遼太(いけだ りょうた).....	X15a
伊師大貴(いし だいき).....	V343a
石川久美(いしかわ くみ).....	V302a
石川慶太郎(いしかわ けいたろう).....	U20a

石川裕太(いしかわ ゆうた).....X60a
 石川遼子(いしかわ りょうこ).....V234a
 石川遼太郎(いしかわ りょうたろう).....M02a
 石崎欣尚(いしさき よしたか).....V301a
 石崎渉(いしざき わたる).....S06a
 石田光(いしだ こう).....X59b
 石田学(いしだ まなぶ).....W29a
 石田光宏(いしだ みつひろ).....N35b
 石田怜士(いしだ れいし).....X04a
 石原維子(いしはら ゆきこ).....N11a
 石山智明(いしやま ともあき).....U17a
 泉拓磨(いずみ たくま).....V123a
 泉奈都子(いずみ なつこ).....Q37a
 磯貝拓史(いそがい ひろふみ).....M44a
 市川椋大(いちかわ りょうた).....M04a
 一ノ瀬愉斗(いちのせ ゆうと).....S03a
 市橋正裕(いちはし まさひろ).....Q28a
 一村亮太(いちむら りょうた).....P132a
 伊藤慧(いとう けい).....X68a
 伊藤大将(いとう だいすけ).....T06a
 伊藤拓冬(いとう たくと).....P107a
 伊藤信成(いとう のぶなり).....Y09c
 伊藤耶馬斗(いとう やまと).....V337a
 井上昭雄(いのうえ あきお).....V245a
 井上壮大(いのうえ あきひろ).....W07a
 井上峻(いのうえ しゅん).....V304a
 井上進(いのうえ すすむ).....U16a
 井上毅(いのうえ たけし).....Y18a
 井上一(いのうえ はじめ).....X51a
 井上陽登(いのうえ はると).....Q06a
 今田大皓(いまだ ひろあき).....V124a
 今村千博(いまむら ちひろ).....V116a
 岩上わかかな(いわかみ わかな).....N44a
 岩切渉(いわきり わたる).....V309a
 岩倉龍太郎(いわくら りゅうたろう).....P137a
 岩田智子(いわた さとこ).....V310b
 岩田季也(いわた としや).....W48a
 岩田悠平(いわた ゆうへい).....Q31b
 岩田悠平(いわた ゆうへい).....V121c

【う】

上野航介(うえの こうすけ).....W49a
 上野悟(うえの さとる).....M27a
 植村誠(うえむら まこと).....V224b
 氏原秀樹(うじはら ひでき).....V104a
 臼田知史(うすだ ともり).....V201a
 臼田 - 佐藤功美子(うすだ - さとう くみこ).....Y19a
 内田舜也(うちだ しゅんや).....X64a
 内田悠介(うちだ ゆうすけ).....T03a
 内山久和(うちやま ひさかず).....V220a
 内山瑞穂(うちやま みずほ).....V236a
 内海秀介(うつみ しゅうすけ).....P305a
 梅畑豪紀(うめはた ひでき).....X75a
 浦郷陸(うらごう りく).....N06a

【え】

江副祐一郎(えぞえ ゆういちろう).....V320a
 榎木谷海(えのきだに うみ).....V247a
 榎谷玲依(えのきや れい).....Q27a
 栄野比里菜(えのひ りな).....V118a
 榎本華子(えのもと はなこ).....N10a

【お】

大川拓也(おおかわ たくや).....Y21b
 大久保宏真(おおくぼ ひろま).....R10a
 大久保宏真(おおくぼ ひろま).....R12b
 大熊佳吾(おおくま けいご).....M15a
 大城榛音(おおしろ はると).....P204a
 大曾根聡子(おおそね さとこ).....Q39a
 大曾根渉(おおそね わたる).....X72a
 大津天斗(おおつ たかと).....M29a
 大槻真優(おおつき まう).....X36b
 大西宗博(おおにし むねひろ).....V331a
 大野知希(おおの ともき).....V112b
 大庭伊織(おおば いおり).....S30a
 大場崇義(おおば たかよし).....M38a
 大橋聡史(おおはし さとし).....P222a

大宮正士(おおみや まさし).....P318a
 大宮悠希(おおみや ゆうき).....T05a
 大宮悠希(おおみや ゆうき).....V323b
 大家寛(おおや ひろし).....S38a
 大山航(おおやま わたる).....P215a
 大和田蒼馬(おおわだ そうま).....W55a
 岡知彦(おか ともひこ).....Q05a
 岡崎敦男(おかざき あつお).....W27a
 岡田寛子(おかだ ひろこ).....N03a
 小形美沙(おがた みさ).....N21a
 小上樹(おがみ いつき).....X30a
 小上樹(おがみ いつき).....X33b
 岡本桜子(おかもと さくらこ).....X32a
 岡本崇(おかもと たかし).....X38a
 小川翔司(おがわ しょうじ).....V306a
 小川拓未(おがわ たくみ).....W45a
 小川智也(おがわ ともや).....M14c
 奥住聡(おくずみ さとし).....P219a
 小口和真(おぐち かずま).....V202a
 奥村珠希(おくむら たまき).....R09a
 尾崎朝世(おざき あさよ).....T07a
 長船大樹(おさふね だいき).....X09a
 小鹿哲雅(おじか あきまさ).....V211b
 小鹿哲雅(おじか あきまさ).....V255a
 小野間史樹(おのま ふみき).....Y01a
 小山貴裕(おやま たかひろ).....P131a

【か】

影浦優太(かげうら ゆうた).....X02a
 影山璃音(かげやま りのん).....V243a
 笠井梨名(かさい りな).....Q34a
 笠木結(かさぎ ゆい).....V232a
 梶木屋裕斗(かじきや ゆうと).....N13a
 檜崎太希(かしざき だいち).....W68b
 柏木頼我(かしわぎ らいが).....P126b
 片桐秀明(かたぎり ひであき).....Q21a
 勝川行雄(かつかわ ゆきお).....V233a
 加藤数麻(かとう かずま).....N40a
 加藤ちなみ(かとう ちなみ).....N42a

加藤寛之(かとう ひろゆき).....W22a
 加藤大翔(かとう まさと).....V111b
 加藤裕太(かとう ゆうた).....M19a
 金子寛明(かねこ ひろあき).....P211b
 金子紘之(かねこ ひろゆき).....P115b
 金田優香(かねだ ゆうか).....X43a
 鹿野良平(かの りょうへい).....V231a
 上井戸一紀(かみいど かずき).....W38a
 亀山晃(かめやま あきら).....V113b
 鷹野重之(かりの しげゆき).....N19a
 河合優悟(かわい ゆうご).....P315a
 川口俊宏(かわぐち としひろ).....W60a
 川中宣太(かわなか のりた).....S32a
 川畑佑典(かわばた ゆうすけ).....M03a
 川端裕也(かわばた ゆうや).....Q18a
 川室太希(かわむろ たいき).....S26a

【き】

北島歎大(きたじま かんた).....W40a
 北出直也(きたで なおや).....P208b
 北本俊二(きたもと しゅんじ).....W33a
 木戸大三郎(きど だいさぶろう).....W42a
 木野勝(きの まさる).....V204a
 木村和貴(きむら かずたか).....X56a
 喜友名正樹(きゆな まさき).....X57b
 清田朋和(きよた ともかず).....X14a

【く】

日下部晴香(くさかべ はるか).....X12b
 草深陽(くさふか よう).....W37a
 櫛引洸佑(くしびき こうすけ).....V203a
 久世陸(くぜ りく).....W59a
 工藤哲洋(くどう たかひろ).....P117a
 工藤祐己(くどう ゆうき).....S22a
 工藤優乃(くどう ゆの).....W34a
 国吉秀鷹(くによし ひでたか).....M09a
 久保雅仁(くぼ まさひと).....V228a
 藏原昂平(くらはら こうへい).....R11b

倉本春希(くらもと はるき).....	V338a
栗本宗(くりもと とし).....	R02a
黒川音彩(くろかわ ねいろ).....	W28a
黒川宏之(くろかわ ひろゆき).....	P324a
黒崎健二(くろさき けんじ).....	P313c
黒田裕太郎(くろだ ゆうたろう).....	S09b
桑山陽次(くわやま ようじ).....	V114b

【こ】

小出眞路(こいで しんじ).....	S08a
黄天鋭(こう たかとし).....	N29a
高妻真次郎(こうづま しんじろう).....	N24b
河野樹人(こうの みきと).....	P129a
小久保充(こくぼ みつる).....	X55a
小崎佑莉(こざき ゆうり).....	W54a
越田進太郎(こしだ しんたろう).....	V207a
小谷竜也(こたに たつや).....	U07a
児玉忠恭(こだま ただゆき).....	X19a
児玉瑠美(こだま るみ).....	X31a
後藤颯太(ごとう そうた).....	N31a
小林康大(こばやし こうた).....	P119a
小林翔悟(こばやし しょうご).....	W01a
小林星羅(こばやし せいら).....	X69b
小林浩(こばやし ひろし).....	P306a
小林将人(こばやし まさと).....	P138a
小林雄大(こばやし ゆうだい).....	P214a
古布諭(こぶ さとし).....	S24a
小松侑生(こまつ ゆうき).....	X23b
小道雄斗(こみち ゆうと).....	P121a
小嶺龍生(こみね りゅうせい).....	W47a
呉屋和保(ごや かずほ).....	Q04a
今度隆二(こんど りゅうじ).....	V315a
近藤奨紀(こんどう しょうき).....	V103a
近藤麻里恵(こんどう まりえ).....	T01a
近藤勇仁(こんどう ゆうと).....	V237b

【さ】

齋田浩見(さいだ ひろみ).....	S01a
--------------------	------

齋藤隆之(さいとう たかゆき).....	V330a
齋藤智樹(さいとう ともき).....	S19a
佐伯聖真(さえき せいま).....	W11a
酒井大裕(さかい だいすけ).....	Q29a
坂井南美(さかい なみ).....	P130a
酒井優輔(さかい ゆうすけ).....	W61a
坂井了(さかい りょう).....	V126a
坂本貴紀(さかもと たかのり).....	V314a
佐口隼斗(さぐち はやと).....	M11b
櫻井大夕(さくらい だいゆう).....	W56a
左近樹(さこん いつき).....	V221b
笹岡大雅(ささおか たいが).....	V219a
佐々木誇虎(ささき ことら).....	P135a
笹俣聖也(ささまた せいや).....	Q40a
定成健児エリック(さだなり けんじえりっく).....	P136a
佐藤恭輔(さとう きょうすけ).....	X34b
佐藤良(さとう まこと).....	S15b
佐藤瑞月(さとう みづき).....	V110b
佐藤慶暉(さとう よしあき).....	M20a
佐藤璃輝(さとう りき).....	S28a
佐藤理究(さとう りく).....	X22b
佐野圭(さの けい).....	V251a
佐野孝好(さの たかよし).....	W23b
佐野栄俊(さの ひでとし).....	Q22a
鮫島寛明(さめしま ひろあき).....	N23b
猿楽祐樹(さるがく ゆうき).....	V216a
澤田真理(さわだ まこと).....	Q01a
澤田涼(さわだ りょう).....	P228a
澤野達哉(さわの たつや).....	V308a
澤村真星(さわむら まほし).....	X58b

【し】

志達めぐみ(しだつ めぐみ).....	W51a
篠崎倫(しのざき みち).....	X46a
篠田兼伍(しのだ けんご).....	N45a
柴崎清登(しばさき きよと).....	M47a
柴田晋平(しばた しんぺい).....	W12a
柴田洋佑(しばた ようすけ).....	P109a
嶋川里澄(しまかわ りずむ).....	X70a

清水一揮(しみず かずき).....	R01a
清水駿太(しみず しゅんた).....	X01a
清水敏文(しみず としふみ).....	M01a
清水颯人(しみず はやと).....	P308a
志村威樹(しむら たかき).....	N37c
下井倉ともみ(しもいくら ともみ).....	P106a
下川貴史(しもかわ たかし).....	P206b
下西隆(しもにし たかし).....	P105a
蔣仁杰(しょう じんけつ).....	X37b
庄田宗人(しょうだ むねひと).....	M40a
所司歩夢(しよし あゆむ).....	P216a
白石祐太(しらいし ゆうた).....	W32a
白崎裕治(しらさき ゆうじ).....	V226b
白濱健太郎(しらはま けんたろう).....	V328a
神野天里(じんの てんり).....	P314a

【す】

菅井春佳(すがい はるか).....	V319a
菅原一希(すがわら かずき).....	W62a
鈴木昭宏(すずき あきひろ).....	N32a
鈴木海渡(すずき かいと).....	M32a
鈴木俊輔(すずき しゅんすけ).....	Q13a
鈴木建(すずき たける).....	N08a
鈴木那梨(すずき なり).....	Q02a
鈴木はるか(すずき はるか).....	Q32c
鈴木寛大(すずき ひろまさ).....	W52a
鈴木善久(すずき よしひさ).....	X40a
鈴木陸斗(すずき りくと).....	X35b
鈴口智也(すずぐち ともや).....	W63a
須田一功(すだ かずのり).....	T02a
須田拓馬(すだ たくま).....	N02a
須田祐介(すだ ゆうすけ).....	V329a
住貴宏(すみ たかひろ).....	P321a

【せ】

銭谷誠司(ぜにたに せいじ).....	W46a
---------------------	------

【そ】

曾我天美(そが そらみ).....	S13b
園田悠人(そのだ はると).....	Q14a

【た】

高嶋聡(たかしま さとし).....	V327a
高梨直紘(たかなし なおひろ).....	Y03a
高橋宏典(たかはし こうすけ).....	X67a
高橋茂(たかはし しげる).....	P310b
高橋正大(たかはし しょうた).....	N43a
高橋拓也(たかはし たくや).....	V312b
高橋真聡(たかはし まさあき).....	S04a
高橋幹弥(たかはし みきや).....	S02a
高見道弘(たかみ みちひろ).....	P111b
高見道弘(たかみ みちひろ).....	P209b
高山楓菜(たかやま ふうな).....	V108a
滝沢風佳(たきさわ ふうか).....	S27a
瀧田正人(たきた まさと).....	M45a
瀧本幸司(たきもと こうじ).....	V254a
武井勇樹(たけい ゆうき).....	N38a
竹内清香(たけうち さやか).....	Q19a
竹内智美(たけうち ともみ).....	V213a
武田彩希(たけだ あやき).....	V336a
武田朋志(たけだ ともし).....	W03a
武田唯(たけだ ゆい).....	X06a
武田佳大(たけだ よしひろ).....	X76a
竹原大智(たけはら だいち).....	V130a
田崎亮(たざき りょう).....	P202a
立原研悟(たちはら けんご).....	V109b
立石大(たていし だい).....	Q15a
田中健翔(たなか けんしょう).....	V209a
田中虎次郎(たなか こじろう).....	W16a
田中周太(たなか しゅうた).....	Q03a
田中匠(たなか たくみ).....	X17a
田中颯(たなか はやと).....	V322a
田中佑希(たなか ゆうき).....	P220a
田中良磨(たなか りょうま).....	V325b
田邊健茲(たなべ けんじ).....	N34a

谷口暁星(たにぐち あきお).....V107a
 谷口英駿(たにぐち あやとし).....M18a
 谷口大輔(たにぐち だいすけ).....N04a
 谷田幸貴(たにだ こうき).....U19a
 玉澤春史(たまざわ はるふみ).....Y11b
 玉澤春史(たまざわ はるふみ).....Y14a

【ち】

千葉公哉(ちば こうや).....W43a
 千葉遼太郎(ちば りょうたろう).....N39a
 趙光遠(ちよう こうえん).....S17a
 趙彪(ちよう ひょう).....V249a

【つ】

塚越崇(つかごし たかし).....P218a
 辻井未来(つじい みく).....V129a
 辻田悠佳奈(つじた ゆかな).....T10b
 土屋史紀(つちや ふみのり).....V240a
 恒任優(つねとう ゆう).....S05a
 坪井陽子(つぼい ようこ).....V305a
 津村耕司(つむら こうじ).....V242a
 鶴剛(つる たけし).....V333a

【て】

出町史夏(でまち ふみか).....R04a
 寺尾航暉(てらお こうき).....V206a
 寺澤凌(てらさわ りょう).....U12a
 寺田幸功(てらだ ゆきかつ).....Q16a
 手良脇大誠(てらわき たいせい).....U15a

【と】

徳田一起(とくだ かずき).....P102a
 徳野鷹人(とくの たかと).....M30a
 戸頃響吾(ところ きょうご).....M41a
 濤崎智佳(とさき ともか).....Y07a
 利川潤(としかわ じゅん).....X77a

鳥羽儀樹(とば よしき).....S11b
 鳥羽儀樹(とば よしき).....T12a
 土橋一仁(とばし かずひと).....Y05a
 土肥明(どひ あきら).....W04a
 都丸亮太(とまる りょうた).....W15a
 富井耀(とみい よう).....P128a
 富永浩文(とみなが ひろぶみ).....U04a

【な】

中井直正(なかい なおまさ).....V117a
 永井悠太郎(ながい ゆうたろう).....W25a
 中川亜紀治(なかがわ あきはる).....N25b
 中川貴雄(なかがわ たかお).....V252a
 中澤知洋(なかざわ かずひろ).....T04a
 長澤俊作(ながさわ しゅんさく).....V317a
 中島王彦(なかじま きみひこ).....X13a
 中島光一朗(なかしま こういちろう).....U18a
 中嶋大(なかじま ひろし).....V335a
 仲宗根宏心(なかそね ひろと).....P227a
 永田伸一(ながた しんいち).....V238b
 中谷友哉(なかつたに ゆうや).....S31a
 中根美七海(なかね みなみ).....X08a
 中野覚矢(なかの さとや).....R06a
 中野新太郎(なかの しんたろう).....U11a
 中村文隆(なかむら ふみたか).....P101a
 中森健之(なかもり たけし).....V215a
 中山和哉(なかやま かずや).....M31a
 並河俊弥(なみかわ としや).....U13a
 成田佳奈香(なりた かなこ).....X20a
 成田拓仁(なりた たくと).....W20a
 成影典之(なるかげ のりゆき).....V316a
 鳴沢真也(なるさわ しんや).....N18a

【に】

新沼浩太郎(にいぬま こうたろう).....V119a
 新沼浩太郎(にいぬま こうたろう).....V122c
 西亮一(にし りょういち).....P127a
 西浦慎悟(にしうら しんご).....Y08c

西尾恵里花(にしお えりか).....	P221a
西尾颯斗(にしお はやと).....	V324b
西垣萌香(にしがき もか).....	X07a
西濱大将(にしはま だいすけ).....	X63a
西村信哉(にしむら のぶや).....	N48a
西村悠太(にしむら ゆうた).....	V332a
西村優里(にしむら ゆり).....	V106a
西本晋平(にしもと しんぺい).....	P133a
西山正吾(にしやま しょうご).....	V230a
丹羽綾子(にわ あやこ).....	V134a

【ぬ】

布田寛介(ぬのた かんすけ).....	P322a
沼澤正樹(ぬまざわ まさき).....	V341a

【ね】

根来均(ねごろ ひとし).....	W50a
根津正大(ねづ しょうだい).....	N12a

【の】

野崎信吾(のざき しんご).....	P125b
野澤恵(のざわ さとし).....	M33a
野澤大河(のざわ たいが).....	X24c
信川正順(のぶかわ まさよし).....	Q24a

【は】

袴田知宏(はかまた とみひろ).....	W19a
萩野浩一(はぎの こういち).....	S29a
萩原颯(はぎわら はやて).....	X73a
橋爪大樹(はしづめ まさき).....	S12b
橋本遼(はしもと りょう).....	V257a
橋山和明(はしやま かずあき).....	W09a
秦和弘(はだ かずひろ).....	S35a
播田貫りょう太(はたみ りょうた).....	N47a
八田良樹(はった よしき).....	M39a
服部健太郎(はっとり けんたろう).....	M35a

馬場俊介(ばば しゅんすけ).....	V246a
馬場幸栄(ばば ゆきえ).....	Y12a
濱田莉来(はまだ りく).....	Q12a
濱田龍星(はまだ りゅうせい).....	V214a
早川喬(はやかわ たかし).....	P201a
早川貴敬(はやかわ たかひろ).....	Q38a
早崎公威(はやさき きみたけ).....	W58a
林航平(はやし こうへい).....	X45a
林隆之(はやし たかゆき).....	S33a
林隆之(はやし たかゆき).....	Y10b
林利憲(はやし としのり).....	P303a
原尻颯太(はらじり そうた).....	P114b
原田空凱(はらだ くうが).....	T09a
播金優一(はりかね ゆういち).....	X05a
馬場彩(ばんば あや).....	N33a

【ひ】

樋口成和(ひぐち なりかず).....	W65a
樋口諒(ひぐち りょう).....	Q33c
平岡勇人(ひらおか ゆうと).....	M43a
平島敬也(ひらしま けいや).....	X39a
平田悠馬(ひらた ゆうま).....	S18a
平原靖大(ひらはら やすひろ).....	V250b
廣瀬維士(ひろせ ただし).....	M10b
廣瀬維士(ひろせ ただし).....	M22a
廣瀬優樹(ひろせ ゆうき).....	V256a

【ふ】

深川美里(ふかがわ みさと).....	V127b
深谷直史(ふかや なおふみ).....	P103a
福井康雄(ふくい やすお).....	Q26a
福一誠(ふくいち まこと).....	W18a
福島肇(ふくしま はじめ).....	P124b
藤田裕(ふじた ゆたか).....	W13a
藤本源(ふじもと げん).....	Q20a
藤本信一郎(ふじもと しんいちろう).....	W44a
藤本正行(ふじもと まさゆき).....	N07a
藤原智子(ふじわら ともこ).....	V239b

札幌佳伸(ふだもと よしのぶ).....	X11b
札幌佳伸(ふだもと よしのぶ).....	X29a
淵田悠太(ふちた ゆうた).....	V334a
淵本晃輝(ふちもと こうき).....	X53a
船木美空(ふなき みく).....	X74a
船渡陽子(ふなと ようこ).....	X52a
古家健次(ふるや けんじ).....	P104a

【ほ】

星篤志(ほし あつし).....	S23a
堀田英之(ほった ひでゆき).....	M36a
堀内貴史(ほりうち たかし).....	S20a
本庄亮雅(ほんじょう りょうが).....	N30a

【ま】

前田悠陽(まえだ はるや).....	P309a
前田郁弥(まえだ ふみや).....	X25a
前田龍之介(まえだ りゅうのすけ).....	P134a
前原瑚菜(まえはら こまち).....	X03a
前原裕之(まえはら ひろゆき).....	N14a
牧島一夫(まきしま かずお).....	W05a
蒔田桃子(まきた ももこ).....	Q08a
正木彰伍(まさき しょうご).....	U06a
政田洋平(まさだ ようへい).....	M37a
増井翔(ますい しょう).....	V125a
益子瑛任(ますこ あきと).....	V244a
増田賢人(ますだ けんと).....	P319a
町田真美(まちだ まみ).....	V120c
松井瀬奈(まつい せな).....	X42a
松浦周二(まつうら しゅうじ).....	V229a
松尾英里子(まつお えりこ).....	Y04a
松下恭子(まつした きょうこ).....	T08a
松島司(まつしま つかさ).....	Q17a
松田真宗(まつだ まさむね).....	Q11a
松永拓巳(まつなが たくみ).....	P123a
松永典之(まつなが のりゆき).....	N05a
松野なな(まつの なな).....	T11a
松本佳祐(まつもと けいすけ).....	U01a

松本琢磨(まつもと たくま).....	M08a
松本達矢(まつもと たつや).....	W36a
松本美帆(まつもと みほ).....	Y17a
丸尾岳(まるお たかし).....	V223b
馬渡健(まわたり けん).....	X16a

【み】

三浦大貴(みうら だいき).....	W17a
三浦均(みうら ひとし).....	P302a
御子裕治(みこ ゆうじ).....	P307a
三杉佳明(みすぎ よしあき).....	P118a
水越翔一郎(みずこし しょういちろう).....	S21a
水谷耕介(みずたに こうすけ).....	N20a
水野恒史(みずの つねふみ).....	Q35a
水本岬希(みずもと みさき).....	W64a
道山知成(みちやま ともなり).....	Y02a
三石郁之(みついし いくゆき).....	V340a
南谷哲宏(みなみだに てつひろ).....	V105a
三原建弘(みはら たてひろ).....	M16a
宮城生成(みやぎ きなり).....	W14a
宮地崇光(みやじ たかみつ).....	X54a
宮本明日香(みやもと あすか).....	N22a
三好真(みよし まこと).....	S37a

【む】

村瀬建(むらせ たける).....	V102a
村田一心(むらた かずみ).....	V227b

【も】

毛利勝廣(もうり かつひろ).....	Y20b
望月雄友(もちづき ゆうと).....	W26a
本上侑吾(もとがみ ゆうご).....	W10a
本原顕太郎(もとはら けんたろう).....	V205a
森寛治(もり かんじ).....	N46a
森万由子(もり まゆこ).....	P323a
森井嘉穂(もりい かほ).....	P116a
森川莞地(もりかわ かんじ).....	W39a

森川翼(もりかわ つばさ).....P311b
 森口諒介(もりぐち りょうすけ).....U09b
 森口諒介(もりぐち りょうすけ).....V128a
 森島啓太(もりしま けいた).....M42a
 森塚章恵(もりつか あきえ).....V235a
 森山拓磨(もりやま たくま).....M34a
 森脇可奈(もりわき かな).....U08a

【や】

矢倉昌也(やくら まさや).....M17a
 安井千香子(やすい ちかこ).....V212b
 安田彩乃(やすだ あきの).....R03a
 保田悠紀(やすだ ゆうき).....N09a
 保田慶直(やすだ よしなお).....V258a
 柳澤一輝(やなぎさわ かずき).....S34a
 柳澤顕史(やなぎさわ けんし).....V210b
 柳澤顕史(やなぎさわ けんし).....Y13a
 柳谷百合(やなぎや ゆり).....S16b
 山響(やま ひびき).....P320a
 山響(やま ひびき).....V222b
 山岡和貴(やまおか かずたか).....V326c
 山岡和貴(やまおか かずたか).....W53a
 山口正行(やまぐち まさゆき).....P217a
 山口未沙(やまぐち みさ).....X44a
 山崎楓(やまさき かえで).....V311b
 山崎翔太郎(やまさき しょうたろう).....W06a
 山崎壮一郎(やまざき そういちろう).....U10b
 山崎大(やまざき だい).....Y15a
 山崎大輝(やまさき だいき).....M28a
 山崎康正(やまさき やすまさ).....V133a
 山下真依(やました まい).....M12b
 山下真依(やました まい).....N16a
 山田真也(やまだ しんや).....V307a
 山田祐佳(やまだ ゆうか).....U03a
 山田理央奈(やまだ りおな).....P212a
 山田麟(やまだ りん).....P110a
 大和義英(やまと よしひで).....P225a
 山中雅之(やまなか まさゆき).....N36b
 山室良太(やまむろ りょうた).....P207b

山本卓(やまもと たかし).....X26a
 山本宏昭(やまもと ひろあき).....Q36a

【ゆ】

幸野友哉(ゆきの ともや).....V208a
 油谷直道(ゆたに なおみち).....S07a
 由良海翔(ゆら かいと).....U14a

【よ】

横山将汰(よこやま しょうた).....Q41a
 芳岡尚悟(よしおか しょうご).....S10b
 吉崎謙(よしさき けん).....V225b
 吉崎允泰(よしざき みつやす).....U02a
 吉田有宏(よしだ ともひろ).....P224a
 吉田雄城(よしだ ゆうき).....P205a
 吉田有佑(よしだ ゆうすけ).....V318a
 吉野碧斗(よしの あおと).....P122a
 吉原諒(よしはら まこと).....V321a
 吉久健朗(よしひさ たけろう).....M06a
 吉村洋一(よしむら よういち).....P304a
 吉本愛使(よしもと あんじえ).....W30a
 善本真梨那(よしもと まりな).....W02a
 米倉覚則(よねくら よしのり).....V115c
 米田謙太(よねた けんた).....V217a
 米田隼(よねだ しゅん).....V218a
 米谷夏樹(よねたに なつき).....Y22b
 米徳大輔(よねとく だいすけ).....V313a
 米村優輝(よねむら ゆうき).....N26a
 米山友景(よねやま ともかげ).....V303a

【り】

李欣儒(り きんじゅ).....Q30a
 李源(り げん).....V248a
 李豪純(り ほすん).....V101a
 劉強(りゅう きょう).....S39c
 劉乾晟(りゅう けんせい).....X65a

【わ】

渡邊一樹(わたなべ かずき).....	S14b
渡部潤一(わたなべ じゅんいち).....	P301a
渡邊鉄哉(わたなべ てつや).....	M24a
渡辺紀治(わたなべ のりはる).....	P316a
渡部温(わたなべ はると).....	V131a
渡邊友海(わたなべ ゆみ).....	X27a

2025年2月20日発行

年会実行委員会

委員長	廿日出 文 洋	(国立天文台)	
委員	和 泉 究	(宇宙航空研究開発機構)	
	泉 拓 磨	(国立天文台)	
	大 澤 亮	(国立天文台)	
	大 屋 瑶 子	(京都大学)	
	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)	
	浅 井 步	(京都大学)	保育室担当
市 来 淨 與	(名古屋大学)	保育室担当	

年会開催地理事

野 澤 恵 (茨城大学)