

2014年 秋季年会

講演予稿集

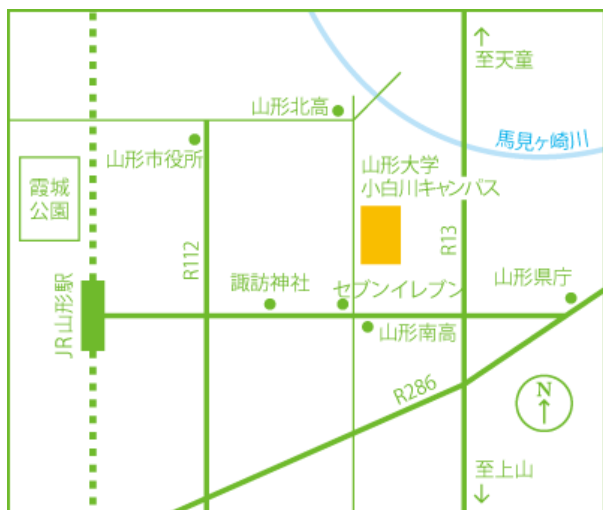
電子版

於 山形大学

2014年9月11日(木) ~ 2014年9月13日(土)

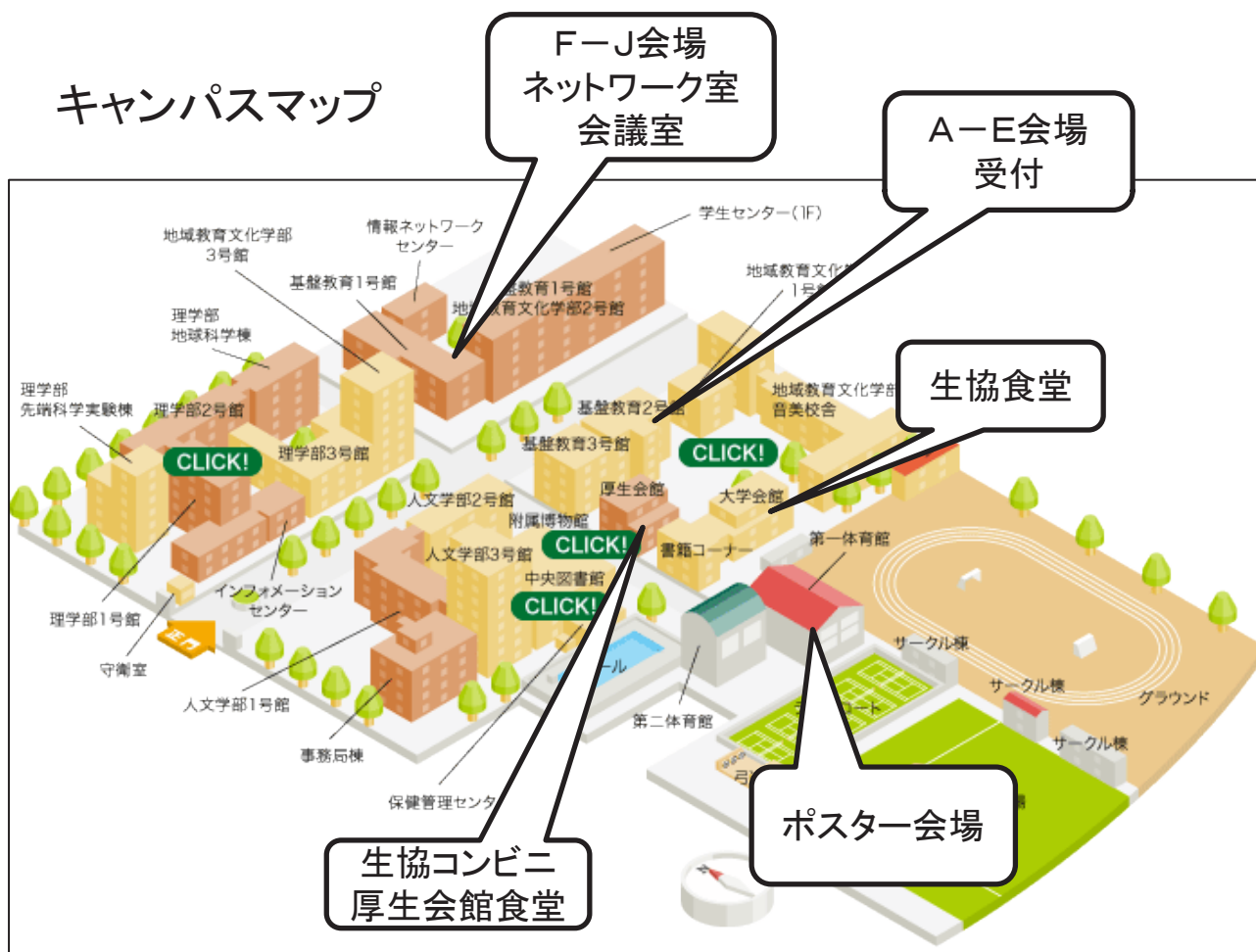
秋季年会会場 山形大学小白川キャンパスのご案内

JR山形駅から東方へ約2kmに位置します。
バスについては詳しくは山交バスのホームページ
をご覧ください(<http://www.yamakobus.co.jp/>)。

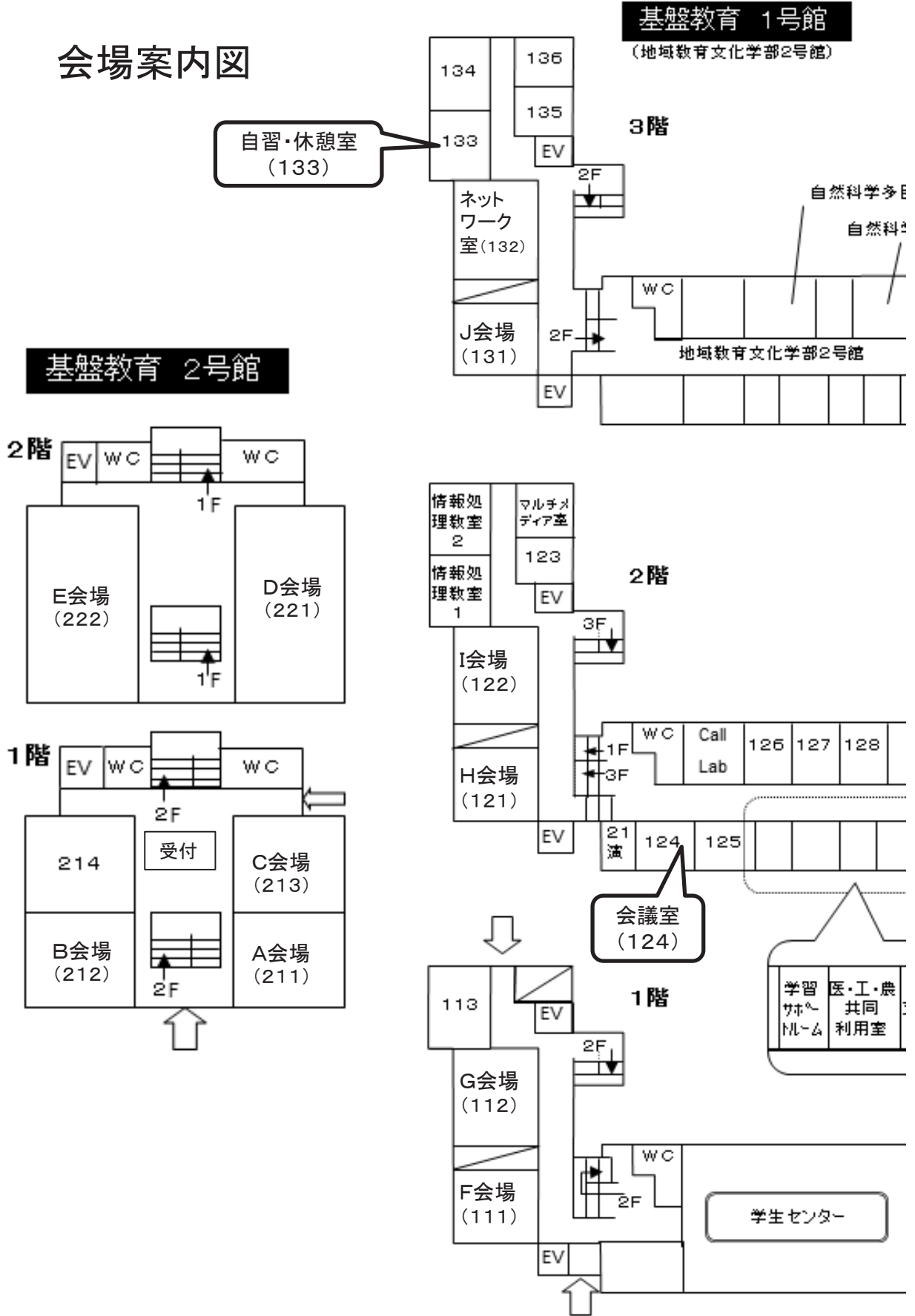


- JR山形駅から
 - 徒歩約25分
 - 山形駅から「山形県庁」行きバスで「南高前山大入口」下車(約7分)、徒歩7分
 - タクシーで約千円
- 山形空港から
 - 山形市内行きバスに乗車(約35分)で「JR山形駅東口」バス停に
- 仙台から
 - 高速バスに乗車(約60分)「南高前山大入口」下車、徒歩7分

キャンパスマップ



会場案内図



口頭セッション 9月11日(木)

	A 会場	B 会場	C 会場	D 会場	E 会場	F 会場	G 会場	H 会場	I 会場	J 会場	
開始時刻	【銀河団】	【地上観】	【教育・他】	【星間水素】	【高密度星】	【星・惑星】	【恒星】	【銀河】	【星間現象】	【太陽系】/ 【飛翔観】	
11:00	T01a	V201a	Y01a	C01r	J201a	P201a	N01a	R01a	Q01a	L01a	
11:12	T02a	V202b V205b V206b	Y02a		J202a	P202a	N02a	R02a	Q02a	L02a	
11:24	T03a	V207a	Y03b Y04b Y05b		J203a	P203a	N03a	R03a	Q03a	L03a	
11:36	T04a	V208a	Y06a		J204a	P204a	N04a	R04a	Q04a	L04a	
11:48	T05a	V209a	Y07b Y09b Y10b		J205a	P205a	N05a	R05a	Q05a	L05a	
12:00	T06a	V210a	Y11a		J206a	P206a	N06a	R06a	Q06a	L06b W201b W202b	
12:12	T07a	V211a	Y12b Y13b Y14b		C06r	J207a	P207a	N07a	R07b R09b R10b	Q07a	W203a
12:24	T08a	V212a	Y15b		J208a	P208a	N08b N09b N10b	R11a	Q08a	W204a	
12:36	T09a	V213a	-		J209a	P209b P210b P211b	N11a	R12a	Q09a	W205a	
12:48	T10b T11b T12b	V214b	-		J210a	P212b P213b P214b	N12a	R13a	Q10a	W206a	
13:00	-	-	-	-	-	-	N13a	R14a	Q11b Q12b	-	
13:12	-	-	-	-	-	-	-	R15b R16b	-	-	
13:00	昼休み										
14:00	ポスター										
開始時刻	【銀河団】	【地上観】	【太陽】	【星間水素】	【高密度星】	【星・惑星】	【恒星】	【銀河】	【星間現象】	【飛翔観】	
15:00	T13a	V215a	M01a	C07a	J211a	P215a	N16a	R17a	Q13a	W207b W208b W209b	
15:12	T14a	V216a	M02a		J212a	P216a	N17a	R18a	Q14a	W210a	
15:24	T15a	V217a	M03a		J213a	P217a	N18a	R19a	Q15a	W211a	
15:36	T16a	V218a	M04a		J214a	P218a	N19a	R20a	Q16a	W212b W213b W214b	
15:48	T17a	V219a	M05a		J215a	P219a	N20a	R21a	Q17a	W217a	
16:00	T18a	V220b V221b V222b	M06a		J216a	P220a	N21a	R22a	Q18a	W218a	
16:12	-	V223a	M07a		C16b	J217b J218b J220b	P221a	N22a	R23a	Q19a	W219a
16:24	-	V224a	M08a		J101a	P222a	N23a	R24a	Q20a	W220b W222b	
16:36	-	V225a	M09b M10b M11b		J102b J103b J104b	P223b P224b P225b	N24a	R25b R27b R28b	Q21a	W101b W102b W103b	
16:48	-	V226b V227b V228b	M12b M13b M14b		J105b J106b J107b	P226b	N25b	R29b R30b R31b	Q22a	W104b W105b W106b	
17:00	天文教育フォーラム (D 会場)										

口頭セッション 9月12日(金)

	A 会場	B 会場	C 会場	D 会場	E 会場	F 会場	G 会場	H 会場	I 会場	J 会場	
開始時刻	【銀河形成】	【地上観】	【太陽】	【大学間連携】	【高密度星】	【星・惑星】	【星・惑星】	【銀河】	【星間現象】	【飛翔観】	
09:30	X01a	V229a	M15a	B01r	J111a	P227a	P101a	R32a	Q23a	W107a	
09:42	X02a	V230a	M17a		J112a	P228a	P102a	R33a	Q24a	W108a	
09:54	X03a	V232a	M18a		J113a	P229a	P103a	R34a	Q25a	W109a	
10:06	X04a	V233a	M19a		J114a	P230a	P104a	R35a	Q26a	W110a	
10:18	X05b X06b	V234a	M21a		J115a	P231a	P105a	R36a	Q27a	W111b W112b W113b	
10:30	X07a	V235b V236b V237b	M22a		J116a	P232a	P106a	R37a	Q28a	W114b W115b W116b	
10:42	X08a	V238a	M23a		B14b	J117a	P233a	P107a	R38a	Q29a	W117a
10:54	X09a	V240a	M25a		J118a	P234a	P108b P109b P110b	R39a	Q30a	W118a	
11:06	X10a	V241b V242b	M26b M27b M28b		J119a	P235a	P111b P112b P113b	R40a	Q31a	W119b W120b W121b	
11:18	X11a	-	M29b		J120b J121b J122b	-	-	R41a	Q32b Q33b Q34b	W122b W123b	
11:30	昼休み(代議員総会)										
12:30	ポスター										
開始時刻	【銀河形成】	【地上観】	【太陽】	【大学間連携】	【高密度星】	【宇宙論】	【星・惑星】	【銀河核】	【星間現象】	【飛翔観】	
13:30	X13a	V101a	M30a	B16b	J123a	U01a	P115a	S01a	Q35a	W125a	
13:42	X14a	V102a	M31a		J124a	U02a	P116a	S02a	Q36a	W126a	
13:54	X15b X16b X17b	V103a	M32a		J125a	U03a	P117a	S03a	Q37a	W127a	
14:06	X18b X19b X20b	V104b V105b V106b	M33a		J126a	U04a	P118a	S04a	Q38a	W128a	
14:18	X21a	V107a	M34a		J127a	U05a	P119a	S05a	Q39a	W129a	
14:30	X22a	V108b V109b V110b	M35a		J128a	U06a	P120a	S06a	Q40a	W130a	
14:42	X23a	V111b V112b V113b V114b	M36a		B29b	J129a	U07a	P121b P122b P123b P124b	S07b S08b S09b S11b	Q41a	W131a
14:54	X24a	V115b V116b V118b	-		J130a	U08a	P125b P126b P127b	S12b S13b S14b	Q42a	W132a	
15:06	X25a	V119b V120b V121b	-		J131a	U09a	P128b P129b P130b	S15b S16b S17b	Q43a	W133a	
15:18	X26a	V122b V123b	-		J132a	U10b U11b	P131b P132b	S18b S19b	Q44b Q45b Q46b	W134a	
15:30	-	-	-	-	-	-	-	-	Q47b Q48b	-	
16:00	全員全体集会(D会場)										
18:00	懇親会(ホテルキャッスル)										

口頭セッション 9月13日(土)

	A 会場	B 会場	C 会場	D 会場	E 会場	F 会場	G 会場	H 会場	I 会場	J 会場		
開始時刻	【銀河形成】	【地上観】	【Solar-C】	【大学間連携】	【高密度星】	【宇宙論】	【星・惑星】	【銀河核】	【超新星爆発】	【飛翔観】		
09:30	X27a	V124a	A01a	B31a	J133a	U13a	P133a	S20a	K01a	W135a		
09:42	X28a	V125a			J134a	U14a	P134a	S21a	K02a	W136a		
09:54	X29a	V126a			J135a	U15a	P135a	S22a	K04a	W137a		
10:06	X30a	V127a			J136a	U16a	P136a	S23a	K05a	W138a		
10:18	X31a	V128a			J137a	U17a	P137a	S24a	K06a	W139a		
10:30	X32a	V129a			J138a	U18a	P138a	S25a	K07a	W140a		
10:42	X33a	V130a			A10a	B46a	J139a	U19a	P139a	S26a	K08a	W141a
10:54	X34a	V131a			J140a	U20a	P140a	S27a	K09a	W142a		
11:06	X35a	V132a			J141a	U21a	-	S28a	K10a	W143a		
11:18	X36a	V133a			J142a	U22a	-	-	K11a	W144a		
11:30	-	-	-	-	-	U23a	-	-	K12a	-		
11:42	-	-	-	-	-	U24a	-	-	K13a	-		
11:54	-	-	-	-	-	U25a	-	-	-	-		
11:30	昼休み(代議員総会)											
12:30	ポスター											
開始時刻	【銀河形成】	【地上観】	【Solar-C】		【高密度星】		【星・惑星】	【銀河核】				
13:30	X37a	V134a	A11r		J143a		P141a	S29a				
13:42	X38a	V135a			J144a		P142a	S30a				
13:54	X39a	V136a			J145a		P143a	S31a				
14:06	X40a	V137a			J146a		P144a	S32a				
14:18	X41a	V138a			J147a		P145a	S33a				
14:30	X42a	V139a			A19a		J148a	P146a			S34a	
14:42	X43a	V140a			J149a		P147a	S35a				
14:54	X44a	V141a			J150a		P148a	S36a				
15:06	-	-			J151a		P149a	S37a				
15:18	-	-			J152a		P150a	-				
15:30	-	-	-	-	P151a	-						

ポスター会場

【A. Solar-C】(3)

A20c A21c A22c

【B. 大学間連携】(23)

B09b B10b B11b B12b B13b

B14b B15c B16b B17b B18b

B19b B27b B28b B29b B30c

B34b B35b B36b B37b B38b

B39c B40c B41c

【C. 星間水素】(3)

C14b C15b C16b

【J1. 高密度星】(12)

J102b J103b J104b J105b J106b

J107b J108c J109c J110c J120b

J121b J122b

【J2. 高密度星】(5)

J217b J218b J219c J220b J221c

【K. 超新星爆発】(2)

K03c K14c

【L. 太陽系】(3)

L06b L07c L08c

【M. 太陽】(13)

M09b M10b M11b M12b M13b

M14b M16c M20c M24c M26b

M27b M28b M29b

【N. 恒星】(6)

N08b N09b N10b B14c N15c

N25b

【P1. 星・惑星】(19)

P108b P109b P110b P111b P112b

P113b P114c P121b P122b P123b

P124b P125b P126b P127b P128b

P129b P130b P131b P132b

【P2. 星・惑星】(10)

P209b P210b P211b P212b P213b

P214b P223b P224b P225b P226b

【Q. 星間現象】(11)

Q11b Q12b Q32b Q33b Q34b

Q44b Q45b Q46b Q47b Q48b

Q49c

【R. 銀河】(14)

R07b R08c R09b R10b R15b

R16b R25b R26b R27b R28b

R29b R30b R31b R42c

【S. 活動銀河核】(13)

S07b S08b S09b S10c S11b

S12b S13b S14b S15b S16b

S17b S18b S19b

【T. 銀河団】(3)

T10b T11b T12b

ポスターセッション 9月11日(木) ~ 9月13日(土)

【U. 宇宙論】(6)

U10b U11b U12c U26c U27c
U28b

電子版予稿なし

【V1. 地上観測機器】(19)

V104b V105b V106b V108b V109b
V110b V111b V112b V113b V114b
V115b V116b V117c V118b V119b
V120b V121b V122b V123b

【V2. 地上観測機器】(19)

V202b V203c V204c V205b V206b
V214b V220b V221b V222b V226b
V227b V228b V231b V235b V236b
V237b V239b V241b V242b

【W1. 飛翔体観測機器】(18)

W101b W102b W103b W104b W105b
W106b W111b W112b W113b W114b
W115b W116b W119b W120b W121b
W122b W123b W124c

【W2. 飛翔体観測機器】(14)

W201b W202b W207b W208b W209b
W212b W213b W214b W215b W216c
W220b W221c W222b W223c

【X. 銀河形成】(9)

X05b X06b X12c X15b X16b
X17b X18b X19b X20b

【Y. 天文教育・他】(11)

Y03b Y04b Y05b Y07b Y08c
Y09b Y10b Y12b Y13b Y14b
Y15b

展示

Exelis VIS (株)

天文データセンター

【A. Solar-C】

9月13日(土)午前(09:30-11:30) [C会場]

A01a	09:30	太陽活動の未来を探る Solar-C 衛星・(10) 草野完也(名古屋大学)
A02a	09:40	SOLAR-C 衛星計画の概要・(10) 原 弘久(国立天文台)
A03a	09:50	SOLAR-C と海外太陽関連ミッション：科学的位置づけと観測連携・(10) 清水敏文(宇宙航空研究開発機構)
A04r	10:00	Daniel K. Inouye Solar Telescope: Collaborations and synergies between DKIST and SOLAR-C・(18) Valentín Martínez Pillet (National Solar Observatory)
A05a	10:18	活動領域形成理論・フレア発生理論と Solar-C 計画への期待・(12) 鳥海 森(国立天文台)
A06a	10:30	フレアのトリガ過程に関する観測的研究の現状と課題・(12) 伴場由美(名古屋大学)
A07a	10:42	彩層磁場観測に基づく非線形 force-free 磁場(NLFFF)モデリング：フレア・コロナ質量放出研究の方向性・(12) 塩田大幸(名古屋大学)
A08a	10:54	Solar-C 衛星による太陽フレアに伴う粒子加速現象観測の可能性・(12) 渡邊恭子(宇宙航空研究開発機構)
A09a	11:06	Solar-C で探る磁気リコネクションの物理・(12) 今田晋亮(名古屋大学)
A10a	11:18	彩層のエネルギー散逸メカニズムを握る空間分解以下の構造を超高速度撮像で探る・(12) 磯部洋明(京都大学)

9月13日(土)午後(13:30-15:30) [C会場]

A11r	13:30	コロナ加熱, 太陽風駆動機構でこれまで分かったことと未解明問題・(18) 鈴木 建(名古屋大学)
A12a	13:48	SOLAR-C の彩層偏光分光観測で探る太陽大気の加熱機構・(12) 勝川行雄(国立天文台)
A13a	14:00	次期太陽観測衛星 Solar-C による太陽大気における振動・波動研究の展望・(12) 北川直優(国立天文台)
A14a	14:12	真空紫外による彩層・遷移層磁場観測・(12) 鹿野良平(国立天文台)
A15r	14:24	Solar-C による太陽の高精度観測で迫る地球気候変動の謎・(18) 高橋幸弘(北海道大学)
A16a	14:42	Solar-C による、さらなる高分解能光球磁場観測のインパクト・(12) 飯田佑輔(宇宙航空研究開発機構)
A17a	14:54	恒星彩層活動の本質を見極める SOLAR-C・(12) 渡邊鉄哉(国立天文台)
A18a	15:06	Solar-C 時代における太陽研究と恒星研究のシナジー・(12) 竹田洋一(国立天文台)
A19a	15:18	Solar-C の展望：科学成果への期待と技術課題(総合討論)・(12) 一本 潔(京都大学)
A20c		Mg II k, h 線と Ca II K 線の形成高度の比較と Solar-C/SUVIT の紫外線観測の役割 川手朋子(京都大学)
A21c		地上観測の限界と Solar-C 光学磁場望遠鏡 一本 潔(京都大学)
A22c		飛騨天文台ドームレス太陽望遠鏡を用いた彩層磁場の測定 阿南 徹(京都大学)

A01a 太陽活動の未来を探る Solar-C 衛星

草野完也 (名古屋大学), Solar-C ワーキンググループ

太陽は地球に最も近い恒星であると同時に我々が住む太陽系の中心星として常に人類の興味と天文学の研究対象であり続けてきた。しかし、未だに典型的な太陽活動である「太陽面爆発」、「黒点周期変動」、「彩層・コロナ加熱」の基本メカニズムは十分に解明されていない。この3大問題の解決と磁気リコネクションに代表される太陽プラズマ現象の理解は、太陽のみならず普遍的な天体宇宙プラズマの研究にとっても極めて重要な課題となっている。次世代太陽観測衛星 Solar-C は「ひのとり」、「ようこう」、「ひので」で培ってきた我が国の優れた衛星観測技術をさらに強化し、これまで達成することができなかった高分解撮像・分光観測によってこれらの歴史的課題の解決を目指す挑戦的な計画である。

さらに、Solar-C は従来の天文観測衛星の位置づけを超えた重要な役割を担っている。高度に情報化した社会基盤は宇宙環境変動に対してより脆弱なものとなっており、巨大な太陽面爆発の社会影響の危険は増大している。同時に、未来の環境変動の不確定性に対する人類社会の不安が高まっており、太陽活動の気候影響の正確な理解は重要な社会的関心にもなっている。こうした背景のもと、太陽面爆発及び太陽周期活動とその気候影響の予測を実現することは太陽物理学の重要な社会的使命の一つとなりつつある。本講演では太陽活動の「理解」と「予測」の両面から Solar-C のサイエンス課題を概説し、新しい太陽物理学の広がりについて議論する。特に、太陽面爆発と太陽周期活動に関する未来予測を実現するために、なぜ Solar-C の実現が必要であるのかを「ひので」の成果を踏まえて解説する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

A02a SOLAR-C 衛星計画の概要

原 弘久(自然科学研究機構 国立天文台), SOLAR-C WG

SOLAR-C 計画は、「ひのとり」「ようこう」「ひので」に続くわが国 4 番目の太陽観測衛星として 2020 年はじめ頃の実現を目指して計画されているもので、これまで実施されていない彩層磁場観測と解像度の高い撮像・分光観測を通して、太陽研究分野の 3 大問題であり地球周囲の宇宙天気・宇宙気候に影響を及ぼしている太陽磁気プラズマ活動、(1) 太陽面爆発、(2) 彩層・コロナ加熱、(3) 太陽磁気周期活動のほか、(4) 磁気リコネクション・MHD 衝撃波等の磁気プラズマ過程、の諸課題の解明に挑むものである。「ひので」衛星の撮像・分光観測から、直接的・間接的に光球・彩層・コロナを構成する磁気構造スケールが判明している。ある瞬間にある空間領域を占めて形成された磁気プラズマ構造の集合体で太陽大気は構成されているので、これらの要素の形成過程を磁場やプラズマの熱構造・運動の観測から明確にすることが、全ての課題に対して共通する点である。「ひので」の観測より得られた磁気構造スケールは光球で 0.1 秒角、彩層で 0.2 秒角、コロナで 0.3–0.5 秒角であり、SOLAR-C ではこれらの構造を解像して観測を行う。これまでの研究の進展から、太陽面爆発をはじめとする彩層・コロナ活動の理解には彩層磁場取得が欠かせないとされており、これを地球放射の影響が小さく熱的に安定した準天頂衛星軌道上で SOLAR-C は実現する。SOLAR-C の観測装置は、光球・彩層を観測する SUVIT、彩層からコロナまでを分光観測する EUVST、そして遷移層・コロナを撮像観測する XIT から構成される。SOLAR-C 計画は WG の開始時より日本人研究者以外に多くの海外研究者の協力を経て準備され、ロケット・衛星部分を日本が分担し、観測装置を海外協力機関との大規模な国際協力によって分担することが想定されている。SOLAR-C WG は、今後この衛星計画を JAXA の戦略的中型ミッションへ向けて提案することを予定している。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

A03a SOLAR-C と海外太陽関連ミッション：科学的位置づけと観測連携

清水敏文 (ISAS/JAXA)

日本の太陽関連研究コミュニティが2020年代初頭に打上げを目指して検討を進めている次期太陽観測衛星 Solar-C は、3次元磁気構造の高解像度での可視化を通じて、爆発や噴出の起源の物理的理解に基づく宇宙天気予測に向けた研究や彩層コロナ加熱・太陽風加速機構の解明等を目的としている。SOLAR-C は国際的にも強い支持を得て、国際協力のもとで開発される計画である。一方、2020年代前半に活躍が期待される観測・探査ミッションとして、ESA および NASA が2017-2018年ころに相次いで打上げる予定で計画が進む Solar Orbiter (SO) と Solar Probe Plus (SPP) がある。また、インドは2016年ころにコロナグラフを搭載した Aditya 衛星を計画している。これらのミッションが目指す科学的課題は SOLAR-C と一部重複するが、問題解決のアプローチが大きく異なる。SO は0.28AU までの太陽接近と傾斜角を最大25度(7年ノミナル期間)まで上げた軌道で観測を行う。SPP は10太陽半径の距離まで太陽に接近して観測を行う。共に、探査機が到達する位置で”その場”観測を行うが、太陽をリモート観測する望遠鏡も搭載し、太陽構造の太陽圏への繋がりやその場観測をもとにコロナ加熱や太陽風加速機構に迫ろうとしている。SO と SPP が観測を行う2020年前半に、SOLAR-C が飛翔することで、連携した観測やデータ解析によって、科学成果に相乗効果が期待できるだろう。例えば、2地点(SO, SOLAR-C)からの同時観測によって、コロナ磁場構造・速度構造の立体視が200km という高空間解像度で初めて可能になる。SOLAR-C の紫外分光データは、SO や SPP による”その場”観測で得られる太陽風の化学組成比と比較することで、太陽風の流源にある磁気構造を特定できる可能性を持っている。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

A04r **Daniel K. Inouye Solar Telescope: Collaborations and synergies between DKIST and SOLAR-C**

Valentín Martínez Pillet, Thomas Rimmele, Thomas Berger (National Solar Observatory)

The 4m Daniel K. Inouye Solar Telescope (DKIST) will be the largest solar facility ever built. Designed to meet the needs of critical high resolution and high sensitivity spectral and polarimetric observations of the sun, this facility will support key experiments for the study of solar magnetism and its influence on the solar wind, flares, coronal mass ejections and variability in solar output. The design allows the facility to operate over a broad wavelength range (0.35 to 28 microns). The state-of-the-art adaptive optics system provides diffraction limited imaging and the ability to resolve features approximately 20 km on the Sun. Five first light instruments will be available at the start of operations: Visible Broadband Imager (VBI; National Solar Observatory), Visible SpectroPolarimeter (ViSP; High Altitude Observatory), Visible Tunable Filter (VTF; Kiepenheuer Institute, Germany), Diffraction Limited NIR Spectropolarimeter (DL-NIRSP; University of Hawaii) and the Cryogenic NIR Spectropolarimeter (Cryo-NIRSP; University of Hawaii). Site construction on Haleakala, HI began in December 2012 and is progressing on schedule. Operations are scheduled to begin in 2019. We provide a brief update on the development and construction of the facility and discuss plans for operations, including the DKIST Data Center development. A focus of this presentation will be on the discussion of the many potential synergies and joint observations between DKIST and SOLAR-C.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

A05a 活動領域形成理論・フレア発生理論と Solar-C 計画への期待

鳥海森 (国立天文台), 草野完也 (名古屋大学)

太陽における最も顕著な磁気活動現象の現場が、黒点を含む活動領域である。活動領域は太陽深部から磁束が浮上することで形成されると考えられているが、大型の活動領域はときに強大な太陽フレアを生じ地球近傍にも擾乱を引き起こす。したがって、活動領域の形成やフレアの発生は一貫したプロセスとして理解される必要がある。講演者はこれまで、磁束浮上やフレア発生機構に関して数値シミュレーション・観測研究を行ってきた。その中で、彩層磁場が2つの異なる段階において重要な役割を果たしている可能性が明らかになった。第一に、磁場が太陽表面に出現し活動領域を形成する際、小規模の磁束消滅（キャンセレーション）が数多く観測される。これは正負の磁極ペアが大気中で磁気リコネクション（磁力線再結合）を起こしているものと解釈されている。しかし、リコネクションの現場とされる彩層の磁場観測が難しいため、詳細な3次元構造の解明や物理量の導出には至っていない。この小規模リコネクションは、磁束が活動領域を形成する際の効率的な磁束浮上に寄与している可能性があり、彩層磁場観測による詳細なメカニズムの解明が求められる。第二に、講演者らによる太陽フレア発生シミュレーションからは、活動領域の大局的な磁場と局所的な磁場構造がリコネクションを生じ、フレアを誘発することが示唆されている。特に、発生するフレアの性質や規模については、大局磁場と局所磁場の3次元幾何配置が重要である。したがって、光球磁場のみならず、2つの磁気システムがリコネクションを生じる彩層高度の磁場情報が得られれば、フレア発生の詳細な過程が解明できると考えられる。講演では、これまでの研究を振り返り、活動領域形成理論とフレア発生理論の観点から Solar-C による彩層磁場観測の重要性を議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

A06a フレアのトリガ過程に関する観測的研究の現状と課題

伴場由美、草野完也 (STEL/名古屋大学)、清水敏文 (ISAS/JAXA)

Bamba+[2013] では、ひので/可視光磁場望遠鏡 (SOT) による光球面磁場構造と彩層における短時間の発光現象を、フレア前数時間にわたって詳細に解析した。その結果、過去に発生した4つの大規模フレアのトリガとなった小規模な磁場構造を特定し、さらに4イベント全てがKusano+[2012]の数値シミュレーションによるフレアの発生条件を満たすことを確かめた。これにより、特定のモデルに基づいて多くのフレアイベントについて系統的に解析を行うことの重要性が示された。そこで、太陽全面を観測するSDO/HMI, AIAによるデータにBamba+の解析手法を適用することで解析イベント数を増やし、結果を統計的にまとめることを試みた。2010年2月から2014年2月までに太陽中心から $\pm 750''$ 以内で発生したM5.0クラス以上の32イベントについて解析を行った結果、解析を行ったイベントの70%以上にあたる23イベントで、Kusano+のシミュレーションで示唆されるシアした初期のフレアリボンや、フレア前に断続的にみられる彩層での発光現象などの特徴が明確でないという結果が得られた。それ故、これらのイベントのトリガ機構がモデルと異なるものであるのか、また、Kusanoモデルがどれほど普遍的にフレアの発生メカニズムを説明できるのかを明らかにするためには、多数のフレアイベントについてより慎重に解析を行う必要がある。このような現状の下、今後ひのをを用いたフレア観測に求められるのは、フレア観測率の向上およびフレア発生前の重要なフェーズのデータを確実に確保するための、長時間の活動領域の監視である。その際、波長や時間分解能、空間分解能の統一されたデータを取得することが、多数のフレアの比較解析にとって重要である。本講演では、これまでひのでおよびSDOを用いて行ってきたフレアトリガ研究の現状と課題を報告すると共に、Solar-C計画に備え今まさにひのでで行うべきフレア観測について議論を行う。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

A07a 彩層磁場観測に基づく非線形 force-free 磁場 (NLFFF) モデリング：フレア・コロナ質量放出研究の方向性

塩田大幸、草野完也、今田晋亮(名古屋大学)、井上諭(Kyung Hee University)

太陽フレア・コロナ質量放出(CME)は、コロナ中の磁場に蓄積された磁気エネルギーを解放することで発生する爆発現象である。コロナ磁場の3次元構造、特に活動領域の上空の磁場構造は、フレア発生前のエネルギー蓄積の役割を担うだけでなく、フレアをトリガする過程を決める。さらに活動領域を含むより広域の磁場構造は、フレアにともなって形成・放出される磁束管がCMEへ発展する過程にも影響を及ぼす。

コロナ磁場の直接観測は困難であるため、光球で観測されるベクトル磁場分布に基づいて、非線形 force-free 磁場(NLFFF)を数値モデルから求める手法が現在最も有効な研究手段となっている。ここで問題となるのが、ベクトル磁場が観測される光球ではプラズマ β が大きく、多くの領域では完全な force-free 条件を満たしていないことである。そのため、光球で得られたベクトル磁場分布で計算した磁場は force-free 条件を満たすことができず、再現性が完全ではない。Kusano et al. 2012では小規模な磁場構造によるフレアトリガの可能性が示唆されており、様々な空間スケールでモデル磁場の再現性を高めることは、フレア・CME研究にとって必要不可欠である。

Solar-C搭載予定の光学磁場診断望遠鏡(SUVIT)では、彩層のベクトル磁場を観測可能である。ベクトル磁場が得られる彩層上部では、force-free 条件を満たしていることが予想され、これを利用することでコロナ磁場をより高い精度で再現可能になることが期待される。講演では、活動領域と広域の磁場を同時に解くモデルについて、非平面状に与えられた境界条件の取り扱いなど今後開発すべき要素について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

A08a Solar-C 衛星による太陽フレアに伴う粒子加速現象観測の可能性

渡邊恭子, 清水敏文 (宇宙航空研究開発機構), 増田智 (名古屋大学)

太陽フレア現象に伴って加速される粒子は、電子で数 MeV、イオンで数 GeV までのエネルギーを最大で得ているが、その情報は主に電波や硬 X 線・ガンマ線などを用いて得られている。また、これまでの観測から太陽フレア中の粒子加速と磁気リコネクションは深く関係していることが知られているが、大量の粒子が加速されているはずの加速域自体は観測されていない。また、加速粒子がコロナ中をどのように伝播して彩層・光球まで達しているのかについても直接には観測されていない。

これらは主に密度の低いコロナにおける現象であるため、フィルター観測で物理情報を得るのは難しい。Solar-C は高エネルギー粒子自体や電波や硬 X 線等を観測できるような装置はないが、主に分光観測を行っており、可視光や紫外線は (偏光) 分光装置で、軟 X 線は光子計測の方法で観測を行うことが計画されている。加速中 (または直後) の粒子の分布・スペクトルとその変動を観測することによって、加速域の特定と加速機構に迫る情報が取り出せると期待される。

また粒子加速と関連があると考えられている白色光フレアにおいて、最近の「ひので」で観測された白色光フレアの統計的な解析から、白色光フレアイベントにおいて軟 X 線の温度とエミッションメジャーの間に特徴的な関係が見られ、この結果は粒子加速の 1 つのパラメータとしてコロナ磁場が関連していることを示唆している可能性がある。Solar-C は光球のみならず、彩層・遷移層の磁場観測が行えることから、より加速域に近い磁場の情報を得ることができる。彩層磁場や光球磁場からの変遷をコロナ域に外挿することによって、加速域の磁場と粒子加速の関係について議論したい。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

A09a **Solar-C で探る磁気リコネクションの物理**

今田晋亮 (STEL/名古屋大学)

これまで日本の太陽観測衛星「ようこう」、そして「ひので」により太陽フレアの観測的研究は著しく発展し、フレアの起源がコロナ中で起る磁気リコネクションである事を決定的なものとなった。一方で、フレアの全体像は明らかになったものの、磁気リコネクション領域そのものをとらえられた観測は、ほとんどない。これは、磁気リコネクション領域のプラズマはダイナミカルでタイムスケール(空間スケール/速度)が非常に短く、そのため分光観測のようなスキャンを伴う観測では時間分解能が足りずとらえきれない。また、Imada+2011で議論されているように、リコネクションの高温・高速流は電離非平衡な状態なこともあり、暗く観測する事が難しい。

次世代太陽観測衛星 Solar-C では磁気リコネクション領域も観測できるよう、有効面積の大きいコロナ極端紫外線分光観測装置 (EUVST) が提案されている。この望遠鏡は Hinode/EIS と比べ一桁近く有効面積が大きく、Hinode/EIS と同じ空間分解能(一秒角)であれば、時間分解能が一桁近くあげる事が可能である。典型的な太陽フレアのタイムスケールは10秒程度であり、Hinode/EIS では太陽フレアのタイムスケールと同程度の10秒程度の露出をかけていた。Solar-C ではその10分の1である1秒程度の露出で観測が可能であると考えられ、磁気リコネクション領域の2次元分光観測による探査が可能になると期待できる。磁気リコネクション領域の2次元分光観測に成功すれば、太陽フレアにおいてスイート・パーカーまたはペチェックモデルのどちらのリコネクションが起っているのか、さらにはイオン加熱と電子加熱がどのように違うのか等の磁気リコネクションの基本的な問題の理解に貢献できる。本発表では、数値モデル計算結果を用いて Solar-C で磁気リコネクション領域がどのように観測されるかをもとに、Solar-C による磁気リコネクションの基本物理解への貢献について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

A10a 彩層のエネルギー散逸メカニズムを握る空間分解以下の構造を超高速撮像で探る

磯部洋明, 阿南徹, 一本潔 (京都大学)

太陽物理研究の課題とされる現象の大半は、プラズマの熱・運動エネルギーが支配的な内部で磁気エネルギーを増幅し、そのエネルギーを磁気浮力や波動等を介して上空に輸送し、重力成層のため磁気エネルギーが優勢になった場所で磁気リコネクション等を介して再び磁気エネルギーを高速に散逸させるという一連のプロセスと見ることができる。このうち磁気リコネクションなどの散逸メカニズムを観測的に探るのが困難である理由は、それがマクロな磁気流体 (MHD) スケールとミクロなスケールのカップリングで起きるためである。衝突性弱電離プラズマである彩層では、中性粒子の効果による ambipolar 拡散や Hall 効果などの非 MHD 効果が重要である理論的に示唆されている。彩層中でこれらの効果が発現するスケールは 1km のオーダーで、Solar-C で実現が見込まれる空間分解能 (0.1 秒角 ~ 70km) より依然として小さい。しかし、空間的分解能以下の微細構造はその大きさに対応した時間変動として観測できる可能性がある。時間スケールがアルフベン時間程度で決まるとすれば、彩層中の典型的なアルフベン速度を 10km/s として、1km に対応する時間スケールは 0.1s となり、これは彩層の撮像観測に用いられている既存のカメラで実現可能な数値である。本発表では彩層の磁気リコネクションの理論を予想される微細ダイナミクスの観点から概観し、次に飛騨天文台ドームレス太陽望遠鏡の CMOS カメラを用いた約 33Hz の超高速撮像による彩層観測の結果を紹介する。微細構造に伴う明るさの変動は振幅も小さく、測光精度に加えて地上観測ではシーイングの影響が主要なノイズ源となり、現状のデータでは 0.1s 以下の時間変動の存在を確認できていないが、シーイングの影響のないスペースからの観測には格好のテーマとなるはずである。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

A11r コロナ加熱，太陽風駆動機構でこれまで分かったことと未解明問題

鈴木 建 (名古屋大学 理)

太陽大気上空には、6000度弱の光球に比較して温度が100倍以上高温のコロナが存在し、そこからは数百 km/s の速度の太陽風が吹き出している。エネルギー源である太陽から離れるに従い通常減少するはずの温度の上昇は大きな謎とされ、コロナ加熱問題と呼ばれている。太陽風についても、高温のガス圧による加速だけでは説明が困難な地球近傍で速度が 800km/s にも達する高速太陽風が存在し、その加速機構にも。

このコロナ加熱、太陽風加速には磁場が主要な役割を担っていると考えられている。すなわち、表面对流層で増幅された磁場を介して対流層のエネルギーを上空まで輸送し、そのエネルギーを上空のプラズマに受け渡すという機構が働いているというものである。一方でこの一連の機構を、具体的にはどのような過程—磁気流体/プラズマ波動や磁気リコネクションなど—が、それぞれどのような割合で担っているのかということはよく理解できていない。これら一連の過程を、観測と理論モデルの突き合わせにより定量的に規定することが、コロナ加熱、太陽風加速問題を理解することであると言えよう。

本発表では、コロナ加熱、太陽風加速問題についてこれまで得られている知見を整理した上で、現在の未解明問題を紹介する。その上で、来たるべき Solar-C を踏まえ、未解明問題のそれぞれについて、今後取り組むべき観測手法、および、理論/シミュレーション研究についての方針をまとめる予定である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

A12a SOLAR-Cの彩層偏光分光観測で探る太陽大気の加熱機構

勝川行雄 (国立天文台)

「ひので」「IRIS」に代表されるスペース観測、及び、地上望遠鏡における高解像度観測の進展によって、微細でかつ動的な現象が太陽大気中で普遍的に発生していることが明らかになった。特に、彩層におけるプラズマのダイナミクスが重要であることは広く認識されつつある。彩層は高 β から低 β へと遷移する大気層であり、磁場によって駆動されるプラズマ流や加熱が顕著になり始めるからである。磁場が超音速流をどのように駆動するのかを明らかにし、彩層・コロナ加熱の理解へとつなげることは、SOLAR-Cにおいても重要なターゲットである。彩層で見られるジェット現象は、ジェットの付け根にカスプ状の構造が見られることや、光球で正負の磁極分布と対応していることなどから、磁気リコネクションが主たるエネルギー源であることは間違いない。しかし、光球で正負の磁極が見られない領域、すなわち足下が単極の領域でも高速流が多く発生していることも明らかとなっている。そのような場合、磁場は反平行ではなくある程度の角度を持って接しており、磁場の一部がつなぎ変わるコンポーネントリコネクションが起こっていると考えられている。その際たる例が黒点半暗部で頻繁に発生する半暗部マイクロジェットである。これまでの研究から、半暗部マイクロジェット等の起源となる磁気エネルギー解放は、光球の上部から彩層の下部において発生していること示唆されているが、磁場構造の時間変化が観測的にとらえられたことはない。また、せいぜいプラズマ $\beta \sim 1$ 程度の場所でエネルギー解放が起こっても、周囲の大気を超音速に加速したり高温に加熱することは容易ではない。解放されたエネルギーを磁気流体波を介して上空に伝えるなどの過程が考えられているが、観測的証拠は未だ乏しい。SUVITによる彩層の偏光分光観測と、EUVSTによる遷移層・コロナの高分解能分光観測は、これを明らかにする格好の観測装置である。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

A13a 次期太陽観測衛星 Solar-C による太陽大気における振動・波動研究の展望

北川直優（国立天文台太陽観測所）

太陽プラズマ大気におけるさまざまなエネルギー輸送を担う重要な物理過程として、振動や波動現象は観測・理論的側面から研究されている。特に、6000度の光球の外層に存在するコロナは100万度を越える温度をもつことが知られているが、このような高温のプラズマを生成するメカニズムとして波動の散逸が有力な候補とされてきた。また、太陽近傍のみならず惑星磁気圏のダイナミクスにも強い影響を及ぼす太陽風についても、その加速源はコロナ下部から外延へと伝播する波動だと言われている。

太陽観測衛星「ひので」に搭載された3種の観測装置はどれも当時最高の時間分解能をもっており、これまでの8年間で振動・波動の観測的研究が蓄積されてきた。光球・彩層・遷移層・コロナのいたる場所での観測例があり、太陽プラズマ大気において波動が普遍的に存在することは確固たる結果として「ひので」の大きな成果の一つになっている。しかしながら、遷移層よりも外層においてこれまでに観測された波動のほとんどは、コロナの加熱メカニズムとして期待されるエネルギーフラックスよりも数桁小さいものである。現在の観測装置の空間・時間分解能よりも小さなスケールの波動が大きなエネルギーフラックスをもっている可能性や、波動のエネルギー散逸が起こっている場所がどこか、など今後明らかにするべき研究課題が浮き彫りになってきたと言える。

本講演ではまず、これまでに「ひので」によって観測されてきた振動・波動についてレビューする予定である。そして「ひので」の結果を踏まえた上で、次期太陽観測衛星計画 Solar-C によってどのようなトピックに取り組むことで、現在に比べて何の理解が進むのか、その道筋についての私見をまとめる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

A14a 真空紫外による彩層・遷移層磁場観測

鹿野良平, 石川遼子, 成影典之, 久保雅仁, 勝川行雄, 石川真之介, 坂東貴政 (国立天文台), 後藤基志 (核融合研), ほか CLASP チーム

太陽観測衛星「ひので」の観測により、『彩層・遷移層が光球とコロナをつなぐ中間層にすぎない』との従来認識は払拭され、『プラズマ圧優勢から磁気圧優勢に切り替わる彩層・遷移層の磁場構造と動的現象との同時観測こそが次の太陽物理のフロンティアである』と認識されるようになった。それを受けた次期太陽観測衛星 SOLAR-C での主要科学目的の一つは、光球～コロナの3次元磁場構造を明らかにすることであり、近赤外線のスเปクトル線 (HeI 1083nm, CaII 854nm) での偏光分光観測による彩層磁場診断が計画されている。

一方、真空紫外線領域には彩層・遷移層からの輝線が数多く存在する。それらの偏光分光観測は、彩層 (遷移層) 磁場への新たな診断手法として注目されており、複数の観測ロケット実験にてその確立が模索されている。なかでも Lyman- α (121.6nm) は、(a) 真空紫外線領域で最も明るい輝線なので高い測光精度が期待できる点、(b) 活動領域以外の静穏領域でも明るいので太陽全面の磁場診断が期待できる点、(c) 輝線コアの形成高さがプラズマ $\beta < 1$ の彩層上部～遷移層に達する点、(d) ハンレ効果による磁場感度領域が彩層・遷移層に適した 10～250G である点の4つの利点があり、最も有力な観測対象である。そこで我々は現在、NASA 観測ロケットを用いた Chromospheric Lyman-Alpha Spectro-Polarimeter (CLASP) 計画にて、Lyman- α での高精度 (0.1%) 偏光分光観測を目指している。本講演では、CLASP 計画遂行で明らかとなった Lyman- α 用偏光分光観測装置の性能および磁場診断手法についての課題検討に基づき、今後の真空紫外線領域での彩層 (遷移層) 磁場診断の有効性について、HeI 1083nm や CaII 854nm とも比較しつつ議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

A15r Solar-C による太陽の高精度観測で迫る地球気候変動の謎

高橋幸弘 (北海道大学)

太陽活動が地球気候に影響を与えるという古くて新しい問題である。地球大気のエネルギーの大半が太陽放射に起因する事実を考えると、その変動は当然何かしらの変化を大気に及ぼすということは想像に難くない。これまで、気象学の世界では、太陽活動の変動に起因する気候変動の有無については懐疑的な見方が多かった。しかしこの10年くらいの間に、状況は大きく変わりつつある。

太陽活動が地球対流圏大気に影響を及ぼすメカニズムについては、現在大きく分けて4通りのアイデアが検討されている。すなわち、1) 銀河宇宙線による電離をきっかけとする雲粒の形成、2) 太陽紫外線による成層圏温度場の変動が引き起こす対流圏を含む大気循環の変調、3) 全太陽放射 (Total Solar Irradiance) の変動、4) 全地球電流系を担うイオン分布の変化による雲粒形成の変動である。さらに、これらの組み合わせもありうる。

太陽活動の気候への寄与を否定的に考える場合の理由の一つが、太陽定数という言葉に表されるように、全太陽放射の変動幅が0.1パーセント程度と極めて小さいことである。しかし、近年は衛星による微量変動の長期観測から精密な議論が可能になり、また波長は短くなるにつれ強度変動の振幅が大きくなるため2)の成層圏加熱を通じた変調の可能性はひとつの有力なメカニズムと目されるようになってきている。宇宙線による雲粒生成が根拠が薄いとされてきたが、最近は大規模加速器を用いた実験も精力的に行われるようになってきた。1)や4)は太陽風の構造に加え、太陽放射に起因する地球電離圏構造にも深く関わる可能性がある。こうした仮説を検証し、地球気候の決定要因を明らかにするためには、衛星を使った全太陽放射の高精度計測に加え、詳細スペクトル情報も合わせた時空間構造の記録を、継続的に行っていくことが必須であり、その意味でSolar-Cにかかる期待は大きい。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

A16a Solar-C による、さらなる高分解能光球磁場観測のインパクト

飯田佑輔 (JAXA/ISAS)

2019年度の打ち上げを目指す次期太陽観測衛星 Solar-C/光学磁場診断望遠鏡 (SUVIT) では、ひので衛星 (Hinode; Solar-B)/可視光望遠鏡 (SOT) を1桁上回る空間分解能を持つ光球磁場観測が計画されている。本講演は特別セッションを通して、さらなる高分解能化により、何が可能となりどのような科学に迫ることができるか、を検討する。

太陽光球面磁場活動は、多くの太陽活動の起因となっており、太陽物理学上で重要であると考えられる。また、最も詳細に観測できる恒星磁気対流現象として、より一般の物理学としても興味深い。

太陽ダイナモにおいて生成された活動領域と各領域の磁場構造をつなげるためには、各領域内や領域間のグローバルな磁場構造を理解することが重要である。太陽表面磁場領域は莫大な数の磁極から成っており、それらの運動を何らかの解析手段で統計的に解析する必要がある。2006年に打ち上げられた Hinode の安定した高分解能観測によって、十分な数の磁場のエレメント構造 (磁極) を画像認識の手法を用いて自動判別・追跡することが可能となった (Parnell et al., 2009; Lamb et al., 2010)。それによって、静穏領域における磁場構造形成の描像 (Thornton et al., 2011; Iida et al., 2012) やそこでの磁場輸送過程の描像 (2014年春季年会, 飯田) など、どのような磁極運動がグローバルな磁場構造への影響として重要であるかについて迫りつつある。

しかし、Hinode の高分解能を持ってしても、磁極内部の構造を自動判別することは現状難しい。磁極運動のみからでは、力学的理解について迫ることができず、磁気対流の素力学過程とグローバルな磁場の振る舞いを結びつけることはできない。発表では、磁極の自動判別・追跡を用いた磁場輸送過程の研究結果を紹介し、そこから Solar-C の観測データを用いることで迫ることができる、太陽表面磁気対流の力学理解の重要性を議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

A17a 恒星彩層活動の本質を見極める SOLAR-C

渡邊鉄哉（国立天文台）

彩層とは、晩期型恒星大気の外層に注入される余剰のエネルギーを、水素の電離を促すことにより、彩層主要輝線の輻射損失により消費している大気層である。従って、自由電子の供給担い手が金属原子（イオン）から水素に変化をする、 $T_e \sim$ 温度最低層 $\sim 20,000(K)$ 、 $\Delta \log n_e \sim 12.0 - [A]_m$; ($[A]_m$ は金属量) の範囲の大気のことをいう。この水素の電離による温度・密度の調整機能が、恒星の磁気活動度に応じてコロナ活動が激変するのに対し、彩層活動が主系列星から超巨星まで、比較的安定した温度範囲、並びにエネルギー収支を呈示している理由となっている。コロナ活動が所謂、コロナ恒星風境界を通じて、その現れ方が劇的な変化を示すに対し、彩層活動には、そのグローバルなエネルギー収支には、不連続性がないものの、その幾何学的あるいは磁場構造には変化があるとされている。

SOLAR-C 計画では、太陽彩層の微細磁場構造、その構造ごとの彩層加熱機構、プラズマダイナミクスの解明を目指している。彩層線の線輪郭解析から、観測物理量を導出するには多くの困難を伴うが、理論モデルも駆して、その克服を目指している。彩層磁場の微細連続観測は、現在未踏の域にあり、Solar-C 計画において最大の科学的メリットを担っている。太陽彩層において、その微細物理過程を詳細に調べ、それを恒星の彩層活動に普遍することにより、そのグローバルなエネルギー収支や全体構造をはじめ理解することができるものと期待している。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

A18a Solar-C時代における太陽研究と恒星研究のシナジー

竹田洋一 (国立天文台)

直接その表面を詳しく観察できる唯一の恒星である太陽は非常によく調べられていて理解が進んでいるので比較基準のためには恒星研究者にとって極めて重要な絶対的存在である。一方では太陽研究者にとっても色々なパラメータを持つ多数の恒星は、様々な理論の検証や「時間的に太陽が如何に生まれて進化していくか」等の知見を得るために、大いに資する所があるはずである。

本来太陽物理学と恒星物理学は密接な兄弟関係にあり、天体物理学の黎明期においては両者を股にかけて研究することは全く普通であった。我が国でも遡ること半世紀以前、研究に使える国内の天体観測機器はほとんど太陽望遠鏡だけであった時代は、観測的天体物理学といえはまず太陽ということになっており、その後恒星研究者として活躍した天文学者でも最初は太陽研究からはじめた例も少なくない。

ただ時が流れて現在に至っては両者間の研究上のつながりは非常に希薄になっているのが実情である。皮肉なことにその大きな要因の一つは現在の太陽物理学があまりに進みすぎたことかもしれない。つまり比類を絶する質・量の膨大なデータを基に多様な興味ある動的現象の詳細な物理学的解明に力が注がれていて、他の分野と比べて研究の手法や目指すレベルにあまりに違いがありすぎることが一つの原因であろう。

しかしお互いのためにも研究交流の復活と推進への努力の必要性は言を俟たない。折しも太陽コミュニティは一丸となって Solar-C という新たな太陽観測衛星を打ち上げて太陽研究の新たな局面を開かんとしている。この状況に鑑み「恒星の～を理解するために太陽の～を明らかにしてほしい」、「～の恒星現象の解明には太陽研究の～の手法が応用できよう」、のような(恒星研究者の立場からの)太陽研究者への期待を広い観点から述べたい。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

A19a Solar-C の展望：科学成果への期待と技術課題（総合討論）

一本潔（京都大学）、ほか Solar-C ワーキンググループ

次期太陽観測衛星 Solar-C は、太陽や星になぜダイナミックな外層大気（彩層・コロナ）が存在するか、という天文学の基本問題を、宇宙磁気プラズマの普遍的素過程を理解することによって解明することを目指す。また、地球環境や社会インフラに大きな影響を及ぼすフレア爆発の発生機構を明らかにし、その予測を可能とすることで人類社会に貢献する。Solar-C は日本の太陽コミュニティーが一丸となって推進する国際プロジェクトである。

これまで、国際チームとの継続的な検討によって、上記科学目的を達成するための具体的なアプローチ、および装置に要求される性能が明確にされてきた。すなわち、Solar-C に課せられたミッションは、1) 太陽大気の要素構造を空間的、時間的に分解して観る、2) 光球-彩層-コロナを繋ぐ磁場の3次元構造を測る、3) プラズマの温度 ($3 \times 10^3 \sim 2 \times 10^7 \text{K}$) を隙間なく観測する、4) 熱化する前のプラズマの運動を測る、である。またこれを実現するための3つの望遠鏡の仕様と構成も明らかになってきた。

一方、その実現のためには様々な技術的、プロジェクト的な課題があることも事実である。本講演では、Solar-C に期待される科学成果（成功基準）と共に、これを実現していくために克服しなければならない課題を総括し、今後我々が取り組むべき方向に関する議論のきっかけとしたい。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

A20c Mg II k, h 線と Ca II K 線の形成高度の比較と Solar-C/SUVIT の紫外線観測の役割

川手朋子, 一本潔, 上野悟 (京都大)

2013年7月以降 IRIS は紫外線領域の撮像分光観測により、これまであまり観測されていなかった Mg II k, h 線などの新しいデータを取得している。IRIS の分光観測による彩層・遷移層のダイナミクスは非常に興味深い一方、先行観測があまり無いことや彩層・遷移層の大気構造が複雑であることなどのため、その輝線・吸収線が太陽大気中のどの高度でどのように形成されているかは深く理解はされていない。

Mg II k, h 線の観測は Solar-C/SUVIT においても検討されているが、紫外線から赤外線という幅広い感度を持たせることは技術的にも難易度が高い。それゆえ Mg II の観測が本当に必要なのか、Hinode/SOT など技術が確証されている Ca II H, K 線と比較して、新たな科学成果がどれほど見込めるのかは未だ議論の中にある。

我々は飛騨天文台ドームレス太陽望遠鏡水平分光器を用いて、IRIS と同時刻・同地点の比較的穏やかなプラージュ領域を Ca II K 線、 $H\alpha$ 線、Ca II 8542Å の3波長で撮像分光観測を行った。IRIS の撮像分光データも Mg II k, h 線などが取得されており、両方の分光データを比較することで、Mg II k, h 線が Ca II K 線に対して異なる形成高度の情報をどれほど反映しているか、高空間分解観測による Mg II のデータを得ることによってどのような科学的発展があるのかを考察することが出来る。

本講演では上記の同時観測において取得された、主に Ca II K 線と Mg II k, h 線の輝線・吸収線から異なる形成高度の情報を比較する。またそれを踏まえて、Solar-C/SUVIT における Mg II 観測の重要性について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

A21c 地上観測の限界と Solar-C 光学磁場望遠鏡

一本潔 (京都大学)、SUVIT チーム

次期太陽観測衛星 Solar-C に搭載する光学磁場診断望遠鏡 (SUVIT) は、1.4m の口径で宇宙から光球・彩層の高解像度撮像および高精度偏光分光観測を行い、太陽プラズマ現象の温度、速度、磁場等の物理量を計測する。一方、地上では現在口径 1~1.6m クラスの太陽望遠鏡が稼働を始めており、補償光学装置 (AO) や画像回復処理技術の進歩にともなって、その回折限界分解能を達成することが、短時間であるにせよ、可能になってきた。これによって太陽大気には 0.1 秒角 (約 70km) の対流や彩層密度構造の存在が明らかとなり、ひのでの回折限界を超えたスケールでの太陽プラズマ構造が今後の太陽物理学の重要な研究対象となっている。2020 年頃にはさらに口径 4m の大型望遠鏡 (DKIST) がハワイで稼働を開始する予定であり、そこで得られる回折限界画像の空間分解能は SUVIT のそれを上回るであろう。

SUVIT の使命は 0.1 秒角の分解能を維持しながら、広い視野に渡って 10^{-3} を超える精度の安定した偏光分光情報を取得することである。本発表では、AO の波面補正能力の限界や画像回復処理における誤差伝搬から、地上観測で達成しうる限界を精度、視野、継続時間の観点から考察することで、大型地上望遠鏡と SUVIT がそれぞれ担う役割を明確にし、SUVIT により始めて可能となる科学課題について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

A22c 飛騨天文台ドームレス太陽望遠鏡を用いた彩層磁場の測定

阿南 徹、一本 潔（京都大学）、Robert Casini（HAO）

太陽観測衛星「ひので」などによって太陽表面のプラズマと磁場の関係が定量的に明らかになった。今後は磁気圧優勢な上空大気（彩層やコロナ）で磁場がプラズマにどのように働くかを定量的に評価することが、コロナ加熱問題をはじめとした様々な現象のメカニズム解明に重要であり、次世代太陽観測衛星 Solar-C の主要な科学目標である。近年、装置の偏光測定精度の向上とハンレ効果といった偏光プロセスの理論的な理解が進み、ゼーマン効果とハンレ効果を用いた彩層の磁場測定が個々の現象に対して行われ始めている。私たちは飛騨天文台ドームレス太陽望遠鏡に可視から近赤外までのあらゆる波長で高精度な偏光分光観測ができる装置を開発した。そして、ゼーマン効果、パッシェン-バック効果、ハンレ効果、アライメント-オリエンテーション変換といった様々な磁場に起因する偏光プロセスが働く中性水素パッシェン系列のスペクトル線を用いて、Solar-C 計画に先駆けて活動領域の彩層ジェット（サージ含む）の偏光分光観測を行い、磁場がほぼジェットに沿っていることを明らかにした。飛騨天文台では中性水素パッシェン系列のスペクトル線の他に、Solar-C 計画で偏光分光観測が検討されているスペクトル線（HeI 1083nm や CaII 854nm など）の偏光分光観測も行った。また、ジェットの磁場測定に用いた計算コードや手法は他のスペクトル線に応用できるものであり、HeI 1083nm や CaII 854nm などの磁場測定誤差などについても調べることが可能である。本講演では、ジェットの磁場測定の結果と共に Solar-C 計画で検討されているスペクトル線の飛騨天文台での偏光分光観測結果や磁場測定誤差について紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

【B. 大学間連携】

9月12日(金)午前(09:30-11:30) [D会場]

B01r	09:30	大学 VLBI 連携事業、光赤外線大学連携事業の狙い・(15)	面高俊宏(鹿児島大学)
B02r	09:45	大学間連携による光・赤外線天文学研究教育拠点のネットワーク構築・(15)	関口和寛(国立天文台)
B03a	10:00	東京大学アタカマ天文台(TAO)6.5m望遠鏡計画・(12)	吉井 謙(東京大学)
B04a	10:12	大学間連携で推し進めてきた京大岡山 3.8m 望遠鏡計画の技術開発・(12)	長田哲也(京都大学)
B05r	10:24	大学 VLBI 連携の活動報告・(15)	藤沢健太(山口大学)
B06a	10:39	北海道大学苫小牧 11m 電波望遠鏡プロジェクトと大学 VLBI 連携事業・(12)	徂徠和夫(北海道大学)
B07a	10:51	つくば 32m 電波望遠鏡を用いた筑波大学による運用と観測成果・(12)	金子紘之(筑波大学)
B08a	11:03	岐阜大学の VLBI 活動・(12)	高羽 浩(岐阜大学)
B09b	11:15	茨城観測局 高萩 / 日立 32 m 電波望遠鏡の立ち上げ・(3)	米倉覚則(茨城大学)
B10b	11:18	西はりま天文台「なゆた望遠鏡」の運用・(3)	伊藤洋一(兵庫県立大学)
B11b	11:21	光赤外線大学間連携観測の円滑な遂行に向けた環境整備・(3)	秋田谷洋(広島大学)
B12b	11:27	光赤外線大学間連携による観測教育ネットワーク OISTER・(3)	黒田大介(国立天文台)
B13b	11:30	光・赤外線天文学大学間連携による短期滞在実習プログラムの実施 II・(3)	大朝由美子(埼玉大学)
B14b	11:33	可視・近赤外撮像データに対する測光パイプラインの開発・(3)	斉藤嘉彦(東京工業大学)
B15c		光赤外線大学間連携共同大型実験棟	永山貴宏(鹿児島大学)

9月12日(金)午後(13:30-15:30) [D会場]

B16b	13:30	京大岡山 3.8m 望遠鏡における波面測定技術の開発・(3)	木野 勝(京都大学)
B17b	13:33	京大 3.8m 望遠鏡における惑星探査計画(SEICA):概念設計と性能評価・(3)	松尾太郎(京都大学)
B18b	13:39	光赤外線大学間連携事業による IRSF1.4m 望遠鏡用可視・近赤外線同時分光器の開発・(3)	國生拓摩(名古屋大学)
B19b	13:42	チベット西部域における光赤外線天体観測環境調査(VIII)・(3)	佐々木敏由紀(国立天文台)
B20a	13:48	大学連携 VLBI および東アジア VLBI 網における C-X 帯、K 帯フロントエンドの開発・(12)	木村公洋(大阪府立大学)
B21a	14:00	東アジア VLBI 観測網構築に向けた試験観測の状況・(12)	萩原喜昭(国立天文台)
B22a	14:12	JVN サブアレイ OCTAVE の進捗と今後の JVN 観測モード拡張・(12)	小山友明(国立天文台)
B23r	14:24	光赤外大学間連携とかなた望遠鏡による Narrow Line Seyfert 1 Galaxy 1H 0323+342 の可視観測・(15)	田中康之(広島大学)
B24r	14:39	光赤外線大学間連携における超新星爆発の ToO 観測状況報告 II・(15)	山中雅之(甲南大学)
B25a	14:54	光赤外線大学間連携での矮新星の観測の狙い・(12)	野上大作(京都大学)
B26a	15:06	光赤外線大学間連携 OISTER チームによる Nova Delphini 2013 = V339 Del の ToO 観測・(12)	関口和寛(国立天文台)

(次頁に続く)

【B. 大学間連携】

B27b	15:18	光赤外線大学間連携における Ic 型超新星 SN 2013ge の初期観測報告・(3) 山中雅之(甲南大学)
B28b	15:21	光赤外線大学間連携を通じた矮新星観測とその成果・(3) 大島誠人(京都大学)
B29b	15:24	若い小惑星族の高速自転小惑星候補の観測・(3) 吉田二美(国立天文台)
B30c		短周期彗星 209P/LINEAR の光赤外線天文学大学間連携による観測 石黒正晃(ソウル大学)
9月13日(土) 午前(09:30-11:30) [D会場]		
B31a	09:30	Trigonometric distance to IRAS 20056+3350: Massive star forming region on the Solar circle・(12) Ross Alexander Burns (Kagoshima University)
B32a	09:42	EAVN による 6.7 GHz メタノール・メーザーの固有運動計測プロジェクト・(12) 杉山孝一郎(山口大学)
B33a	09:54	茨城 32-m 鏡による 6.7 GHz メタノールメーザー源の単一鏡強度モニター・(12) 米倉覚則(茨城大学)
B34b	10:06	EAVN による 6.7GHz メタノール・メーザーの VLBI サーベイ VIII・(3) 松本尚子(国立天文台)
B35b	10:09	大質量原始星ジェットに付随する青方偏移卓越メーザー観測プロジェクト・(3) 元木業人(山口大学)
B36b	10:12	大学 VLBI 連携を用いた近傍銀河 AGN のアンモニア吸収線観測計画・(3) 宮本祐介(茨城大学)
B37b	10:18	高感度 VLBI 観測による未同定ガンマ線源に付随する高輝度電波源サーベイ・(3) 新沼浩太郎(山口大学)
B38b	10:21	多地点連携によるカニパルサー電波高時間分解能観測・(3) 三上 諒(東京大学)
B39c		EAVN による 6.7 GHz メタノール・メーザーの VLBI サーベイ IX : ペア形状天体の内部固有運動 蜂須賀一也(山口大学)
B40c		国土地理院つくば 32m 電波望遠鏡によるアンモニア分子反転遷移輝線の銀河系中心領域広域サーベイ観測 III 荒井 均(国立天文台)
B41c		Sgr A* at 22 GHz around the G2 peri-center passing with Japanese VLBI Network 朝木義晴(宇宙航空研究開発機構)
B42r	10:27	大学間連携による AGN ジェットの多波長観測・(15) 伊藤亮介(広島大学)
B43a	10:42	可視変動により見つかった radio-loud narrow line Seyfert 1 の多波長観測・(12) 諸隈智貴(東京大学)
B44a	10:54	鹿児島大学における VLBI および光赤外線大学間連携事業による変光星の観測的研究・(12) 中川垂紀治(鹿児島大学)
B45a	11:06	大学間連携望遠鏡によるガンマ線バーストの観測・(12) 河合誠之(東京工業大学)
B46a	11:18	OISTER・すざくによる 2FGL J2339.6-0532 の観測・(12) 谷津陽一(東京工業大学)

B01r 大学 VLBI 連携事業、光赤外線大学連携事業の狙い

面高俊宏（鹿児島大学）

電波望遠鏡を持つ4大学（北大、岐阜大、山口大、鹿児島大）と国立天文台が参加して、星生成領域や AGN の VLBI 観測の推進を図る大学間連携事業は2005年度よりスタートし現在では新たに筑波大、大阪府立大、茨城大が参加するネットワークに発展してきた。研究としてはメタノールメーザー、水メーザー輝線 VLBI 観測で得られた星生成領域の高空間分解能マップによる星生成メカニズムの解明並びに連続波 VLBI による AGN の研究が精力的に行われている。この大学 VLBI 連携の進展を受けて、2011年度より文科省は光赤外線望遠鏡を運用している国内6大学（北大、東大、東工大、京大、広島大、鹿児島大）と国立天文台からなる光赤外線大学連携事業をスタートさせた。現在では、この光赤外線大学連携には新たに埼玉大、京都産業大、兵庫県立大が加わっている。研究としては世界的な天体観測ネットワークを構成し、ガンマー線、超新星、矮新星等の突発・変光天体の光、赤外線観測による新天体・正体不詳天体の特性の解明を目指している。

大型地上望遠鏡は共同利用研である国立天文台に集中し推進させるという国家の基本方針の中で、大学は学生、院生の教育・研究を独自にどのように進めるか？この VLBI と光赤外線の両大学連携事業が認可された背景、経緯並びに期待について述べる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B02r 大学間連携による光・赤外線天文学研究教育拠点のネットワーク構築

関口和寛

今日の観測天文学は、宇宙をより詳しく、より遠方まで見るために、利用できる最新の技術を駆使し、最先端の大型望遠鏡や観測装置を作ること急速に発展してきた。特に掃天観測の分野では、衛星および地上からの大規模サーベイ観測が行われており、これらの多くでは観測情報は即時公開されて世界中の研究者がそれを利用して今まで非常に困難であったガンマ線バーストの起源天体の解明や、超新星、X線新星、新星、矮新星等の突発天体と呼ばれる天文現象の詳細な研究を行うことが可能となった。しかし突発天体の発生時期・発生場所は予測不可能なため、貴重な早期観測データ取得のためには全地球的な地上観測網を敷き、サーベイ情報を用いてすばやく地上からの可視光・近赤外線でのフォローアップ（追跡）観測を実施することが必要である。

次の大規模サーベイ計画である LSST (Large Synoptic Survey Telescope) 等が開始されようとするこの時期に、中小望遠鏡でも可能な天文学の比較的未開拓な次元である「時間軸」等に焦点を当て、日本国内と世界中に展開する各大学の望遠鏡群を連携して活用するネットワークを立ち上げ、各大学の研究者と学生が最先端の研究・開発を通じて今までになかった共同での研究と教育を行う体制の構築が急務である。

このような展望をふまえて、国立天文台、北海道大学、東京大学、東京工業大学、名古屋大学、京都大学、広島大学、鹿児島大学、埼玉大学および兵庫県立大学が国内外に持つ中小の望遠鏡を有機的に結びつけて、地上と衛星により行われるサーベイ観測と連携した、光学赤外線での多地点・多機能な突発天体のフォローアップ観測のネットワークを構築し、すばる望遠鏡や ALMA のような大型観測装置だけでは出来ない種類の最先端の研究を行うことにより大学での教育と研究を促進することを目的とした取り組みを紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B03a 東京大学アタカマ天文台 (TAO)6.5m 望遠鏡計画

吉井謙, 土居守, 河野孝太郎, 川良公明, 田中培生, 宮田隆志, 本原顕太郎, 田辺俊彦, 峰崎岳夫, 酒向重行, 諸隈智貴, 田村陽一, 青木勉, 征矢野隆夫, 樽沢賢一, 加藤夏子, 小西真広, 上塚貴史, 高橋英則 (東京大学), 越田進太郎 (カトリカ大), 半田利弘 (鹿児島大学) 他

東京大学アタカマ天文台 (TAO) 計画は、標高 5640m のチリ・アタカマ高原・チャナントール山山頂に口径 6.5m の光学赤外線望遠鏡を建設し、特に、近・中間赤外線において特定の研究テーマについて集中的な観測時間の割り当てを行うことにより、主に、高赤方偏移クエーサーの近赤外線モニターや突発天体観測による宇宙論、遠方銀河の近赤外線観測による銀河進化、中間赤外線観測によるダスト形成からの惑星形成の解明を目的とする。また、大学望遠鏡として教育に注力し、次世代研究者の育成を行うことも本計画の重要な目的である。

晴天率や可降水量などの観点から世界最高の赤外線観測適地と考えられる TAO サイトの厳しい環境における観測・運用の効率化を念頭に、TAO 望遠鏡は赤外線観測性能と保守運用性を追求する。すでに望遠鏡の主構成品の仕様をまとめ、望遠鏡架台、鏡、蒸着装置、エンクロージャ、観測装置、山頂アクセス道路等の設計・製作を進めている。望遠鏡光学系はリッチー・クレチエン系を採用し、不要な赤外線放射を低減するため光学系瞳を副鏡に置き、視野 $\phi 25$ 分角を得る。観測装置焦点としては 2ヶ所のナスミス焦点に近赤外線観測装置 SWIMS(0.9-2.5 μm)、中間赤外線観測装置 MIMIZUKU(2-40 μm) を配置し、別途ベントカセグレン焦点をそなえる。TAO 望遠鏡はサンペドロ・デ・アタカマ市に完成間近の山麓施設から遠隔操作により運用され、望遠鏡時間の 40%は全国の研究者に広く供される。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B04a 大学間連携で押し進めてきた京大岡山 3.8m 望遠鏡計画の技術開発

長田哲也（京都大学）、京大岡山 3.8m 望遠鏡計画グループ

この大学間連携において、京都大学の役割分担は「… 3.8m 新技術望遠鏡を完成させ、[中略] 高速測光分光、面分光等の特色ある機能を有した観測装置を開発し、観測を分担する。」となっており、各年度において「望遠鏡の基礎技術開発」、「観測装置開発」を行なって来た。これは概算要求書の「『… 全国の大学等と観測装置の先端的・基礎的開発研究を進める』を実行するものである。」にも対応している。

京大岡山 3.8 m望遠鏡計画は2006(H18)年度に本格スタートし、京都大学が中心となって岡山天体物理観測所に口径3.8mの光赤外線望遠鏡を建設することを目指してきた。大学間連携の2011年スタートにより、名古屋大学内の共同実験棟での開発も含め、技術開発を加速することができ、さらに補正予算で望遠鏡建設が決定して計画が大きく前進している。

本講演では、これまでにこの計画が開発してきた技術（大型光学素子の加工と計測、軽量の望遠鏡構造、分割鏡制御、補償光学）の概要を報告する。これらの技術は中口径望遠鏡を廉価に製作するもしくは高性能化する技術であり、天文学のみならずスペースデブリの監視、衛星からのダウンリンクの地上局などにも活用できる可能性がある。また加工と計測技術はすでに複数の企業に提供され、大学間連携で生まれた研究成果によって社会貢献を実現している。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B05r 大学 VLBI 連携の活動報告

藤沢健太 (山口大学), ほか大学 VLBI 連携研究グループ

大学 VLBI 連携観測事業 (大学 VLBI 連携) は、2005 年度にはじめられた。現在では国立天文台と国内 7 大学 (北大、茨城大、筑波大、岐阜大、大阪府立大、山口大、鹿児島大) により推進され、3 研究機関 (宇宙科学研究所 / JAXA、情報通信機構、国土地理院) の支援を受けて国内 13 台の電波望遠鏡を組織化したネットワーク、「日本 VLBI 観測網 (JVN)」を形成・運用している。JVN の基線長は 2300 km、観測周波数は 6.7/8/22 GHz である。大学連携 VLBI は大学・日本における VLBI の持続的な発展、東アジア VLBI 観測網の基礎となることなどを長期的な目標として掲げている。

JVN の観測はすでに定常的であり、1 年間の観測回数は 20 ~ 30 回、総観測時間は約 200 時間である。AGN とメーザ (水、メタノール) が主な対象である。JVN 観測による天文学の研究論文はこれまで 19 編 (装置 1、AGN8、メーザ 10) あり、そのほか装置開発、測地 VLBI、単一鏡観測、VLBI の結果を踏まえて行われた観測、理論研究との連携など、VLBI から発展した多彩な研究が行われている。上海天文台と協力して実施したメタノール・メーザの研究によって日中韓 3 か国共同研究の最初の論文が出版されている。また大学間の交流を通じた学生教育も著しい特色・成果である。大学連携の研究を直接・間接的に利用して卒論・修論・博論を書いた学生は数十名に及ぶ。

現在の課題はさまざまな組織の改革、観測システムの広帯域化・高感度化、参加大学の研究のさらなる活性化などである。2014 年度中に 10 周年記念ワークショップ開催し、これまでの研究のレビューと将来の計画を議論を行い、成果をまとめた報告書を作成しようと考えている。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B06a 北海道大学苫小牧 11m 電波望遠鏡プロジェクトと大学 VLBI 連携事業

徂徠和夫, 羽部朝男, 日浦皓一郎, 梅井迪子, 西川由恭, 岸田望美, 中島大貴, 南原甫幸 (北海道大学), 渡邊祥正 (東京大学), 元木業人 (山口大学, 日本学術振興会特別研究員), 西谷洋之, 南谷哲宏, 諸隈佳菜, 竹腰達哉 (国立天文台)

北海道大学の宇宙物理学研究室 (大学院理学研究院物理学部門 / 理学院宇宙理学専攻 / 理学部物理学科に所属) は, 2001 年度に口径 11m の電波望遠鏡を譲り受け苫小牧に移設するのを機に, 電波天文学を進めるグループを発足させ今日に至っている. この間, 測地観測用のパラボラアンテナを電波天文用の望遠鏡として改修し, 約 70 km 離れた札幌キャンパスから遠隔で操作できるよう整備を進め運用してきたが, 大学 VLBI 連携事業に負うところは極めて大きい. 本講演では, 苫小牧 11m 電波望遠鏡の整備・運用の経過と成果について, 大学連携事業の 1 つのケースとして報告する.

苫小牧 11m 電波望遠鏡は観測周波数帯が 21.3 – 24.3 GHz と比較的低いためにビームサイズが大きくなり, 一方で同周波数帯で強い強度が期待される NH_3 スペクトル線の放射領域が比較的コンパクトであることから, ビーム希釈により単一鏡観測の効率はかなり悪くなってしまふ. このため, 1 観測点あたりの必要積分時間が多大になり, 観測者の負担が相当大きくなり, 一定の成果を挙げるのにかなりの時間を要するという問題を抱えていた. 私たちは, この問題を回避するために, 単一鏡観測の全自動化を進め, 天候判断による観測の中断・復帰に加え, 装置トラブルからの自動復旧も可能なシステムを作成した. 昨年 5 月より試験的に全自動観測の運用を開始し, 問題点を解決, 本年より本格的に観測を行っている. 今後は, 本システムを使って電波再結合線の探査観測や高頻度の H_2O メーザーの時変動モニター観測等を効率的に実施し, VLBI 観測とともに成果を挙げる予定である.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B07a つくば32m電波望遠鏡を用いた筑波大学による運用と観測成果

金子紘之、中井直正、瀬田直道、永井誠(筑波大学)、ほか筑波大学32m運用メンバー

筑波大学では、2005年より国土地理院と協定を結び、国土地理院のつくば32mアンテナにK帯(22GHz帯)の受信機を開発、搭載し、運用、科学観測を行っている。

我々は、大学連携VLBIネットワークの1局としてK帯のVLBI観測を担い、さらに2014年4月からは今まで国土地理院が観測を行っていたX帯[8GHz帯]でのVLBIの科学観測も開始した。

Sgr A*へのG2降着イベントを踏まえ、2012年の準備期間を経て2014年7月までSgr A*の22GHz帯VLBIモニター観測に準定常的に参加し、高萩、日立局に次ぐ大口径の望遠鏡として中核的な役割を果たした。

また、国土地理院の定常観測の合間の時間を用い、単一鏡としても運用を行い、銀河面、銀河NGC 3079、オリオン分子雲、M 17のアンモニア(J, K)=(1, 1)~(6, 6)反転遷移の同時観測やメガメーザー銀河NGC 5495の銀河中心ブラックホールの水メーザーのモニター観測などの特色ある観測を行ってきた。

本講演では、つくば32m電波望遠鏡の22GHz帯の状況と科学成果を概観し、これからの観測および運用計画について発表したい。

なお、国土地理院と筑波大学の間には結ばれた「超長基線電波干渉計による高精度観測に関する共同研究」協定に基づいて32mアンテナを使用しており、本発表はそれに伴う運用、観測成果の報告である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B08a 岐阜大学の VLBI 活動

高羽 浩, 須藤広志 (岐阜大学)

岐阜大学では、11m 電波望遠鏡を用いて国立天文台や電波望遠鏡を運用する大学・研究機関と連携し、日本列島 VLBI 電波望遠鏡網 (JVN) 観測に参加している。国立天文台と岐阜大学間を文部科学省が運用するスーパー SINET でいち早く接続し、2Gbps 2 回線という超高速の光回線で国土地理院つくば 32m 鏡との間でリアルタイムに相関処理を行うことで超広帯域の測地 VLBI 観測を実施し、世界最高速度の e-VLBI を実現した (2008 年日本測地学会誌 Vol.54, No.4, pp269-278)。2006 年 12 月には観測周波数を 22GHz 化した。

測地 VLBI では、国立天文台の運用する VERA の 2.2 GHz 帯測地観測に光回線を使って岐阜大から三鷹に 2Gbps でデータを伝送し、三鷹でデジタルフィルターを用いて帯域を 1Gbps に落として記録する方式で参加している。

天文 VLBI では JVN 観測でも三鷹に 2Gbps データを伝送して同じ方法で K4 レコーダーに合わせた帯域で記録することで参加している。このほか、銀河中心ブラックホールにガスが落ち込むことにより電波強度が強くなることが予測されたため、水沢 10m 鏡、つくば 32m 鏡、鹿島 34m 鏡と共同で、K5/VSSP32 を用いて 128Mbps でデータを記録し、インターネット回線で宇宙研に伝送する方式でブラックホールのモニター観測も行っている。

スーパー SINET は現在では SINET4 となり、専用の STM の 2Gbps 回線から汎用の 10GbE 回線となり、国立天文台との通信も新しい回線接続装置に代わっている。国立天文台水沢も三鷹と高速光回線で接続されたので、2014 年 3 月から水沢 10m 鏡と岐阜大 11m 鏡間で 2Gbps の光結合 VLBI 観測も開始した。本講演ではこの進捗状況についても報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B09b 茨城観測局 高萩 / 日立 32 m 電波望遠鏡の立ち上げ

米倉 覚則, 齋藤 悠, Soon Kang Lou, 石井 翔太, 佐藤 雄貴, 沖本 有, 加古 琳一, 永瀬 桂, 安井 靖堯, 杉山 孝一郎, 宮本 祐介, 百瀬 宗武, 吉田 龍生, 横沢 正芳 (茨城大), 小川 英夫, 木村 公洋 (大阪府大), 藤沢 健太 (山口大), 高羽 浩 (岐阜大), 徂徠 和夫 (北大), 中井 直正 (筑波大), 面高 俊宏 (鹿児島大), 亀野 誠二, 小山 友明, 河野 裕介, 小林 秀行 (国立天文台), 川口 則幸 (上海天文台), 他大学間連携 VLBI group

我々は、KDDI から譲渡された直径 32 メートルの通信アンテナ 2 台を、大学間連携 VLBI (東アジア VLBI)、単一鏡、2 素子干渉計などの形態で、6.7 GHz (メタノールレーザー)、8.4 GHz (連続波)、22 GHz (水レーザー、連続波等) の観測が可能な電波望遠鏡にすべく 2009 年より改造作業を行ってきた。2009 年 11 月、日立アンテナにおいて 6.7 GHz 帯常温受信機およびスペアナを用いた単一鏡ファーストライト受信に成功した。それ以降、6.7 GHz 帯冷却受信機の立ち上げ、時刻系・テープ記録系の整備を行い、2010 年 6 月に VLBI 試験観測に成功した。2010 年 8 月には VERA 4 局および上海 25-m アンテナとともに、初の VLBI 科学観測 (メタノールレーザー源の固有運動測定) を行った。その後、6-9 GHz 帯および 21-25 GHz 帯冷却受信機をそれぞれ 2 台ずつ立ち上げ、HDD 記録系 (帯域 500 MHz) および単一鏡分光観測用の解析系を整備した。現在は、2 台のアンテナを用いて、6.7 GHz、8.4 GHz、22 GHz の VLBI 観測を年間 200 時間程度定常的に実施している。メタノールレーザー源の固有運動測定については、年 1 回の VLBI 観測を 2013 年まで継続し、成果の一部は PASJ に掲載された (Fujisawa et al. 2014)。2013 年初頭より、メタノールレーザー源の単一鏡強度モニター (米倉他本年会) および Sgr A* の短基線 VLBI によるフラックスモニター (坪井他本年会、朝木他本年会) をほぼ毎日実施している。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B10b 西はりま天文台「なゆた望遠鏡」の運用

伊藤 洋一, ほか西はりま天文台スタッフ (兵庫県立大学)

西はりま天文台は、日本最大口径の光学望遠鏡「なゆた望遠鏡」を主力機器として、広報普及活動とともに教育研究活動を積極的に推進している。「なゆた望遠鏡」には、可視光撮像装置、可視光分光装置、近赤外撮像装置、可視光ターゲット観測システム、可視同時偏光撮像分光装置などの装置がある。これらの装置は定常的に運用されており、晴れれば毎晩、天文台スタッフが研究観測を行っている。また、光赤外線大学間連携事業にも深く関与し、数多くの ToO 観測をしてきた。

一方で 2013 年秋には「公募観測」制度を開始した。これはプロポーザルを年二回募集し、外部の研究者を含めた審査員のレフェリーをもとに観測時間を割り当てる制度である。兵庫県立大学からの補助により、旅費も一部が支給される。ただし、国立天文台等が供している共同利用とは異なり、観測の遂行を保証するものではない。我々は一年間で 40 夜を公募観測に割り当て、研究観測の多様性を追求してきた。講演では、公募観測を始めとする研究観測の現状を述べ、併せて将来の計画についても議論したい。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B11b 光赤外線大学間連携観測の円滑な遂行に向けた環境整備

秋田谷洋 (広島大), 渡辺誠 (北海道大), 大朝由美子 (埼玉大), 諸隈智貴 (東京大), 斉藤嘉彦 (東京工業大), 村田勝寛 (名古屋大), 野上大作 (京都大), 高橋隼 (兵庫県立大), 永山貴宏 (鹿児島大), 黒田大介, 関口和寛 (国立天文台), 光・赤外線天文学大学間連携観測チーム

光・赤外線天文学大学間連携事業では、国内外の可視・赤外線望遠鏡を連携して用いた観測研究を遂行している。観測対象には突発天体や時間変動天体の追跡が多く、即応的な観測開始や連続的なデータ取得が求められる。そのためには、各地に散らばる観測地点それぞれの機器状態や天候の状況を把握し、適切な観測指示を送ることが必要となる。そこで我々は、連携観測を円滑に遂行することを目指した環境整備を進めている。

全観測地の最新状況の情報を共有するため、CGIベースの情報一覧WWWページを立ち上げた。このページでは、各観測地の装置・望遠鏡の最新状況と今後の予定をwebブラウザ上で書き込み、かつ、閲覧できるようにしている。観測指示者はこのページを見ることにより、観測遂行に適切な望遠鏡・装置の組み合わせを瞬時に知り、指示に活かすことができる。また、各地の全天スカイモニターへのURLリンクも付記されており、天候状況の把握も容易である。

また、各観測地の天候状況を把握するためには、気象情報をリアルタイムに取得する機器を各地に配置することが欠かせない。我々は、全天スカイモニターシステムの整備が十分ではなかった北海道大学附属天文台と東京工業大学明野観測所に対して、すでに同様の機器の開発・運用に成功している国立天文台岡山天体物理観測所および広島大学東広島天文台の経験を提供し、新たにスカイモニターシステムを製作して設置し、運用を開始した。スカイモニター製作のノウハウは確立したため、今後の量産、他地点へのさらなる増設も容易となった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B12b 光赤外線大学間連携による観測教育ネットワーク OISTER

黒田大介, 関口和寛 (国立天文台), 渡辺誠 (北海道大学), 大朝由美子 (埼玉大学), 諸隈智貴 (東京大学), 斉藤嘉彦 (東京工業大学), 村田勝寛 (名古屋大学), 野上大作 (京都大学), 秋田谷洋 (広島大学), 永山貴宏 (鹿児島大学), ほか光・赤外線天文学大学間連携観測チーム

「大学間連携による光・赤外線天文学研究教育拠点のネットワーク構築」事業では、国内外に中小口径望遠鏡をもつ北海道大学、埼玉大学、東京工業大学、東京大学、名古屋大学、京都大学、兵庫県立大学、広島大学、鹿児島大学および国立天文台が連携した観測教育ネットワーク OISTER (Optical and Infrared Synergetic Telescopes for Education and Research) を構築し運用している。中小口径望遠鏡でこそ可能な時間軸に焦点を当て、突発天体に対して初期からの即時およびモニター観測、可視から中間赤外まで多波長・複数モードで同時観測、1 サイトでは実現できない長時間の連続観測を共同して行うことにより、大学での教育と研究を促進する狙いがある。

OISTER では、High-z ガンマ線バーストの検出を第一優先ターゲットに据え、超新星、AGN、激変星、X線連星といった突発天体として知られる天体をサイエンスタargetとしてしている。これまでに25天体の観測を実施し、初期成果が出始めただけでなく、OISTERを通して人的交流が活性化され、新たな教育研究基盤の絆が生まれ研究教育成果をもたらしている。

この3年間の間は、情報共有のwikiやMLの整備、プロポーザル制の導入、オンサイト解析の実施体制の構築、規約制定、ガンマ線バースト用即時アラートシステム構築など、この連携観測ネットワークを円滑に運用するための体制を整えることに重点をおいてきた。本講演では、主にOISTERの運用や体制について述べる。OISTERの一環として、環境整備、解析パイプライン、教育プロジェクト、装置開発などの講演も参照していただきたい。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B13b

光・赤外線天文学大学間連携による短期滞在実習プログラムの実施 II

大朝由美子 (埼玉大学)、高橋隼、高木悠平、本田敏志 (兵庫県立大学)、秋田谷洋 (広島大学)、黒田大介、泉浦秀行、筒井寛典、関口和寛 (国立天文台)、橋本修 (ぐんま天文台)、渡辺誠 (北海道大学)、諸隈智貴 (東京大学)、斉藤嘉彦 (東京工業大学)、村田勝寛 (名古屋大学)、野上大作 (京都大学)、永山貴宏 (鹿児島大学)、光・赤外線天文学大学間連携観測チーム

「大学間連携による光・赤外線天文学研究教育拠点のネットワーク構築」事業では、平成 25 年度から、光赤外大学間連携の参加機関に所属する大学院生や若手研究者を対象とした短期滞在実習プログラムを実施している。本プログラムは、自身の所属する機関以外の望遠鏡や観測装置を利用する、もしくは、観測装置や観測システムの開発に関わる機会を提供する。参加者は自身の学びたい内容に合わせて、光赤外大学間連携の参加機関から滞在先を選択し、数日から 1 週間程度滞在しながら、各自が設定したテーマに関する簡単なインストラクションを受けることができる。「これまで撮像観測しかしたことがないが、分光観測を学びたい」、「これから装置開発を行なうので実習を通して学びたい」といった要望を持った学生等の参加を想定している。本プログラムによって、参加者の研究の幅が広がり、各自の研究が発展することが期待される。

平成 25 年度は、5 名の大学院生が、岡山天体物理観測所、兵庫県立大学西はりま天文台、広島大学東広島天文台、群馬県立ぐんま天文台に滞在した。実習の分野は、観測システム開発 1 件、可視近赤外線分光 4 件であった。参加者からは「現在行っている研究で問題となっていたことが解決した」、「今振り返ってみると、この実習で得られたものはとても大きく、実習後に活かされている」といった感想を得ている。平成 26 年度も継続して本プログラムを実施する。本講演では最新の実施状況を報告し、成果や課題、今後の展開についても言及する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B14b 可視・近赤外撮像データに対する測光パイプラインの開発

齊藤 嘉彦 (東京工業大学), 諸隈 智貴 (東京大学), 渡辺 誠 (北海道大), 大朝 由美子 (埼玉大), 村田 勝寛 (名古屋大), 野上 大作 (京都大), 高橋 隼 (兵庫県立大), 秋田谷 洋 (広島大), 永山 貴宏 (鹿児島大), 黒田 大介, 関口 和寛 (国立天文台), 光・赤外線天文学大学間連携観測チーム

光赤外線大学間連携事業の主研究対象であるガンマ線バースト (GRB) をはじめとした突発天体现象の観測的研究には、出来る限り早い結果を提出することが必要であり、データの即時解析を行うための一次解析および測光システムの構築が不可欠となる。一般的に、観測結果は望遠鏡・装置間の個性を取り除いたものでなければならず、本連携の特色である、異なる複数の望遠鏡および観測装置で取得されたデータを解析パイプラインでは統一的に扱う必要がある。そこで我々は、共通自動解析パイプライン (CARP: Common-use Automated Reduction Pipeline) の開発を進めている。本解析パイプラインは一次処理済・位置較正済のデータに対して、自動化が可能なスクリプト群によってフラックス較正を行い、観測対象天体、特に GRB の測光値 (上限値を含む) を算出することを目的としている。この目的のため、画像 fits データ内のヘッダー情報を整備し、共通の fits ヘッダを持つデータに対して適用可能なデータ解析パイプラインを構築している。この解析パイプラインは明野 50cm 望遠鏡のデータ解析パイプラインとして使用しているスクリプト群と天体画像処理用の基本ソフト IRAF (Pyraf) をベースとし、Python で書かれている。本講演では、これまでの開発状況と本解析パイプラインの適用例について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B15c 光赤外線大学間連携共同大型実験棟

永山貴宏（鹿児島大学）、金田英宏、村田勝寛（名古屋大学）、松尾太郎、木野勝、栗田光樹夫（京都大学）、峰崎岳夫（東京大学）、吉田道利（広島大学）

光赤外線大学間連携事業では、ガンマ線バーストなどの突発天体の即応観測ネットワークの構築などの研究分野での連携、観測実習などの教育面での連携に加えて、装置開発における大学間の連携も行っている。

光赤外線分野での天体観測装置開発は、これまで各大学ごとに行われることが多かったが、望遠鏡・観測装置の大型化に伴い、大学単位での開発が難しくなっている。特に望遠鏡・大型観測装置を開発するための大きな実験施設は通常の大学では準備できないことが多い。そのため、本事業では名古屋大学内の大型実験棟を借り上げ、共同の開発拠点とした。

この共同実験棟は、床面積 23m × 13m、高さ 9m であり、大学が所有する実験室としてはきわめて大きい。また、2.8t 走行クレーンも設置されている。これにより、口径 4m 程度までの望遠鏡、あるいは、すばる望遠鏡用、将来の TMT 用などの大型観測装置の開発・組み上げにも対応できる。

この実験棟は、現在、名古屋大学のほか、京都大学、東京大学、広島大学、鹿児島大学が利用しており、名古屋大学の IRSF1.4m 望遠鏡用可視・近赤外線同時分光器の開発、安価な InGaAs 2次元検出器の低温性能試験、京都大学を中心とした岡山 3.8m 新技術望遠鏡の開発が行われている。また、広島大学の SGMAP 計画のために、東京大学のマグナム 2m 望遠鏡が保管されており、今後、望遠鏡試験などが行われる予定である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B16b 京大岡山 3.8m 望遠鏡における波面測定技術の開発

木野勝, 京大岡山 3.8m 望遠鏡開発メンバー, SEICA メンバー

我々は大学間連携の協力もとで進めている京大岡山 3.8m 望遠鏡、および搭載する観測装置の製作をとおして、光の波面測定技術を開発してきた。波面測定は高精度な光学素子の制作をはじめ、大気揺らぎを打ち消す補償光学に至るまで、幅広く利用可能な技術である。とりわけ光の干渉を応用した測定手法は～数 10 nm の精度を容易に実現可能であり、高い空間分解能・波長分解能を必要とする天文観測機器の開発においては必要不可欠と言える。

本講演では我々が開発している以下の3つの波面測定装置について、その概要を紹介し開発状況を報告する。
CGH 干渉計：分割主鏡の作成時に鏡面形状を測定する干渉計。既に開発は完了している。軸外し非球面の波面を測定可能で、測定点数～100万点という高い空間分解能をもつ。

位相カメラ：分割鏡間の段差を検出・補正し1枚鏡として機能させるための測定器。波長走査により $> 100\mu\text{m}$ の広い測定レンジを実現。

点回折干渉型波面センサ：極限補償光学に使用する波面センサで、測定点数 1000 点を毎秒 5000 回という極めて高い頻度で測定可能。また微弱な星の光を測定するため高いスループットを持つ。

これらの波面測定器では干渉方式の欠点であった振動や空気揺らぎへの弱さに対し、被検光と参照光を可能な限り共通光路とすること、および複数位相を同時もしくは短時間で取得すること、でこの問題を解決し高い精度と安定性を両立した。これらの波面計測技術は大学間連携事業を含む種々の観測装置開発に対して提供が可能である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B17b 京大 3.8m 望遠鏡における惑星探査計画 (SEICA) : 概念設計と性能評価

松尾太郎 (京都大学)、SEICA メンバー

私たちは、太陽系外の木星軌道にある木星型惑星の理解を目指して、京大 3.8m 望遠鏡に次世代の極限補償光学装置とコロナグラフ装置を 2017 年に搭載予定である。欧米の極限補償光学装置に比べて、計測と補償のスピードを 5 倍から 10 倍に引き上げ、計測波長を従来の可視光から観測波長と同じ J バンドに最適化することによって主星から 0.2 秒角において 10 の 7 乗という高いコントラスト観測を実現できる。これまでに、室内実験において岡山上空の大気乱流と 3.8m の望遠鏡口径を模擬した補償光学実験を行い、H バンドにおいてストレール比 0.3 を達成し、本計画の重要な要素項目である計測と補償技術を確立した。

本計画は、太陽系外惑星だけでなく、可視光で暗く赤外線で明るい天体の高解像撮像などの非常にユニークな観測が実現され、光赤外線における大学間連携の新たなベクトルを生み出すものである。また、その発展として、2020 年代から本格運用される次世代超大型望遠鏡計画 (TMT) での地球型惑星探査計画の重要なステップになると期待される。本講演では、本計画の概要と現状を紹介し、概念設計およびその予想性能について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B18b 光赤外線大学間連携事業による IRSF1.4m 望遠鏡用可視・近赤外線同時分光器の開発

國生拓摩、竹内菜未、山中阿砂、金田英宏 (名古屋大学)、永山貴宏 (鹿児島大学)

名古屋大学と鹿児島大学は、光赤外線大学間連携事業を活用して、名古屋大学が南アフリカ天文台に所有する IRSF1.4 m 望遠鏡用の可視・近赤外線分光器の開発を行っている。この分光器は、波長分解能は数百と低いものの、 $\lambda=0.45\text{-}0.90\ \mu\text{m}$ 、 $1.0\text{-}2.5\ \mu\text{m}$ を同時に観測でき、また、光学面数が11面(可視)、12面(赤外)と少ないため、60-70%という高い光学系透過率を実現できる(望遠鏡含む)。その結果、望遠鏡口径の割に深い限界等級(18.5等@ $\lambda=0.64\ \mu\text{m}$ 、15.5等@ $\lambda=1.65\ \mu\text{m}$ 、点源、S/N=10、600秒積分)が期待できるユニークな分光器である。

また、本分光器では、近赤外線スリットビューアを搭載する。このスリットビューアの検出器には、InGaAs2次元検出器(640 × 512画素)を搭載し、Jバンドでスリット周囲4'×3'の範囲を撮像することができる。さらに、ターゲット天体がスリットビューアに写らない場合でも、周囲の星の位置情報をもとにターゲットの検出器上での位置を割り出し、自動でスリットに導入するソフトウェアの開発も行っている。

分光器の開発は、光赤外線大学間連携事業により借り上げられている共同大型実験棟で行われている。この実験棟内に2.5 m × 2.5 mのクリーンブースを設置し、本分光器の組み上げ・調整を行っている。これまでに、機械式冷凍機により、真空容器を予定冷却温度である80 Kまで冷却できることが確認できており、現在は分光器部分、スリットビューア部分の光学調整を行っている。また、スリットビューアに用いるInGaAs検出器の低温での性能評価も行っており、2014年度中の実験室内完成を目指して開発を進めている。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B19b チベット西部域における光赤外線天体観測環境調査 (VIII)

佐々木敏由紀, 大島紀夫, 三上良孝, 岡田則夫, 小矢野久, 関口和寛, 海部宣男 (国立天文台), 直江寛明 (気象研究所), 吉田道利, 内海洋輔 (広島大学), 姚永強, 劉立勇, 王紅帥 (中国国家天文台), 劉彩品 (紫金山天文台)

チベット西部域は汎地球的天体観測網を構築する上で重要な経度 75-100 度に位置しているが、有力な天体観測施設がなく、天体観測環境についての情報が欠落している地域である。同地域での光赤外線天体観測環境を明らかにするために、我々は中国国家天文台と共同で天体観測サイト調査を 2006 年より行っている (カラス / 新疆ウイグル、オマ / チベット、アリ / チベット)。現在、インド国境近くの地域アリにある標高 5100m のガー山で天体観測環境モニタを継続している。

ガー山は、これまで測定された 1 - 6 月、11 - 12 月を通じて、ハワイ・マウナケア、ハレアカラに近い晴天率を示している。一方、ガー山は山々の隘路にあり、冬期には風が強く、すばる望遠鏡での結像性能を保証する 14m/sec の風速制限を課すと、観測可能な割合は日本と同程度の 5 割に下がる (日本天文学会 2014 春)。

ガー山周辺でガー山と同程度の晴天率をもち、かつ弱風環境であるサイトとして、ガー山から東方約 90km の半径 20km の円形盆地内にある小山 (ZoZo Hill) に着目し、気象シミュレーションで気象環境の評価を行った。気象庁で運用されている領域非静力学モデル (NHM モデル) 及び中国側で WRF (Weather Research and Forecast) によるガー山及び ZoZo Hill 周辺でのシミュレーションを行い、ZoZo Hill での雲量は少なく、かつ風速環境はガー山の半分の風速であることが示されている。

ZoZo Hill を紹介し、気象シミュレーションと測定データの比較を行い、今後のサイト調査の方向を議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B20a 大学連携 VLBI および東アジア VLBI 網における C-X 帯、K 帯フロントエンドの開発

木村公洋, 長谷川豊, 阿部安宏, 小川英夫, 大西利和 (大阪府立大学), 氏原秀樹 (NICT), Soon Kang Lou, 杉山孝一郎, 米倉覚則 (茨城大学), 蜂須賀一也, 藤沢健太 (山口大学), 松本尚子, 本間希樹, 小林秀行 (国立天文台), 川口則幸 (上海天文台)

我々は、大学連携 VLBI や東アジア VLBI (EAVN) において、C-X 帯 (6.7~8.8GHz) や K 帯 (22GHz) のフロントエンドシステムの開発を行い、望遠鏡搭載を進めてきた。

VLBI で用いられるフロントエンドシステムは、遠方の局と相関を取るために、偏波の向きを一致させる事が容易な円偏波受信が一般的である。そこで、導波管セプタム型の広帯域円偏波分離機 (ポーラライザー) の開発を行い、左旋右旋両偏波を同時に観測可能なフロントエンドシステムの構築を行った。製作したフロントエンドシステムは、VERA4 局 (C-X 帯) をはじめ、山口 32m 鏡や高萩・日立 32m 鏡 (C-X 帯・K 帯冷却受信機)、臼田 64m 鏡 (4-7GHz 帯) などに搭載を行い、VLBI 観測に成功している。これらの受信機は連携大学の大学院生と協力して開発を進めた。

また、国内だけでなく、韓国 KVN のウルサン 21m 鏡や中国 CVN の上海 25m 鏡においても C-X 帯フロントエンドの開発を行い、搭載を進めている。さらに、台湾が中心となって進めているグリーンランド望遠鏡や、宇宙研や国立天文台が中心となって進めている気球 VLBI 望遠鏡 (初号機は K 帯、2 号機はサブミリ帯を予定) に搭載されるフロントエンドシステムの開発にも、これらの技術が活用されている。

本講演では、開発を行ったフロントエンドシステムの現状や、開発における展望などについて言及する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B21a 東アジア VLBI 観測網構築に向けた試験観測の状況

萩原喜昭, 小林秀行, 小山友明 (国立天文台), 藤沢健太, 新沼浩太郎 (山口大学), 米倉覚則 (茨城大学), 他 EAVN 試験観測チーム

日中韓の VLBI 研究者により東アジア VLBI 網 (EAVN) の構築が進められている。EAVN の本格的な観測運用を目標とした試験観測が進められており、現状では日本からは VERA4 局、茨城大学 2 局、山口大学の VLBI 局、韓国からは韓国 VLBI 観測網 (KVN) 3 局、中国からは中国 VLBI 観測網 (CVN) の上海天文台 2 局、ウルムチ、昆明局の計 14 局が試験観測に参加している。EAVN 観測に対応するための相関局 (KJCC) は、日韓の共同開発により韓国に設置され運用を開始した。同相関局の運用開始に伴い広帯域記録データの相関処理が可能になったため、記録レート 1 Gbps での試験観測を初めて開始した。試験観測は、8GHz 及び 22GHz の周波数帯で 2013 年から現在まで計 4 回実施されている。一連の試験観測では、観測スケジュール調整から始まり各局での観測の実施、データを記録したディスクの相関局への集約、相関処理、データ処理までの一連の VLBI 観測に必要なパスを通すことを目標としている。2014 年 1 月までの試験観測では、VERA・大学連携 VLBI 局と KVN 及び CVN 局間の一部の基線でフリッジが検出されており、全基線でのフリッジの検出を今後の試験観測で目指している。さらに大学連携 VLBI からの参加局を増やし、他の観測周波数帯での試験観測も検討していく。本講演では、大学連携 VLBI 局及び VERA が中核となり参加する東アジア VLBI 網による試験観測の経過報告と今後の計画等について報告をする。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B22a JVN サブアレイ OCTAVE の進捗と今後の JVN 観測モード拡張

小山友明、河野祐介 (国立天文台), ほか大学 VLBI 連携関係者

国立天文台では、関連研究者と共同で、大学 VLBI 連携のサブアレイとして光結合 VLBI アレイ OCTAVE (Optically Connected Array for VLBI Exploration) の構築、運用を行ってきた。256 Mbps の伝送レートからスタートした観測レートは、現在では 10 GbE 技術などの進展により、最大 8 Gbps の伝送レートにまで到達している。またハードディスクなどの記録メディアの記録レートも増大し、観測時間の制約は受けつつも、光ファイバーの届かない観測局においても光結合局と同等の観測レートでの観測が可能となり、ファイバーの可否に制限されることなく広帯域、高感度の観測が可能となりつつある。その間サイエンス観測も進み、BAL-quasar VLBI サーベイ (Doi et al. 2009)、フェルミ未同定ガンマ線源の VLBI サーベイ観測 (本年会新沼講演) などのサイエンス結果が得られている。本年会では、光結合 VLBI の歴史を振り返りつつ、プロジェクトの進展に伴い開発されてきたターミナル (OCTAVE-DAS)、またそれらを用いて現在進展している JVN 広帯域化、ソフトウェア相関器導入による観測モードの拡張、今後の観測可能性について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B23r 光赤外大学間連携とかなた望遠鏡による Narrow Line Seyfert 1 Galaxy 1H 0323+342 の可視観測

田中康之、伊藤亮介、秋田谷洋、植村誠、深沢泰司 (広島大学)、井上芳幸、土居明広 (宇宙研)、かなたチーム、光・赤外線天文学大学間連携観測チーム

可視スペクトルによってセイファート 1 型に分類される活動銀河核の中で、 $H\beta$ ラインが狭く $\text{FWHM} < 2000 \text{ km s}^{-1}$ の特徴を示す一群は Narrow Line Seyfert 1 Galaxy (NLS1) と呼ばれる。中心ブラックホール質量は $10^6 - 10^8 M_{\odot}$ と軽く、ボロメトリック光度から見積もられる質量降着率もエディントンに近いことから、NLS1 は成長途中のブラックホールだと考えられている。NLS1 の約 7% が radio-loud であり、いくつかの radio-loud NLS1 からは、電波観測によってコアからの卓越する放射と非常に高い輝度温度が検出されている (e.g., Doi et al. 2006; 2007)。また、フェルミ衛星によって MeV/GeV ガンマ線が検出されており、radio-loud NLS1 の一部はブレーザーのようなパワフルなジェットが我々の方向を向いている天体だと考えられている (Abdo et al. 2010)。

本講演では、MeV/GeV ガンマ線が検出されている radio-loud NLS1 1H 0323+342 に対して、かなた望遠鏡を用いた 2 年間の可視偏光モニター観測と、2013 年 7 月のガンマ線フレア直後に光赤外大学間連携によって 1 週間 TOO 観測した結果を報告する。静穏時に有意な偏光は検出されていなかったが、フレアに同期した偏光度の増加を検出した。偏光方位角は VLBI 観測によって得られている inner jet の方向にほぼ一致していた。これは、可視放射領域の磁場方向がジェットに垂直であることを示唆する。また、Swift 衛星 UVOT 望遠鏡による観測から紫外帯域にかけて上昇するスペクトル形状が得られた。これは、紫外放射がディスク起源であることを示唆する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B24r

光赤外線大学間連携における超新星爆発の ToO 観測状況報告 II

山中雅之 (甲南大), 川端弘治, 高木勝俊, 秋田谷洋 (広島大), 前田啓一, 野上大作 (京都大), 田中雅臣, 関口和寛, 黒田大介, 花山秀和, 磯貝瑞希 (国立天文台), 永山貴宏 (鹿児島大), 斉藤嘉彦 (東京工業大), 新井彰, 高橋隼 (兵庫県立大), 渡辺誠 (北海道大), 諸隈智貴, 前原裕之 (東京大), 大朝由美子 (埼玉大), 村田勝寛 (名古屋大), 奥村真一郎 (美星スペースガードセンター), 河北秀世 (京都産業大), ほか光・赤外線大学間連携観測チーム

近年アマチュアによる新天体搜索と大規模サーベイが精力的に行われ、爆発後間もない時期において、超新星が発見されるようになった。その結果、素早い追観測によって従来では考えられて来なかったような特異な超新星の特徴も発見されつつある。これらの研究は、主として可視観測によって進められてきたが、時間的密度の高い近赤外線観測によってさらなる特性の解明が期待されている状況である。光赤外線大学間連携では、可視と近赤外線波長域を合わせた突発現象の追観測に特化した観測が可能となっている。特に超新星における強いメリットとして、(1) 不定性の大きい母銀河における星間赤化に精度の良い制限を与えることができ、(2) 総輻射光度の80%以上もの放射域をカバーし、放射起源物質 (ニッケル 56) や総噴出物質の質量や運動エネルギーを定性的に見積もることができ、(3) さらに Ia 型超新星において、噴出物質内部に見られる鉄系元素の振る舞いに制限を与えることができる、などが挙げられる。2011 年度 4 月以降、8 つの超新星爆発について ToO 観測を要請した。発見直後から即時に高頻度の観測を行うことで、ほぼ全ての天体についてこれまで見られなかった特徴が見いだされている。本講演においては、特異な Ia 型超新星に焦点を当て、より詳細な議論を行う予定である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B25a 光赤外線大学間連携での矮新星の観測の狙い

野上大作, 大島誠人, 中田智香子, 磯貝桂介, 加藤太一 (京都大学), 植村誠 (広島大学), 前原裕之 (東京大学), 今田明 (国立天文台), ほか大学間連携激変星観測グループ

矮新星は激変星の一種で、白色矮星 (主星) と赤色星 (伴星) の近接連星系であり、伴星からの質量輸送により主星周りに形成される降着円盤の由来の多様な変動現象を起こす。可視光で明るく、変動のタイムスケールも人類が観測するのに適当なものであるため、様々な天体での変動現象のエンジンである降着円盤の基礎的な性質を調べるのに最適な天体である。また、その進化を調べることは、中 - 低質量連星系の進化の終末段階を明らかにすることにつながる。我々は、降着円盤の挙動や矮新星の進化についての情報を得るために、矮新星の突発的な増光現象 (アウトバースト) に対応した連携 ToO 観測を行うことを提案する。

観測の狙いとしては大きく3つがある。1) WZ Sge 型矮新星のアウトバースト初期にだけ見られる微小変動現象である早期スーパーハンプの可視光・近赤外線の同時観測により、降着円盤の立体的構造及びその進化を捉える、2) アウトバースト頻度が非常に低い系によく見られる、アウトバースト直後の多様な再増光のしくみの解明、3) スーパーハンプの周期の変化を利用した質量比の測定、である。特に3) は、質量輸送によって伴星の質量が減少し、縮退してその光を捉えることが困難になる進化の最終段階での質量比を正確に決定する方法として、近年注目を浴びている。

本講演では、光赤外線大学間連携による ToO 観測で可能になるこれらのサイエンスと、京大を中心にして建設を進めている 3.8m 新技術望遠鏡が完成して大学間連携観測に加わることによるインパクトを紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B26a **光赤外線大学間連携 OISTER チームによる Nova Delphini 2013 = V339 Del の ToO 観測**

関口和寛, 神戸栄治, 柳澤顕史, 福井暁彦, 泉浦秀行, 黒田大介 (国立天文台), 橋本修 (ぐんま天文台), 小野里宏樹, 板由房 (東北大学), 原川紘季 (東京工業大学), 本田敏志, 高橋隼, 新井彰, 高木悠平, 森鼻久美子 (兵庫県立大学), 伊藤亮介, 秋田谷洋, 森谷友由希, 川端弘治, 河口賢至, 高木勝俊, 森健彰, 胡田奈那, 田中康之 (広島大学), 坂田脩一郎, 林田健三, 井上幹一郎 (鹿児島大学), 前原裕之 (東京大学), 奥村真一郎 (日本スペースガード協会), 中尾光, 今井正亮 (北海道大学), 源川貴大, 潮田和俊, 大朝由美子 (埼玉大学), 大島誠人, 笹田真人 (京都大学), 永山貴宏 (名古屋大学), ほか光赤外線大学間連携 OISTER チーム一同

光赤外線大学間連携 OISTER チームは、2013 年 8 月 14.584 日 (UT) に 6.8 等級の天体として発見した Nova Delphini 2013 = V339 Del を、日本時間 8 月 15 日から ToO (Target of Opportunity) 観測として、国立天文台岡山天体物理観測所 188cm 望遠鏡クーデ焦点 HIDES (High Dispersion Echelle Spectrograph)、同カセグレン焦点近赤外撮像・分光装置 (ISLE)、県立ぐんま天文台 150cm 望遠鏡ナスミス焦点 (f/12.2) GAOES (Gunma Astronomical Observatory Echelle Spectrograph) 等の光赤外線大学間連携参加各大学機関の望遠鏡を使って同年 12 月初旬まで観測した。今学会では、これらの観測から明らかになった新星爆発後の光度およびスペクトル進化について報告するとともに、高分散分光による鉄 (Fe-peak) および s-process 原子の吸収線 (Transient Heavy Element Absorption, THEA) の起源を検証する予定である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B27b 光赤外線大学間連携における Ic 型超新星 SN 2013ge の初期観測報告

山中雅之(甲南大学), 川端弘治, 高木勝俊, 秋田谷洋(広島大学), 前田啓一(京都大学), 田中雅臣, 関口和寛, 衣笠健三(国立天文台), 永山貴宏(鹿児島大学), 新井彰, 高橋隼(兵庫県立大学), 諸隈智貴(東京大学), 橋本修(ぐんま天文台), ほか光・赤外線大学間連携観測チーム

Ib/c 型超新星爆発の起源は、 $20\text{-}25M_{\odot}$ 以上の大質量星の進化の最終段階における重力崩壊型超新星であると考えられるが、親星が直接同定された例はわずかに 1 例しかない。エネルギーが強い Ic 型超新星にガンマ線バーストと呼ばれる宇宙最大規模のジェット噴出現象が付随した例は知られているが、一方で典型的な Ib/c 型超新星においてはその限りではない。依然として Ib/c 型超新星の観測的特徴を明らかにすることで、親星や爆発構造について制限を与えることは肝要である。SN 2013ge は、世界時 2013 年 11 月 8.80 日に、板垣公一氏によって、およそ 20Mpc の近傍銀河 NGC 3287 に 17.3 等で発見された。その後の分光観測によって、初期の Ic 型超新星であると同定された (CBET 3701)。Ic 型超新星がこれほどの近傍で出現する割合は非常に珍しく、可視近赤外線による中長期の観測が可能であることが期待される。このことから、我々は光赤外線大学間連携における ToO 観測を実施した。可視観測には、広島大 1.5m かなた望遠鏡及びぐんま天文台 1.5m 望遠鏡、近赤外線観測には、兵庫県立大 2.0m なゆた望遠鏡、東京大アタカマ天文台 1.0m miniTAO 望遠鏡、鹿児島大 1.0m 望遠鏡を用いた。この結果、極大光度 10 日前から 110 日後の長期間に渡って可視近赤外線データを取得することができた。初期スペクトルにおいては、Si II と同程度の強度の C II の吸収線が見られ、比較的進化の遅い Ic 型超新星 SN 2007gr によく似ていることがわかった。炭素の吸収線は元の親星の直接成分と考えられ、外層構造への制限を議論できる。本講演では、これらの測光分光的特徴について初期報告を行う予定である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B28b 光赤外線大学間連携を通じた矮新星観測とその成果

大島誠人, 野上大作, 加藤太一 (京都大学), 秋田谷洋, 川端弘治, 植村誠 (広島大学), 橋本修 (ぐんま天文台), 新井彰 (兵庫県立大学), 花山秀和 (国立天文台), 永山貴宏, 坂田脩一郎 (鹿児島大学), 大朝由美子 (埼玉大学), 渡辺誠 (北海道大学), 今田明 (国立天文台), 前原裕之 (東京大学木曾観測所), ほか光赤外線大学間連携観測チーム、VSNET Collaboration

近年の理論的研究の発展で、観測される矮新星の軌道周期とスーパーハンプ周期から、連星パラメータに制限を与えられるようになった。これは激変星の観測が近接連星系の進化問題に重要な示唆を与えうることを意味する。

ちょうこくしつ座 BW は ROSAT 衛星によって X 線源として発見された後、1997 年に激変星として同定された天体であるものの、少なくとも過去 14 年間明らかな増光が認められなかった。2011 年に観測史上初めての増光が報告され、とても希少な突発現象であると判断し、OISTER による ToO 観測を呼びかけた。この観測は変光星観測者ネットワークである VSNET の観測者にも呼びかけが行われ、その結果早期スーパーハンプと呼ばれる軌道周期と一致する周期を持つ変動とスーパーハンプと呼ばれる軌道周期より数%長い変動が観測された。これらの観測結果から、この天体が激変星の進化上で極めて重要でかつ希少なサブクラスであるや座 WZ 型矮新星に分類されることがわかった。また、オリオン座 GR は激変星のもう一つの種族である、古典新星である可能性が指摘がされていたが、強い観測的証拠は得られていなかった。しかしながら、2013 年 2 月に初の増光を示し、やはり我々の観測によって、矮新星であることが明らかになった。さらに、2013 年 10 月に新たに発見された矮新星、PNV J19150199+0719471 についても観測キャンペーンが行われ、同様の結果が得られた。

本発表ではこれらの天体の連星進化上での位置づけについても考察する予定である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B29b 若い小惑星族の高速自転小惑星候補の観測

吉田二美(国立天文台), Z.-Y. Lin(国立中央大学), O. A. Burkhanov, Sh. A. Egamberdiyev, K. E. Ergashev(ウズベク天文研究所), 伊藤孝士(国立天文台), 秋田谷洋(広島大学), 高橋準(兵庫県立大学), 黒田大介, 花山秀和(国立天文台), 光・赤外線大学間連携観測チーム

太陽系の歴史は衝突の歴史であり、天体の衝突過程の理解は太陽系の歴史の理解でもある。だが天体衝突のような大規模過程は室内実験でも数値シミュレーションでも再現が難しいことから、詳しい理解は進んでいない。唯一、小惑星族が天体衝突破壊の痕跡を現在までに残す対象として期待されるが、大半の族は形成年代が数億年前と古く、軌道・衝突進化を少なからず受けているので、それを作った衝突破壊過程の情報を引き出すのは困難だと言われてきた。ところが2002年以降、形成年代が一千万年前以下であり軌道・衝突進化を受ける期間が短く、初期の衝突破壊の痕跡を残している可能性が高い若い小惑星族が発見されつつある。私達はこうした若い小惑星族の自転周期・形状・自転軸の方向などに注目して、ある天体が衝突で壊れる過程を仔細に探るべく光学観測を開始した。私達の観測は2004年より主にウズベキスタンのMaidanak天文台で行っているが、今回Maidanakで見つかった10個の高速自転小惑星(自転周期2.2時間以下)の候補のうち5個について鹿林天文台(台湾)とTenagura観測所(米国)で追観測を行った。更に今1つの小惑星(31743)を光赤外線大学間連携の望遠鏡(なゆた・かなた・むりかぶし)でも観測したので、この発表ではこれらの観測結果を示す。高速自転小惑星はこれまで小さな近地球小惑星として多数見つかったが、族を構成する小惑星族としてその種の天体が確認されれば、衝突破壊時の破片の放出速度など衝突規模推定の基礎情報を得る手掛かりになり得る。

?

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B30c 短周期彗星 209P/LINEAR の光赤外線天文学大学間連携による観測

石黒正晃 (ソウル大)、黒田大介、花山秀和 (国立天文台)、高橋隼、高木悠平、森鼻久美子、本田敏志、新井彰 (兵庫県立大)、長谷川直 (JAXA)、秋田谷洋、森谷友由希、宇井崇紘、神田優花、高木勝俊、伊藤亮介 (広大)、渡辺誠、今井正堯 (北大)、光・赤外線天文学大学間連携観測チーム

リニア彗星 (209P/LINEAR, 以下 209P) は、公転周期約 5 年の短周期彗星である。この彗星は、今年 5 月下旬に地球に 8 百万キロメートル (地球と月の平均距離の約 22 倍) まで近づいた。小惑星の地球接近はしばしば報告されているが、彗星の地球接近はまれな現象である。また、その軌道特性から、209P 起源の流星群が発生する可能性が示唆されている [1]。本研究グループでは、209P の物理特性を調べるために、地球に最接近する約 4ヶ月前から光赤外線天文学大学間連携による 209P の可視・赤外線波長域におけるネットワーク観測を実施した。実施した観測内容は、可視・近赤外撮像、可視低分散分光、可視・赤外偏光撮像である。

可視モニタリング撮像観測から、3月中旬以前 (太陽からの距離 1.2 天文単位以上) は、氷の昇華によって発生するコマやダストテイルを検出することができなかったが、3月下旬以降すべての観測データにおいて、ダストテイルを検出した。ダスト放出速度は秒速 100 メートル以下で、通常の彗星と比較すると有意に遅いことがわかった。このことから、209P はその表面付近の氷の大半が枯渇した天体であることが推測される。本講演では、光赤外線天文学大学間連携で得られたデータを元に、彗星核の光学特性や、ダスト放出量と流星群との関係について報告する。

[1] Jenniskens P., 2006, Meteor Showers and their Parent Comets. Cambridge Univ. Press, Cambridge

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B31a **Trigonometric distance to IRAS 20056+3350: Massive star forming region on the Solar circle**

Ross A. BURNS, Toshihiro HANDA, Toshihiro OMODAKA, Akiharu NAKAGAWA, Hiroyuki NAKANISHI(Kagoshima University, Japan); Takumi NAGAYAMA,(Mizusawa VLBI Observatory NAOJ)

We measured the annual parallax and proper motions of 22 GHz H₂O masers in the IRAS 20056+3350 massive star forming region (MSFR) using multi-epoch VLBI observations with VERA. Our new distance of $D = 4.68 \pm 0.58$ kpc, which is ~ 3 times further than the values frequently adopted in the literature, places IRAS 20056+3350 at the furthest point along the Local Arm than any other MSFR with a known trigonometric distance.

Using our distance, IRAS 20056+3350 is found to be much more luminous, massive and energetic than previously thought, as we show by revision of past works. Furthermore, we investigate the nature of this MSFR by extensive use of public archive data from WISE, IRAS and UKIDSS.

Using the parameters obtained in our observations we evaluated the angular velocity of Galactic rotation at the location of the Sun, Ω_0 , by exploiting the special geometry of Solar Circle objects. Our value of $\Omega_0 = 28.04 \pm 0.20$ km s⁻¹ kpc⁻¹ is consistent with similar studies of this kind.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B32a **EAVNによる6.7 GHzメタノール・メーザーの固有運動計測プロジェクト**

杉山孝一郎 (茨城大), 藤沢健太, 蜂須賀一也, 元木業人, 平野大樹, 林京之介, 新沼浩太郎 (山口大), 米倉覚則, 百瀬宗武, 齋藤悠 (茨城大), 本間希樹, 廣田朋也, 澤田-佐藤聡子, 松本尚子 (国立天文台), 村田泰宏, 土居明広 (宇宙研), Shen, Zhiqiang (上海天文台), 小川英夫 (大阪府立大)

宇宙における元素合成や、次世代の星形成に重要な役割を担う大質量星は、その莫大なエネルギー放出により、その形成過程は謎に包まれていた。しかし、最近の理論・観測、特に電波・赤外波長帯での干渉計観測により、大質量原始星の周囲におけるガス・ダスト円盤の存在が明らかになってきた。これにより、現在では、大質量星も小質量星と同様に、周囲の円盤からのガス降着により形成される説が有力となっている。

そこで我々は、大質量星の形成過程に対する次なる研究ステップとして、2010年から東アジア VLBI 観測網 (EAVN) を用いた 6.7 GHz メタノール・メーザーの VLBI モニター観測を開始した。本モニター観測では、固有運動 (天球面上における運動) 計測を通じて、大質量原始星周囲におけるガス・ダスト円盤の 3 次元速度構造を明らかにすることにより、円盤の回転運動やガスの降着現象、および円盤風に起因した回転膨張などのガスのダイナミクスの系統的な解明を目指している。円盤外縁 100-1000 au スケールにおける固有運動は、1 年間で数ミリ秒角 (mas/yr) 程度と微小であることが予想されるため、ALMA ですら検出困難である。

本講演では、2013 年まで 1 年間隔で継続実施してきた本プロジェクトの概要、計 35 天体で得られたメーザー空間分布・形状分類 (Fujisawa et al. 2014)、およびこれまでの年会で個別に報告してきた固有運動の計測結果を、2014 年春季年会以降のデータ解析状況 (蜂須賀他、松本他による本年会講演も参照) と併せてまとめて紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B33a 茨城 32-m 鏡による 6.7 GHz メタノールメーザー源の単一鏡強度モニター

米倉 覚則, 杉山 孝一郎, 齋藤 悠, 石井 翔太, 百瀬 宗武 (茨城大), 平本 信善, 元木 業人, 藤沢 健太 (山口大)

6.7 GHz メタノールメーザーは、8 太陽質量程度以上の質量を持つ星の形成領域においてのみ検出され、これまでに 900 天体程度が発見されている (Caswell+10, Green+10 など)。主に中心星により暖められたダストからの赤外線放射によって励起されるため、衝突で励起される水メーザーなどに比べて強度は比較的安定であるが、強度が周期的に変動する 6.7 GHz メタノールメーザーが 12 天体見つかった (Goedhart+04, 07 など)。強度変動の原因としては、中心星の脈動や連星系の存在などの案が提唱されている (Goedhart+08) が、まだ解明されていない。近年、Inayoshi ら (2013) は、数十から数百日程度の周期変動を大質量原始星の脈動不安定性によって説明するモデルを提唱した。このモデルでは、変動周期 (P) と原始星の光度 (L) との間に相関がある (P-L 関係)。より多くの周期変動天体を検出し、観測的に理論モデルの検証を行う目的で、日立 32-m アンテナを用いて、6.7 GHz メタノールメーザー源の単一鏡強度モニターを開始した。既知の 6.7 GHz メタノールメーザーのうち、赤緯が -30° 以北であるものは 433 天体である。この中で、他の天体と同一ビーム内に入る 49 天体を除外し、384 天体をターゲットとして選定した。2012 年 12 月 30 日から 2014 年 1 月 10 日までほぼ毎日観測を行い、各天体を約 9 日に 1 回の頻度で観測した。5 分の積分時間、0.044 km/s の速度分解能で、0.9 Jy 程度の検出感度を達成した。3 回以上の周期的な変動が見られた天体を周期変動天体と定義する事により、周期変動天体を 6 天体検出した。そのうち 4 天体は、今回初めて周期変動が検出されたものである。これら 4 天体の周期は、55 日から 170 日であった。これら 4 天体の周期と光度は、Inayoshi+13 が提唱した P-L 関係と調和的である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B34b **EAVN による 6.7GHz メタノール・メーザーの VLBI サーベイ VIII**

松本尚子 (国立天文台), 藤沢健太, 蜂須賀一也, 元木業人, 平野大輝, 林京之介, 新沼浩太郎 (山口大学), 杉山孝一郎, 米倉覚則, 齋藤悠 (茨城大学), 本間希樹, 廣田朋也, 澤田-佐藤聡子 (国立天文台), 村田泰宏, 土居明広 (宇宙研), 小川英夫 (大阪府立大) 他

大質量星形成に関する研究において、大質量星の形成に十分な質量が原始星へと降着する過程を知るための一つのアプローチとして、VLBI 観測による 6.7 GHz 帯メタノールメーザー源の内部固有運動計測が挙げられる。この 6.7 GHz 帯メタノールメーザー源は、無バイアスサーベイを含む様々なメーザー源探査が行われてきたが、未だ大質量星形成領域からしか検出されていない (Breen et al. 2013)。また、そのイメージング観測により大質量な若い原始星の円盤をトレースしている事が示唆されている (Bartkiewicz et al. 2009 他)。しかし、その3次元的な運動を捉えた例 (Sugiyama et al. 2014) はまだ限られており、この 6.7 GHz 帯メタノールメーザー源が見せる様々な空間分布が円盤領域のどのような状況を示しているのかを知るにはさらに統計的な調査が必要である。大学 VLBI 連携では、大規模プロジェクトとして、これらの大質量星形成領域に付随する 6.7 GHz 帯メタノールメーザー源のイメージおよび内部固有運動を統計的に得るため、ミリ秒角スケールの高空間分解能な VLBI 観測装置である JVN (Japanese VLBI Network) および EAVN (East-Asian VLBI Network) にて 2010 年から毎年観測を行ってきた。本講演は、同年会の杉山氏 (口頭) および蜂須賀氏 (ポスター) の講演に関連する報告であり、本プロジェクトの初期成果 Fujisawa et al. (2014) で示されている、edge-on ディスクを示唆する直線状の空間分布を持つ G 025.65+01.05、メーザースポットの塊が 100 au 程度離れて点在している G 232.62+00.99、はっきりと形状を分類できない G 025.71+00.04、G 353.41-00.36 の 4 天体の内部固有運動計測の結果について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B35b 大質量原始星ジェットに付随する青方偏移卓越メーザー観測プロジェクト

元木業人、新沼浩太郎、蜂須賀一也、藤沢健太(山口大学)、徂徠和夫(北海道大学)、杉山孝一郎、米倉覚則(茨城大学)、本間希樹(国立天文台)、Andrew J. Walsh (Curtin University)

青方偏移卓越メーザーと呼ばれる水メーザー源の一群は、視線方向に沿った大質量原始星ジェットに選択的に付随していると考えられている。こうした天体は活発な質量降着期にあるため、真上から降着円盤を観測することで動径方向の質量輸送を探ることができる。これまでの観測から雛形的な青方偏移卓越メーザー源である G353.273+0.641 について、ATCA および SMA の観測から実際に高速の分子ガスジェットと降着円盤らしき回転構造が発見されている(2014年春季年会 P112a)。

我々は青方偏移メーザー群と母天体のより一般的な関係を明らかにすべく、既知の青方偏移卓越メーザー源 10 天体程度に対して単一鏡、結合型干渉計、VLBI と様々な空間スケールを組み合わせた観測プロジェクトを推進している。特に VLBI 観測はメーザー源の 3 次元運動から付随する原始星ジェットの見込み角を決定することを目的としている。現在メーザー強度が 100 Jy を超える 4 天体に関して、大学連携 VLBI(JVN) を用いた VLBI モニター観測を実施している。また強度の弱い天体についても北海道大学苫小牧 11m 電波望遠鏡による単一鏡モニター観測と連動して観測を進めて行く予定である。本発表ではプロジェクト全体の紹介と合わせて JVN 観測の現状について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B36b

大学 VLBI 連携を用いた近傍銀河 AGN のアンモニア吸収線観測計画

宮本祐介 (茨城大学), 中井直正, 久野成夫, 瀬田益道, Salak Dragan, 他 (筑波大学), 山内彩 (国立天文台), 米倉覚則 (茨城大学)

国土地理院つくば 32m 鏡は筑波大学によって開発された冷却 20GHz 帯受信機を搭載しており、大学 VLBI 連携観測及び単一鏡観測に用いられている。本受信機 (観測周波数帯域: 19.5–25.1 GHz) は 6 本のアンモニア輝線が同時に観測可能であり、正確な強度比を導出することができる。我々はこれまで近傍銀河中心領域のアンモニア観測を行い、Seyfert2 型の NGC 3079 からアンモニア分子反転遷移 (J, K) = (1, 1) 及び (2, 2) でそれぞれ半値幅 $\sim 500 \text{ km s}^{-1}$ の広い線幅を持つ吸収線を検出した。NGC 3079 中心領域のアンモニアの分布を詳細に調べるため VLA を用いて観測を行い、 $\text{NH}_3(1, 1)$ –(6, 6) までの吸収線を検出したが、 $\sim 0.1''$ の角分解能では分布を明らかにすることができなかった。我々はこれらの分布とその物理状態を明らかにするため、 $\sim 0.001''$ の角分解能を持つ大学 VLBI 連携での観測を計画している。本ポスターではこれまでの観測結果と今後の計画について述べる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B37b 高感度 VLBI 観測による未同定ガンマ線源に付随する高輝度電波源サーベイ

新沼浩太郎, 藤永義隆, 藤澤健太, 元木業人 (山口大学), 澤田-佐藤聡子, 小山友明, 河野祐介 (国立天文台), ほか大学 VLBI 連携関係者

フェルミガンマ線天文台 (2008 年 8 月運用開始) に搭載された LAT 検出器により全天におけるガンマ線源の数は劇的に増加し、その数は運用開始後 2 年足らずで従来のガンマ線源のおよそ 7 倍である 1900 近くになった。その多くは活動銀河核 (AGN) ジェットが観測者方向を向いているブレーザーであるが、数は少ないながら従来はほとんど確認されていなかった電波銀河などからもガンマ線放射が見つかり始めた。このようにフェルミ衛星は AGN ジェットにおけるガンマ線放射メカニズムを探る上で大きなブレークスルーをもたらした。しかしながらより統一的理解のためにはブレーザー以外のサンプル数の増加が必要である。そこで我々はフェルミガンマ線天体の中で AGN に次いで大きな割合を占める約 600 近い未同定のガンマ線源に注目をした。この中からガンマ線 AGN を探し出すため、AGN の高い輝度温度、及び高輝度電波源に感度を持つ VLBI に注目をし、未同定ガンマ線源の位置誤差内における高輝度電波源サーベイプロジェクトを開始した。このプロジェクトでは大学 VLBI 連携 (JVN) の高感度観測モードを利用し、高銀緯の未同定ガンマ線源 231 天体の位置誤差に含まれる電波源を全て観測することを目標としている。電波源の選定は NVSS 及び FIRST カタログをもとに行い、計 1211 の電波源を選出した。JVN の山口局・つくば局を用いて行った事前の試験観測では 148 の未同定ガンマ線源の位置誤差に含まれる 845 の電波源を観測し、 10^6 K を超える高輝度電波源 29 個の新検出に成功した (2013 年秋季年会 S18b)。本講演ではこれまでの成果及び今後計画しているサーベイについて報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B38b

多地点連携によるカニパルサー電波高時間分解能観測

三上諒¹, 寺澤敏夫¹, 浅野勝晃¹, 田中周太¹, 木坂将大², 関戸衛³, 岳藤一宏³, 竹内央⁴, 小高裕和⁴, 佐藤有^{1,4}, 河合誠之⁵, 田中康之⁶, 寺田幸功⁷, 小山志勇⁷, 亀谷収⁸, 本間希樹⁸, 青木貴弘⁹, 三澤浩昭¹⁰, 土屋史紀¹⁰, 北元¹⁰, 1: 東京大学, 2: KEK 素核研, 3: 情報通信研究機構, 4: 宇宙航空研究開発機構, 5: 東京工業大学, 6: 広島大学, 7: 埼玉大学, 8: 国立天文台, 9: 早稲田大学, 10: 東北大学

我々は2009年より、VLBI観測用の高速サンプラーを用いた、数ナノ秒スケールでのカニパルサー電波高時間分解能観測を行ってきた。2009-2013年は、情報通信研究機構鹿島34mパラボラ、宇宙航空研究開発機構白田64mパラボラを用いた、合計約80時間のカニパルサー(1.4GHz・2.2GHz帯)観測が実現した。2014年の観測では、さらに国立天文台水沢VLBI観測所、早稲田大学那須パルサー観測所、東北大学惑星圏飯舘観測所も加わり、0.3~8GHzのより広帯域での観測が可能となった。多地点での連携により、研究発展の可能性は大いに高まった。

これまでのカニパルサー観測では特に、通常電波パルスの数千倍から数百万倍の強度を持ち、数十から数百回転周期に一度観測される巨大電波パルス(Giant Radio Pulse, GRP)に注目してきた。例えば、X線観測衛星「すざく」との同時観測によるGRPと硬X線パルスとの相関検証[Mikami et al. 2014]、GRPの放射エネルギーの詳細な評価[三上他、天文学会2013年秋季年会発表]等を通して、GRP発生機構解明への手掛かりを得ようと試みた。本講演では、これまでに行われた観測での成果を紹介するとともに、今後の観測についての展望を議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B39c **EAVNによる6.7 GHz メタノール・メーザーのVLBIサーベイ IX : ペア形状天体の内部固有運動**

蜂須賀一也、藤沢健太、元木業人、平野大樹、林京之介(山口大学)、杉山孝一郎、米倉覚則(茨城大学)、澤田-佐藤聡子、松本尚子(国立天文台)、村田泰宏(ISAS/JAXA)ほか

6.7 GHz メタノールメーザーは大質量な若い原始星周辺のガスから放射されていると考えられており、超長基線電波干渉計(VLBI)で観測できることから大質量星形成の動力学研究ツールの一つである。

VLBIなどの干渉計で得られる6.7 GHz メタノールメーザー空間分布の例として直線状(Pestalozzi et al. 2005)や楕円状(Bartkiewicz et al 2005)がある。それぞれ原始星周りのedge-on、face-onの円盤から放射されていると考えられていて、実際VLBIによる内部固有運動計測から原始星を中心としたガスの回転+降着運動が検出されている(Sugiyama et al. 2014)。しかしそのどちらでも無い複雑で多様な空間分布も相次いで発見されており(Bartkiewicz et al. 2009)、何より固有運動測定された天体数が少なく動力学研究が十分に行われていない。

我々は6.7 GHz メタノールメーザーをプローブとした大質量星形成の統計的研究を行うために日本VLBIネットワーク(JVN)と東アジアVLBIネットワーク(EAVN)を使って36天体の観測を2010年から毎年行っている(Fujisawa et al. 2014, PASJ)。本観測の目的は空間形状のみならず内部固有運動を測定しメタノールメーザーのトレースするガスの運動を明らかにすることである(杉山、松本による本年会の関連報告を参照)。

本講演では様々な空間形状の中からペア形状天体について報告する。ペア形状とは2つのメーザースポット群が距離(百?数千AU)に離れている空間分布である。得られた固有運動は数km/sで回転の運動も見えており、楕円や直線形状と同じ傾向にあることが分かった。それら詳細について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B40c 国土地理院つくば32m電波望遠鏡によるアンモニア分子反転遷移輝線の銀河系中心領域広域サーベイ観測 III

荒井 均 (国立天文台)、永井 誠、中井 直正、瀬田 益道、藤田 真司、他宇宙観測グループ (筑波大学)

筑波大学・宇宙観測研究室では、国土地理院と筑波大学の間に結ばれた「超長基線電波干渉計による高精度観測に関する共同研究」協定に基づき、国土地理院つくば32m電波望遠鏡を天文学研究のために運用している。その中で、我々は2009年から銀河系中心領域におけるアンモニア (NH_3) 分子反転遷移輝線の広域サーベイ観測を行ってきた。その主な概要や結果については、2013年春季 (埼玉大学・Q06a)、秋季年会 (東北大学・Q08a) で報告済である。今回は、特徴的な輝線強度比を示している領域について、前回までに詳しく報告できなかったものを中心に報告する。

そのうちの一つである Sgr B2 Main 領域の南に位置する MC+0.69-0.16 周辺領域では、分子雲衝突が起こっている現場である可能性が最近になって報告されている (Tsuboi et al, 2014)。我々がこの領域で観測した輝線強度比 $T_{\text{mb}}(5,5)/T_{\text{mb}}(4,4)$ は非常に高く (~ 0.9)、これは非常に高温な分子ガス (回転温度 $T_{\text{rot}} \sim 500$ K) の存在を示している。HNCO 等の Shock Tracer となる分子輝線強度比も高くその空間分布も非常に似ていること、この領域で大質量星形成の兆候が見られないこと等は、高温分子ガスと分子雲衝突の間の強い関連性を示唆している。今後はこの領域の研究によって、分子雲衝突による大質量星形成過程や、力学的ショック現象によって生成された高温分子ガスの性質解明を目指す。また、Sgr D 領域でも同様に非常に高い $T_{\text{mb}}(5,5)/T_{\text{mb}}(4,4)$ 比と高い HNCO 比が併せて観測されていることから、現象としての類似性が示唆される。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B41c **Sgr A* at 22 GHz around the G2 peri-center passing with Japanese VLBI Network**

Y. Asaki, M. Tsuboi (ISAS/JAXA), Y. Yonekura, Y. Miyamoto (Ibaraki Univ.), H. Kaneko, M. Seta, N. Nakai (Univ. of Tsukuba), O. Kameya, M. Miyoshi (NAOJ), H. Takaba, K. Wakamatsu (Gifu Univ.), Y. Fukuzaki (GSI), K. Uehara (Univ. of Tokyo), M. Sekido (NICT), T. Oka, S. Takekawa (Keio Univ.) A. Takumi (The Open University of Japan), S. Horiuchi (CSIRO), R. Dodson (Univ. of Western Australia)

銀河系中心（天の川銀河の中心）の大質量ブラックホールである Sgr A* 周囲をヨーロッパ南天天文台の巨大望遠鏡 VLT を使って赤外線です 10 年以上続けた結果、銀河系中心に向かって落下するガス雲「G2」が発見された (Gillessen et al. Nature 2012, 418, 51)。その後の続報により、G2 は 2014 年 3 月には Sgr A* のペリセンターを通過することが報告され、降着円盤と落下するガスが衝突して強い衝撃波が発生する (Sadowski et al. 2013, MN, 432, 478) などの予想もあり、大幅な増光を起こすことが期待された。我々は Sgr A* の突発的な増光を監視するため、2013 年 2 月 11 日より Japanese VLBI Network (JVN) による、22 GHz 帯による「毎日モニタ」を開始した。現在までにこのモニタには国立天文台の水沢 10 m、高萩 / 日立 32 m (観測運用は茨城大学)、岐阜大の 11 m、国土地理院の 32 m (観測運用は筑波大学)、NICT 鹿島の 34 m が参加しており、研究機関 / 大学ファシリティの連携と各拠点スタッフの協力によって非常に特徴のある観測システムと科学観測運用を 1 年以上にも渡り実現させてきた。本講演では、VLBI 毎日モニタの観測システムと運用体制について報告する。本モニタの科学的成果については、本年会での坪井 (宇宙研) 他によるポスター発表を参照されたい。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B42r

大学間連携による AGN ジェットの多波長観測

伊藤亮介, 深沢泰司, 田中康之, 秋田谷洋, 川端弘治, 吉田道利, 植村誠, 森谷友由希, 上野一誠, 高木勝俊 (広島大学), 渡辺誠 (北海道大学), 米倉覚則, 齋藤悠 (茨城大学), 斉藤嘉彦 (東京工業大学), 大朝由美子 (埼玉大学), 永山貴宏 (名古屋大学), 笹田真人, 大島誠人 (京都大学), 新井彰, 高木悠平, 高橋隼 (兵庫県立大学), 奥村真一郎, 浦川聖太郎 (日本スペースガード協会), 黒田大介, 磯貝瑞希, 泉浦秀行 (国立天文台), 永山貴宏 (鹿児島大学), 藤沢健太, 新沼浩太郎 (山口大学), ほか光・赤外線大学間連携観測チーム

ジェットを伴う活動銀河核は粒子をほぼ光速まで加速する、地上では現実不可能な規模の大加速器実験施設であり、その加速機構や形成機構の解明は宇宙物理学における大きな課題である。ジェットからの放射は電波から TeV ガンマ線までの幅広い電磁放射で観測され、ジェット中の相対論的速度の電子からのシンクロトロン放射と電子と低エネルギー光子の逆コンプトン散乱による放射と考えられているが、電子の加速機構は未だ解明されておらず、様々なタイムスケールでの多波長同時観測が重要である。

我々はジェットを持つブレイザー天体 CTA 102 の可視・ガンマ線増光にあわせ、光赤外線大学間連携、茨城大学、山口大学電波望遠鏡、F-GAMMA チームによる多波長 ToO 観測を実施した。これにより幅広い帯域での、数時間から数ヶ月スケールでのシンクロトロン放射の変動を詳細に観測することに成功した。多波長観測で得られたスペクトル変化は高エネルギー電子増加による増光機構を支持する。フレア中の偏光度の変化は大きいが偏光方位角変化は小さく、固有偏光成分を持つことを示唆し、hour-scale の短期変動が磁場の非常に揃った狭い領域からの放射であることを示す。本講演では今後の多波長連携観測の展望についても触れる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B43a 可視変動により見つかった radio-loud narrow line Seyfert 1 の多波長観測

諸隈 智貴 (東京大学), 田中 雅臣 (国立天文台), 伊藤 亮介, 秋田谷 洋 (広島大学), 富永 望 (甲南大学), 諸隈 佳菜 (国立天文台), 野間 千菜美 (東北大学), 斉藤 嘉彦 (東京工業大学), 徂徠 和夫 (北海道大学), 藤沢 健太, 新沼 浩太郎, 元木 業人 (山口大学), 松本 恵未子 (甲南大学)

本講演では, 1 日以下の時間スケールでの可視光度変動が検出された SDSS J110006.07+442144.3 (KISS14k) の多波長観測によるその正体の解明について報告する。KISS14k は, 1.05m 木曾シュミット望遠鏡広視野カメラ KWFC を用いて 2012 年 4 月より開始した超新星サーベイ Kiso Supernova Survey (KISS) における 1 時間に一度という高頻度観測により, その増光が 2014 年 2 月 23 日 (UT) に検出された天体である。その後, すばる望遠鏡 FOCAS での追分光観測により, 赤方偏移 $z = 0.84$ の MgII λ 2800 の広輝線 ($v = 2052$ km/s) 他の輝線を検出し, ブラックホール質量は $1.5 \times 10^7 M_{\odot}$ の活動銀河核であることがわかった。1 晩の間に取得した 3 時期のスペクトル間でも, 有意な光度変動を示したが, 可視域での連続光の傾きは一定であった。一方, この天体は, 過去のアーカイブデータによると, 1.4 GHz 帯で 15-22 [mJy] と明るく, Radio-loudness $R \sim 2900$ もの天体であることがわかった。Swift 衛星による X 線 ToO 観測の結果も総合して考えると, この天体は, 相対論的ジェットが視線方向を向いた narrow-line Seyfert 1 である可能性が示唆され, 近年 Fermi 衛星による発見で注目されているガンマ線で明るい radio-loud narrow line Seyfert 1 と同種の天体であると考えられる。我々は, 同一時期における可視・近赤外・電波強度の測定から得られる SED の取得, 電波周波数帯における構造の解明を目指し, 電波大学間連携 Japan VLBI Network (JVN) の枠組における観測を予定しており, 可能であれば講演でその結果も紹介したい。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B44a 鹿児島大学における VLBI および光赤外線大学間連携事業による変光星の観測的研究

中川亜紀治、面高俊宏、半田利弘、永山貴宏、亀崎達也（鹿児島大学）、VERA グループ

鹿児島大学では大学連携事業の活動として VERA を含む国内 VLBI アレイを核とした電波観測と 1m 赤外線望遠鏡による測光モニター観測を進めてきた。講演ではこの活動のテーマの一つである天の川銀河内ミラ型変光星に対する周期光度関係の確立について、その現状や得られた成果について報告する。

大学間連携 VLBI 観測事業で鹿児島大学は鹿島 34m 電波望遠鏡や入来 20m 電波望遠鏡の運用を行っている。VLBI の観測周波数帯は主に 22GHz であり、相対 VLBI の手法により星周の水メーザーの動きをミリ秒角スケールで追跡して年周視差を決定する。この年周視差から得られる距離は 10% を上回る精度に達しており、先行研究で報告されてる周期光度関係との比較も行っている。また VLBI による位置天文観測では観測天体の星周構造やその時間変化、更に天の川銀河における天体の 3 次元的運動なども同時に得られ、こうした結果も紹介したい。

光・赤外大学間連携事業では入来の 1m 光赤外線望遠鏡を運用している。約 500 天体の変光星候補に対して J,H,K バンドの 3 色測光モニター観測を進めており、長期に渡るデータから変光星の検出やそれらの変光周期と見かけ平均等級の決定などを行っている。また国内の他の光学望遠鏡と連動した突発天体の観測なども行っている。2013 年度には測光データ解析の自動化がさらに進み、変光星の検出効率が向上している。そうした中で変光周期が 400 日を超えるような長周期の変光星が多く見つかっており、OH/IR 星に分類される星も含まれることから、これらの新たに認知された星に対する水メーザー探査も進めているところである。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B45a 大学間連携望遠鏡によるガンマ線バーストの観測

河合誠之、斎藤嘉彦、谷津陽一 (東工大)、黒田大介、花山秀和、柳澤顕史 (国立天文台)、吉田道利、川端弘治 (広島大)、永山貴宏 (鹿児島大学)、新井彰 (兵庫県立大学) ほか光・赤外線大学間連携チーム

日本内外に展開された大学間連携 (“OISTER”) 望遠鏡群は特徴ある観測装置を備えてガンマ線バースト発生直後の光・近赤外観測を実施してきた。広島大かなた望遠鏡は偏光の観測を行える点で世界的にもユニークである。また、岡山 (国立天文台) と明野 (東工大) の 50cm MITSuME 望遠鏡および石垣島むりかぶし望遠鏡は三色同時撮像機能をもち、高赤方偏移 GRB の判定に役立てられる。岡山、明野および広島大の望遠鏡は自動的に人工衛星からの GRB 速報に対応して観測を開始する。他の観測所でも GRB 速報への迅速対応態勢を整備してきた。

ガンマ線バーストの可視光・近赤外放射の早期観測は、三つ意味で重要である。まず、ガンマ線バーストの発生と放射の物理に関する情報をもたらす。スペクトル、残光の立ち上がり、即時放射の偏光、光度曲線の折れ曲がりから、GRB を生む相対論的ジェットの磁場、ローレンツ因子、開き角などの物理パラメーターが推定できる。二つ目の意義は、可視光で暗い (しかし近赤外では明るい) GRB を、大望遠鏡で観測すべき高赤方偏移 GRB 候補として早い時期に拾い上げることである。高赤方偏移 GRB は数少ないため、迅速かつ信頼できる選択が非常に重要である。三つ目の意義は高精度の位置を早く決めることである。Swift 衛星 XRT (X線望遠鏡) からは数秒角の座標が速報されるが、それほど位置精度が得られない観測装置からの速報の場合には、広視野の小型望遠鏡による残光の検出は地上大望遠鏡や衛星望遠鏡による追跡のために必須である。

本講演では、以上の観点から、OISTER の観測態勢と今までの観測成果を紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

B46a

OISTER・すざくによる 2FGL J2339.6–0532 の観測

谷津陽一, 橘優太郎, 大内遥河, 有元誠, 齊藤嘉彦, 河合誠之 (東工大), 片岡淳, 高橋洋介 (早稲田大), 柴田晋平 (山形大), 関口和寛, 黒田大介, 花山秀和, 磯貝瑞希 (国立天文台), 渡辺誠 (北大), 橋本修 (ぐんま天文台), 諸隈智貴, 高橋英則, 館内謙 (東大), 村田勝寛 (名古屋大), 永山貴宏, 面高俊宏 (鹿児島大), 吉田道利, Gamal B. Ali, A. Essam Mohamed (NRIAG, Egypt), 秋田谷洋 (広島大), 高橋隼 (兵庫県立大), 奥村真一郎 (美星 SGC), 野上大作 (京大), 大朝由美子 (埼玉大), ほか光・赤外線大学間連携チーム

2FGL J2339.6–0532 は、高銀緯で発見された明るいガンマ線源であり、ミリ秒パルサーがパルサー風によって伴星を加熱・蒸発させつつある稀な種類の連星系である。これらは低質量 X 線連星と単独で放射するミリ秒パルサーの中間種にあたると思われる。これらは中性子星連星の進化の謎を解く鍵を握ると期待されている。我々はこの天体の素性を明らかにするため、光・赤外線大学間連携の観測網を駆使して、4 日間にわたり K_s ~B バンドの広帯域で測光観測を行った。この結果、SED の軌道位相ごとの変化が明らかとなり、軌道傾斜角を含めた連星系の軌道要素の制限に初めて成功した。一方、すざく衛星による X 線観測は、この天体からの放射を、軌道運動に同期した硬い放射と、ほとんど変動しない柔らかい放射とに明確に分離することに成功した。放射の特徴から前者はパルサーの極冠からの黒体放射、後者は伴星表面に生じた衝撃波面からの非熱的放射であると解釈される。さらに、比熱的放射のパワースペクトルは時間とともに変化している傾向が見られ、中性子星からのパルサー風供給に何らかの不安定性が存在することを示唆した。本講演では、多波長観測から明らかになったこの連星系の描像と、伴星表面における衝撃波加速から推定されるパルサー極近傍でのパルサー風の物理特性について述べる。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

【C. 星間水素】

9月11日(木) 午前(11:00-13:00) [D会場]

C01r	11:00	星間水素の高精度な定量による天文学の展開・(30)	大西利和(大阪府立大学)
C02a	11:30	星間水素雲の正確な質量決定について・(12)	福井康雄(名古屋大学)
C03a	11:42	Planck 衛星のサーベイデータと星間ガスの比較解析: CrA 領域・(12)	山本宏昭(名古屋大学)
C04a	11:54	おうし座分子雲に付随する冷たい HI ガスの定量・(12)	土橋一仁(東京学芸大学)
C05r	12:06	星間媒質の動的進化過程・(30)	井上剛志(国立天文台)
C06r	12:36	ダスト表面における水素分子形成過程: 実験からのアプローチ・(30)	渡部直樹(北海道大学)

9月11日(木) 午後(15:00-17:00) [D会場]

C07a	15:00	ジェットと星間水素ガス相互作用による Westerlund2 星団方向の分子雲形成シミュレーション・(12)	朝比奈雄太(千葉大学)
C08a	15:12	HI ガスの速度構造に見る二相媒質星間乱流・(12)	立原研悟(名古屋大学)
C09a	15:24	Formation of Dense Filaments by Parker Instability in Galactic Gas Disks・(12)	Chih-Han Peng (Chiba Univ.)
C10a	15:36	H_3^+ の赤外線スペクトルによる銀河中心の観測・(12)	白田知史(国立天文台)
C11r	15:48	GeV ガンマ線観測による星間ガス・宇宙線研究の現状・(30)	水野恒史(広島大学)
C12a	16:18	宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星 LiteBIRD 計画の概要と前景放射除去・(12)	片山伸彦(東京大学)
C13a	16:30	臼田宇宙空間観測所 64m 電波望遠鏡による中性水素原子ガス 21cm 線の観測・(12)	中西裕之(鹿児島大学)
C14b	16:42	Planck 衛星のサーベイデータを用いた星間水素の高精度定量の手法について・(3)	福井康雄(名古屋大学)
C15b	16:45	Planck 衛星によるダストデータと星間ガスの比較解析: 高銀緯分子雲領域における比較・(3)	岡本竜治(名古屋大学)
C16b	16:48	Planck 衛星のサーベイデータと星間ガスの比較研究: カメレオン領域・(3)	早川貴敬(名古屋大学)

C01r 星間水素の高精度な定量による天文学の展開

大西利和（大阪府立大学）

水素は宇宙の最も基本的な元素である。水素原子・分子を精密に定量することは、星間ガス・ダストを始めとする宇宙と銀河を理解する要である。その質量の不定性は、星間ガスの力学バランス、水素原子から水素分子への遷移、宇宙線強度、等をはじめとする多くのパラメーターの推定に大きな影響を与える。星間物質の質量の大部分は、水素原子・水素分子の形で存在しており、水素原子は波長 21cm の H I スペクトルで、水素分子は電気双極子モーメントを持つ微量星間分子スペクトルで観測することができる。H I は光学的に薄いという条件のもとで、水素原子ガスの温度によらずスペクトル強度と柱密度が精確に比例することから、星間物質の質量の定量に広く用いられてきた。一方、最近の H I スペクトル、星間ダスト放射、CO 分子放射の詳細な比較研究により、温度が低く光学的に厚い H I 放射が広範囲に分布していることが明らかになりつつある。従来ほぼ無批判に使用されてきた「光学的に薄い」という仮定は、中性水素原子ガスの質量を大きく（2-3 倍程度）過小評価していたことになり、その質量から導出された様々なパラメーターを大きく変更する必要がある。

本講演では、星間空間の水素原子・分子の定量の観点から、H I、星間分子、星間ダスト放射観測の現状、それらの定量方法を総括し、その精密定量の重要性についても論じたい。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

C02a 星間水素雲の正確な質量決定について

福井康雄, 立原研悟, 山本宏昭, 早川貴敬, 鳥居和史, 桑原利尚, 佐野栄俊, 岡本竜治, 他 NANTEN2
メンバー (名古屋大学)

水素原子から水素分子への転移反応は分子雲と星の形成につながる重要な素過程である。しかし、関係する各相の定量精度は十分に高いとはいえず、不定性の元になっていた。福井他 (2014) による 21 cm の HI 放射の光学的深さの決定法は、真に光学的に薄い HI 放射の特定を通して、中性星間陽子とダスト放射との精密な関係づけを可能にした。その相対精度は 10 % よりも高く、従来精度 (因子 2–3 程度) を大きく上回る。この手法を分子雲方向に拡張することによって、分子雲方向の全星間陽子 (原子および分子) の定量も 10 % 程度の高精度で行なえることを論じる。これは、いわゆる X_{CO} 因子 ($N_{\text{H}_2} = X_{\text{CO}} \cdot W_{\text{CO}}$) を介することなく全星間陽子を定量する方法であり、分子雲とその周囲の密度と速度の高精度定量の可能性を拓くものである。さらに、分子相と原子相の遷移領域について、 H_2/HI 比に対する強い観測的制約を与える手法にも言及する。本研究で求められた H_2/HI 比は、全水素柱密度 10^{21} cm^{-2} において平均 0.5 以下であり、「遷移領域において H_2 が主要成分である」とする考え方は支持されないことを指摘する。水素原子と水素分子の比については多くの計算例があるが、元になるチリの表面での分子形成率については十分な精度があるとは言えず、今後の実験的検証が重要であることを指摘する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

C03a Planck 衛星のサーベイデータと星間ガスの比較解析：CrA 領域

山本宏昭、岡本竜治、鳥居和史、桑原利尚、早川貴敬、立原研悟、福井康雄 (名古屋大学)、他 NANTEN2 メンバー

我々は銀河系内の星間ガスの全容を明らかにするため、銀緯 ± 10 度以上の様々な領域において Planck 衛星のミリ波・サブミリ波の全天サーベイデータから導出された 353GHz の光学的厚み及びダストの温度と、高分解能水素原子ガス (HI) のデータ「なんてん」、NANTEN2 によって取得された分子ガスのデータを用いて、ダストと星間ガスの比較研究を進めている (福井他 2014 年春季年会、山本他 2014 年春季年会など)。本講演では新たに解析を実施した CrA 領域の解析結果について報告する。

CrA 領域は近傍 (距離約 130pc) の小質量星形成領域である。銀緯が -18 度付近に高密度分子雲コアが存在し (Yonekura et al. 1999)、そこから銀緯 -22.5 度付近まで分子雲が連続的に分布している。一方で、ダスト温度の低い領域は分子雲の端よりさらに銀緯 -30 度付近まで連続的に分布しており、低温ダスト方向の 353GHz の光学的厚みは周囲より大きい。

CrA 分子雲周辺の CO が検出されてない領域において、ダストの温度ごとに 353GHz の光学的厚みと HI の積分強度を比較したところ、他領域と同様にダスト温度の高い領域で 353GHz の光学的厚みと HI の積分強度により相関があることがわかった。この相関関係を基に HI の柱密度、スピン温度、光学的厚みを新たに導出した。その結果、分子雲が存在しない低温ダストが存在する領域の HI ガスの光学的厚みが 2 以上と大きく、柱密度が $2 \times 10^{21} \text{cm}^{-2}$ を超えることを明らかにした。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

C04a おうし座分子雲に付随する冷たいHIガスの定量

土橋一仁, 下井倉ともみ (東京学芸大), Deborah Paradis, Jean-Philippe Beranrd (IRAP)

分子雲方向のHI 21cm線を丹念に調べると, CO分子輝線と同じ視線速度をもつ吸収線がしばしば観測される。これは, 分子雲中でCO分子と共存する中性水素原子ガスによるものである。このような水素原子ガスは低温で, 光学的に厚いため, 一般に「冷たいHIガス」とよばれる。冷たいHIガスは分子雲の主成分である分子(H_2)の直接的な材料であるが, スピン温度と光学的厚さの2つのパラメータが未知であるため, 21cm線のスペクトルのみからその柱密度を定量することは, 非常に困難である。我々は, 21cm線に加え, 同じ方向で観測されるCO分子輝線を利用して冷たいHIガスの柱密度を定量する「速度分散法」を開発した(土橋他, 2014年春季年会)。この方法では, 観測されるCO分子輝線の線幅から冷たいHIガスのスピン温度に強い制限を付けることにより, その柱密度を50%程度の精度で定量することが可能である。また, 冷たいHIガスが21cm中の吸収線として現れる場合のみならず, 輝線として現れる場合でも, 吸収線の場合と同様に定量することが可能である。ただし, 21cm線のバックグラウンド(背景の光源), 冷たいHIガス, および観測者の位置関係は, 明らかでなければならない。

我々は, この速度分散法を用いて, おうし座分子雲(140pc)の冷たいHIガスの定量を行った。この分子雲の背景にはPer OB2 Shell(330 pc, Sancisi 1974)として知られるHIシェルがあり, おうし座分子雲に付随するHIガスは, 背景の21cmの輝度が高いところでは吸収線として, 低いところでは輝線として観測され, その前後関係は明らかである。LABサーベイの21cm線のデータベースを利用して解析した結果, 冷たいHIガスはCOで見える分子雲表面では多く, 分子雲の内部に向かって指数関数的に減少する傾向がある, 等のことが分かった。本講演では, その解析結果について紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

C05r 星間媒質の動的進化過程

井上剛志, 犬塚修一郎 (名古屋大学)

星間媒質は輻射を介した加熱冷却が有効な開放系であり、さらに、超新星爆発等による強い揺動に頻繁にさらされる媒質である。このような性質を持ったプラズマの物理的性質を調べることは難しく、十年ほど前までは熱平衡状態等の限られた性質だけが調べられてきた。しかしながら、近年の計算機的高速化に伴い、輻射加熱、磁場の効果、化学進化や自己重力まで含んだ星間媒質の動的性質が数値流体力学の手法で調べられるようになってきた。

本講演では最近のシミュレーションによって明らかにされてきた、暖かい中性水素ガス成分が衝撃波圧縮をきっかけとして暴走的輝線放射冷却により中性水素雲を形成する過程や、中性水素雲の集積によって強い乱流を伴った分子雲が誕生する過程について解説する (Koyama & Inutuska 2000, 2002, Hennebelle et al. 1999, 2007, Inoue & Inutuska 2008, 2009, 2012)。これらのシミュレーション結果は、これまで考えられてきた以上に中性水素雲が形成されることや、分子雲での星形成過程に分子観測では見えない原子ガス成分が強く影響していることを示唆している。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

C06r ダスト表面における水素分子形成過程：実験からのアプローチ

渡部直樹 (北海道大学低温科学研究所)

星間水素分子の存在量は気相反応による形成過程だけでは説明できず、ダスト表面における水素原子再結合が不可欠であると考えられている。本講演では、これまでの水素分子形成に関する研究を概観し、その問題点や今後行うべき研究についてお話しする。

ダスト表面での水素分子形成の研究は1970年代から行われているが、2000年代に入るまで理論的研究が中心であった。初期の理論研究では、ダスト表面への水素の吸着係数や表面拡散定数などをパラメーターとして扱い、宇宙環境下での水素分子形成速度を見積もっている。最近では、分子動力学法を用いた、吸着・拡散などの表面素過程に迫る研究が行われるようになってきた。これらの理論研究は吸着から分子形成までの化学進化の流れを理解したり、ある条件下での形成速度を見積もる手法としては有効である。しかし一方で、原子の吸着係数、脱離エネルギー、表面拡散定数などの物理定数には理論計算だけでは依然として大きな不確定性がある。これらの物理定数を正確に決定し、その表面組成、温度依存性を明らかにすることは、宇宙における水素分子形成過程・速度を理解する上で必要不可欠である。実験的研究は90年代後半から活発化し、昇温脱離法を用いた、低温シリケート、炭素質、アモルファス氷表面での水素分子形成実験が行われた。一連の実験により、各表面での水素分子生成可能温度や水素分子形成速度が大雑把に求められた。しかし、水素分子形成に関する素過程のうち、ある程度の精度で測定されている物理定数は、水素原子のアモルファス氷表面における拡散の活性化エネルギーのみである。今後、様々なダスト表面物質に関して、吸着係数（水素原子表面滞在時間）とその温度依存性、表面拡散の活性化エネルギー、水素原子脱離エネルギー、水素分子の脱離機構を実験で調べるのが急務である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

C07a ジェットと星間水素ガス相互作用による Westerlund2 星団方向の分子雲形成シミュレーション

朝比奈雄太, 小川崇之, 松元亮治 (千葉大学)

我々はジェットとの関係が示唆される分子雲の形成機構を調べるために星間ガスの加熱・冷却過程を考慮した星間中性水素 (HI) ガスとジェットの相互作用の磁気流体計算を実施してきた。初期に熱的に安定であった HI ガスはジェットの衝撃波によって加熱・圧縮され、密度上昇に伴う冷却率の上昇により冷却不安定を起こして、結果的に温度が下がりさらに密度が高くなった。このように HI ガスが高密度な熱平衡状態に遷移することで、ジェットの周囲に低温高密度な領域を形成した。この計算を Westerlund2 星団方向で観測された分子雲に適用した。

Furukawa et al. (2014) によって大規模星団 Westerlund2 方向に直線状に並んだ分子雲と円弧状の分子雲が観測されている。直線状の分子雲の延長線上には TeV γ 線源 HESS J1023-575 が存在しており、TeV γ 線源をはさんだ反対側に円弧状の分子雲が存在している。前回の年会では円弧状の分子雲形成機構について報告した。本発表では直線状の分子雲形成の計算結果について報告する。

初期状態では 10^4K の温かい星間ガスと 200K の HI クランプが圧力平衡・熱平衡状態で接しているとし、境界から超音速ジェットを注入した。HI クランプは無作為に分布させ、HI クランプのフィリングファクターを変えた場合についても調べた。HI クランプはジェットによって熱的に不安定になり低温高密度なクランプへと遷移した。フィリングファクターが小さい場合はジェットは HI クランプの間を伝播することができるため、ジェットは枝別れのような構造になり、低温高密度なクランプは空間的に広がった分布になった。また、伝播速度はフィリングファクターが大きい場合に比べて速くなった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

C08a HI ガスの速度構造に見る二相媒質星間乱流

立原研悟、山本宏昭、早川貴敬、岡本竜治、服部桃、伊藤万記生、鳥居和史、桑原利尚、福井康雄 (名古屋大学)、他 NANTEN2 メンバー

ダストの熱的連続波放射との比較から、星間 HI ガスの相当量は低温 ($T_S \lesssim 70$ K) で、かつ光学的に厚い ($\tau \gtrsim 2$) ことが分かって来た (Fukui et al 2014)。このような低温の HI ガスは、Heiles (2001) などで提唱されている、温度数百 K 以下の Cold Neutral Medium (CNM) に対応する。一方、分子雲の速度分散はほとんどの場合音速よりも有意に大きく、星間物質の動的エネルギーは乱流運動が支配的であることが知られている。この星間乱流を説明するものとして、近年二相媒質モデルが注目されている (e.g., Inoue & Inutsuka 2012)。このモデルでは、diffuse に広がる Warm Neutral Medium (WNM) から熱的不安定性により、乱流的な相対運動をもつ小さな CNM の構造が作られることが予想されている。分子雲表面の CO 輝線高分解能観測から、サイズ数千 AU で線幅 0.5 km s^{-1} 程度の分子雲の微細構造が発見されたが (Tachihara et al. 2012)、Arecibo 300m 望遠鏡による HI スペクトルデータからも、線幅わずか数 km s^{-1} 、サイズ 1 pc 以下の小さな原子ガス雲の塊やフィラメントが多数検出された。質量は $0.5 M_\odot$ 程度、運動温度は数百 K 以下で、まさに CNM に対応する。これら小さな原子雲は異なる視線速度を持つが、低い空間分解能の観測や積分強度図上では分離されない。またこれらは WNM の熱的不安定性によって多数形成されたと考えられるが、分子ガス形成にまで至るものはその一部のみであると考えられる。このような HI 輝線に見られる速度分散とサイズの小さな構造の解析から、分子形成と分子雲の乱流の起源を議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

C09a **Formation of Dense Filaments by Parker Instability in Galactic Gas Disks**

Chih-Han Peng, Yuki Kudoh, Yuta Asahina, Ryoji Matsumoto(Graduate School of Science, Chiba Univ.)

We performed two dimensional numerical simulations of Parker instability taking into account the cooling and heating functions of the interstellar medium (Inoue et al. 2006). Our numerical experiment is based on the simulation code "CANS+" in which the HLLD Riemann solver (Miyoshi and Kusano 2005) is used to solve the MHD equations. We found that when magnetic pressure exceeds the gas pressure, long dense filaments are formed at the valley of magnetic field lines by Parker instability. Shock compression of the "spurs" formed by Parker instability triggers the cooling instability, which form cold(T is about 100K), dense(n is about 150 per cubic cm) filaments. The length of the filaments can exceeds 200pc. Initially vertical dense filaments are deformed into inclined filaments when the Ram pressure at the left and right hand side of the filament is different. These results indicate that long-length filamentary and high galactic latitude molecular clouds can be formed by Parker instability.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

C10a H_3^+ の赤外線スペクトルによる銀河中心の観測

臼田知史 (国立天文台)、後藤美和 (München 大学天文台)、Geballe, T.R. (Gemini Observatory)、Indriolo, N. (Johns-Hopkins 大学)、岡武史 (Chicago 大学)

星間空間に存在する純水素種は六個 (H^+ , H , H^- , H_2^+ , H_2 , H_3^+) ある。そのうち高分散分光が可能であるのは H (1943, 1951 年星間空間で発見)、 H_2 (同 1970 年)、 H_3^+ (同 1996 年) の三種である。19 世紀から知られていた H と H_2 に比べ H_3^+ のスペクトルが発見されたのは最近であるが (1980 年)、その天体観測、特に銀河中心観測のプローブとしての有用性は急速に高まった。銀河中心にある半径約 200pc の中央分子帯 (Central Molecular Zone 以下 CMZ) は中心のブラックホールを始め特異な天体現象に満ちており、電波から X 線・ガンマ線に及ぶ広い波長域で観測されている。 H_3^+ は宇宙線による H_2 のイオン化とイオン化学反応により莫大な量が作られる。化学活性が高く密度は H_2 より遥かに低いが、正三角形である H_3^+ の振動は赤外活性で、不活性な H_2 に比べて遥かに観測しやすい。我々はすばる望遠鏡、VLT、Gemini 望遠鏡などの赤外高分散分光器を用いて、255pc に亘って CMZ に点在する 30 個の星を観測した結果、これまでの常識を覆す以下の知見を得た。(1) CMZ には莫大な量の低密度 ($< 100\text{cm}^{-3}$) かつ暖かい ($\sim 250\text{K}$) 分子ガスがあり、その容積占有率は高密度の分子雲や、X 線を発光している超高温プラズマガスより遥かに高い。(2) CMZ の H_2 のイオン化率 ($\zeta > 3 \times 10^{-15}\text{s}^{-1}$) は銀河系円盤の低密度分子雲より一桁、高密度分子雲より二桁高い。(3) H_3^+ のスペクトルは -160 km s^{-1} から 0 km s^{-1} の速度で青方偏移しており、分子ガスが膨張していることを示す。赤方偏移が観測されるのは Sgr A と Sgr B 方向の局所的な濃い雲に過ぎない。これは、1972 年海部ら、Scoville らによる Expanding Molecular Ring の説を支持し、現在主流である CMZ の分子ガスの運動の Barred-potential 説 (Binney et al. 1991) に反する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

C11r GeVガンマ線観測による星間ガス・宇宙線研究の現状

水野恒史 (広島大学) ほか Fermi-LAT Collaboration

天の河銀河における宇宙線と星間ガスの分布は、銀河の高エネルギー現象および星生成を理解する上で重要である。数 100 MeV 以上の宇宙線は、星間ガスとの相互作用を通して、空間的に広がったガンマ線 (diffuse gamma-ray emission) を放出し、中でも宇宙線の主成分である陽子は、核反応で生じたパイ中間子の崩壊により強い GeV ガンマ線を作り出す。ガンマ線の放射率が物質の状態にほとんどよらないこと、ガンマ線の透過力が強く、濃い星間ガスの中まで見通せることから、GeV ガンマ線観測は、宇宙線と星間ガスを調べる強力なプローブとなる。2008 年に打ち上げられた Fermi 衛星は、広い視野 (全天の約 20%) を生かしサーベイ観測を行うことで、ほぼ「無バイアス」に宇宙線と星間ガスを調べることができる。

この広がったガンマ線は従来、中性水素の 21 cm 線の観測で「測定」されたガス分布を用いて、宇宙線の分布を調べるのに主に用いられてきた。しかし、Grenier et al. 2005 (Science 307, 1292) が指摘したように、伝統的な電波サーベイではトレースしきれない、通称”dark gas”があることが徐々に認識されてきた。Fermi 衛星はこの研究を定量的に推し進め、”dark gas”が CO 輝線でトレースされる分子雲の周りを取り囲むように存在すること、質量は CO 分子雲と同程度か、むしろ大きいことなどを明らかにしてきた (Abdo et al. 2010, ApJ 710, 133; Ackermann et al. 2012, ApJ 755, 22)。つまり GeV ガンマ線は、星間ガスのプローブとしても強力な手段であると言える。

本講演では、Fermi 衛星による GeV ガンマ線観測を用いた星間ガス (および宇宙線) 研究の現状について紹介し、今後の展望について議論を行う。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

C12a 宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星 LiteBIRD 計画の概要と前景放射除去

片山伸彦,(東京大学), ほか LiteBIRD コラボレーション

本講演では、LiteBIRD 計画の概要と前景放射の除去に関して報告する。

宇宙はどのように始まったのだろうか？熱いビッグバン以前の宇宙を記述する最も有力な仮説がインフレーション宇宙仮説である。LiteBIRD 計画では宇宙背景放射の偏光を全天で観測し、この仮説が预言する原始重力波を検出する。

LiteBIRD 計画は原始重力波の存在を確認出来る唯一の実験である。インフレーション仮説を検証できれば、その背後にある量子重力理論を選別でき、重力理論と量子論の統一という素粒子物理学最大の目標に到達出来る。

宇宙背景放射の偏光を精密に観測する為には、前景放射（銀河系内）の偏光を理解し、除去しなければならない。除去するためには背景放射と前景放射のスペクトルの違いを利用する。前景放射の大部分は星間ダストによるものである。本企画セッションにおいて星間ダストによる前景放射に関して分野横断的な研究を推進し、前景放射除去手法の開発、系統誤差の推定、そして背景放射の精密測定につなげたい。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

C13a 臼田宇宙空間観測所 64m 電波望遠鏡による中性水素原子ガス 21cm 線の観測

中西裕之, 齊田智恵 (鹿児島大学), 村田泰宏, 坪井昌人 (宇宙科学研究所), 米倉覚則 (茨城大学), 土橋一仁 (東京学芸大学), ほか臼田 64m 鏡ライン観測 WG メンバー

中性水素原子 (HI) ガスは星間物質の主要成分の一つであり、波長 21cm、周波数 1.4GHz の輝線として観測される。星間空間の物理をはじめとして、星形成、銀河、銀河進化、宇宙論に至るまであらゆるスケールの研究で重要な輝線である。特に近年 HI 21cm 線は 2018 年から建設の始まる国際プロジェクト SKA (Square Kilometre Array) で観測される最も主要な輝線として重要視され、今後 さらに研究対象として重要な輝線となることが予想される。しかし、これまで HI 21cm 線の観測を行うためには国外の電波望遠鏡を使うことがほとんどであり、国内研究者にとって HI 21cm 線の観測の経験を得ることは難しかった。

そこで我々は日本国内でも科学研究目的で HI 21cm 線の観測を行うことを目指し、臼田宇宙空間観測所 64m 電波望遠鏡を用いて HI 21cm 線を観測するため、ライン観測ワーキンググループを結成し、観測システムの整備に取り組んでいる。臼田 64m 鏡には既に L バンド受信機が搭載されており、オーストラリアのパークス 64m 鏡と同じ口径であるため、世界の最先端で稼働中の望遠鏡と同レベルの分解能で HI 21cm 線を観測することが可能である。また既に多くの全天サーベイ データがアーカイブ化されているものの、多くの場合、速度分解能が 1 km s^{-1} 程度であり、速度分解能の高いデータを取得するためには、いまだ新たな観測が必要である。

本講演では臼田 64m 鏡の概要、ワーキンググループで行ってきた HI 21cm 線の試験観測の結果、臼田 64m 鏡を使うことによって可能なサイエンスについて紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

C14b *Planck* 衛星のサーベイデータを用いた星間水素の高精度定量の手法について

福井康雄, 立原研悟, 山本宏昭, 早川貴敬, 鳥居和史, 桑原利尚, 佐野栄俊, 岡本竜治, 他 NANTEN2
メンバー (名古屋大学)

Planck 衛星の全天サーベイにより、低温星間ダストのパラメタ (353 GHz の光学的厚み = τ_{353} 、温度 = T_d) が導かれている。これらのデータは $\sim 10\%$ の相対精度を達成しており、HI、CO などの星間ガスの観測データとの比較解析を行う事により、星間水素の高精度の定量が可能である。

τ_{353} と HI の積分強度 (W_{HI}) は、 T_d の高い部分において比例関係の相関を示す。この部分において、 $\tau_{353} \sim 10^{-6}$ であること、また HI は十分に光学的に薄いと考えられることをふまえると、この比例相関は τ_{353} と水素原子の量の関係を $\sim 10\%$ の精度で表現しているといえることができる。この関係を用いると、 τ_{353} のデータから直接水素原子の総柱密度を計算することができる。これは水素分子雲の方向にも適用でき、水素原子および水素分子の総量の計算が可能となる。さらに CO のデータを考慮することにより、 X_{CO} 因子 ($N_{\text{H}_2} = X_{\text{CO}} \cdot W_{\text{CO}}$) の推定も可能である。

また、領域による τ_{353} と W_{HI} の比例係数の違いはダストの性質の違いを反映しているものと考えることができ、これを調べることにより大域的なダストの性質の変化を明らかにできる可能性がある。

本発表では、これまでに得られている結果などを踏まえて、この定量法の原理や応用性について論じる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

C15b *Planck* 衛星によるダストデータと星間ガスの比較解析：高銀緯分子雲領域における比較

岡本竜治, 福井康雄, 立原研悟, 山本宏昭, 早川貴敬, 鳥居和史, 桑原利尚, 佐野栄俊, 他 NANTEN2 メンバー (名古屋大学)

Planck 衛星によってもたらされた低温の星間ダストのデータとガスのデータを比較することで、HI ガスの定量について新たな知見が得られている。我々はこれまでに、銀緯が高くかつアレシボ電波望遠鏡による HI サーベイ (GALFA HI サーベイ) のデータが存在する 2 つの分子雲領域についての調査を行った。

[1] MBM 53, 54, 55 領域 (Fukui et al. 2014a) この領域の CO 輝線が検出されていない部分について、光学的厚みを補正した HI の柱密度は 353GHz の光学的厚み (τ_{353}) に 1.5×10^{26} をかけることで得られる。この関係を用いて HI の光学的厚み (τ_{HI}) を求めると、 $\tau_{\text{HI}} > 1$ となる光学的に厚いデータ点が 40 % を占めることがわかった。またスピン温度 (T_s) は、特に分子雲の周囲で 20–40 K 程度となっており、これまでの通説と比べて冷たい HI が大量に存在することが明らかになった。さらに、 τ_{353} を利用して CO の観測強度から H_2 の柱密度を求める係数 (X_{CO} ファクタ) も導出でき、その値は 1.4×10^{20} である。

[2] ペガス座ループ領域 MBM 53, 54, 55 領域の隣にあり、星風によって形成されたと考えられている分子雲群である (Yamamoto et al. 2006)。同様の手法により $N_{\text{HI}} = \tau_{353} \times (2.0 \times 10^{26})$ が得られ、この領域でも光学的に厚く冷たい HI ガスが大量に存在していることが確認できた。このような光学的に厚い HI ガスは分子雲の周囲を取り巻いており、分子雲の形成や進化に対する新たな知見が得られると期待される。

本発表では、これらの結果についてのまとめを報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

C16b **Planck 衛星のサーベイデータと星間ガスの比較研究: カメレオン領域**

早川貴敬, 岡本竜治, 山本宏昭, 立原研悟, 福井康雄 (名古屋大学)

中性水素の温度、密度の決定は、天文学上の重要な課題であるが、HI スペクトル強度はスピン温度と光学的厚みの関数であり、一意的に2つのパラメータを推定することは難しかった。我々のグループは、Planck/IRAS による高精度 dust opacity の情報を併用して、スピン温度、光学的厚みを精度良く求める方法を確立した。これまでに進めてきた解析で、いわゆるダークガスが光学的に厚いHI ガスで説明できること(早川他 2014 年春季年会など)や、MBM53-55、ペルセウス分子雲、RCrA など中高銀緯の分子雲周囲に低温で光学的厚いHI エンベロープが存在することを明らかにしてきた(岡本他 2014 年春季年会、早川他本年会、山本他本年会など)。

本講演では、カメレオン分子雲複合体を含む、 $20^{\circ} \times 40^{\circ}$ の領域について解析した結果について報告する。領域のほぼ全体、数十 pc のスケールで、典型的なスピン温度 40 – 60K、光学的厚みが 1 を超える HI ガスが広がっており、その総質量は 7×10^4 太陽質量である。従来の手法(光学的に薄い近似)で推定すると 3×10^4 太陽質量となり、2 倍以上の相違があることを改めて確認した。さらに、Upper Centaurus-Lupus (UCL) シェルによる混濁が小さいピクセルを選び出し、分子雲に付随する成分に注目した。光学的厚みが 3 から 4 程度の HI エンベロープが数 pc 広がって存在しており、質量は 3×10^4 太陽質量である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

【J1. 高密度星】

9月11日(木)午後(16:24-17:00) [E会場]

J101a	16:24	Sommerfeld 展開の打ち切りによる一般化 Fermi-Dirac 積分の解析的計算 福島登志夫(国立天文台)
J102b	16:36	Cyg X-3 の電波クエンチ状態時の X 線スペクトル 三原建弘(理化学研究所)
J103b	16:36	中性子星 LMXB GRS1747-312、大幅な食の周期変化? 佐治重孝(名古屋大学)
J104b	16:36	MAXI を用いた超巨大ブラックホールによる星潮汐破壊現象の発生頻度の見積もり 川室太希(京都大学)
J105b	16:48	X 線天文衛星「すざく」による NGC4945 中心核近傍のブラックホール候補天体の発見 久留飛寛之(大阪大学)
J106b	16:48	ブラックホール X 線連星のかなた望遠鏡を用いた可視・近赤外線の偏光観測 神田優花(広島大学)
J107b	16:48	超臨界降着円盤の一般相対論的輻射磁気流体シミュレーション 高橋博之(国立天文台)
J108c		磁気星の軸性と極性方向振動の時間発展による数値解析 小島康史(広島大学)
J109c		カラー超伝導状態のクォーク物質の核を持つ高密度星の熱的進化 野田常雄(久留米工業大学)
J110c		ブラックホール候補天体 V4641 Sgr の小規模アウトバーストの X 線モニタ観測 山岡和貴(名古屋大学)

9月12日(金)午前(09:30-11:30) [E会場]

J111a	09:30	MAXI/GSC が発見検出した 2014 年度前半の突発天体と MAXI/SSC データを用いた突発天体発見システムの現状 福島康介(日本大学)
J112a	09:42	Spectral and lightcurve orbital modulation of Vela X-1 observed with MAXI Christian Malacaria (RIKEN)
J113a	09:54	MAXI/GSC と Fermi/GBM の X 線モニター観測から探る X 線連星パルサーの光度とスピン周期変化の関係 杉崎 睦(理化学研究所)
J114a	10:06	新天体 MAXI J1409-619 の MAXI による発見と Swift、RXTE による追観測 山岡和貴(名古屋大学)
J115a	10:18	MAXI/GSC と Swift/BAT による NS-LMXB の状態遷移と外側降着円盤 浅井和美(理化学研究所)
J116a	10:30	中性子星観測による状態方程式の制限 祖谷 元(国立天文台)
J117a	10:42	Suzaku observation of eclipsing source EXO 0748-676 in the LHS Zhongli Zhang (The University of Tokyo)
J118a	10:54	「すざく」による大質量星中性子星連星 4U 1700-37 の解析 室田優紀(東京大学)
J119a	11:06	「すざく」による特異な低質量星と中性子星の連星 GRO J1744-28 の観測 笹野 理(東京大学)
J120b	11:18	「すざく」の観測によるパースティングパルサー GRO J1744-28 の鉄バンドのスペクトル構造の解析 岩井 将親(東京工業大学/宇宙航空研究開発機構)
J121b	11:18	MAXI で求めた X 線パルサーのパルス周期とその変化率のエラーの見積り 高木利紘(理化学研究所/日本大学)
J122b	11:18	低質量 X 線連星 MAXI J1421-613 の発見 芹野素子(理化学研究所)

(次頁に続く)

【J1. 高密度星】

9月12日(金)午後(13:30-15:30) [E会場]

J123a	13:30	「すざく」で観測された MAXI J1659-152 のエネルギースペクトル 宮崎直人(首都大学東京)
J124a	13:42	「すざく」衛星「XIS」検出器の P-sum モードを用いたブラックホール連星の X 線吸収線の短時間変動の解析 水本岬希(東京大学/宇宙航空研究開発機構)
J125a	13:54	「すざく」衛星を用いたブラックホール連星 Cygnus X-1 の high/soft 状態のハード成分の詳細解析 吉川瑛文(理化学研究所/東京理科大学)
J126a	14:06	ブラックホール候補天体における熱伝導を考慮した明るいハードステート円盤のモデル 谷田部紘希(千葉大学)
J127a	14:18	ブラックホール風の見かけの光球と熱化面とスペクトル:波長依存性を考慮した計算 II 富田瑞穂(大阪教育大学)
J128a	14:30	相対論的平行平板流の相対論的形式解とエディントン因子の振る舞い 福江 純(大阪教育大学)
J129a	14:42	時間依存型輻射輸送方程式を解く特殊相対論的流体力学計算の新解法 大須賀 健(国立天文台/総合研究大学院大学)
J130a	14:54	ブラックホールを周回する“ホットスポット”の見え方 高橋真聡(愛知教育大学)
J131a	15:06	ブラックホールに落下するガスプロブとスピン測定の新方法 森山小太郎(京都大学)
J132a	15:18	バイナリーブラックホール降着円盤の重力レンズ撮像 伊地知翔真(京都大学)

9月13日(土)午前(09:30-11:30) [E会場]

J133a	09:30	マグネター 4U 0142+61 における自由歳差運動の徴候 II 牧島一夫(東京大学/理研)
J134a	09:42	長周期パルサー 1E 161348-5055 を伴う超新星残骸 RCW 103 の「すざく」による観測的研究 古田祿大(東京大学)
J135a	09:54	自由歳差運動する中性子星からのパルス放射の定式化 村上浩章(東京大学)
J136a	10:06	「すざく」衛星によるマグネターの X 線定常放射のエネルギー依存性のある強度揺らぎの研究 中川友進(宇宙航空研究開発機構)
J137a	10:18	すざく衛星搭載 WAM 検出器による AXP 1E1547.0-5408 の硬 X 線バーストの観測 (II) 安田哲也(埼玉大学)
J138a	10:30	自転周期のきわめて遅い X 線パルサー 4U 1954+319 のすざく観測 榎戸輝揚(理化学研究所)
J139a	10:42	軟ガンマ線リピーターの再帰的バーストに対する自己組織化臨界モデル 中里健一郎(東京理科大学)
J140a	10:54	X 線パルサー GX 1+4 の「すざく」による観測 II 鈴木大朗(立教大学)
J141a	11:06	非一様回転する星の low $T/ W $ 不安定性とトロイダル磁場構造 藤澤幸太郎(早稲田大学)
J142a	11:18	中性子星からストレンジクォーク星への転換過程 古澤 峻(国立天文台)

(次頁に続く)

【J1. 高密度星】

9月13日(土)午後(13:30-15:30) [E会場]

J143a	13:30	IRSF/SIRIUSを用いた TeV ガンマ線連星 LS 5039 の近赤外観測	吉田裕美 (東海大学)
J144a	13:42	Change of Pulsar State in the Gamma-ray Binary HESS J0632+057	岡崎敦男 (北海学園大学)
J145a	13:54	TeV γ 線連星 HESS J0632+057 における遠星点後の相互作用	森谷友由希 (広島大学)
J146a	14:06	パルサー磁気圏の粒子加速機構:沿磁力線電場加速+垂直電場加速モデル	和田智秀 (筑波技術大学)
J147a	14:18	強い超光速波中の相対論的電子からの放射	寺木悠人 (理化学研究所)
J148a	14:30	大質量中性子星からの neutrino-driven wind における重元素合成過程	藤林 翔 (京都大学)
J149a	14:42	可視光追観測で Fast Radio Burst の起源を探る	新納 悠 (国立天文台)
J150a	14:54	連星中性子星合体からの質量放出とその状態方程式依存性	関口雄一郎 (京都大学)
J151a	15:06	ブラックホール中性子星連星合体のスピンの傾きに対する依存性の研究	川口恭平 (京都大学)
J152a	15:18	ガスによる力学的摩擦を考慮した原始銀河ブラックホールの合体過程の研究	田川寛通 (東京大学)

【J2. 高密度星】

9月11日(木) 午前(11:00-13:00) [E会場]

J201a	11:00	Probing Relativistic Supernova Explosions with Multi-Band Synchrotron Emission 仲内大翼(京都大学)
J202a	11:12	Swift/BAT を用いた GRB のスペクトルラグの解析 川久保雄太(青山学院大学)
J203a	11:24	低光度ガンマ線バーストのジェットモデルと濃い星周物質との相互作用 鈴木昭宏(京都大学)
J204a	11:36	ガンマ線バースト可視残光からの円偏光発見 当真賢二(東北大学)
J205a	11:48	三次元相対論的流体ミュレーションから探る相対論的ジェットからの光球面放射 伊藤裕貴(理化学研究所)
J206a	12:00	乱流電子加速に基づくガンマ線バーストスペクトルの再現 浅野勝晃(東京大学)
J207a	12:12	ガンマ線バーストにおけるパイオン・ミューオンの衝撃波加速と高エネルギーニュートリノスペクトルへの影響 川中宣太(東京大学)
J208a	12:24	重力波源としての短時間ガンマ線バーストの発生率 鳥屋子あすか(金沢大学)
J209a	12:36	中性子星連星合体の残光放射と加速電子の時間発展シミュレーション 杜驥(東京大学)
J210a	12:48	巨新星の光度曲線 木坂将大(KEK 素核研)

9月11日(木) 午後(15:00-16:24) [E会場]

J211a	15:00	遅い古典新星の光度曲線とその絶対等級 蜂巢 泉(東京大学)
J212a	15:12	新星の最短周期 加藤万里子(慶應義塾大学)
J213a	15:24	共生星 R Aquarii の 1073/1074 年新星爆発に対する地質学的痕跡 田邊健茲(岡山理科大学)
J214a	15:36	変形した円盤での波と波との共鳴励起—磁場が存在する場合— 加藤正二(京都大学OB)
J215a	15:48	成長過程の superhump を用いた AM CVn 型激変星の質量比の初の推定 磯貝桂介(京都大学)
J216a	16:00	強磁場激変星 V1223 Sgr の鉄 $K\alpha$ 輝線構造の時間変動解析 湯浅孝行(理化学研究所)
J217b	16:12	特異な新星 MAXI J0158-744 の形成過程について 衣川智弥(京都大学)
J218b	16:12	新星爆発時に発生する X 線突発現象の探索 森井幹雄(理化学研究所)
J219c		複雑な光度変化を示す新星 Nova Cygni 2014 の測光及び分光観測 今村和義(岡山天文博物館/岡山理科大学)
J220b	16:12	Swift BAT からの GCN notice を利用した short GRB 早期推定法 松林和也(京都大学)
J221c		超相対論的流体中の衝撃波における輻射輸送シミュレーション手法の検証 石井彩子(東北大学)

J101a **Sommerfeld 展開の打ち切りによる一般化 Fermi-Dirac 積分の解析的計算**
 福島登志夫 (国立天文台)

一般化 Fermi-Dirac 積分は天体物理学・固体物理学で多用される特殊関数であり、以下のように定義される。

$$F_k(\eta, \beta) \equiv \int_0^\infty \frac{x^k \sqrt{1 + (\beta/2)x}}{\exp(x - \eta) + 1} dx \quad (k > -1; -\infty < \eta < \infty; \beta \geq 0)$$

ここに $\eta \equiv \mu/(k_B T)$ は正規化された化学ポテンシャル、 $\beta \equiv k_B T/(mc^2)$ は相対論パラメータである。任意の β に対し、 $\eta > 0$ の場合の $F_k(\eta, \beta)$ の高精度計算は $x = \eta$ で積分区間を分けた数値積分が定石 (Press et al., 2007, §6.10) であるが計算に時間がかかる。Sommerfeld 展開を適当な次数で打ち切ることにより、 η がある程度大きい場合の同積分の実用的計算法を実現した (Fukushima, 2014, Appl. Math. Comp., 234, 417) ので報告する。まず、展開の主要項は $\beta\eta$ が小さい (< 0.3) 場合でも桁落ちしないように 12-14 次の区分近似多項式と定義式の組み合わせで表現し、高次項の算出に必要な $x^k \sqrt{1 + (\beta/2)x}$ の高階微分は多項式と平方根だけで陽的に計算する。実用上重要な k の値 $-1/2, 1/2, 3/2, 5/2$ に対し、展開次数を (i)7 次とすると η が 13.5, 12.0, 10.9, 9.9 より大きければ 8 桁の精度が、(ii)10 次とすると η が 36.8, 31.6, 30.7, 26.6 より大きければ 15 桁の精度が任意の β に対して保証される。計算は全て解析的なので非常に速く、被積分関数の評価回数に換算して 4.9 ないし 6.7 回となる。この結果、 η が上記の値より大きい場合、数値積分に比して 10-80 倍の高速化が実現された。論文のプレプリント及び Fortran による数値計算プログラム並びに出力サンプルは以下の WEB サイトから無料で入手可能である。

https://www.researchgate.net/profile/Toshio_Fukushima/

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J102b Cyg X-3の電波クエンチ状態時のX線スペクトル

三原建弘、松岡勝、杉崎睦(理研)、中島基樹(日大)、中平聡志(JAXA)、北本俊二(立教大)、小谷太郎(早稲田大)とMAXIチーム

Cyg X-3は、スペクトルのsoft/hard状態の強度変化に加えて、5, 6年に1度くらい、電波強度が1桁落ちる「電波クエンチ状態」になる。2011年3月2日から20日間続いた同状態はMAXIでモニタされた。X線スペクトルは、べき型成分が消え、黒体放射(降着円盤黒体放射モデルでは温度1.5keV)だけであった。通常、等価幅0.5 ~ 1.0 keVで顕著に見られる鉄ラインも検出限界以下であった(等価幅 < 0.2 keV)。4.8時間の強度変動はsoft/hard状態と同様に存在した。このスペクトル変化からCyg X-3はブラックホール(BH)である可能性が高く、円盤温度からBH質量は軽め(回転していない場合1.7Mo)であることが示唆された(三原、天文学会2014春)。

2011年のクエンチ状態では、RXTE衛星やSwift衛星もひんばんに観測を行っており、我々はこれらのデータの解析を行った。その結果、鉄ラインの等価幅は140eVと有意に求められた。鉄ラインの強度は、鉄ラインを生成する8-15 keVの連続X線成分の強度と良く相関していた。4.8時間軌道周期で4位相に分けてスペクトル解析を行ったところ、谷と落ちかけでは円盤黒体放射モデル($kT=1.5$ keV)で合せることができたが、山と上りかけでは15 keV以上の高エネルギーに残差が残った。連星系を取り囲む電離した散乱ガスによるコンプトン効果の影響を考慮するため、円盤黒体放射がコンプトン散乱を受けた「nthcompモデル」を用いたところ、いずれの位相も合せることができた。円盤の温度は、コンプトン散乱の分、1.2 keV程度に下がった。散乱ガスの温度は3.9 keV程度となった。鉄の吸収端エッジは8.77 keVと求められ、X線光度から期待されるHe-likeに電離された鉄(エッジ8.828 keV)が、星風速度1700 km/sでアウトフローして赤方遷移しているという描像と合うことが分った。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J103b 中性子星 LMXB GRS1747-312、大幅な食の周期変化？

佐治重孝, 森英之, 松本浩典 (名古屋大学), 堂谷忠靖, 前田良知, 岩井將親 (宇宙科学研究所)

GRS 1747-312 ($l = 358^{\circ}573$, $b = -2^{\circ}163$) は、銀河系バルジ中、我々から $9.6^{+3.3}_{-2.5}$ kpc の距離にある LMXB で、球状星団 Terzan 6 に属する。本天体は ROSAT および Granat により 1990 年に発見され、これまでの観測で周期的な食が見られることが分かっている。in't Zand et al. (2003) では、1998 年から 2002 年にかけての BeppoSAX と RXTE の断続的な観測データを用い、合計 25 回の食の立ち下がり・立ち上がりを解析している。その結果、食の周期と継続時間がそれぞれ $P = 0.514980303(7)$ day、 $d = 2596(2)$ s と求められた。その後に行われた観測のうち、Chandra(観測時期：2004 年 3 月、観測時間：約 45 ks)、Suzaku(同 2009 年 9 月、約 110 ks) と Swift(同 2013 年 3 月、約 950 s) のものは、in't Zand et al. (2003) から予想される食の時刻をカバーしていた。今回、我々は主にすざくの観測データを解析した。

このすざく観測中には、過去の観測から予想される食の時刻に減光が起きていなかった。食の予想時間中の天体の位置やスペクトルは、その他の時間帯と比較して有意に変化していなかった。また、予想された食と約 0.4 周期異なる時刻に、一時的に天体からの X 線が有意に検出されなくなる減光がみられた。地没のために立ち下がり・立ち上がりが確認できず、減光の継続時間は分からなかったため、過去の食との関連は不明である。一方で、Chandra と Swift の観測では、減光の時刻は誤差の範囲で予想と一致した。これらの結果は、少なくとも 2004 年まで周期的であった食が 2009 年のすざく観測時には見られず、その後の 2013 年に再び現れたことを示す。

本講演では、すざく観測中に予想された時刻での減光が起きなかった原因や、食とは異なる時刻に起きた減光の正体を議論する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

J104b **MAXI を用いた超巨大ブラックホールによる星潮汐破壊現象の発生頻度 の見積もり**

川室太希, 上田佳宏, 志達めぐみ (京都大学), 河合誠之 (東工大), MAXI チーム

超巨大ブラックホール (Super Massive Black Hole; SMBH) 近傍に星が近づくと、潮汐力により星が破壊され SMBH に質量が供給されることが知られている (Rees 1988)。つまり、SMBH の成長を理解する上で、潮汐破壊現象 (Tidal Disruption Event; TDE) の発生頻度を知ることは、極めて重要である。しかしながら、TDE は、いつどこでおこるかわからないため検出が難しく、その統計的な議論はあまり行われてこなかった。

TDE の観測的な性質として、突発的に X 線で明るくなり数ヶ月の時間尺度で減光することが知られている (Komossa & Bade 1999)。そのため、X 線で数年に渡って全天サーベイをしている MAXI を用いた観測がその発見に極めて有効である。TDE を検出するために、MAXI の観測データを 30 日、もしくは 90 日毎に期間を区切り、各期間で TDE 探査を行った。その結果、2009 年 9 月から 2012 年 10 月の約 3 年のうちに少なくとも TDE が 3 例起こっていることを確認した。また、ROSAT を用いた全天 X 線サーベイによって検出された TDE (Donley et al. 2002) と、今回の結果を組み合わせることで、TDE の発生頻度の光度依存性を導出した。本公演では、解析の現状をまとめ、理論予想との比較を行う。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J105b X線天文衛星「すざく」によるNGC4945中心核近傍のブラックホール候補天体の発見

久留飛寛之、林田清、井上翔太(大阪大学)、磯部直樹(ISAS/JAXA)

NGC4945は近傍(距離3.7Mpc)のセイファート2型銀河である。すざく衛星はこの銀河を2005年から2011年までの間に計7回観測している。そのうち、2006年1月の観測では、中心核から南西に5分角離れた位置に、超光度X線源(ULX)が発見されている。(Isobe et al.,2008,PASJ,60,S241)。我々は、2010年7月に実施された3回の観測データから、このULXとは別の新X線天体を発見した。新天体の位置は、(RA,Dec)=(196.388,-49.458)で、中心核から南西に3分角離れている。NGC4945の位置では3.2kpcに対応する。

「すざく」衛星による観測データを中心核からの漏れ込みも考慮してスペクトル解析した。X線スペクトルはべき関数型モデルより多温度降着円盤モデルでよりよく近似できた。X線光度は2010年7月4-5日の観測時に最大 8.8×10^{38} erg/s(0.3-10.0keV)、円盤内縁温度は1keV、円盤内縁半径は100km程度と測定された。2010年7月26-27日の観測でも8割程度の強度で同様のスペクトルを示していたが、さらに一月後の観測では1/4以下に強度が減少し、フラックスの上限値を得るにとどまった。我々は、X線観測の結果からこの新X線源を恒星質量ブラックホール候補であると推定している。

本講演では以上の解析結果について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J106b ブラックホール X 線連星のかなた望遠鏡を用いた可視・近赤外線の偏光観測

神田優花、植村誠、川端弘治、田中康之、秋田谷洋、伊藤亮介、宇井崇紘、高木勝俊、河口賢至、高田紘司、中岡竜也 (広島大学)、山岡和貴 (名古屋大学)

ブラックホール連星の可視・近赤外の観測では、一般的に降着円盤もしくは伴星の成分が卓越しているとされる。近年ジェットを持つ天体では可視・近赤外でもジェット成分が観測される可能性があることが分かり、さらにシンクロトロン放射起源と思われる偏光も観測されている。ジェット成分を見るためには、観測される放射全体から降着円盤や伴星の成分を差し引く必要がある。そのためには、ジェットからの寄与が強い近赤外領域から、降着円盤・伴星からの寄与が強い可視域までの幅広い波長での観測が必要となる。

今回は広島大学宇宙科学センター附属東広島天文台にあるかなた望遠鏡の HONIR(可視赤外線同時カメラ)で観測を行った。HONIR では可視 1 バンドと近赤外 1 バンドの同時観測が可能となる。これまでに、V4641 Sgr, GRS 1915+105 の 2 天体の偏光観測を実施した。V4641 Sgr については 2014 年 1 月 11 日に MAXI で X 線、さらに、1 月の下旬にもかなた望遠鏡によって可視で明るくなっていることが報告された。3 月下旬の観測では可視光の偏光度の上限は 2.7% であり、さらに伴星からの放射成分を差し引くことで、14.8% の偏光の上限が得られた。また、GRS1915+105 では、H バンドで $4.5 \pm 0.8\%$ の偏光度が得られた。周辺の天体の偏光方位角にはばらつきがあり、それらと比較してこの偏光が星間偏光によるものか天体固有のものか判別はできなかった。いずれの天体でも数 10% ほどの大きな偏光度は見られず、ジェット内部の磁場が揃った領域からの放射が可視・近赤外域で卓越している兆候は見られなかった。今後は、同様の観測を続けていくことで偏光の時間変動を調べていく。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J107b 超臨界降着円盤の一般相対論的輻射磁気流体シミュレーション

高橋博之 (国立天文台), 大須賀健 (国立天文台/総研大)

ブラックホール候補天体からは様々な放射スペクトル/アクティビティが観測されており、これらはブラックホールへのガス降着量によってその様相が変わると考えられている。従来のブラックホール降着円盤の大局的数値研究では降着率が低い状態がよく研究されてきた。このような状況では円盤は光学的に薄く輻射による影響、特に輻射圧の効果が無視できるため、磁気流体シミュレーションがよく用いられる。しかし高降着円盤では輻射の影響が無視出来ず、円盤の力学形状にも影響を及ぼすため輻射を無矛盾に取り入れた輻射磁気流体計算が必要となる。我々はこれまでの年会で特殊相対論的輻射磁気流体コードを開発し(2011年春期/秋期年会)、そのコードを用いて降着円盤からのアウトフロー構造を調べた結果を発表した(2013年秋期年会)。しかしこの計算では一般相対論的效果が無視されていた。そこで我々は特殊相対論的輻射磁気流体コードを拡張して一般相対論的輻射磁気流体コードを構築した。そしてこのコードを用いて超臨界降着円盤の大局的数値実験を行った。その結果、超臨界降着円盤の一般相対論的描像が明らかになった。本講演ではコードの詳細も含めて結果を詳しく説明する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J108c 磁気星の軸性と極性方向振動の時間発展による数値解析

小嶋康史 (広島大)

磁気星の平衡状態やその安定性の問題は古くから続くものであるが、マグネターのフレアでみられる振動現象やいくつかの理論的研究により新たに研究の興味が持たれている。ポロイダル磁場とトロイダル磁場のある種の平衡状態の配置に対して、線形摂動を加えその発展を追ったものやMHDシミュレーションにより動的な時間尺度でのほぼ最終的な形状を求めたものがある。また、いくつかの先駆的研究では星の振動の固有値解析が行われているが、星の内部にトロイダル磁場があると軸性と極性方向振動の結合が起き、その解析は容易でなくなる。

本研究では磁気星の軸性と極性方向振動を線形近似のもとで数値的に時間発展させ、その振る舞いを調べる。特に、星の内部にトロイダル磁場が存在するとき起きる結合を明らかにする。これは振動モード間の結合による振動の過渡的現象とマグネターのフレア後のQPO現象の減衰や磁気星の安定性に深く関わると思われるからである。軸対称定常なMHD平衡にある磁場に対して、軸対称性がある3次元的振動に限ることにする。発表では進展中の以下の内容を報告する。(i) トロイダル磁場がない場合、ある種の初期データから計算したそれぞれの方向の振動の様子。(ii) 星内部にトロイダル磁場が存在するとき、それぞれの振動モード間の結合。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J109c カラー超伝導状態のクォーク物質の核を持つ高密度星の熱的進化

野田常雄 (久留米工業大学)、橋本正章 (九州大学)、安武伸俊 (千葉工業大学)、丸山敏毅 (原子力機構)、巽敏隆 (京都大学)、藤本正行 (北海道大学)

中性子星や類似の高密度星は、天文学のみならず原子核物理学においても、興味深い対象である。このような星の内部の物質は、地上での実験が困難な低温高密度の領域に位置し、クォーク物質や核子の超流動の出現などについて議論が繰り返されている。高密度領域の状態の違いは状態方程式やニュートリノ放射に現れ、これらが星の構造や熱的進化へと影響を及ぼすため、その物質がどのような状態にあるかを突き止めることは重要である。

ところで、近年の高密度星の観測において、Cassiopeia A の中心天体の観測結果は、有効温度が高く質量が大きい ($> 1.5M_{\odot}$) ことを示唆するものであった。従来は中心密度が高いほどニュートリノ放射が強く重い星ほど早く冷えると考えられていたが、この観測結果を考慮すると重い星が冷えにくい方が望ましく、それを可能とするものとして高密度領域で出現するカラー超伝導状態のクォーク物質を挙げることができる。また、 $2M_{\odot}$ の質量をもつ高密度星の観測結果は、状態方程式に強い制限を与え、これとも矛盾のないモデルの構築が必要とされる。

本研究では、高密度領域でのカラー超伝導状態にあるクォーク物質を考慮した高密度星のモデルを構築し、熱的進化のシミュレーションを行った。その結果、Cassiopeia A や他の観測結果を統一的に説明可能であることが分かった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J110c ブラックホール候補天体 V4641 Sgr の小規模アウトバーストの X 線モニタ観測

山岡和貴 (名古屋大学)、John A. Tomsick (UC Berkeley)、Craig Markwardt (NASA/GSFC)

V4641 Sgr は 1999 年 9 月に X 線でかに星雲の実に 12 倍にも及ぶ巨大アウトバーストを起こしたブラックホール連星である。1999 年以降、小規模なアウトバーストが毎年のように観測されているが、他のブラックホール候補天体と同様に降着円盤成分が卓越するハイステート、コンプトン散乱成分が卓越するローステートのような状態が存在するかどうかは明らかではない。電波ジェットが観測されており、降着円盤とジェットとの関係を明らかにする上でも大事な天体 (マイクロクエーサー) といえる。

我々、2005 年以降、2007、2008、2010、2014 年と Swift XRT と RXTE/PCA でモニタ観測を行ってきており、いずれも数 mCrab–数 10mCrab の小規模なアウトバーストの結果を報告する。X 線スペクトルは折れ曲りをもつべき関数もしくは、円盤内縁温度 1 から 1.5 keV の多温度黒体放射で表されるが、内縁半径は距離 6.2 kpc、軌道傾斜角 72.3 度 (MacDonald et al. 2014) を仮定すると、1.4–3.6km と一定に保たれておらず、シュワルツシルド半径の 0.08–0.21 倍程度と小さすぎる。また、6.8 keV に中心エネルギーをもつ鉄輝線が検出された。本ポスター発表ではジェットからの放射、ブラックホール周辺からの放射の可能性を含めて、V4641 Sgr の放射メカニズム、鉄輝線の起源について議論する。また、Swift UVOT の可視・紫外線同時観測についても紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J111a **MAXI/GSCが発見検出した2014年度前半の突発天体とMAXI/SSCデータを用いた突発天体発見システムの現状**

福島康介, 根来均 (日本大学), 富田洋, 中平聡志, 木村公 (JAXA), 芹野素子, 三原建弘, 松岡勝 (理研), 河合誠之 (東工大), 坪井陽子, 川越淳史 (中央大学), ほか MAXI チーム

2014年度前半に全天 X 線監視装置 MAXI に搭載されている GSC 検出器によって発見、検出された天体および現象について報告する。前回の春季年会以降、6月16日現在までの約3ヶ月の間に、The Astronomer's Telegram (ATel) に9件、The Gamma-ray Coordinates Network (GCN) に2件の突発天体の報告を行った。

5月26日に新たな X 線新星 MAXI J1932+091 が発見された (ATel #6174)。また、3月26日には BL Lac 天体 BZB J0244-5819 の増光 (同 #6012)、3月30日には dMe 型星 UV Ceti から GSC で3度目で最大のフレア (#6026)、4月5日には活動連星 BY Dra の増光 (#6042)、4月13日には軟 X 線で増光が見られたが Swift の追観測では確認できなかった MAXI J0545+043 (#6066)、5月4日には Cyg X-1 の約4年間続いたソフト状態からハード状態への遷移 (#6115)、5月5日には dMe 型星 FK Aqr から GSC で2度目で最大のフレア (#6120)、6月9日には Be 型 X 線連星パルサー Cep X-4 の5年ぶりの増光 (#6212) を報告している。

前回の年会で、MAXI に搭載されている SSC 検出器での突発天体発見システムの改良について発表したが、今回、アーカイブデータを用いて超軟 X 線新星 MAXI J0158-744 (Morii et al. 2013) のアウトバーストが検出できることを確認した。しかし、以前から問題となっているスクリーニングで取り除けないバックグラウンド成分があり、現在、その影響を取り除く改良を行っている。

講演では、GSC により検出された突発天体と SSC を用いた突発天体発見システムの進展を紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J112a Spectral and lightcurve orbital modulation of Vela X-1 observed with MAXI

Mihara T., Makishima K., Matsuoka M., Morii M., Sugizaki M. (RIKEN)

Vela X-1 is among the best studied and most luminous accreting X-ray pulsars. However, its relatively long orbital period (~ 8.9 d) makes difficult a systematic study of the X-ray emission variation from the neutron star along the binary orbit. We took advantage of the All Sky Monitor MAXI/GSC data to perform, for the first time, orbital phase resolved spectroscopy at all orbital phases. The data span over more than 4 years and allow a time resolution of 6 h, suitable to analyze orbital light curve features. Studying the orbital profiles in the 4–10 keV and 10–20 keV energy bands, we found a population of them which deviates significantly from the average (folded) orbital light curve. About $\sim 20\%$ of this population shows a dip around the apoastron (i.e., shows a double-peaked orbital profile), that can not be explained by absorption from physical values of neutral matter. We extracted orbital phase resolved spectra of the double-peaked, as well as of the average population, in 3 and 7 phase bins, respectively, all of which can be well fitted by a simple absorbed power-law model. In both cases we found a hardening of the spectrum around the apoastron phases, by ~ 0.25 in terms of photon index, compared to those at earlier and later phases. Independently of this spectral slope change, the column density increases at later phases, in agreement with previous investigations. This is indicative of an X-ray spectral modulation that is connected with orbital features and it is possibly due to geometrical properties of the binary system. We discuss our results in the framework of possible scenarios.

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

J113a MAXI/GSC と Fermi/GBM の X 線モニター観測から探る X 線連星パルサーの光度とスピン周期変化の関係

杉崎睦、三原建弘 (理研)、中嶋基樹 (日大)、山岡和貴 (名古屋大学)

X 線連星パルサーは、強磁場の中性子星を含む連星系で、伴星から中性子星に降着する物質の重力エネルギーをエネルギー源として X 線放射をする天体である。降着流が磁場と釣り合う Alfvén 半径の内側では、磁力線に沿って物質が降着することによって放射源が磁極に偏在するため、中性子星の回転に応じて観測される X 線強度はパルス変動する。降着物質は中性子星に角運動量を持ち込むので、X 線放射に伴って中性子星はスピナップする。Ghosh & Lamb 1979 によれば、物質がケプラー運動する降着円盤の状態を経て中性子星に降着する場合、スピン周期 P [s] の変化率 \dot{P} [s yr⁻¹] は、X 線光度 L_{37} [10³⁷erg s⁻¹] と中性子星の質量 M [M_{\odot}]、半径 R [10⁶cm]、慣性モーメント I_{45} [10⁴⁵g cm²]、磁気 μ_{30} [10³⁰ G cm³] をパラメータとして

$$-\dot{P} = 5.0 \times 10^{-5} \mu_{30}^{\frac{2}{7}} n(\omega_s) R_{\text{NS}6}^{\frac{6}{7}} M_{\text{NS}\odot}^{-\frac{3}{7}} I_{45}^{-1} P^2 L_{37}^{\frac{6}{7}}$$

と表せる。これは、中性子星の物理パラメータに制限を与え、また X 線連星の進化にも重要である。本講演では、4 年間に渡る MAXI/GSC の全天モニター観測データと Fermi/GBM パルサープロジェクトによる X 線パルサーのパルス周期モニターのデータを用いた、光度と周期変動の相関の解析結果を報告する。これまでに、Be/X 線パルサーの A 0535+26、EXO 2030+375 では周期変化率の光度依存性が冪指数 $6/7 = 0.86$ より大きくなるという報告があったが、我々はこれを確かめ、更に GX 304-1 や MAXI が新たに発見した X 線パルサー MAXI J1409-619 でも同様の傾向があることがわかってきた。これらが示唆するところを議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J114a 新天体 MAXI J1409–619 の MAXI による発見と Swift、RXTE による追観測

山岡和貴 (名古屋大学)、三原建弘、杉崎睦、森井幹雄、松岡勝 (理研)、中島基樹、根来均 (日大)、河合誠之 (東工大)、中平聡志、上野史郎 (JAXA)、Jamie A. Kennea (ペンシルベニア州立大学)、Phil Kaaret (アイオワ大学)、他 MAXI-Swift チーム

MAXI J1409–619 は 2010 年 10 月 17 日に国際宇宙ステーション搭載全天 X 線モニター MAXI によって発見された新天体である。発見後すぐに Swift と RXTE による X 線の追観測が行われ、Swift で精度のよい位置決定が行われたものの、しばらくは 10 mCrab 以下の静穏状態にあり起源は不明であった。11 月 30 日になって突然 40 mCrab まで増光し、506 秒の周期パルスが Swift と RXTE で検出され、長周期の X 線パルサーであることが判明した。2011 年 1 月下旬には検出限界以下になり、約 100 日のアウトバースト期間であった。

パルス周期 (P) は X 線の減光とともに 506 から 499 秒まで大きな変化率 $\dot{P} = -5 \times 10^{-7} \text{ s s}^{-1}$ を示し、中性子星の自転が降着によるトルクを受けて加速しているシナリオ (Ghosh & Lamb 1979) で説明される。一方、1–50 keV のエネルギースペクトルは 10–30 keV の折れ曲りを持つべき関数で近似でき、これは X 線パルサーとして典型的なものである。Beppo-SAX で見られた 44 keV のサイクロトロン吸収線 (Orlandini et al. 2011) は検出されなかった。パルスが検出されない静穏状態では柱密度 $N_{\text{H}} = 2 \times 10^{24} \text{ cm}^{-2}$ の吸収体で 50–70 % が部分吸収されたモデルが必要とされ、その後パルスが検出された増光状態ではほとんど必要とされない。プロペラ効果というより、中性子星磁極から約 $1.5 \times 10^{13} \text{ cm}$ にある吸収体の遮蔽によってパルスが見えなくなっていると考えられる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J115a **MAXI/GSC と Swift/BAT による NS-LMXB の状態遷移と外側降着円盤**

浅井和美、三原建弘、松岡勝、杉崎睦（理研）、ほか MAXI チーム

中性子星低質量 X 線連星 (NS-LMXB) は、X 線光度が明るい時 ($\sim 10^{37}$ erg/s 以上) は、熱的成分が顕著なスペクトル (ソフト状態) を示し、光度が暗くなると ($\sim 2 \times 10^{36}$ erg/s 以下) 非熱的成分が顕著なスペクトル (ハード状態) を示す。これは、中性子星近傍の質量降着率の変化に伴い、降着円盤の内側が、光学的に厚い状態 (ソフト状態) から薄い状態 (ハード状態) に遷移するためである。中性子星の場合、このソフト状態とハード状態は、MAXI/GSC の 2–10 keV の光度と Swift/BAT の 15–50 keV の光度比からよく判断することができる。MAXI の観測開始 (2009 年 8 月) 以降、ソフト/ハード遷移が有意に検出できた NS-LMXB は 6 個ある。遷移に伴う 2–10 keV の光度変化 (X 線光度) は、1 桁以上大きく変化する場合 (アウトバースト) と、数倍の変化にとどまる場合があった。前者は、矮新星のように、外側円盤のリミットサイクルに伴う質量降着率の変化が、内側の円盤の状態の変化を引き起こし、ソフト/ハード遷移が起きていると考えられる。後者については、これまでほとんど議論されてこなかった。MAXI/GSC の観測で、4U 1705–44 から、この両方が観測でき、X 線光度が数倍程度の変化では、外側円盤は、水素が中性のまま、内側円盤だけが状態変化を起こしたと考えられる。一方で 4U 1636–536 は、MAXI 以前の観測 (RXTE/ASM) と合わせると、X 線光度が約 18 年間で $(20 \rightarrow 2) \times 10^{36}$ erg/s と減少しているが、その間、数倍の X 線光度変化とソフト/ハード遷移が 30–40 日周期で繰り返されている。アウトバーストは観測されていない。この場合、外側円盤は水素が電離した状態のまま、内側円盤だけが状態変化を起こしていたと考えられる。これらをもとに、外側円盤の状態 (常に中性状態の場合、リミットサイクルを起こす場合、常に電離状態の場合) と X 線照射や円盤の大きさ (軌道半径の大きさ) との関係について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

J116a 中性子星観測による状態方程式の制限

祖谷元（国立天文台），飯田圭（高知大理），親松和浩（愛知淑徳大）

中性子星は極限状態における物理を調べる上で格好の実験室と考えられる。その内部密度は非常に高くなるため、中性子星の観測を通して状態方程式への制限も可能であると期待される。しかし、核物質飽和密度の数倍よりも高密度な領域における状態方程式は理論的にもまだまだ不確定な部分が多く、中性子星の観測から状態方程式を直接議論することは容易ではない。一方で、比較的質量の小さな中性子星では中心密度が低い為、このような高密度領域における不確定性から解放され、原子核飽和パラメータが重要となる。実際、我々は上手い飽和パラメータの組み合わせを見つけることにより、低質量中性子星に関する質量公式の導出に成功した。そこで、今回我々は実際の中性子星の観測を用いて原子核飽和パラメータへの制限の可能性を探る。特に、X線バースター 4U 1724-307 における観測を用いることで、原子核飽和パラメータに制限を与えることができた。得られたパラメータ領域は、以前我々が示した軟ガンマ線リピーターの巨大フレア現象における準周期的振動からの制限と無矛盾である。今後、低質量中性子星の精度良い観測を通して、原子核飽和パラメータへの強い制限も可能であろう。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J117a **Suzaku observation of eclipsing source EXO 0748-676 in the LHS**

Zhongli Zhang, Kazuo Makishima, Soki Sakurai, Ko Ono, Makoto Sasano (The University of Tokyo), Shinya Yamada (Tokyo Metropolitan University)

Low-mass X-ray binaries (LMXBs) viewed from high inclination angles ($i > 60^\circ$) were expected to present stronger Comptonization phenomena compared to average. This hypothesis is based on the possible anisotropy of the Comptonizing coronae, that the coronal shape may flatten towards the accretion disk. One evidence was found in dipping LMXB 4U 1915-05 in the high/soft state (HSS), whose non-dip spectrum exhibited a larger Compton y -parameter compared to normal LMXBs in HSS (Zhang et al. 2014, submitted to PASJ).

In this presentation we will report the results of Suzaku observation on 2007 December 25 of dipping and eclipsing source EXO 0748-676 ($i > 80^\circ$) in the low/hard state (LHS). The clean exposure is 22 ksec in the non-dip non-burst period, during which the source keeps a constant bolometric luminosity of $\sim 4 \times 10^{37}$ erg s^{-1} . The persistent broadband spectrum were extracted in 0.6-55 keV, and are successfully interpreted by the “diskbb+nthcomp(bbody)” model. The source was in the LHS with low blackbody temperatures ($kT_{in} \sim 0.2$ keV and $kT_{bb} \sim 0.3$ keV). The electron temperature is ~ 12 keV, which is relatively low for hard-state LMXBs. However, the source presented significantly stronger Comptonization than normal LMXBs, with the Compton y -parameter ~ 1.5 and the coronal optical depth ~ 5.4 . Since EXO 0748-676 has extremely high inclination, we have found significant evidence of the corona flattening of a LMXB in LHS. With future study the correlation between the inclination angle and the Comptonization strength of Galactic LMXBs are gradually emerging.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J118a 「すざく」による大質量星中性子星連星 4U 1700–37 の解析

室田優紀, 笹野理, 中澤知洋 (東大理), 牧島一夫 (東大理, 理研)

大質量星と中性子星との X 線連星 (HMXB) における星間物質の降着を理解する上で、伴星である中性子星近傍でのガスの動きを知ることは重要である。しかし長年の研究にも関わらず、未だ決着がついていない。鉄輝線の等価幅 (EW) と水素柱密度の相関を時間変動を用いて調べることで、その動きを詳しく知る手がかりが得られる可能性がある (Inoue et al. 1984)。そこで、エネルギー分解能が良く、広帯域を観測できる「すざく」の公開データから、時間変動が非常に大きく明るい 4U 1700–37 を解析し、中性子星近傍での降着物質の分布を調べた。

4U 1700–37 は、主星である超大質量星 HD153919 からの星風を捕獲することで、 $6 \times 10^{36} \text{ erg s}^{-1}$ の X 線を放射する (Pietsch et al. 1980)、典型的な HMXB である。スペクトルは非常に硬く、べき関数型の連続成分と強い鉄輝線、吸収を示し、さらに強度がランダムに激しく時間変動するといった、連星 X 線パルサーに共通する性質を持つ (Reynolds et al. 1999)。その一方で、これまでパルス周期は検出されておらず、はっきりとしたサイクロトロン共鳴構造も報告されていない。

「すざく」はこの天体を 2006 年に露光時間 80 ks で観測した (古関 2009 年春 J54a)。1 ~ 150 keV での平均フラックスが $9.0 \times 10^{-9} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ と極めて高く、また 2 桁にもわたる強度の変動が観測された。観測時間を区切って吸収と中性鉄輝線の EW の関係を詳細に解析したところ、吸収は $2.7 \sim 7.3 \times 10^{22} \text{ cm}^{-2}$ 、EW は 55 ~ 110 eV の範囲で変動し、それらの変化はほぼ独立であるという結果を得た。中性子星近傍のガスが等方的に分布する場合には、EW は吸収に比例するはずであり、この結果は中性子星近傍のガスが非一様に分布していることを示唆している。今回はさらにサイクロトロン共鳴吸収構造の検証、パルス周期の検出を試みる。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

J119a 「すざく」による特異な低質量星と中性子星の連星 GRO J1744-28 の観測

笹野 理 (東大理), 榎戸輝場 (理研,GSFC), 牧島一夫 (東大理, 理研), 堂谷忠靖, 岩井將親 (東工大, 宇宙研)

低質量星と中性子星 (NS) との連星系 (LMXB) では、一般に NS は磁場が $10^8\text{--}10^{10}$ G と弱く、パルス周期は $P_s \sim$ 数ミリ秒と短い。ところが低質量星とペアをなす NS の中にも、Her X-1, 4U 1626-67, 4U 1822-37 (Sasano+14), GX 1+4 および 4U 1954+319 のように 10^{12} G もの磁場を持ち、 $P_s > 1$ s を示すなど、大質量星との連星系に似た性質を示すものがある。低質量星と強磁場 NS が作る連星の候補として、我々は再帰型トランジェント X 線源 GRO J1744-28 に着目して解析を行った。

GRO J1744-28 は *CGRO* による観測から $P_s \sim 0.47$ s と測定されており、パルス周期とその変化率から磁場強度が $\sim 2\text{--}6 \times 10^{11}$ G と示唆されてきた (Finger+96)。またこの天体はひじょうに珍しい Rapid Burster に次ぐ二例目の Type-II バースターとしても知られる (Lewin+96)。「あすか」の観測から、吸収は $N_H \sim 5 \times 10^{22}$ cm^{-2} と LMXB の典型的な値 ($< 10^{22}$ cm^{-2}) よりも大きく、鉄輝線が検出されているが複雑な構造をしている。

「あすか」の観測以降、GRO J1744-28 は 10^{32} erg s^{-1} 以下と暗くなり観測されていなかったが、MAXI-GSC および Swift による観測で、014年1月18日に 4-10 keV で強度は 160 mCrab に達し、「すざく」ToO 観測によって ~ 50 ks の観測が行われた3月24日には、15-50 keV で ~ 1 Crab であった。観測中に10回以上、継続時間 ~ 10 s の Type-II バーストとそれに付随した定常放射の減少 ($\sim 25\%$) がとらえた。1~100 keV の広帯域で $P_s=0.467044$ s のパルス検出とスペクトル取得に成功し、その形状は強磁場を持つ NS のものに類似しており、さらに強磁場の直接的証拠であるサイクロトロン共鳴吸収構造の兆候を ~ 40 keV 付近に検出した。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J120b 「すざく」の観測によるバースティングパルサー GRO J1744-28 の鉄バンドのスペクトル構造の解析

岩井将親, 堂谷忠靖 (東工大, ISAS/JAXA), 前田良知, 勝田哲, 林多佳由 (ISAS/JAXA), 笹野理 (東大理)

銀河中心近傍に位置する低質量 X 線連星系 GRO J1744-28 は、2 型バーストを起こす天体で、2.14 Hz とスピンの遅いパルサーでもある。2 型バーストは質量降着が何らかの理由で不安定になりバースト状の光度変化を起こす現象で、ラピッドバースター以外ではこの天体しか知られておらず貴重なサンプルとなる。また、プロペラ効果による X 線光度の変化から、GRO J1744-28 の磁場強度は、 $\sim 2.4 \times 10^{11}$ G と見積もられており (Cui, W. 1997, ApJ, 482, L163) X 線パルサーと 1 型バースト天体の間の中間的な強度の磁場を持っている。この天体は、過去に「あすか」衛星の観測で、定常放射のスペクトルの鉄バンドで広がった複雑な構造が見つかった。この構造は、X 線放射領域の部分吸収モデルや disk line モデルで概ね合わせられるものの、スペクトルの再現性があまり良くなく、まだ起源が良くわかっていない (Nishiuchi et al. 1999, ApJ, 517, 436)。

GRO J1744-28 は、2014 年初めに 18 年ぶりのアウトバーストを起こした。そこで我々は、鉄バンドで広がったスペクトル構造の解明を目的として、3 月 24 日に「すざく」衛星で緊急観測を実施した。本講演では、高いエネルギー分解能を持つ「すざく」衛星で観測されたアウトバーストのデータ解析を行い、この構造の起源について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J121b MAXIで求めた X線パルサーのパルス周期とその変化率のエラーの見積り

高木利紘 (理研/日大), 三原建弘, 森井幹雄, 杉崎睦 (理研), 他 MAXI チーム

我々は全天 X 線監視装置 MAXI を用いて、低質量 X 線連星パルサー 4U 1626–67 の 60 日間ごとのパルス周期 (P) とその変化率 (\dot{P}) を求めた (日本天文学会 2013 秋季年会, 高木)。その際、 P と \dot{P} のエラー範囲は暫定的に Epoch folding で求めた χ^2 の値が最大値の 80% に達する範囲を採用した。任意のパルス波形の場合、Epoch folding 法で P と \dot{P} のエラーを求める一般的な方法は知られていない。また、4U 1626–67 のパルス周期 (7.6 秒) は MAXI の 1 scan (60 秒) より 1 桁短い、スキャン中に有効面積が三角山形状で変化することの影響が無視できず、理論的にエラーを求めるのは困難である。そこで、パルサーからのパルス波形と強度は不変という仮定の下でモンテカルロシミュレーションを行い、正確な P と \dot{P} のエラーの見積もりを試みた。

まずはじめに、実際のパルス波形をもとにパルス波形のモデル化を行った。次に、天体の強度とバックグラウンド強度を、おのおの求めた。最後に、MAXI の有効面積の時間変化を表した有効面積曲線 (effective area light curve) と得られた天体の強度を掛け合わせ、それにバックグラウンドの強度を足し合わせたものをその 1 秒における X 線イベントの期待値とし、ポワソン統計に従う乱数を用いたシミュレーションを行った。得られた疑似イベントデータを実際のイベントデータと同様に解析して χ^2 が最大となる P と \dot{P} を求めた。シミュレーションを 200 回繰り返し、求めた P と \dot{P} のヒストグラムを作成した。ヒストグラムをガウス関数でフィットして P と \dot{P} の 1σ 幅を求めたところ、MJD 55290 から 55349 までの 60 日間の P と \dot{P} のエラーはそれぞれ、 4.7×10^{-7} s、 6.7×10^{-13} s s⁻¹ となった。暫定的に求めた値は 2×10^{-6} s、 1×10^{-12} s s⁻¹ であり、今回求めた値はこれらの値と近い値であった。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

J122b 低質量 X 線連星 MAXI J1421-613 の発見

芹野素子, 松岡勝 (理研), 志達めぐみ, 上田佳宏 (京都大学), 根来均 (日大), 山岡和貴 (名古屋大),
ほか MAXI チーム

低質量 X 線連星 MAXI J1421-613 は、全天 X 線監視装置 MAXI の突発天体発見システムにより 2014 年 1 月に発見された。その後 INTEGRAL 衛星、MAXI、Swift 衛星によってそれぞれ一回ずつ X 線バーストが観測され、コンパクト星は中性子星であることが確定した。アウトバーストの全体は MAXI によって観測されており、約 15 日ほどの比較的短いアウトバーストであったことがわかっている。また、その間に顕著なスペクトルの変化はみられない。

我々は、観測された X 線バーストの明るさから、天体までの距離を見積もった。解析の結果、Swift 衛星と MAXI が観測した X 線バーストでは、MAXI が観測した方がより明るく、そのフラックスは $7 \times 10^{-8} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ と求められた。これが、経験的に知られている X 線バーストの最大光度 $3.8 \times 10^{38} \text{ erg s}^{-1}$ 以下となるような距離は、7kpc 以下と算出される。

また、定常放射は降着物質の重力エネルギーの開放であり、バーストの放射は核融合によるエネルギー開放であることを考慮すると、バースト間の平均光度 (L_p) とバースト中の放射エネルギーをバーストの間隔で割った光度 (L_b) とを比較することで、物質の組成について示唆が得られる。我々の解析結果は $L_p/L_b \sim 100$ 程度になっており、ヘリウムの燃焼によるバーストであると考えられる。

ポスターではこれらの議論について紹介するとともに、Swift 衛星によるこの天体の追跡観測によって得られたスペクトル解析の結果についても報告する予定である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J123a 「すざく」で観測された MAXI J1659-152 のエネルギースペクトル

宮崎 直人、山田 真也 (首都大)、根来 均 (日大)、大橋 隆哉 (首都大)

ブラックホール (BH) 連星では伴星からの物質供給が起こり、降着物質が獲得した重力エネルギーが X 線として解放される。その放射は主に降着円盤からの熱的な成分と、BH 周辺のコロナからのコンプトン放射による連続成分から構成される。前者が優勢のときをソフト状態、後者が優勢のときをハード状態と呼ばれる。

MAXI J1659-152 は国際宇宙ステーションに設置された全天 X 線監視装置 (MAXI) によって 2010 年 9 月 25 日に発見された BH 候補天体である。その後数日間の内に次々に追観測が行われ、「すざく」衛星では 9 月 29 日から 10 月 1 日の間に 3 回観測が行われた。この天体の軌道周期はこれまで発見されている BH 連星の中で最短の約 0.1 日である。また、BH 連星に類似した時間変動が見られることから、発見当初はハード状態であることがわかった。「すざく」衛星での観測時はハード状態からややソフトな状態に向かいつつある過渡期であった。

我々はこの「すざく」データの解析を行った。XIS (CCD 検出器) にとっては極めて明るいため、慎重な前処理が不可欠であり、姿勢の補正、パイルアップの処理、テレメトリ欠損と統計を考慮したデータ選別の最適化を行った。その結果、 ~ 0.7 keV から ~ 200 keV までのエネルギースペクトル、ライトカーブ、パワースペクトルを正しく得ることに成功した。広帯域のエネルギースペクトルは、どの観測においても概ねハード状態の典型的なモデル (円盤モデル+熱的コンプトン) で再現できた。観測の 1 日目において、 ~ 5 keV 以上の連続成分が増加しており、この日の 10–60 keV の Low-Frequency QPO (準周期的振動) の周波数が他の 2 日間と比べて ~ 0.5 Hz ほど低いことがわかった。この結果は降着流の不安定性によるものと考えられるが、その物理的な原因はまだ明らかになっていない。本講演では「すざく」の観測データの解析結果並びにそこから示唆されることについて議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J124a 「すざく」衛星「XIS」検出器の P-sum モードを用いたブラックホール連星の X 線吸収線の短時間変動の解析

水本岬希 (東京大学, ISAS/JAXA), 海老沢研 (ISAS/JAXA, 東京大学), 辻本匡弘 (ISAS/JAXA), 和田師也 (東京大学, ISAS/JAXA)

ブラックホール連星 Cyg X-1 から 1 秒以下のスケールで X 線の光度変化が検出されて以来、ブラックホール連星は X 線で短時間変動を示す天体として特徴付けられてきた。また、「あすか」衛星に搭載された X 線 CCD カメラによりエネルギー分解能が向上し、複数のブラックホール連星から青方遷移した吸収線が検出されたことで、ブラックホール連星周辺から物質の放出 (アウトフロー) が起こっていることが明らかになった。しかし、CCD カメラは原理的に二次元撮像を行う際は時間分解能が悪いため、吸収線を検出できる程度の高エネルギー分解能で X 線スペクトルの吸収線の短時間変動を追った例は乏しい。

「すざく」衛星搭載の X 線 CCD カメラ「XIS」は、観測対象の明るさや時間変動に応じて、観測モードを使い分けて観測を行っている。そのうちのひとつである Parallel-sum clocking (P-sum) モードは、空間情報を 1 次元捨てることで、通常の観測モードでは 8 秒ごとにイベント付けされる場所、7.8 ミリ秒刻みでイベントを得ることができる。一方、P-sum モードの較正は通常モードと比べ困難であり、満足のいく較正はこれまで行われていなかった。そこで我々はまず、P-sum モードの較正用観測データを網羅的に解析し、打ち上げ以来のエネルギースケールと分解能を決定した。その上で、P-sum モードで取得された GRS 1915+105 を初めとするブラックホール連星の X 線スペクトルを解析した。本講演では、P-sum モードのデータ較正の報告とともに、ブラックホール連星からのアウトフローが 1 秒以下の短いタイムスケールでどのように変動しているかを議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J125a 「すざく」衛星を用いたブラックホール連星 Cygnus X-1 の high/soft 状態のハード成分の詳細解析

吉川瑛文 (理化学研究所/東京理科大学), 山田真也 (首都大学東京), 野田博文, 玉川徹 (理化学研究所)

ブラックホール (BH) 連星の X 線スペクトルは、伴星のガスが降着し形成された、降着円盤からの数 keV 程度の熱的放射成分と、円盤付近のコロナによって逆コンプトンされた 4 keV 以上の成分からなると、一般的に考えられている (牧島他'08)。コロナの放射が支配的な状態は low/hard 状態と呼ばれ、X 線スペクトルは、約 100 keV 付近で折れ曲がる power-law で再現できる。一方、降着円盤が形成され熱的放射が卓越した状態を high/soft 状態と呼び、スペクトルは円盤の黒体放射と power-law で良く再現される。しかし high/soft 状態のハード成分 (10 keV 以上) については、その起源は良くわかっていない。

high/soft 状態におけるハード成分を詳細に観測するべく、我々の観測グループは、2009 年から high/soft 状態が続く Cygnus X-1 を、2013 年 4 月 8 日に「すざく」衛星を用いて、140 ksec 観測した。観測データを 70 ksec 毎に分け解析した結果、0.5–10 keV の輝度 ($\sim 4E-8$ erg/sec/cm²) では殆ど増光せずに、10–200 keV の輝度では、3 倍程度 ($\sim 3.3E-9 \rightarrow \sim 9.4E-9$ erg/sec/cm²) に増光していた。また 50–100 keV と 10–50 keV のハードネスは 0.266 ± 0.006 から 0.193 ± 0.011 に減少し、100–200 keV と 50–100 keV のハードネスは変動しなかった。100 keV 以上のハード成分の変動率は、それ以下よりも有意に小さいことが分かった。このハード成分の増光を、光子指数が変化しない power-law 成分の増光では説明できず、増光に伴いコロナのパラメータが変動している可能性が示唆された。本講演では、ハード成分の構造を詳細に解析し、high/soft 状態のコロナについて議論する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

J126a ブラックホール候補天体における熱伝導を考慮した明るいハードステート円盤のモデル

谷田部紘希、松元亮治 (千葉大学)

ブラックホール候補天体には、高温かつ光度が低く光学的に薄いハードステート、低温かつ光度が高く光学的に厚いソフトステートという二つの状態が存在することが知られている。さらに、X線観測から、ソフトステートとハードステートの間で相互に状態遷移が起きていることも知られており、明るいハードステートと呼ばれる、光度の高いハードステートが存在することが観測されている。この明るいハードステートの光度はエディントン光度の10%程度であることも観測から知られている。熱平衡な定常解としてのこの明るいハードステートの存在を、理論モデルにより説明する、ということがモチベーションとなり本研究を行った。Abramowicz et al.(1995)による降着円盤の定常モデルでは、明るいハードステートに対応する熱平衡解が得られていなかった。これは、この領域では輻射冷却が粘性加熱を凌駕するためである。しかし、この定常解は、エネルギー方程式において熱伝導項を考慮せずに導かれたものである。高温の円盤コロナからの熱伝導が輻射冷却とつり合えば定常解が存在し得る。熱伝導を考慮した鉛直方向1次元定常解を求めた結果、ハードステートからソフトステートへ伸びる、新たな熱平衡解の存在を確認することができた。この新たな熱平衡解の光度がエディントン光度の10%程度まで大きくなる可能性を示し、明るいハードステートを説明することができることを報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J127a ブラックホール風の見かけの光球と熱化面とスペクトル：波長依存性を考慮した計算 II

富田瑞穂, 福江純 (大阪教育大学)

我々は、定常的に中心天体から吹いている光学的に厚い相対論的な球対称風 (Black Hole Wind) の観測的特徴を、電子散乱および自由自由吸収の波長依存性を考慮し、見かけの光球と熱化面を計算して調べた。春の年会では最初の段階の結果を紹介したが、今回は、質量依存性や質量放出率依存性について調べた結果を報告する。

Ogura and Fukue (2013) の研究では、定常的に中心天体から吹いている光学的に厚い相対論的な球対称風について、電子散乱を考慮して計算していたが、波長依存性を考慮していない灰色大気で計算を行っていた。

波長依存性を考慮すると、無限遠の観測者からみて、視線方向に測った全光学的厚み $\tau = -\int \gamma(1-\beta \cos \theta)(\kappa_{\text{ff}}(\nu) + \kappa_{\text{es}})\rho dz = 1$ となる場所が見かけの光球になる。さらに、 $\tau = 1$ の見かけの光球から動径方向に測った有効光学的厚み $\tau_* = -\int \gamma(1-\beta)\sqrt{\kappa_{\text{ff}}(\nu)(\kappa_{\text{ff}}(\nu) + \kappa_{\text{es}})}\rho dR = 1$ となる場所を熱化面と仮定した。そして熱化面で生まれた黒体放射光子が、散乱されて $\tau_* = 1$ の光球まで到達し、観測者へ飛来すると考えて、熱化面の形状と放射スペクトル、見かけの光球の形状とドップラー効果などを計算して、観測されるスペクトルを算出した。

自由自由吸収の波長依存性を考慮すると、各波長ごとに熱化面などの形状が異なることがわかった。具体的には、振動数の低い領域では散乱の効果が弱く、見かけの光球の形状を反映して非球面になった。一方、振動数が高い領域では散乱が強く効くため、熱化面は小さくなりほぼ球面になった。スペクトルについては黒体放射とは異なった形となった。見かけの光球と熱化面とスペクトルは質量によって形状が異なることがわかった。密度と温度は質量に依存し、自由自由吸収の不透明度も質量によって変わるためである。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J128a 相対論的平行平板流の相対論的形式解とエディントン因子の振る舞い

福江 純 (大阪教育大)

相対論的な流れにおける輻射輸送の問題は、モーメント定式化が不完全であり、相対論的な領域における性質もよくわかっていないことが多い。今回、相対論的輻射輸送方程式に立ち戻り、定常一次元平行平板流の場合について、その性質を丁寧に調べることにした。

まず最初の段階として、ダイナミクスに関しては鉛直方向の速度場は与えられているとして、相対論的平行平板流における相対論的形式解の導出を試み、ローレンツ因子や4元速度の積分を含む形で、相対論的形式解が記述できることを導いた。

さらにその相対論的形式解に基づいて、輻射平衡 RE の場合や局所熱力学的平衡 LTE の場合に対し、逐次近似で解を求め、輻射強度やモーメント量などを得た。得られた解からエディントン因子も求めた。エディントン因子を与えていた従来の解析解と比べて、モーメント量などの振る舞いには速度分布や境界条件の影響がみられた。一方、エディントン因子は光学的厚みと流れの速度に依存し、光学的に薄い領域では任意の速度に対し、また光速近くの領域では光学的に厚くなっても、光行差などのために1/3からずれることがわかった。一方、それら以外の領域ではおおむねエディントン近似が成り立っている(エディントン近似のもとではモーメント方程式は $c/\sqrt{3}$ で病的な特異性をもつが、輻射輸送方程式自体には特異性はない)。

つぎの段階としては、得られた輻射場のモーメント量を運動方程式に代入し、速度場を求めて、その速度場から輻射場をふたたび計算するという、二重の逐次近似で、最終的には輻射場と速度場を同時に解く必要がある。

前半についてはPASJで印刷中(Fukue, J. 2014, PASJ in press)であり、後半についても報告したい。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J129a 時間依存型輻射輸送方程式を解く特殊相対論的流体力学計算の新解法

大須賀健 (国立天文台/総研大)、高橋博之 (国立天文台)

輻射場を如何に正しく解くか? これは理論天文学において重大な課題である。

過去の輻射流体力学/輻射磁気流体力学研究では、Flux-limited diffusion 近似やエディントン近似、M-1 closure といった計算法を用いることで近似的に輻射場を計算してきた。いずれの手法でも光学的に厚い状況では正確な輻射場を求めることが可能である。しかしながら、光学的厚みが比較的小さい状況や密度の非等方性や疎密が激しい状況では正しい解が得られないという難点があった。輻射輸送方程式を直接は解かず、角度積分したモーメント方程式を解いているからである。

そこで我々は時間依存型輻射輸送方程式を解き、輻射場と流体を同時に時間発展させる特殊相対論的輻射磁気流体力学計算法を開発した。これは過去の近似法とは質的に異なる新たな手法である (一部は2013年の春季年会で報告済み)。我々の手法では輻射 Intensity の伝搬を陽解法で解くので効率的な並列計算が可能である。輻射とガスの相互作用は陰解法で扱うがこれは並列計算の障害にはならない。また、計算量を下げる工夫をしつつ、自由電子による非等方散乱も扱うことができるようにしている。特殊相対論効果は完全に組み込んでいる。

光速でタイムステップが決まるので、流れの遅い現象を扱うのは非現実的であるが、高速な流れが現れるブラックホールや中性子星周囲の現象を正しく調べる上では極めて有用な手法である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J130a ブラックホールを周回する“ホットスポット”の見え方

高橋真聡 (愛知教育大学)

ブラックホールの存在を観測的に検証することを目的に、ブラックホール時空における諸天体現象の“見え方”についての研究を進めている。この目的のためには、ブラックホール時空におけるプラズマの状態や運動、またそこでの輻射機構についての理解が不可欠である。また、ブラックホール近傍からの輻射が地上ではどのような像として、またスペクトルが如何なるものになるかについて調べておく必要がある。

ブラックホール候補天体として活動銀河中心核やブラックホール連星について考察するとき、通常はブラックホール周囲に降着円盤を配置してその活動性を探るが、本講演では我々の銀河系中心ブラックホール (Sgr A*) を対象とし、ガス密度の小さな降着流が存在するものの、光学的に薄くブラックホール近傍が見通せる状況を扱う。このような状況下で「ブラックホール影」を観測することが長期的な研究目標であるが、現段階としてはブラックホールの周りを周回する“ホットスポット”が存在するとして、その光度変化について調べた。ブラックホール周りを周回するホットスポットからの輻射は、重力赤方偏移の効果、重力レンズ効果、ドップラー効果などの影響を受けて、複雑な時間変動をする。また、光源から直接的に観測者に到達する光線に加えて、ブラックホールを複数回周回してから、時間差をもって観測者に届くものがある。我々の銀河系中心ブラックホールの場合、このような「ブラックホール・エコー」も観測されることになる。観測される輻射のピークが「エコー」に依るものか否かの判定は、一人時間差干渉 (Saida 2014) が有望である。このような観測的アプローチによって、ブラックホールの時空情報が得られると期待している。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J131a **ブラックホールに落下するガスプロブとスピン測定の新方法**

森山小太郎、嶺重慎（京都大学）、高橋芳太（苫小牧高専）

ブラックホールの時空解明は、ブラックホールの近傍での物理現象を解明する上で、重要な課題である。ブラックホール時空は、（電荷を除き）質量とスピンのみで一意に表されることが理論的に知られている。そのうち質量は、ブラックホールから離れた星やガスの運動で測定できる。一方スピン測定は、ブラックホール近傍での一般相対論効果を厳密に考慮しなければならないため、困難である。現在スピン決定の方法は、降着円盤の放射するX線の連続・輝線スペクトル成分や、ブラックホール周辺の準周期運動に注目したものなど、いくつか存在する (McClintock et al. 2011, Kato 2001 など)。しかし、いずれも不定性があるため、これらの方法とは独立なスピン方法を確立し、これまでの方法を検証することが求められる。

本研究では、降着円盤の内縁よりさらに内側の領域を、回転しながら落下するガスの塊（プロブ）の輻射によるX線放射について考える。そして重力場によるX線の変動を、遠方で観測した場合の数値シミュレーションにより、スピンを決定することを考える。ブラックホールの周りを円運動するプロブのライトカーブは、相対論的效果（重力レンズ効果、ピーミング効果、重力赤方遷移）によって、周期的なピーク構造を持つ (Karas et al. 1990 など)。一方、ブラックホールに回転しながら落下するプロブでは、円運動でみられた効果に加え、ブラックホール近傍での相対論的效果が存在する。例えば、ブラックホール近傍の重力場による光路の曲がりや、光が円運動することができる軌道（光円軌道）周辺での集光効果である。これに強い重力赤方遷移が加わり、ピーク構造はスピン依存性を持った特徴的な時間変動をする。本発表では、上の効果を受けたライトカーブのスピン依存性を、数値計算により定量的に示し、降着円盤内側に注目したスピン決定の新方法を提唱する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

J132a バイナリーブラックホール降着円盤の重力レンズ撮像

伊地知翔真, 嶺重慎 (京都大学), 早崎公威 (KASI)

宇宙にある大半の銀河の中心には超大質量ブラックホールが存在すると考えられているが、その形成や成長過程はよく分かっていない。銀河は銀河同士の衝突合体によって成長するのは良く知られている。同様にそれぞれの銀河の中心のブラックホール同士も合体し成長するとすれば、合体銀河の中心でブラックホール同士のバイナリー（バイナリーブラックホール）が必然的に形成されるはずである。しかし、サブパーセクスケールのバイナリーブラックホールはいくつかの候補天体が指摘されているものの未だに同定されていない。そこで本研究では、サブパーセクスケールのバイナリーブラックホールにおける各ブラックホール周囲の降着円盤が実際に撮像された時にどのような性質が得られるのかを重力レンズ撮像シミュレーションによって調べた。

本研究は二段階で行った。まずはじめに、シュバルツシルト時空の測地線方程式を解いて単一のブラックホール近傍の光子の軌道を計算し降着円盤の撮像計算を行った。その結果、撮像フラックスや降着円盤スペクトルは先行研究と一致することを確認した。次に、この手法をサブパーセクスケールのバイナリーブラックホールへと拡張する。各ブラックホール周囲に降着円盤があると仮定すると、重力レンズ効果により降着円盤の像を歪め合うはずである。数値計算の結果、重力レンズによる歪みに加えて、像の位置変化と光度変化が得られた。像の位置の変化については重力レンズによる像の屈折が原因であり、これは近似計算をすることで計算の妥当性を確認した。光度の変化は、ブラックホールが重力レンズによってもう片方のブラックホール降着円盤の光度を見かけ上大きくすることに起因する。これは単一のブラックホールの場合には見られない増光機構であり、最大で10倍もの光度変化が生じることが分かった。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

J133a マグネター 4U 0142+61 における自由歳差運動の徴候 II

牧島一夫 (東大/理研)、榎戸輝揚 (理研/NASA)、中澤知洋、平賀純子、中野俊男、笹野 理、櫻井壮希、村上浩章 (東大理)

マグネターは硬・軟 X 線の顕著な 2 成分スペクトルを示し、それらは放射領域を異にする可能性がある (Enoto+2010)。2013 年春の年会 (J72a) で、マグネター 4U 0142+61 を「すざく」で 2007 年と 2009 年に観測したところ、軟 X 線では $P = 8.69 \text{ sec}$ のパルスが正常に検出できたが、2009 年には硬 X 線パルスの位相が周期 $Q = 55 \text{ ksec}$ で変調されていると報告した。これは天体がわずかに軸対称変形することで、自転と歳差の「うなり」に当たるスリップ周期 Q が発生し、さらに硬 X 線発生域が自転軸からずれたため、硬 X 線パルスに位相変調が生じた結果と解釈される。慣性能率の軸方向成分を I_3 、直交成分を I_1 とすると、変形量は $\epsilon \equiv (I_1 - I_3)/I_3 = P/Q$ なので、観測から $\epsilon = 1.6 \times 10^{-4}$ と求まる。変形はレモン型 ($I_1 > I_3$) と推測され、それは星内部に潜む、 $B \sim 10^{16} \text{ G}$ にも及ぶ強いトロイダル磁場のためと考えられる (Makishima+2014; Phys.Rev.Lett. 112, id 171102)。

我々はこの重要な結果を追認するため、2013 年 8 月に「すざく」で 4U 0142+61 を 2 日間 (正味 $\sim 200 \text{ ksec}$)、追観測した。天体の X 線強度は過去 2 回の観測時とほぼ同じで、軟 X 線パルスは XIS により、 $P = 8.68916(7) \text{ sec}$ で検出できた。他方 15–45 keV の HXD データではパルスの位相が、2009 年と同じく $Q = 55 \pm 4 \text{ ksec}$ 周期で変調されており、変調振幅は $A = 1.2 \pm 0.4 \text{ sec}$ と、前回 ($A = 0.7 \pm 0.3 \text{ sec}$) より増大ぎみだった。これは歳差運動が継続する一方で、硬 X 線放射域が 2009 年より、さらに磁気軸から遠くへと移動したためと考えられる。これにより 2013 年春に提示した、磁気変形と自由歳差という描像 (Makishima+2014) を格段に強化できた。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J134a **長周期パルサー 1E 161348-5055 を伴う超新星残骸 RCW 103 の「すざく」による観測的研究**

古田禄大, 中野俊男, 村上浩章, 中澤知洋 (東大理), 牧島一夫 (東大理, 理研)

RCW 103 は中心に長周期パルサー 1E 161348-5055 を伴う重力崩壊型の超新星残骸 (SNR) で, 距離約 3.1 kpc にあり, その年齢は 2000 歳程度 (Carter et al. 1997) と見積もられている。2005 年 8 月の XMM-Newton 衛星による観測から, パルサーの X 線放射に 6.67 時間 (De Luca et al. 2006) の周期変動が見つかった。しかし, 周期が数 msec から数十 msec の高速回転で誕生するはずの中性子星を, わずか 2000 年でここまでスピンドウンさせることは不可能に近く, これまで様々な議論がなされてきた。我々はこの謎めいた中心天体を作った超新星爆発に興味をもち, その爆発の情報を得るために, 残骸である RCW 103 の特徴を調べることにした。

解析には「すざく」の公開データを用いた。観測は 2009 年 8 月に行われ, XIS 検出器で得られた exposure は 66 ksec であった。SNR 全体の X 線スペクトルは, 電離非平衡プラズマモデルを使って二温度の成分で説明できた。この二成分は, SNR の shell を成す 0.3 keV の星間物質成分と, 0.6 keV の内部の ejecta 成分と考えられる。また, パルサーのスペクトルは温度およそ 0.54 keV の黒体放射でよく再現された。これらの解析結果から, ejecta の密度は $\sim 2 \text{ cm}^{-3}$, 超新星爆発のエネルギーは $2\text{--}7 \times 10^{50} \text{ erg}$ と求まった。また, SNR が球形であることを仮定すると, 長周期パルサー 1E 161348-5055 の親星の質量は $\sim 15M_{\odot}$ と推定され, この超新星爆発は重力崩壊型として典型的なものであると考えられる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J135a 自由歳差運動する中性子星からのパルス放射の定式化

村上 浩章, 古田 禄大, 中野 俊男, 笹野 理, 櫻井 壮希, 中澤 知洋 (東大理), 牧島 一夫 (東大理・理研)

牧島他が2013年春の年会(J72a)および本年会で報告しているように、マグネター 4U 0142+61において、わずかに軸対称変形した中性子星が自由歳差運動を行っており、それと硬X線放射域の自転軸からのずれが重なることで、パルス変調が起きているという兆候が発見されつつある。そこでまず、以上の描像を剛体力学に基づいて定式化し、観測されたようなパルス変調が数理モデルによって再現されることを示す。

また我々は、このような自由歳差運動の兆候を他の天体からも発見できると考えている。中でも注目しているのは、超新星残骸 RCW 103 の中心に存在する、長周期パルサー 1E 161348-5055 である。この天体は、X線観測によって6.67時間というパルス周期が報告されているが、他波長での対応天体がなく、伴星は見つかっていない(De Luca+2007, 2009)。また軟X線スペクトルは黒体放射成分のみでよく近似され、一般的な低質量連星系とはその形状が異なる。孤立中性子星として説明を試みようとしても、RCW 103 から推定される2000年という年齢を考慮すると、 $P \sim 10$ ms で生まれた中性子星をここまで減速するには、平均して $L \sim 10^{39}$ erg/s で回転エネルギーを捨てねばならず、極めて非現実的である。以上のことから、その素性は長らく議論的となっている。

我々の自由歳差運動の考えにたてば、この謎めいたパルス周期を説明することができる。実際に、たとえば自由歳差運動の Wobbling 角 $\alpha \sim 30$ deg、X線の放射領域の自転軸からの傾き $\gamma \sim 30$ deg をもち、数百ミリ秒から数秒で周期変動する中性子星について、それを角運動量ベクトルに対してほぼ垂直な方向から見た場合に、自転と歳差のビートによる長い周期が強調され、1E 161348-5055 のようなパルス放射を再現できることがわかった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J136a 「すざく」衛星によるマグネターのX線定常放射のエネルギー依存性のある強度揺らぎの研究

中川友進, 海老沢研 (宇宙航空研究開発機構)

マグネターは超強磁場 ($\sim 10^{14}$ G) を有する中性子星であり、「すざく」衛星などの活躍によりX線エネルギースペクトルの研究は急速に進展しつつある。我々はバースト/X線定常放射によらずエネルギースペクトルは二温度黒体放射 + 硬X線成分という良く似た形状を持つ事 (e.g., Nakagawa et al. 2007, 2009, 2011; Enoto et al. 2012) を明かにした。さらに、両成分の光度に相関がある事 (Nakagawa et al. 2011) を見出した。そこで我々は、バースト/X線定常放射に共通の放射機構が存在すると考えており、「定常放射は多数の微小バーストで構成」という仮説を提唱している。

我々の仮説が正しいとすると、X線定常放射は大小さまざまなサイズの微小バーストで構成されており、X線定常放射の強度揺らぎはポアソン分布から推定される値よりも大きいと考えられる。そこで、「すざく」衛星が観測した11天体のマグネターの光度曲線 (0.2–12 keV、10–70 keV) について、RMS Variation を用いて強度揺らぎを定量的に評価した。正味の観測時間は11–107 ks であり、光度曲線の時間ピンは8 s (0.2–12 keV) と128 s (10–70 keV) である。その結果、RMS Variation はポアソン分布から推定される値よりも、0.2–12 keV では11天体 (1.3–18.8%)、10–70 keV では5天体 (16–99%) が有意に大きい値となった。さらに、5天体についてはエネルギーが高くなるほど、RMS Variation が大きくなる、エネルギー依存性を見出した。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

J137a **すざく衛星搭載 WAM 検出器による AXP 1E1547.0–5408 の硬 X 線バーストの観測 (II)**

○安田哲也, 田代信, 寺田幸功, 神頭知美 (埼玉大), 岩切渉 (理研), 榎戸輝揚 (理研, NASA), 中川友進 (ISAS/JAXA), 馬場彩 (青学大), 浦田裕次 (NCU), 柴田晋平 (山形大), 牧島一夫 (東京大), すざく WAM チーム

Anomalous X-ray Pulsar (AXP) は、自転周期とその時間変動率から推定される磁場強度が 10^{13-15} ガウスに達し、Soft Gamma Repetar とともに強磁場中性子星 “マグネター” であると考えられている。その特徴的な放射である定常放射の増光現象や ~ 100 ミリ秒程度の突発的なショートバースト現象などは、その莫大な磁気エネルギーによるものと考えられているが、その詳細は未だ解明されていない。AXP 1E1547.0–5408 はマグネター天体の一つで、2009 年 1 月に活発な増光現象が報告され活動期に入ったことが確認された。我々は、広いエネルギー帯域 (50 keV–5 MeV) と巨大な有効面積 (800 cm^2 at 100 keV) を誇る「すざく」衛星搭載広帯域全天モニタ (WAM) を用いることで、特異なエネルギースペクトルを持つ一つのショートバーストの検出に成功した。2010 年秋季年会では、このショートバーストのスペクトル解析結果について述べた。しかし、非常に明るいイベントのため衛星に搭載されているアナログ処理部での処理速度よりも早い頻度で光子が検出器に入射している可能性が高く、パイルアップの影響を無視できないことがわかった。そこで、アナログ処理部の動作を再現する計算コードを開発し、モンテカルロ法によってパイルアップの効果を補正した。その結果、 $kT \sim 20 \text{ keV}$ の黒体放射と光子指数 ~ 1.5 のベキ関数が $\sim 350 \text{ keV}$ で指数関数で折れ曲がるエネルギー分布の足し合わせが最もよく再現することがわかった。本講演では、これらの詳細な解析方法と結果を報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J138a 自転周期のきわめて遅いX線パルサー 4U 1954+319 のすざく観測

榎戸輝揚 (理研, NASA/GSFC), 笹野理 (東大), 山田真也 (首都大), 玉川徹 (理研), 牧島一夫 (東大, 理研) ほか

孤立中性子星の一種族として、ダイポール磁場が 10^{14} – 10^{15} G に達するマグネターが確立しつつある。一方で連星系のX線パルサーは、電子サイクロトロン共鳴から計測される磁場が 6.6×10^{12} G に達するものの (GRO J1008–57, Yamamoto et al., 2014)、より磁場の強い中性子星が存在するかは明らかではない。最近の Swift 衛星の観測から、X線連星 4U 1954+319 中のコンパクト天体は、自転周期が約 5.4 時間の中性子星と明らかになった (Corbet et al., 2006, 2008)。知られている降着型X線パルサーの中で最も自転周期が遅く、古典的な降着円盤モデルを用いると 10^{16} G 磁場にも匹敵し (Ghosh & Lamb, 1979)、強い磁場が示唆される。我々は、この天体が 2012 年にX線増光をする前後、静穏期 ($L_X = 2.2 \times 10^{33}$) と増光期 ($L_X = 2.1 \times 10^{35}$) の 2 回、すざく衛星で観測を行った。Chandra 衛星の観測から光学伴星は M 型の軽質量と報告されており (Masetti et al. 2006)、これまで磁場の弱い中性子星をもつ低質量X線連星 (LMXB) に分類されてきたが、観測されたX線パルス率は ~60–80% に達し、高質量X線連星 (HMXB) のX線パルサーに類似した広帯域スペクトルの特徴と、6.4 keV の鉄輝線を検出した。このことから、磁場強度は HMXB 中のX線パルサーと同程度かそれ以上と考えられる。また、観測されたX線光度は低降着率時の準球対称な星風降着に該当し (Shakura et al., 2012)、この場合には $\sim 10^{13}$ G 程度の磁場で自転周期を解釈できた。さらに、すざく観測で見られた ~50 秒ほどのフレアも、それに対応するアルフベン半径からの降着物質の自由落下に対応すると解釈して矛盾ない (Enoto et al., ApJ, vol. 786, 127, 2014)。これらは、M 型星と連星をなす中性子星 (共生X線連星) の磁場と進化に新しい疑問を投げかける観測結果である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J139a 軟ガンマ線リピーターの再帰的バーストに対する自己組織化臨界モデル
中里健一郎 (東理大理工)

軟ガンマ線リピーター (soft gamma repeater: SGR) は超強磁場をもった中性子星であると考えられており、0.1秒程度の短い継続時間を持つ再帰的な軟ガンマ線のバースト放射を起こすことが特徴である。このバーストの起源として、クラスト破壊による星震とする説や磁気圏における磁気リコネクションとする説が挙げられている。特に、SGRの再帰的バーストのイベントエネルギー分布は、べき乗則に従うことが知られており (Göğüş et al. 1999, 2000)、同様の性質を持つ地球における地震とのアナロジーから、これが星震説を支持する根拠となり得ると考えられている。こうしたべき乗則に従う分布は自己組織化臨界現象の特徴とされている。

一方、太陽フレアにおいてもべき乗則が知られており、それを説明するために磁気リコネクションに基づくセルオートマトンモデルも提唱されている (Lu & Hamilton 1991)。そこで本研究では、磁気リコネクションに基づく新たなセルオートマトンモデルを導入し、SGRの自己組織化臨界性の説明を試みた。今回のモデルでは太陽フレアの場合と違い、中性子星がコンパクトであるため、星全体をカバーするグリッドを用い、また摂動の与え方も磁束の保存が常にみたされるようにした。

結果として、磁気リコネクションに基づく今回のモデルでも、べき乗則に従うバーストのイベントエネルギー分布が再現できることが分かった。このことは、自己組織化臨界性が必ずしも星震説のみを支持するものではないことを意味している。さらにイベントエネルギー分布の高エネルギー部分では、バースト領域が星全体に到達したことに対応するカットオフが見られることも分かった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J140a X線パルサー GX 1+4 の「すざく」による観測 II

鈴木大朗、北本俊二、吉田裕貴 (立教大理)

GX 1+4 は銀河中心領域にある自転周期 110-169 秒の X 線パルサーであり、M6 III 型巨星と中性子星の共生 X 線連星系を成す。2013 年春期年会では、「すざく」衛星が観測したデータからパルス位相により分割した 1~70keV のエネルギースペクトルを作成し、エネルギースペクトル解析を行い、黒体放射と cut off 付きのベキ関数でよく近似できることを報告した。また、これら 2 成分のパルス位相別のフラックスから、それぞれの放射のビームパターンに違いを反映しているという推論を報告した。

今回、このパルス位相別のフラックスの変化をモデルで表す事を試みた。黒体放射のフラックス変動は dip の位相の前後にピークを持ち、また dip の位相で細い減光を示すことから磁極表面付近からの放射であると推定した。また cut off 付きベキ関数のフラックス変動は、dip の位相を最小として正弦的な変動を示す事から降着柱の側面からの放射であると推定した。これらをまとめて、GX 1+4 の質量降着流の簡単な幾何学的モデルを考え、そのモデルによるフラックス変動のシミュレーションを行った。ここでは、dip が生じるということから、簡単のために、自転軸と磁極の間の角度、自転軸と視線方向の角度が同じであると近似して、いろいろな角度での降着中および、黒体放射の放射領域の見え方を計算し、自転に伴う期待される光度曲線を計算し、観測値と比較した。適度なパラメータを用いる事で、大雑把な光度曲線を再現できた。さらに、GX 1+4 の INTEGRAL 衛星の観測により報告されたサイクロトロン共鳴散乱構造について、その有無を調査した結果、報告値より有意に小さい上限値となった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J141a 非一様回転する星の $\text{low } T/|W|$ 不安定性とトロイダル磁場構造

藤澤幸太郎 (早稲田大学)

重力崩壊型超新星爆発の中心部で形成される原始中性子星は、崩壊に際して角運動量が中心に落ち込むため非常に高速に回転していると考えられる。特に回転エネルギー T が重力エネルギー W に対して $T/|W| \sim 0.3$ 程度になると非軸対象な不安定性を引き起こすため、このような原始中性子星は有力な重力波源の一つと考えられている。また回転が大きな非一様回転をしている場合、 $T/|W| \sim 0.01$ 程度というより小さい回転エネルギーでも不安定性が起きるとされており、 $\text{low } T/|W|$ 不安定性と呼ばれている。

一方で原始中性子星は、回転だけではなく強力な磁場も伴っている可能性がある。星の内部に強力なトロイダル磁場が存在している時の線形解析によると、この $\text{low } T/|W|$ 不安定は磁場によって弱められ、磁場エネルギー M が $M/T \sim 0.2$ 程度になると不安定性が打ち消されることが示されている (Fu & Lai 2011)。しかし Fu & Lai (2011) は一種類の磁場構造でしか解析を行っておらず、磁場構造の違いが及ぼす影響に関しては明らかにされていない。最近のシミュレーションによると、 $M/T \sim 0.005$ 程度の強さの磁場でも不安定性を打ち消す結果が報告されており (Muhlberger et. al 2014)、磁場エネルギーよりも、磁場構造そのものの方が安定化にはより重要であると考えられる。

そこで本研究では、Fu & Lai (2011) とは異なる新しいトロイダル磁場構造の解を計算し、その磁場構造を元に解析を行った。その結果、 $\text{low } T/|W|$ 不安定性を打ち消すのに必要な磁場エネルギーは、星の持つトロイダル磁場構造によって変化することが明らかになった。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

J142a 中性子星からストレンジクォーク星への転換過程

古澤峻(国立天文台)、山田章一(早稲田大学)、長谷川拓哉(早稲田大学)

重力崩壊型超新星爆発後に形成される原始中性子星は、ストレンジクォーク星に転換する可能性があると考えられている。クォークが閉じ込めから解放され露わになった状態でストレンジを含むストレンジクォークマターはエネルギー的にハドロン物質よりも安定であると仮定すると、中性子星のハドロンが閉じ込めからの解放や弱相互作用反応を経てストレンジクォークマターに転換される。準平衡状態にあるハドロン物質が転換され始めるには、高い密度やストレンジネスの割合が必要となるが、もし転換が起これば解放されるニュートリノが観測可能であることも期待されている。しかし観測的事実の欠如やクォーク物質の状態方程式の不定性などから、未開な部分が多い。我々は、MIT BAG モデルに基づくクォークの状態方程式と相対論的平均場に基づくハドロンの状態方程式を用いて、1次元チューブ内における転換の素過程を調べた。本講演では不定性の多いクォーク物質の状態方程式や初期の密度などが、転換過程に与える影響について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J143a **IRSF/SIRIUS を用いた TeV ガンマ線連星 LS 5039 の近赤外観測**

吉田裕美 (東海大学), 河内明子 (東海大学), 森谷友由希 (広島大学), 岡崎敦男 (北海学園大学), 広島大学かなた望遠鏡観測チーム

周期的な TeV ガンマ線を放射している連星系は現在までに 5 つ見つかっている。主星は O・B 型星のいずれかと判明しているが、コンパクト天体の性質は未だ 1 天体 (PSR B1259-63/LS 2883) しか確立していない。我々は、この内 LS 5039, HESS J0632+057, PSR B1259-63/LS 2883 について IRSF/SIRIUS (南アフリカ天文台) と広島大学かなた望遠鏡/HONIR を用いて近赤外 (J, H, K_s) 測光観測を行った。本講演では、LS 5039 の近赤外域における光度変化について報告する。

LS 5039 は周期 3.9 日、軌道離心率 0.35 の O6.5 型星と正体不明のコンパクト天体の連星系である。この軌道は TeV ガンマ線連星系の中で最も小さく、近星点で $2.6R_s$ 、遠星点で $4.2R_s$ (R_s は星の半径) である。X 線、TeV・GeV ガンマ線で軌道位相に沿った変動が見られ、X 線と TeV ガンマ線は内合時期、GeV ガンマ線は近星点時期に極大となる。これらの変動は恒星風による X 線の吸収量の変化、O 型星光子と TeV ガンマ線が対生成を行う量の変化によると考えられているが、スペクトルの変化も含めて説明出来るモデルは未だ無い。可視～近赤外は明るい O 型星からの影響が強く変動の検出が難しい為ほとんど変動が見られないが、位相に沿った変動が検出されればコンパクト天体の恒星風に及ぼす影響を調べる重要な手がかりとなる。我々はこの変動を検出する為に、2014 年 5 月から約 1 ヶ月間 15 夜にわたり LS 5039 の高精度な近赤外測光観測を行い、位相のほとんどをカバーしたデータを得た。今回の観測でカバー出来なかった位相に関しては 7-8 月に追加観測を行う予定である。本講演では、近赤外線放射の軌道位相依存性を考察し、コンパクト天体の恒星風への影響について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J144a **Change of Pulsar State in the Gamma-ray Binary HESS J0632+057**

Atsuo T. Okazaki (Hokkai-Gakuen Univ.), Yuki Moritani (Hiroshima Univ.), Jumpei Takata (Univ. of Hong-Kong)

Gamma-ray binaries, i.e., binaries with peak energy above 1 MeV, consist of a massive star (a Be star with a circumstellar disk or a main-sequence O star) and a compact object. For those with a compact object of unknown nature, the pulsar wind scenario and the microquasar scenario, have been proposed to explain the origin of high energy emission. HESS J0632+057 is one of such systems with a Be star as the optical counterpart. The orbit is wide ($P_{\text{orb}} \sim 315$ d) and highly eccentric ($e = 0.83$). The system exhibits two X-ray outbursts per orbit, one prior to the apastron and the other after it, while the X-ray flux stays low around the periastron where strongest interaction is expected to occur between the Be star and the compact object. There is also an X-ray dip near the apastron. Performing 3D SPH simulations of the interaction between the pulsar and the circumstellar environment of the Be star, we showed, at the last ASJ meeting, that a naive approach only leads to a bright X-ray outburst near the periastron and thus a mechanism is needed to stop the pulsar wind around the periastron. In this talk, we report on the result from our improved numerical model, where the pulsar wind is extinguished if the mass-capture rate by the pulsar exceeds a critical value (propeller state) and ignites again after the rate goes down below it (ejector state). We find that if the spin down luminosity is as high as 10^{35} erg s⁻¹, a very high Be-disk density (base density $\gg 10^{-10}$ g cm⁻³) is needed to stop the pulsar wind around the periastron. We briefly discuss the X-ray flux at phases when the pulsar is a propeller.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J145a TeV γ 線連星 HESS J0632+057 における遠星点後の相互作用

森谷友由希 (広島大学), 岡崎敦男 (北海学園大学), Alex C. Carciofi (サンパウロ大学), 吉田裕美, 河内明子 (東海大学), 広島大学かなた望遠鏡観測チーム

HESS J0632+057 は Be 星と正体不明のコンパクト天体からなる、大きな楕円軌道 (軌道周期 315 日、離心率 0.83) を持つ大質量連星系である。電波から γ 線まで幅広い領域で検出され、特に TeV 領域にまで及ぶ高エネルギー放射があることから『TeV γ 線連星』と呼ばれている。伴星である Be 星は幾何学的に薄い星周円盤を持つ B 型星であり、Balmer 線などに輝線を示す。一方で、この系を含め TeV γ 線連星のコンパクト天体の正体並びに高エネルギー放射機構は 1 天体を除き未解明で、microquasar model と pulsar wind model が提唱されている。

TeV γ 線連星の中でも HESS J0632+057 は奇妙な天体で、X 線・ γ 線では遠星点前後で増光と急激な減光を示す。この特異な振る舞いから、この系に対する具体的なモデルの検討が出来ていない状態が続いている。

我々は HESS J0632+057 を可視・近赤外線モニター観測を行っている。この観測の目的は、伴星からの放射が卓越している可視・近赤外線での振る舞いから、Be 星ガス円盤の様子を調べ、コンパクト天体との相互作用に制限を与えることである。特に、2013 年 10 月から 2014 年 3 月の間に、遠星点後に起きる X 線増光期の Be 星ガス円盤の様子を調べる為、岡山天体物理観測所/HIDES を用いた可視高分散分光観測と広島大学かなた 1.5m 望遠鏡/HOWPol で測光観測を行った。その結果、Be 星ガス円盤は中心星半径の 40 倍程度の大きさで見積もられた。また、近星点に向けて V、R バンドで 0.1 等級程度の増光並びに複雑な輝線変動が見られた。

本講演では、上記の遠星点通過後から近星点直前における観測結果の報告と、そこから示唆される Be 星ガス円盤の様子並びに両者の相互作用について議論を行う。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J146a パルサー磁気圏の粒子加速機構:沿磁力線電場加速+垂直電場加速モデル

和田智秀 (筑波技大), 柴田晋平 (山形大)

パルサーは磁化して高速で自転する中性子星である。ガンマ線のビーム放射、パルサー風 (加速された磁化したプラズマのアウトフロー) を持つ活動的な天体として知られる。しかし、その粒子加速機構は理解されていない。磁気圏内でポインティングフラックスが優性であるが、そのまわりにあるパルサー星雲の観測からは加速されたプラズマの運動エネルギーが卓越することがわかっている。磁気圏から星雲までのどこで電磁場のエネルギーから粒子のエネルギーへと変換されるのかという問題はシグマ問題と呼ばれ未解決である。

通常、磁気圏でプラズマは磁力線方向にしか動けず、粒子加速は自転した星の誘導起電場によるプラズマの磁力線に沿った方向の加速 (E 平行加速) を考える。合わせて、近年までの force-free、粒子シミュレーションにより、赤道面電流シートでの磁場の散逸機構による再加速が期待されるようになってきた。

我々はこれまで粒子法による、磁気圏のシミュレーションを行い、その構造を調査してきた。特殊相対論的なプラズマの運動方程式と静電磁場の方程式を合わせて解くことで粒子慣性の効果を考慮した磁気圏の定常解を得ている。この解は赤道面電流シート付近に光円柱に接続した電場優性領域を持つ。E 平行加速に合わせて電流シートでの垂直電場加速 (E パープ加速) によってプラズマはさらに加速され、光半径の数倍の距離でポインティングエネルギーとほぼ同程度まで加速できることがわかった。また、電流シートの周辺の電場と、電流によるトロイダル磁場とを合わせた $v \times B_t$ ドリフトは周辺プラズマを外に押し出し、中緯度の加速領域を維持させている。今回はこの磁気圏解の詳細を報告し、議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J147a 強い超光速波中の相対論的電子からの放射

寺木悠人

強い超光速波はパルサー風の磁気エネルギーの効果的な解放に關与する可能性があると考えられ、問題を考える際に重要な波である (Kennel & Pellat 1976; Arka & Kirk 2012)。パルサーの磁軸と回転軸がずれていることで生み出される、パルサー風中の磁場の反転構造を起源としてプラズマの数密度が下がり MHD 近似が破れた領域、つまりパルサーから遠方でモード変換により生成される。衝撃波近傍での超光速波の振る舞いやエネルギー変換については様々な議論がなされているが (Sljaraasen et al. 2005; Amano & Kirk 2013)、放射に与える影響については十分に調べられているとは言えない。

本研究ではこの波中の電子からの放射について調べた。従来「強い波」、つまり強度パラメータ a が 1 を越える波中の荷電粒子からの放射は「シンクロトロン放射」と呼ばれ、典型的振動数は波の強度で定義したサイクロトロン振動数とある瞬間の粒子のローレンツ因子で書かれていた。しかし、強い波の中を運動する電子のローレンツ因子は光子を形成する時間スケール内でも大きく変化する場合がある。特に超光速波の振動数がプラズマ振動数を大きく上回る場合には電子は波に補足され、強く加速される。これらの効果を考慮するためにリエナール=ヴィーヘルトポテンシャルを用いた第一原理的な放射の数値計算と、半解析的な解釈を行った。結果として典型的振動数は瞬間的なサイクロトロン振動数とローレンツ因子ではなく、強度パラメータ a と波の振動数で記述されることなどがわかった。講演では観測スペクトルとの関係についても議論する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

J148a 大質量中性子星からの neutrino-driven wind における重元素合成過程

藤林翔 (京都大学), 吉田敬, 関口雄一郎 (京大基研)

我々や、我々の身の周りの物質を形作る数多くの元素は今までの宇宙の歴史の中で作られてきたが、数々の元素合成計算を用いた研究の結果は太陽系の重元素組成を完全に再現するには至っておらず、これらの重元素を生み出した天体について追求することが重要な課題となっている。

近年発展した数値相対論による大質量星の崩壊の数値シミュレーションによると、中心にブラックホールを残すような大質量星の崩壊時には、太陽質量の3倍に達する質量の大きな中性子星が一時形成される可能性が示唆されている。本研究では、そのような大質量中性子星における重元素合成の可能性を調べた。質量放出機構として neutrino-driven wind を考え、ニュートリノ吸収による加熱、ニュートリノ放出による冷却を取り入れた定常解を構成した。状態方程式には Timmes の状態方程式を採用し、冷却率には電子の縮退の効果も取り入れた。以上のように構成した流体の解での温度・密度の時間発展の上で元素合成計算を行い、主にニュートリノの平均エネルギーに焦点を当ててパラメータによる依存性を調べた。

その結果、パラメータ空間において $Y_e > 0.5$ となる多くの領域で強い νp -process が起きることがわかった。特に、通常の超新星における νp -process では達成し得ないような大質量数 ($A > 110$) の元素が、いくつかの場合に生成された。これは太陽系の一部の陽子過剰核の起源を説明する可能性がある。本講演では、この νp -process による重元素合成に焦点をあてて研究成果を紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J149a 可視光追観測で Fast Radio Burst の起源を探る

新納悠 (国立天文台), 戸谷友則 (東京大学), 奥村純 (京都大学, 東京大学)

Fast Radio Burst (FRB) は電波域で近年発見された数ミリ秒の突発天体である。FRB の起源については様々な候補が提案されているものの、その正体を特定できる観測的証拠はほとんどない。電波観測だけで得られる FRB の位置決定精度は十分角程度に限られており、今後 FRB の正体を解明していくためには他波長での対応天体の発見が重要である。これまでに知られている FRB はパルサーサーベイ観測のアーカイブデータのなかから発見されており、FRB 発生時に追観測を行うことはできなかった。将来 FRB を発生と同時に検出することが可能になれば、他波長の追観測によって FRB の理解が飛躍的に進むことが期待できる。

本研究では、将来 FRB 追観測が可能になった場合に、特に可視域において FRB の対応天体を発見できる可能性を議論する。様々な FRB 起源モデルの中で、中性子星同士あるいは白色矮星同士の連星合体によって FRB が引き起こされるとするモデルは可視光追観測にとってとりわけ興味深い。

中性子星連星合体の際には kilonova と呼ばれる可視近赤外の突発天体が引き起こされることが期待されている。我々は最新の kilonova モデルの示す光度曲線や色進化を様々な種族・赤方偏移の超新星テンプレートと比較し、赤方偏移 0.3 程度以下の kilonova が 8m 級望遠鏡によって検出可能かつ FRB のエラーサークル内でたまたま発生した超新星と区別可能であることを示した。

一方、白色矮星連星合体の場合には FRB 対応天体として Ia 型超新星が観測できるかもしれない。この場合、Ia 型超新星の発生頻度の評価から、FRB のエラーサークル内でみつかる Ia 型超新星について赤方偏移と発生日を調べれば FRB との関連を結論づけることができることがわかった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J150a 連星中性子星合体からの質量放出とその状態方程式依存性

関口雄一郎, 木内建太, 柴田大(京大基研), 久徳浩太郎(ウィスコンシン州立大学ミルオーキー校)

連星中性子星の合体は最も有望な重力波源であり、第2世代の重力波検出器による重力波の直接検出が近い将来に達成されると期待されている。重力波信号は極めて微弱であるため、検出の信頼度及び効率を高めるために、重力波に付随する電磁波対応天体を同時観測が求められている。これに対し、合体時に放出される中性子過剰のエジェクタで合成される r プロセス元素の崩壊熱をエネルギー源とする電磁波放射が対応天体として有望視されている。

放射される電磁波の詳細な予言のためには、合体時に放出されるエジェクタの質量や運動エネルギーに加えて、その熱力学特性、特に中性子過剰率の情報が重要となる。本研究では、連星中性子星合体の一般相対論的なニュートリノ輻射流体シミュレーションを行い、特に状態方程式依存性に着目して、これらエジェクタの特性を調べた。その結果、エジェクタの特性は中性子星の状態方程式に強く依存し、特に、 r 過程元素合成で重要となる中性子過剰率が、大きな中性子星半径を予言する状態方程式の場合ほど高いことが明らかとなった。 r 過程元素の存在比はエジェクタの中性子過剰率に敏感であるため、本研究結果は、 r 過程元素の観測によって中性子星内部の物理に迫ることが可能であることを示しているといえる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J151a **ブラックホール中性子星連星合体のスピンの傾きに対する依存性の研究**

川口恭平 (京都大学基礎物理学研究所), 久徳浩太郎 (University of Wisconsin-Milwaukee), 中野寛之 (京都大学理学研究科), 柴田大 (京都大学基礎物理学研究所)

ブラックホール中性子星連星合体は有望な重力波源であるとともに、降着円盤形成や質量放出によって sGRB や Kilonova といった電磁波対応天体の源となり得る。こうしたコンパクト連星合体の、特に合体過程において放出される重力波の波形や、形成される降着円盤の質量、放出される質量を理論的に予想するためには数値相対論によるシミュレーションが必要である。特にブラックホール中性子星連星合体においては、合体時中性子星が潮汐破壊を起こすかが重力波波形や降着円盤質量といった量を大きく左右し、また、中性子星の潮汐破壊の度合いはブラックホールスピン、質量、中性子星の質量、半径 (状態方程式) に依存することが先行研究によって明らかになった。

これまでのブラックホール中性子星連星合体に対する研究はブラックホールスピンの方向と系の軌道角運動量の方向がそろっているものについて主に行われてきた。ブラックホールスピンの方向が系の軌道角運動量の方向からずれている場合、連星の軌道は時空のひきずりの効果により歳差運動を起こすことが知られており、こうしたダイナミクスの変化は重力波波形や降着円盤質量といった量を定性的に変え得る。そこで本研究ではブラックホール中性子星連星の合体過程の、特に今まであまり議論されてこなかったブラックホールスピンの傾きに対する依存性を、中性子星の状態方程式の不定性も考慮して系統的に数値相対論シミュレーションによって調べた。本発表ではその得られた結果と、観測的な影響について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J152a **ガスによる力学的摩擦を考慮した原始銀河ブラックホールの合体過程の研究**

田川寛通 (東京大学), 梅村雅之 (筑波大学), 郷田直輝 (国立天文台), 矢野太平 (国立天文台)

銀河中心には $10^6 \sim 10^9 M_{\text{sun}}$ を持つ大質量ブラックホール (BH) が存在すると考えられているが、その質量の獲得過程や形成過程の正確なところは未だに解明されていない。その起源として初代星残余物の種 BH を仮定した場合、ガスの質量降着だけでは観測されている質量には成長できないと見積もられる。よって、BH の合体を考える意味がある。第一世代天体の頃はガスが豊富で、ガスによる力学的摩擦の効果が有意に効く可能性が先行研究で示唆されている。

一方、BH の合体過程の研究は、3 体より多い数の BH を持つ系の進化は唯一、Tanikawa & Umemura(2014) で行われているが、力学的摩擦は銀河内に存在する恒星から受ける影響のみを考慮している。そこで、複数の BH をもつ系では、BH は寡占的に成長することが明らかになった。今回は、ガスによる力学的摩擦の影響を考慮した、10 体の BH の合体過程の研究を行った。また、サーベイする主なパラメーターは、ガス密度と BH 密度とした。

結果、ガスによる力学的摩擦を取り入れると、100 Myr で 10 個全ての BH が合体するパラメーター領域があることが分かった。これは、Tanikawa & Umemura(2014) の星による力学的摩擦を考慮した場合には 4 ~ 6 個しか合体できなかったという結果と異なるものであり、ガスによる力学的摩擦が初代星残余物の BH の合体を強く促進している可能性を示唆するものといえる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J201a **Probing Relativistic Supernova Explosions with Multi-Band Synchrotron Emission**

仲内大翼（京都大学）、樫山和己（Pennsylvania State University）、長倉洋樹（京都大学）、諏訪雄大（京都大学 & Max-Planck Institute for Astrophysics）、中村卓史（京都大学）

超新星爆発を多波長帯域において多期間観測することは、その爆発機構を探る上で重要である。近年の電波による観測から、通常の超新星で予想されるよりも大きな速度の放出物質の存在を示す超新星が発見された。放出物質の速さがほぼ光速であるので、このような超新星は relativistic supernova (以下 RSN と略記) と呼ばれている。速い放出物質の存在は、RSN が通常の超新星とは異なり、ジェットのような中心エンジン駆動型の爆発である可能性を示唆している。従って RSN は大質量星が起こすガンマ線バーストの起源となる相対論的ジェットの形成機構や中心エンジンの活動を探る上でも重要となる可能性がある。しかし、依然として RSN に伴う速い放出物質に関する観測は不十分であり、今後多波長・多期間にわたった観測が必要と考えられる。そこで本講演では速い放出物質に付随する多波長突発天体を考え、その観測的特徴や観測可能性を議論する。より具体的には、速い放出物質が星周物質に衝突した時に発生する衝撃波により加速された相対論的電子からのシンクロトロン放射を考える。また、多波長・多期間観測により速い放出物質のもつ爆発エネルギーや総質量を推定する方法について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J202a **Swift/BAT を用いた GRB のスペクトルラグの解析**

○ 川久保雄太, 坂本貴紀, 吉田篤正 (青学大理工), Demos Kazanas (GSFC)

ガンマ線バースト (GRB) 本体の特徴として高いエネルギーの光子と低いエネルギーの光子の到来時間が異なるというものがあり、その到来時間の差はスペクトルラグと呼ばれている。GRB はその継続時間から一般的に継続時間が 2 秒以上の Long GRB と 2 秒以下の Short GRB に分類されるが、特に Long GRB について、低いエネルギーの光子が高いエネルギーの光子より遅れて到来することが観測から明らかにされている (Norris et al. 1996)。また GRB の主要なパルスのスペクトルラグ (τ) と等方的放射の光度 (L_{iso}) には $L_{iso} \propto \tau^{-1.1}$ という関係が知られている (Norris et al. 2000)。これまでに 2004 年 9 月から 2009 年 7 月の間に Swift/BAT で観測された赤方偏移の求められている 31 個の GRB に対してスペクトルラグが見積もられ、等方的放射の光度の関係が調べられている (Ukwatta et al. 2009)。本研究では 2009 年 7 月以降に Swift/BAT で観測された赤方偏移の知られている約 40 個の GRB に対して、バースト全体の相互相関関数を計算することによってバーストの主要なパルスのスペクトルラグを求め、スペクトルラグと等方的放射の光度の関係を調査した結果を報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J203a 低光度ガンマ線バーストのジェットモデルと濃い星周物質との相互作用

鈴木昭宏 (京都大学)

ロング・ガンマ線バースト (long GRB) は大質量星の重力崩壊とともに形成される相対論的なジェットが星を貫くことで輝いていると考えられている。近年、通常の long GRB よりもガンマ線光度が小さい GRB (低光度 GRB) が発見されてきており、それらが関心を集めている。このような低光度 GRB は、近傍で起こったイベントしか観測することができないものの、単位体積あたりの発生頻度は通常の GRB のものよりもかなり大きいことが知られている。また、低光度 GRB では、ジェットの継続時間がガンマ線放射の継続時間よりも短いことが示唆され、ジェットが親星を貫通できていないことが考えられる。

そのような状況を踏まえ、ある親星モデルに様々なエネルギー注入率のジェットを注入した 2 次元相対論的流体計算を行なうことで、ジェットが親星を貫通できない場合のエジェクタのダイナミクスを考察した。ジェットが失敗する場合には、mildly relativistic な速度で膨張する球対称に近いエジェクタが形成される。濃い星周物質中で親星が重力崩壊を起こした場合を考え、このエジェクタと星周物質との衝突によるエネルギー散逸でガンマ線放射のエネルギーをまかなうことができるかどうかを考察した。その結果、十分に濃い星周物質を考えた場合には、エジェクタ中に逆行衝撃波が立つことで効率的にエジェクタの力学的エネルギーが内部エネルギーに変換され、ガンマ線放射のエネルギー源となり得ることが分かった。本講演では、計算の結果と考察について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J204a ガンマ線バースト可視残光からの円偏光発見

當真賢二 (東北大理), Wiersema, K. (英レスター大), Covino, S. (INAF) 他 37 名

GRB のバースト放射は相対論的速度のジェット内で生成され、ジェットは外部媒質に相対論的衝撃波を形成する。GRB の残光はジェット内か外部衝撃波で生成されるシンクロトロン放射と考えられている。バースト放射から数時間後の後期残光は、直線偏光度が 1 – 3% 程度と測定されており、シンクロトロン放射機構を支持する。近年では、広島大かなた望遠鏡や英リバプール望遠鏡を用いて、バーストから数分後の早期残光の直線偏光度が調べられている。それにより残光放射領域における磁場の構造が活発に議論されている。

今回、我々は GRB 091018 と GRB 121024A の後期残光について、VLT 望遠鏡を用いて偏光観測を行なった。その結果、GRB 121024A について直線偏光だけでなく円偏光 ($0.61 \pm 0.13\%$) が検出された。GRB から円偏光が検出されたのは初である (Wiersema, Covino, Toma, et al. 2014, Nature, 509, 201)。詳細な分析から、この円偏光は伝播中のダストやプラズマの効果ではなく、GRB ソースにおいて生成されたと考えられる。

通常、シンクロトロン放射している電子はほぼ等方の速度分布を持つと考えられ、その場合には円偏光度は電子のローレンツ因子の逆数程度 ($\sim 10^{-4}$) となり極めて低い。正味の円偏光度は、磁場方向の乱雑さで平均化され、さらに下がる。今回の観測結果はこの従来理論予想を覆すものであり、電子の速度分布が極めて非等方であったことを意味する。相対論的衝撃波研究の新たな方向性を示しているといえるだろう。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J205a 三次元相対論的流体ミュレーションから探る相対論的ジェットからの光球面放射

伊藤裕貴, 松本仁 (理化学研究所), 長瀧重博 (理化学研究所)

継続時間の長いガンマ線バースト (Long GRB) は大質量星の重力崩壊時に生成される相対論的ジェットによって引き起こされていると考えられている。近年、ガンマ線バーストの放射機構を説明するモデルとして有望視されているものの中に、星の外層を突き破ったジェットが光学的に薄くなることによって放たれる放射をガンマ線の起源とする「光球面放射モデル」がある。光球面放射を評価するためには、星の内部を伝搬するジェットの多次元、非定常なダイナミクスを明らかにし、ガンマ線が放たれるまでの輻射輸送計算を行う必要がある。しかしながら、これまでの先行研究はジェットのダイナミクスを定常として単純化し輻射輸送計算を行った研究や、多次元、非定常のダイナミクスはシミュレーションによって扱うが、輻射輸送は解かず放射を評価したものがほとんどである。

そこで本研究では、星の内部を伝搬し外層を突き破るまでのジェットのダイナミクスを三次元特殊相対論的流体シミュレーションによって評価し、その計算結果を背景流体として輻射輸送計算を行うことにより、ジェットからの光球面放射を評価した。本講演では、主に多次元、非定常のジェットのダイナミクスが光度曲線及び放射スペクトルどのように影響するかを紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J206a 乱流電子加速に基づくガンマ線バーストスペクトルの再現

浅野勝晃, 寺澤敏夫 (東大宇宙線研)

ガンマ線バーストのスペクトルは、0.1-1MeV 付近にピークを持つ、broken power-law で近似できる。高エネルギーへのスペクトルの伸びは、非熱的な粒子の生成を示唆しているが、低エネルギーのスペクトルはシンクロトロン放射で予想されるべきよりも hard なものとなっている。逆に低エネルギー成分を熱的なものと考えてしまうと、観測されている低エネルギー光子の分布は Soft すぎる。

上記の問題を解決するものとして、我々は乱流による、Fermi 二次的な粒子加速が継続的に働いているモデルを提唱している。このモデルは低エネルギー側の典型的なスペクトル指数を説明できる一方、高エネルギー側のスペクトルを再現するためには、必ずしも自明では無い仮定を必要としている。本講演では、乱流加速モデルを時間発展シミュレーションに基づいて議論し、拡散係数などの進化がスペクトル、特に高エネルギー側の放射に与える影響を見積り、その結果が示唆する乱流の性質に関して議論したい。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J207a **ガンマ線バーストにおけるパイオン・ミュオンの衝撃波加速と高エネルギーニュートリノスペクトルへの影響**

川中宣太 (東京大学), 井岡邦仁 (高エネルギー加速器研究機構)

最高エネルギー宇宙線の起源として、ガンマ線バーストやにおける相対論的ジェット中の内部衝撃波が有力視されている。このとき、衝撃波加速された陽子は周辺物質や光子と相互作用することにより、二次的にパイオン・ミュオンを生成し、さらにそれらは有限時間内に崩壊してニュートリノを放出する。事実、現在までにIceCubeにより 30 TeV – PeV のエネルギーをもつ宇宙からのニュートリノが観測されており、これらはガンマ線バーストなどの宇宙線加速器が起源である可能性が高い。

ところで、加速された陽子がニュートリノを生成する際の間接生成物であるパイオンおよびミュオンも荷電粒子であり、崩壊する前に衝撃波によって加速されうる。この結果、パイオン・ミュオンのエネルギースペクトルが高エネルギー側でハードになり、したがって生成されるニュートリノフラックスが高エネルギー側で大きくなることが予想される。

我々はガンマ線バーストの内部衝撃波周辺における陽子・パイオン・ミュオンの輸送方程式を解くことにより、これらの粒子が衝撃波においてどのように加速されどのようなスペクトルを示すかを解析的に求め、さらにそこから予測されるニュートリノスペクトルをフレーバーごとに計算した。本講演ではその結果の紹介と、将来の高エネルギーニュートリノ観測に対する予言を行う。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J208a 重力波源としての短時間ガンマ線バーストの発生率

鳥屋子あすか、澤野達哉、米徳大輔 (金沢大学)、中村卓史 (京都大学)、高橋慶太郎 (熊本大学)

ガンマ線バースト (Gamma-Ray Bursts: GRBs) とは、大質量星の崩壊や、中性子星連星の衝突・合体により、短時間に 10^{52} erg ものエネルギーをガンマ線放射として解放する宇宙最大の爆発現象である。その中でも2秒以内でエネルギーの放出を終える Short Gamma-Ray Bursts (SGRBs) は中性子星連星が衝突したときに発生すると考えられており、重力波発生源の有力な候補天体である。また、重力波の観測は実現していないが、2018年頃からの重力波観測装置の稼働に向けて KAGRA、Advanced-LIGO、Advanced-VIRGO などの建設が進んでいる。

本研究では重力波の本格的な観測に先がけて、重力波発生源としての SGRB の発生率について発表する。Tsutsui et al. (2013) により、SGRB のガンマ線スペクトルと光度の間に E_{peak} -光度関係が成立することが分かっている。これを利用し、コンプトン衛星の BATSE 検出器で観測された SGRB の赤方偏移 (距離) と光度 を推定した。ここで得られた赤方偏移分布から SGRB の発生率を求めたところ、近傍における SGRB の発生率は 6.3×10^{-10} events Mpc $^{-3}$ yr $^{-1}$ と予想した。さらに、ジェットの幾何学補正を行った場合、重力波観測施設がターゲットとしている 300 Mpc 以内においては少なくとも年間 ~ 3.8 events 以上の重力波が検出されると予想している (Yonetoku et al. 2014)。もし、中性子星とブラックホールの合体によるものならば観測範囲は大きくなり、年間 ~ 146 events 程度と考えられる。現在、フェルミ衛星の GBM 検出器の観測データに対しても同様の解析を進めており、先の結果と合わせてより精度の高い推定を行う予定である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J209a 中性子星連星合体の残光放射と加速電子の時間発展シミュレーション

杜驍, 浅野勝晃, 寺澤敏夫 (東京大学)

重力波観測においてもっとも確実視されているターゲットの一つが中性子星連星合体 (Neutron Star Binary Merger, NSBM) である。2017年までに観測を開始する LCGT と LIGO、VIRGO は全天で一年に一回程度の頻度で NSBM 信号が受かると期待されている。しかし、重力波観測には、低 S/N 比、理論的波形テンプレートの信頼性、低位置決定精度などの問題点があり、重力波のみで NSBM であると同定するのは難しい。そこで、NSBM の電磁波対応天体を観測しフォローアップすることが必要となる。NSBM の対応天体として有力なものの一つが残光放射であり、予めその理論的詳細を知ることは極めて重要な課題である。

ここで、残光放射は超新星残骸やガンマ線バーストのモデルを参考に以下のように考えられている。爆発的に放出された質量が周辺媒質と衝突して衝撃波を形成し、その波面にて粒子加速と磁場増幅が行われる。被加速粒子は Synchrotron 放射過程、IC 散乱過程でもって電波～ 線領域放射を行う。しかし、NSBM の残光の先行研究において、(1) 爆風の運動は非相対論的極限の解析解 (Sedov-Taylor 解) のみを用いている (2) 電子のエネルギー分布を波面直後の量で決まると単純化し放射などによる被加速電子分布の時間発展を解いていないなどの問題点が挙げられる。そこで、我々は一様シェル近似のもと、エネルギー保存則より非相対論的から相対論的速度までの全速度域の爆風の運動を解くとともに、被加速電子分布の時間発展を追跡する計算コードを作成した。本講演ではそのコードに基づいた NSBM 残光のシミュレーション結果を紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J210a 巨新星の光度曲線

木坂将大, 高見一, 井岡邦仁 (KEK 素核研)

中性子星連星の合体の際には、強い重力波が放出される。この現象は、次世代重力波望遠鏡での直接検出が最も期待されている天体現象の一つとして注目されている。中性子星連星合体という天体現象からより多くの情報を引き出すため、また位置決定精度の向上のため電磁波としてどのような振る舞いをするのかを調べることは重要である。これまで、ショートガンマ線バースト、また合体後に放出される物質からの放射 (巨新星, Macronova) などが電磁波対応天体として考えられている。実際、昨年ショートガンマ線バースト GRB130603B に付随する巨新星が起源と考えられる赤外線増光が検出され、活発に議論が行われている。

巨新星の起源となる物質の加熱源として、 r プロセス元素の崩壊熱が主に議論されている。しかし、合体後に形成される中心天体の活動性に起因する加熱も考えられる。もしこのような成分が検出されれば、ショートガンマ線バーストとは独立な情報として中心天体の活動性を明らかにできる可能性がある。そこで今回、我々は合体後に形成される中心天体の活動性に起因する衝撃波の伝播による加熱の可能性を考慮してモデル化を行い、観測される光度曲線の計算を行った。そして、現状の観測データから得られる放出物質の質量、速度や合体後に形成する中心天体の活動性に制限を与えた。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J211a 遅い古典新星の光度曲線とその絶対等級

蜂巢泉 (東京大学総合文化), 加藤万里子 (慶応大学)

古典新星は、連星系中の白色矮星の表面でおこる水素の不安定核融合反応により引き起こされる現象である。核反応による急激な熱の放出のため、水素外層が大きく膨張し、光球面が赤色巨星サイズまで膨らむので、可視光で明るく輝く新星となる。水素外層は大きく膨らむと同時に、激しい質量放出を起こす。放出されたガスは、光球面から外へ出て行くが、極大以降の光度は、この光球面の外に分布する光学的に薄いプラズマからの自由-自由遷移光 (free-free emission) による寄与が大きい。これまで私たちはこの仮定をもとに古典新星の光度曲線の大まかな性質 (古典新星の普遍的減光則) を説明してきた。今回は遅い新星 (slow novae) の光度曲線とその絶対光度について詳しく調べたので、その結果を報告する。

自由-自由遷移光の強度は、新星の質量放出率に依存する。放出率が大きい程、プラズマの密度が高くなり、光度は上がる。遅い新星は、速い新星 (fast novae) に比べ、質量放出率は小さい。そのため自由-自由遷移光の強度は小さくなり、相対的に光球面からの放射も重要になる。このため、自由-自由遷移光だけから計算される普遍的減光則の光度曲線と、観測される光度曲線はかなりずれる。今回、いくつかの遅い新星について光度曲線を詳しく調べた結果、遅い新星ほど、光球面からの放射が重要で無視できなくなるため、両者を等しく考慮に入れることが必要となることがわかった。要約すると、非常に遅い新星では、普遍的減光則に基づく、極大光度-減衰率関係 (Maximum Magnitude vs. Rate of Decline relation) が成り立たなくなる。今回は、光球面からの放射と自由-自由遷移光の両者を等しく考慮して求めた、PW Vul, V705 Cas, GQ Mus, HR Del, V723 Cas, V5558 Sgr の6個の新星の光度曲線解析についてまとめて報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J212a 新星の最短周期

加藤 万里子 (慶応大学)、斉尾英行 (東北大)、蜂巢 泉 (東大総合文化)、野本憲一 (東大 IPMU)

新星は、白色矮星の表面につもった水素ガスがとつぜん核融合燃焼を起こして急に明るくなる現象である。新星爆発がおきると水素外層は大きくふくれ、質量放出を起こす。このときガスは、光球面の外ではなく、光球面からかなり内側で加速される。温度が約 20 万度のところに鉄による opacity の大きなピークがあるため、そこで光が流れにくくなり、ガスを外向きに加速する。

新星は相手の星からガスが定常的に降着する限り、周期的に起こる現象である。その周期は伴星からの質量降着率と白色矮星の質量で決まる。質量降着率が大きいほど、白色矮星の内部が降着した物質の重力エネルギーの解放によってより効率的に暖められ、より少ない降着量で水素の不安定核燃焼が起こるので周期は短い。また白色矮星の質量が大きいほど半径が小さく、同じ降着率でもガスの降着による重力エネルギー発生が大きいため、より少ない降着量で爆発がはじまる。

昨年、アンドロメダ銀河に周期が 1 年の回帰新星 (M31N 2008-12a) が検出された。この天体は少なくとも 6 回は周期的に爆発したことが過去の記録から判明した。可視光の暗いピーク (1.8 等に達しない) のあとで、超軟 X 線の時期が続き、X 線が暗くなったのは可視光の発見から 19 日後であった。この天体の周期 1 年は U Sco の周期 8 年より、はるかに短いため、白色矮星の質量はチャンドラセカール質量限界に近いと考えられる。そこで私たちは新星の周期がどこまで短くなるかを計算した。白色矮星が回転していないという仮定のもとで、周期が 1 年になるのは、 $1.35 M_{\odot}$ で降着率が $2.5 \times 10^{-7} M_{\odot}/\text{yr}$ の場合、あるいは $1.38 M_{\odot}$ で $1.8 \times 10^{-7} M_{\odot}/\text{yr}$ の場合などである。最も短い周期は $1.38 M_{\odot}$ で約 2 ヶ月となった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J213a 共生星 R Aquarii の 1073/1074 年新星爆発に対する地質学的痕跡

田邊健茲 (岡山理科大), 望月優子 (理研)

R Aquarii (みずがめ座 R 星) は、共生星に分類されているが、謎に満ちた天体である。この星は通常ミラ型変光星としての変光 (6 等 ~ 12 等; 周期約 387 日) を示すが、それだけでなく激変星としての性質も併せ持っていると思定される。すなわちこの星は分光観測より白色矮星と M 型巨星の連星系であると考えられるが、軌道周期は確立していない。ただし、きわめて離心率の大きな楕円軌道を回っていると推定される。この星には過去に何回も爆発を起こしたらしく、edge-on の星雲状の広がりが観測されているが、視線速度からこれは約 100 年前の爆発に伴うものと考えられる。

興味深いことは、1073 年と翌 1074 年に大きな増光を示したことが朝鮮半島の天文学者によって克明に記録されていることである。その位置は明瞭に R Aquarii のものであるのみならず、0 等より明るくなったと解釈できる。言い換えれば新星爆発を起こしたと推定される。

ところで 2001 年に南極大陸内陸の日本の基地「ドームふじ」(高度 3810m) で掘削されたアイスコア中に、この 1073 年と 1074 年の爆発の痕跡の可能性のある硝酸イオンのピーク (スパイク) が見つかっている。本講演では、アイスコアの絶対年代の不定性の範囲内で、この硝酸イオンスパイクが R Aquarii の新星爆発と対応しているかどうかについて議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J214a 変形した円盤での波と波との共鳴励起－磁場が存在する場合－

加藤正二(京大OB)

本講演タイトルの課題に関しては、すでに論文として結果を公表しているが学会では報告していないので、ここで報告する。

外力によって、振動数, ω_D , 経度方向波数, m_D , の変形を受けている円盤を考える。この円盤上に、振動数 ω_1 , 波数 m_1 の捕獲振動 1 と振動数 ω_2 , 波数 m_2 の捕獲振動 2 があり、振動数と波数との間に、 $\omega_1 + \omega_2 + \omega_D = 0$, $m_1 + m_2 + m_D = 0$ の共鳴条件が成り立っているとす。 (これ以外にも垂直方向の波数に関する条件があるがここでは省略する。) 上記の場合、円盤の変形を通して、振動 1 と振動 2 の間にはエネルギーの相互作用があることは容易に想像できることであるが、どのような条件の場合に、振動 1 と振動 2 が同時に増幅されるかという問題を考える。

磁場を持たない円盤の場合、この条件は非常に簡単な形、 $(E_1/\omega_1)(E_2/\omega_2) > 0$ と書けることを前に示した。ここで、 E_1, E_2 は、波 1、波 2 が持つ全エネルギーであり、その符号は波が、共回転半径の内側にあれば負、外側にあれば正である。

綺麗な形で条件が書けるので、磁場が存在する場合でも一般的に成り立つのではないかと考え調べてみた。結果はその通りで、磁場がある円盤上での MHD 波が増幅される条件は上記と変わらないことが分かった。ただし、 E_1, E_2 は磁場の擾乱も含んだ波全体が持つエネルギーである。証明には、線形安定性の場合と違って、2 次の微小量まで計算する必要があるので、磁場がある場合はかなり複雑である。なお、全体積に渡る積分量の計算では、部分積分を使って、表面積分の部分は無視できるとの仮定が含まれている。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J215a 成長過程の superhump を用いた AM CVn 型激変星の質量比の初の推定

磯貝桂介 (京都大学)

AM CVn 型激変星の連星の質量比はこれまで推定が不可能であった。今回、理論的な推定方法が確立されたことを受け、初めて AM CVn 型の質量比を推定することが出来た。質量比を知ることは、連星の進化モデルを検証する上で非常に重要な意味を持つ。

激変星は白色矮星を主星に持つ近接連星系であり、軌道周期は数時間と非常に短い。その1つ AM CVn 型の特徴は、水素スペクトル線の欠乏と、普通の激変星よりも更に短い1時間未満の軌道周期である。また、伴星はヘリウム白色矮星であると考えられている。激変星では伴星から主星へと質量輸送が行われており、主星の周りには降着円盤と呼ばれる円盤状のガスが形成されている。降着円盤から主星への質量降着が原因で、激変星は outburst と呼ばれる突発的な可視の発光現象を示す。大規模なものは superoutburst と呼ばれ、このとき、同時に superhump という現象を起こす。superoutburst が最大で数等級の増光をして1~2週間続くのに対し、superhump は軌道周期(1時間程度)よりも数% 長い周期で0.3~0.5等の光度変動を行う。superhump は連星の潮汐力が降着円盤に作用して引き起こす現象だと考えられている。そのため、superhump の周期は連星の質量比の関数となっている。これまでも superhump の周期から質量比を求める方法はあったが経験式であった。近年、superhump の中でも周期の変動があることが分かり、比較的周期の長い、成長過程の superhump を使うことで質量比を理論的に求める方法が確立された。今回、激変星 CR Boo の観測を通じて、AM CVn 型としては初めて成長過程の superhump を観測することに成功した。その結果、得られた質量比は激変星の進化モデルから予測される結果となった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J216a 強磁場激変星 V1223 Sgr の鉄 $K\alpha$ 輝線構造の時間変動解析

湯浅孝行 (理研), 林多佳由, 石田学 (JAXA), 寺田幸功 (埼玉大)

強磁場激変星は、 10^{5-9} G 程度の磁場をもつ白色矮星に伴星からの質量降着が生じている系である。磁力線に沿ってほぼ自由落下した降着ガスは、表面から数十数百 km 上空で生じる定在衝撃波によって熱化され (Aizu 1973 他)、10 キロ電子ボルト以上の高温プラズマが生成される。このプラズマは主に X 線放射で冷却しながら白色矮星に落下するため、観測的には重元素輝線を伴う多温度の熱的放射のスペクトルを示す。われわれは、これまで X 線スペクトル解析から強磁場激変星における質量降着やプラズマ加熱・冷却メカニズムの解明、白色矮星質量の推定を目指して「すざく」X 線衛星のデータを解析し、結果を報告してきた (Yuasa et al. 2010, Hayashi et al. 2011, Hayashi and Ishida 2013, 2014)。

われわれは今回、降着ジオメトリの理解と白色矮星質量の推定精度向上を目的として、X 線硬 X 線帯域で最も明るい強磁場激変星である V1223 Sgr について、「すざく」による長時間観測を実施した (2014 年 3-4 月、計 180 ks)。本講演では、2007 年の 60 ks の観測データとあわせて高光子統計データを用いて、スピン位相ごとのスペクトル解析から「白色矮星表面や衝撃波通過前の冷たいガスによる X 線反射で生じる鉄蛍光輝線 (6.4 キロ電子ボルト)」と「高温プラズマから放射される高階電離した鉄の K 輝線 (6.7, 6.9 keV)」の強度変動を報告するとともに、時間変動から予想される降着ガスのジオメトリと降着ガス内での共鳴散乱による輻射輸送過程 (Terada et al. 2001 他) について議論する。さらに、今回の結果を反映し、次期 X 線観測衛星 ASTRO-H (2015 年打上) による高エネルギー分解能観測で降着ガスの密度分布・温度分布・白色矮星質量の測定精度を向上させるために必要な、X 線放射スペクトルモデルのアップデートについても報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J217b 特異な新星 MAXI J0158-744 の形成過程について

衣川 智弥 (京大) 森井 幹雄 (理研)

全天X線監視装置「MAXI」によって、2011年11月11日、軟X線突発天体 MAXI J0158-744 が発見された。この天体はSwift衛星と可視光追観測によって新星爆発であることがわかっている。可視光対応天体は重い($\sim 10M_{\odot}$)Be星であり、非常に珍しいWD-Be連星であることが分かった (Li et al. 2012, ApJ, 761, 99; Morii et al. 2013, ApJ, 779, 118)。WD-Be連星は連星相互作用による質量交換によってできると考えられていたが、先行研究では軽いBe星($< 10M_{\odot}$)について注目しており (Raguzova, 2001, A&A, 367, 848)、今回のような非常に重いWD-Be連星については形成過程があまりわかっていなかった。本研究では、このような特異なWD-Be星の形成過程について連星進化計算を行った。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J218b 新星爆発時に発生する X 線突発現象の探索

森井 幹雄, 三原 建弘, 松岡 勝 (理化学研究所), 山岡 均 (九大理) ほか MAXI グループ

全天 X 線監視装置「MAXI」は、全天の X 線突発現象の発見に威力を発揮している。2011 年 11 月には、新種の軟 X 突発天体「MAXI J0158-744」を発見し、これがチャンドラセカール限界に近い重量級白色矮星の表面上で発生した新星爆発の点火現象であることを示した (Morii et al. 2013, ApJ, 779, 118; Ohtani, Morii, & Shigeyama 2014, ApJ, 787, 165)。この天体現象は新星爆発の一種ではあるものの、可視光の増光がわずか 1 等級程度であり、新星爆発としては型破りな現象であった。しかし、通常の質量を持った白色矮星の場合にも、新星爆発の点火の瞬間にエディントン光度を超える明るい突発的放射が紫外線の領域で放出されることは予測されており、さらに、質量が大きいほど、より高温で、より明るい放射になる傾向があることも予測されていた。つまり、可視光で発見される通常の新星爆発でも、白色矮星の質量が大きければ、点火の瞬間に発生する軟 X 線突発現象が検出される可能性がある。

このような可能性については、MAXI J0158-744 の発見以前より認識しており 2009–2011 年の間に発生した古典新星 19 例中、13 例について 1.5 時間ピンで光度曲線 (1.5 - 4 keV) を作成し探索を行ない、上限値を得ている (島ノ江、他、天文学会 2011 年秋)。今回は、混み入った領域についても探索を行う。そのために、MAXI/GSC の Point Spread Function を用いたイメージフィットを用いた光度曲線を作成するプログラムを開発した。これを用いて、先行研究では判別が難しかった事例についての再調査と、2011 年以降に発生した古典新星についての探索を行う。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J219c 複雑な光度変化を示す新星 Nova Cygni 2014 の測光及び分光観測

今村和義 (岡山天文博物館/岡山理科大), 赤澤秀彦, 田邊健茲 (岡山理科大), 前原裕之 (東京大学)

新星は激変星の一種であり、白色矮星表面での核爆発によって突如大きな増光を示す。極大光度に達した後は、早いもので数ヶ月、遅いもので十数年かけて概ね冪乗則に従って元の光度に減光していく。しかし減光期には再増光や短時間変動など多様な光度変化を示す事例があり、中には理論的に説明されていない現象もある。このような背景をもとに、我々は機動性の高い観測装置を用いて、博物学的な視点に立って新星の特性を個々に明らかにすることで、将来的に現象の共通点を見出すことを研究の目的としている。

Nova Cyg 2014 は 2014 年 3 月 31 日に九州の西山浩一氏と椋島富士夫氏たちが約 10.9 等 (C) で発見した新星である。我々はこの発見報告を受け、船穂天文台 (岡山県) において可視測光 (Rc) ならびに分光観測 ($R \approx 400$)、加えて木曾観測所の Kiso Wide-field Survey で多色測光 (V, Ic) を行った。その結果、発見から数日後の 4 月 9 日には極大光度 ($V \sim 9.3$ 等) に達し、4 月 11 日には約 10.7 等 (V) まで暗くなるという急激な減光が見られた。ところがその後、十数日かけて再び約 10.1 等 (V) にまで明るくなり、日毎に 0.2~0.3 等の増減光を繰り返して複雑な光度変化を示した。増光から約 3ヶ月経過した 6 月現在も 10~11 等台を推移している。さらに減光初期となる 4 月の 14、23、24、25 日には約 0.1 等の短時間変動が検出された。一方でスペクトルにはバルマー線をはじめ、鉄や酸素などの輝線や P Cygni 輪郭を伴うラインが見られた。膨張速度を計算すると 4~5 月の期間では 1,300 ~ 1,400 km/s となり、発見直後 (極大前) の報告と比べると (CBET 3842)、およそ 2 倍以上にまで増大していた。本発表ではこれらの観測成果ならびにこの天体の特性について報告・議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J220b Swift BAT からの GCN notice を利用した short GRB 早期推定法

松林和也, 太田耕司 (京都大学), 河合誠之 (東京工業大学)

重力波天文台の建設が進んでおり、数年以内に重力波が検出されようとしている。我々は、重力波源の可視対応天体の早期分光観測を行うべく、面分光装置開発を行っている。重力波源の有力候補として、ショートガンマ線バースト (以下 sGRB) があげられる。sGRB は、中性子星-中性子星の合体によるものと考えられているが、まだ謎の多い天体である。重力波望遠鏡によって重力波が検出されても、その可視対応天体の同定には時間がかかると予想されるため、重力波検出を待つことなく sGRB の可視残光の早期分光観測を行うことが望ましい。仮に重力波源ではない sGRB であっても、これまで sGRB の可視残光のスペクトルは得られていないので、そのスペクトル取得の意義は極めて大きい。

sGRB 残光の可視スペクトルを早期に取得するためには、GRB 監視衛星からのアラートが届いたら、極力早く分光観測を開始することが望ましい。ところが、GRB のほとんどは long GRB である。従って、全ての GRB アラートに対して ToO 観測を行うことは、共同利用を行っているような望遠鏡を利用する場合、現実的ではない。また GRB が long か short かの判定には時間がかかるため、それを待っているわけにもいかない。

そこで我々は、早期アラートに含まれる情報を用いて、short GRB を選ぶ方法がないか検討した。2009–2013 年のアーカイブを使い、Swift からの GCN notice に含まれる情報のうち、TRIGGER_DURATION の値が小さいものほど sGRB である確率が高いことが分かった。TRIGGER_DURATION が 0.256 秒より短いものに限定すれば、53GRBs のうち sGRB の割合は 43% と大きい。逆に、sGRB 全体に占める割合は 77% にもなる。観測可能な GRB の出現頻度も考えるとこの位の threshold を使うと現実的で効率的な ToO 観測が可能であると考えられる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

J221c 超相対論的流体中の衝撃波における輻射輸送シミュレーション手法の検証

石井 彩子 (東北大学), 大西 直文 (東北大学), 長倉 洋樹 (京都大学), 伊藤 裕貴 (理化学研究所), 山田 章一 (早稲田大学)

宇宙最大級の爆発現象であるガンマ線バースト (GRB) は, 大質量天体周辺で形成される相対論的ジェットに付随して生じていると考えられている. 流速がローレンツファクター $\Gamma = 100$ を超えるような超相対論的なジェット中では, 相対論的電子と光子が衝突し逆コンプトン散乱を起こすことによって高エネルギー光子が生成される可能性がある. よって, ジェットを起源として GRB が形成される可能性を検証するには, 相対論的流速で運動する物質中の電子と光子の衝突を適切に評価する必要があり, これは相対論的流体と輻射輸送のカップリング計算を行うことにより実現されると考えられる. しかしカップリング計算を行うにあたって, 背景場が相対論的流体である場合, 放射, 吸収, 散乱などを評価する共動系と, 流体計算における慣性系の間の変換を矛盾なく取り扱える計算手法については十分に検討されていない.

我々は, 輻射輸送計算手法としてモンテカルロ法を用い, 相対論的流体場とのカップリングを想定し, 異なる慣性系間で同等の結果が得られる計算手法を構築してきた. 相対論的ランキン-ユゴニオの関係式を用いて, 同等な衝撃波について衝撃波が静止する系と動く系を考え, 各系においてトムソン散乱およびコンプトン散乱を考慮し, 散乱優位な流体場を想定して, 3次元モンテカルロ計算を行った. 計算から得られた光子の方向分布やスペクトルの結果を同一の系へと変換し, 比較検討を行った. その結果, 適切な計算条件を選ぶことにより, 異なる慣性系で計算した結果であっても同一の系への変換によって一致することが検証できた. また, 実際に相対論的流体計算とカップリングする際に, 信頼性の高い計算結果を得るために必要な時間幅や空間分解能について議論する.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

【K. 超新星爆発】

9月13日(土) 午前(09:30-11:54) [I会場]

K01a	09:30	大質量連星系内での超新星爆発が伴星に与える影響とそのパラメータ依存性 平井遼介(早稲田大学)
K02a	09:42	連星白色矮星の合体に伴う星周物質の形成 谷川 衝(理化学研究所)
K03c		白色矮星連星の合体と構造 佐藤裕史(東京大学)
K04a	09:54	近傍銀河 M82 に現れた赤化の大きな Ia 型超新星 SN 2014J の偏光特性 川端弘治(広島大学)
K05a	10:06	暗い IIP 型超新星の観測的性質と相関関係について 増本一成(大阪教育大学)
K06a	10:18	ショックブレイクアウトが見られた IIb 型超新星 SN 2013df の後期観測 川端美穂(広島大学)
K07a	10:30	カムランドにおける超新星前兆ニュートリノの検出可能性 石徹白晃治(東北大学)
K08a	10:42	超新星爆発からの重力波とニュートリノの同時観測 端山和大(大阪市立大学)
K09a	10:54	銀河の金属量進化を考慮した超新星背景ニュートリノのスペクトル予測 持田恵里(東京理科大学)
K10a	11:06	数値計算で探る重力崩壊型超新星の系統的性質 中村 航(早稲田大学)
K11a	11:18	重力崩壊型超新星爆発と流体力学的不安定性に与える回転の影響 岩上わかな(京都大学)
K12a	11:30	磁気回転不安定増幅磁場に助けられるニュートリノ加熱爆発 澤井秀朋(高度情報科学技術研究機構/早稲田大学)
K13a	11:42	多次元ニュートリノボルツマン流体コード開発 長倉洋樹(京都大学)
K14c		collapsar の降着円盤からの磁気粘性アウトフローにおける r-process 福田遼平(九州大学)

K01a 大質量連星系内での超新星爆発が伴星に与える影響とそのパラメータ依存性

平井遼介、澤井秀朋、山田章一 (早稲田大学)

$10M_{\odot}$ を超えるような大質量星はその 80 % が連星系を組んでいることが観測から知られている。重力崩壊型超新星爆発はそのような大質量星が進化の最期に起こすとされているため、その大半が連星系内で起きているはずである。近年は実際に爆発直前の親星の直接撮像などから連星系内で超新星が起きていることが直接裏付けられつつある。このようなことから、超新星爆発が伴星へ与える影響を知ることが重要となってきた。爆風が伴星から質量を剥ぎ取り、運動量を与えることでその後の系の生存や発展が変わる可能性もあり、X線連星や中性子星連星などの天体形成にも影響が与えられると考えられる。我々は連星進化コードを用いて親星モデルを構築し、その主星が爆発したときに伴星へ与える影響を流体数値シミュレーションにより探った。具体的には剥ぎ取れた質量、与えられる運動量などを計算した。本発表ではその結果及びパラメータ依存性を紹介し、質量の剥ぎ取りに関わる物理的なプロセスを明らかにする。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

K02a 連星白色矮星の合体に伴う星周物質の形成

谷川衝 (理化学研究所), 中里直人 (会津大学), 佐藤裕史, 野本憲一 (東京大学), 前田啓一 (京都大学), 蜂巢泉 (東京大学)

Ia型超新星は炭素酸素からなる白色矮星 (COWD) の爆発である。しかし、その爆発の引き金が、主系列星や赤色巨星からの質量降着 (SD シナリオ) か、別の COWD との合体 (DD シナリオ) か、決着がついていない。この決着をつける有力な手段の1つが、超新星による放出物 (爆発放出物) と星周物質の相互作用を観測することである。DD シナリオにおける星周物質候補の1つは、COWD の合体中に大きな運動エネルギーを得て、系の重力的束縛を振り切った物質である。この物質を、以下では、合体放出物と呼ぶ。

Raskin & Kasen (2013) は、SPH シミュレーションを用いて、合体放出物の性質を調べ、爆発放出物との相互作用について議論した。彼らが調べたのは、質量 $0.9M_{\odot}$ と $0.6M_{\odot}$ の連星 COWD である。この連星は質量比が1に比べて小さく、比較的穏やかな合体をする。我々は、同じく SPH シミュレーションを用いて、質量 $1.1M_{\odot}$ と $1.0M_{\odot}$ からなる連星 COWD からの合体放出物を調べた。この連星は質量比が1に近く、激しい合体をするため、彼らの合体放出物とは異なる性質を示すだろうと我々は予想した。

我々のシミュレーション結果によれば、この連星 COWD の合体中に、超新星爆発開始の必要条件を満たす時刻がいくつか存在する。それぞれの時刻での合体放出物の性質は全く異なるものであった。爆発放出物と合体放出物の相互作用観測は DD シナリオにおける爆発モデルに制限をつけられるかもしれない。また、合体後、しばらくは超新星爆発を起こさない場合や、そもそも超新星爆発を起こさない場合、合体放出物と星間物質がどのように相互作用するかについても議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

K03c 白色矮星連星の合体と構造

佐藤裕史, 蜂巢泉, 野本憲一 (東京大学), 中里直人 (会津大学), 谷川衝 (理化学研究所), 前田啓一 (京都大学)

我々の銀河系には、多くの近接白色矮星連星系が存在する。そして、そのうちのある割合の系は、重力波の放出などによって宇宙時間内に合体し、特異な天体の形成や、何らかの突発現象を引き起こすと考えられている。特に、合計質量がチャンドラセカール限界を越えるような系の合体は、Ia型超新星の親星候補の一つと見なされている。しかし、系の合体やその後に形成される天体の進化については、未だ明らかになっていない点も多い。我々はこれまで、3次元のSPHコードを用いて白色矮星連星の合体をシミュレーションし、Ia型超新星の親星としての可能性を検証してきた。白色矮星連星の合体がIa型超新星に至る経路としては、合体時の激しい降着で主星表面付近で点火する Violent merger (Pakmor et al. 2010) と、合体後主星へ伴星物質が降り積もっていき、中心で点火する Long-lived merger (Shen et al. 2012) が考えられる。我々の計算結果では、 $0.9M_{\odot}$ 以上の重い白色矮星同士の合体以外では、Long-lived merger が主要な経路になることが示唆された。しかし系が実際にこの経路をとってIa型超新星に至るかは、合体後の系の進化を追わなければ分からない。そして進化を追うためには、初期条件となる合体後の系の構造が非常に重要になってくる。そこで我々はこれまでのシミュレーションの結果を用いて、合体後の系の密度や温度、角速度分布などから構造を解析した。また、構造の質量比や合体前の初期条件に対する変化も検証した。本発表では、その検証結果のまとめとともに、その後系が進むと思われる進化経路についても議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

K04a 近傍銀河 M82 に現れた赤化の大きな Ia 型超新星 SN 2014J の偏光特性

川端弘治、秋田谷洋（広島大）、山中雅之（甲南大）、伊藤亮介、森谷友由希、宇井崇紘、川端美穂、森健彰、高木勝俊、上野一誠（広島大）、前田啓一、野上大作（京都大）、野本憲一、鈴木尚孝（東京大）、田中雅臣（国立天文台）、千代延真吾、原尾達也、松井理紗子、宮本久嗣、永江修、大橋佑馬、大杉節、小松智之、先本清志、佐藤久之、田中祐行、浦野剛志、吉田道利、胡田奈那、深沢泰司、神田優花、高田紘司、中岡竜也、植村誠（広島大）、笹田真人（京都大）、中屋秀彦、山下卓也、福井暁彦、泉浦秀行、黒田大介、柳澤顕史（国立天文台）、中島亜紗美（名古屋市科学館）、新井彰、本田敏志（兵庫県立大学）、橋本修（県立ぐんま天文台）、河合誠之（東工大）、松本桂、増本一成（大阪教育大）

我々は近傍銀河 M82 に出現した Ia 型超新星 SN 2014J に対して可視近赤外域の偏光観測を行い、(1) B バンドで 4.8% に達する大きな偏光、(2) 波長が長くなるにつれ偏光度が急速に減少、(3) 偏光方位角は波長によらずほぼ 40° で一定、(4) 発見当初の 1 月 22 日から 3 月 7 日まで偏光特性はほぼ一定、などの特徴を見出した。これらより、観測された偏光の大部分は M82 内の星間偏光起源であると考えられる。先行研究により吸収の波長依存性を表す R_V 値 ($=A_V/E_{B-V}$) が小さいことも判っており、それは (1) 及び (2) と共に天の川銀河における経験則 ($R_V \sim 5.6\lambda_{\max}(\mu\text{m})$) をほぼ満たすが、偏光度のピーク波長 λ_{\max} とピークの幅との関係は、天の川銀河の星間偏光とは相容れないことから、M82 の星間ダストは質的な違いを有すると示唆される。小さい R_V は Ia 型超新星で広く見受けられることや、SN 2014J の偏光特性は大きい赤化を受けた Ia 型超新星で過去に偏光観測がなされた 2 例とよく似ていることから、特異な偏光特性は Ia 型超新星 (の宿主銀河) に共通している可能性がある。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

K05a 暗いIIP型超新星の観測的性質と相関関係について

増本一成、西野大史、松本桂 (大阪教育大学)、山中雅之 (甲南大学)、前田啓一 (京都大学)、上野一誠、高木勝俊、森健彰、川端美穂、伊藤亮介、森谷友由希、川端弘治 (広島大学)

暗いIIP型超新星はその観測例が依然として希少であるために、その観測諸量については不明瞭な点が多い。我々は、大阪教育大学 51cm 反射望遠鏡及び広島大学 1.5m かなた望遠鏡を用いて、やや暗いIIP型超新星 SN 2013bu の可視測光分光観測を実施し、観測的特徴を明らかにした (増本他 2014 年春季年会)。しかしながら、極大光度がやや暗いことと、plateau 期の長さや光度、膨張速度及び ^{56}Ni の生成量との関係性についてはよく分かっていなかった。そこで我々は、先行研究から IIP 型超新星の I バンドにおける光度曲線のサンプルを集約し、これらの相関関係についての調査を、特に SN 2013bu のような暗い光度の超新星に焦点を当てて行った。本研究において、plateau 期の長さを Anderson et al. 2014 で提唱されている定義に従って独自に求め直し、その時の光度を plateau 光度として、相関を調査した。我々はまず、先行研究において示されている plateau 光度と tail 光度の経験的な相関関係が I バンドにおいても成り立っていることを確かめた。その一方で、tail 光度に対しては plateau 期の長さは相関しないことを明らかにした。先行研究においては、暗いIIP型超新星は長い plateau 期を持つことが指摘されていたが、少なくとも今回新たにサンプルとして加えた SN 2013bu は、他と比べると非常に短い plateau を持つことが分かった。本講演においては、SN 2013bu の爆発エネルギーやエジェクタの質量に考察を加え、IIP 型超新星の中での SN 2013bu の位置づけを明らかにするとともに、短い plateau 期の要因についての議論を行う。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

K06a ショックブレイクアウトが見られた IIb 型超新星 SN 2013df の後期観測

川端美穂, 川端弘治, 高木勝俊 (広島大学), 山中雅之 (甲南大学), 前田啓一 (京都大学), 松本桂, 増本一成 (大阪教育大学), 服部堯 (国立天文台), 上野一誠, 森健彰, 伊藤亮介, 森谷友由希 (広島大学)

IIb 型超新星は、初期のスペクトル中で水素とヘリウムの吸収線が見られる、外層剥ぎ取り型の超新星である。剥ぎ取られつつある外層は親星の質量や、形態及び進化段階に関係すると考えられるが、不明瞭な点が多い。SN 2013df は親星が過去画像によって同定された希少な天体であり、さらに過去 3 例のいずれとも異なる特徴を示した。我々は発見直後から、広島大学 1.5m かなた望遠鏡及び、大阪教育大学 51cm 反射望遠鏡で測光分光観測を行い、ショックブレイクアウトからの減光を捕らえることに成功した。ショックブレイクアウトの光度と親星半径に依存するモデルと比較することが可能となり、その結果、このモデルだけでは光度曲線を再現することは難しいことが分かった (2014 年春季年会 K03a)。

さらに、親星の形態に制限を与えるべく、後期観測を実施した。後期になると、外層が十分に希薄になるため、より内側の構造を見ることができ、初期観測から得られた親星の半径と合わせた議論が可能となる。極大から約 180 日後にすばる望遠鏡によって分光観測が行われ、後期スペクトルによく見られる $[\text{Ca II}]\lambda 7291, 7323$ 、 Ca II IR triplet や複数の速度構造を持つ $[\text{O I}]\lambda 6300, 6363$ の輝線が見られた。酸素は元の親星の不燃物質であり、その質量がコアの質量に大きく依存するため、後期スペクトルでは酸素とカルシウムの比から親星のコア質量を推定することができる。SN 2013df は他の IIb 型超新星よりも $[\text{Ca II}]\lambda 7291, 7323$ に比べて $[\text{O I}]\lambda 6300, 6363$ が弱いという特徴を示した。 $[\text{O I}]\lambda 6300, 6363$ が弱いほどコア質量は小さく、つまり爆発した星の初期質量がより小さいことが示唆される。本講演では、爆発前の星の進化段階について議論を行う。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

K07a カムランドにおける超新星前兆ニュートリノの検出可能性

石徹白晃治 (東北大学)

超新星爆発以前の核燃焼フェーズにおいても天体はニュートリノを放出していることが知られている。特に、ケイ素燃焼段階において一部のニュートリノのエネルギーは逆ベータ崩壊の閾値 (1.8 MeV) を超え、ニュートリノ検出器で反応が見えるようになる。このような前兆ニュートリノを検出することができれば、恒星進化の最終段階の描像を得る事や爆発以前の早期警報システムの構築が可能となる。現段階で前兆ニュートリノの検出に最も適しているのはカムランドである。カムランドは神岡坑内地下 1,000 m の Kamiokande 跡に建設された世界最大 (1 kton) の液体シンチレーター型反電子ニュートリノ検出器で、遅延同時計測と度重なる純化により超低バックグラウンド観測を可能としている。

今回の講演ではカムランドの実データをベースに近傍天体起源の前兆ニュートリノの検出可能性を議論する。また、我々が進めている速報体制も合わせて議論する予定である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

K08a 超新星爆発からの重力波とニュートリノの同時観測

端山和太（大阪市立大学）、黒田仰生（Basel 大学）、滝脇知也（国立天文台）、固武慶（福岡大）

重力波の検出に向けて、現在日本、アメリカ、イタリア・フランスで km クラスの重力波望遠鏡の建設が始まっており、2018 年には日本の重力波望遠鏡 KAGRA を含めた世界の望遠鏡での重力波の観測が行われると期待されている。重力波の検出が実現すると、天体現象及びその周辺のエネルギー情報を持つ電磁波、素過程の情報を持つニュートリノなどの素粒子の観測に加えて、天体現象の起こる起点の情報を持つ時空間の変動を直接観測することが可能になるという、新しい宇宙観測の窓が開かれることになる。本講演では、超新星爆発が起きた際に放射される重力波とニュートリノの同時観測について検討し、その観測方法や期待される検出効率の向上を明らかにする。そして超新星爆発からの重力波とニュートリノが検出された際には、その観測データからどんなサイエンスができるのかについて報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

K09a 銀河の金属量進化を考慮した超新星背景ニュートリノのスペクトル予測

持田恵里, 中里健一郎 (東理大理工), 新納悠 (国立天文台), 鈴木英之 (東理大理工)

宇宙が誕生してから現在までの間には多数の超新星爆発が起きており、それにより放出されたニュートリノは背景放射として現在の宇宙を満たしていると考えられている。これを超新星背景ニュートリノと言う。超新星背景ニュートリノは様々な親星を起源とする超新星ニュートリノの重ね合わせであるため、本研究では親星の多様性も考慮し、超新星背景ニュートリノのスペクトルを計算した。特に重力崩壊後、爆発を起こさずブラックホールになる星の割合は金属量に影響されるため、その割合を各 redshift ごとに銀河の金属量進化の観測量データに基づいて見積もった。その上で、本研究では採用する宇宙の星生成史のモデルの依存性や、未解明である爆発メカニズムに対応するパラメータとして、衝撃波が復活するまでにかかる時間の不定性による影響を調べた。

結果として、現在の検出器で観測可能であるとされる $18 \sim 26$ MeV のエネルギーレンジでは、星生成史の不定性と衝撃波復活時間の不定性が同程度になることが分かった。一方、検出器にガドリニウムを入れることで観測可能になるとされるより低いエネルギーレンジでは、星生成史の不定性に比べて他の不定性が小さく、背景ニュートリノから星生成史を探る上で有利であることが分かった。また、金属量進化の不定性はどのエネルギーレンジにおいても他 2 つの不定性に比べて小さいことが分かった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

K10a 数値計算で探る重力崩壊型超新星の系統的性質

中村航（早稲田大学）、滝脇知也（国立天文台 CfCA / 理化学研究所）、黒田仰生（バーゼル大学）、固武慶（福岡大学）

重力崩壊型超新星の引き金となる鉄コアの重力収縮の直後、発生した衝撃波はエネルギーを失い一旦停滞すると考えられている。停滞衝撃波が復活して外側に伝播していく過程で、ニュートリノによるエネルギー供給と流体不安定性が重要な役割を果たしていると考えられている。しかし、これまでになされたニュートリノ輸送を考慮した多次元数値シミュレーションは約 40 例しかない。コードや手法も様々で、結果の一貫性に欠けている。一方、このような数値計算の初期条件となる親星モデルは、これまでに複数のグループが公開しており、金属量の違いや回転、磁場の有無を含めると 400 モデル以上にのぼる。

今回、それらの親星モデルの中から Woosley, Heger, & Weaver (2002) の太陽金属量モデル 101 個（質量 $10.8 M_{\odot}$ - $75.0 M_{\odot}$ ）を対象として、中心コアの重力崩壊から衝撃波の発展まで 1.5 秒を計算した (Nakamura et al. 2014)。中心から 5000km までを $384(r) \times 128(\theta)$ の 2 次元極座標で表し、ニュートリノと物質の相互作用には IDSA (Liebendörfer et al. 2009) と呼ばれる近似法を用いた。爆発の性質を表す量として、衝撃波の復活時間、爆発エネルギー、中心に残される原始中性子星の質量等を解析したところ、これらは全てコアの構造を表す compactness parameter ξ (O'Connor & Ott 2011) の関数として表現されることがわかった。この傾向は、衝撃波の初期の発達には質量降着率によって決まるとしてよく理解できる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

K11a 重力崩壊型超新星爆発と流体力学的不安定性に与える回転の影響

岩上わかな (京都大学), 長倉洋樹 (京都大学), 山田章一 (早稲田大学)

重力崩壊型超新星は大質量星の一生の最期に起こす大爆発であり、同時に中性子星を形成すると考えられているが、その爆発メカニズムは完全に解明されていない。信頼性の高い数値計算では、爆発に必要なエネルギーが不足して、衝撃波が星の表面に到達できないことがわかっている。現在、爆発には非球対称な物理現象が必要不可欠であると考えられており、本研究では回転が爆発と流体力学的不安定性にあたえる影響について調べることを目的としている。

コアバウンス直後に発生する可能性がある流体力学的不安定性には、負のエントロピー勾配により発生する対流不安定性と、球状の衝撃波が非球対称に変形する定在降着衝撃波不安定性がある。本研究では、停滞した衝撃波の下流側にこれらの不安定性が発達している状況を考え、星の回転を模擬した回転流を衝撃波上流側から与えて、その状態がどのように変化するかを観察した。さらに、回転の速さを少しずつ増加させて爆発が起こるかどうかを調べ、「ニュートリノ光度、質量降着率、回転の速さ」の3つを軸にしたときの爆発に関する臨界面 (Critical Surface) を描いた。

その結果、回転がないときに爆発しなかったモデルが、回転を入れることで爆発するようになることがわかった。また、回転の速さが増すと、移流のタイムスケールよりも対流不安定が発達するタイムスケールの方が小さくなる効果が現れることもわかった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

K12a 磁気回転不安定増幅磁場に助けられるニュートリノ加熱爆発

澤井秀朋（高度情報科学技術研究機構、早稲田大学）山田章一（早稲田大学）

重力崩壊型超新星の爆発メカニズムは現在も解明されていない。近年の数値シミュレーションではニュートリノ加熱機構による定在衝撃波の復活が再現されているが、爆発エネルギーが観測に比べて1桁ほど小さいなどの問題点がある。一方、磁気回転機構のシミュレーションでは十分な大きさの爆発エネルギーが再現できているものの、親星に強磁場・高速回転という極端な条件が必要となる。今回我々は強磁場の条件を外し、弱磁場・高速回転を伴う親星において、磁場が爆発のダイナミクスに影響を及ぼす可能性を高解像度理想磁気流体シミュレーションにより探った。数値シミュレーションでは磁気回転不安定により磁場が力学的に重要な強さに増幅されることが確認された。増幅された磁場は効率的な角運動量輸送を引き起こし、余剰な遠心力によってニュートリノ加熱領域が広がる。その結果ニュートリノ加熱爆発が促進されることがわかった。これは過去のシミュレーションでは見られなかった新しいメカニズムである。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

K13a 多次元ニュートリノボルツマン流体コード開発

長倉洋樹 (京大基研), 住吉光介 (沼津高専), 山田章一 (早大)

多次元輻射流体計算は、天文・宇宙計算科学のフロンティアである。近年、計算機資源が充実してくると共に、数値コストの高い輻射輸送計算も様々な分野で行われるようになってきた。我々は、大質量星の重力崩壊中におけるニュートリノ輻射流体計算を行い、超新星爆発や GRB、ブラックホール形成過程の解明に向けた研究を行っている。特にニュートリノ輸送に関しては、主にこれまでの先行研究では近似計算が主流となっていたが、我々はその支配方程式である 6 次元ボルツマン方程式を近似なしに取り扱い、そのための新たな数値アルゴリズムの開発を行った。そして現在までにボルツマンソルバーの数値解法、及び流体コードとの結合のアルゴリズムを確立した。

本研究会では、この新たに開発された多次元ボルツマン流体コードの数値解法の概観を紹介する。特に、ニュートリノ輸送と流体との結合において、どのような困難が生じ、そしてそれらをどのように解決したかについて、議論したいと考えている。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

K14c **collapsar の降着円盤からの磁気粘性アウトフローにおける r-process**

福田遼平、小野勝臣、橋本正章（九州大学）、長瀧重博（理化学研究所）、滝脇知也（国立天文台）、固武慶（福岡大学）

r-process とは中性子捕獲過程の一つで、中性子捕獲のタイムスケールがベータ崩壊のそれより短い、つまり速い (rapid) 重元素合成過程である。長年、超新星爆発のニュートリノ風がそのサイトと信じられてきたが、近年の研究により、*r*-process に適さない環境であることがわかり、サイトとして疑問視されるようになった。現在有力視されているのは中性子星の合体であり、その極端な中性子過剰性のため *r*-process 元素の中でも重いものの太陽系組成比を再現している (e.g. Korobkin et al. 2012)。ところが Argast et al. (2004) で示されているように、中性子星合体では低金属量星での *r*-process 元素の存在を説明できないという問題があり、銀河の化学進化の面から考えると少なくとも宇宙初期には中性子星合体以外の天体現象が必要ということになる。

この問題の解決には、考えられる種々の天体現象での *r*-process の実現可能性の探究が必要である。たとえば Winteler et al. (2012) では磁気駆動型超新星爆発におけるジェットによって中性子過剰物質をくみ出し、太陽系とコンシステントな *r*-process 元素組成比を得ている。そして今回 *r*-process サイトとして提案する爆発メカニズムは collapsar とよばれるものである。collapsar は Woosley(1993) によって GRB の中心エンジンとして提唱された爆発モデルで、高速回転する星の重力崩壊によって降着円盤を形成しジェットを放出するというシナリオである。これまで、ジェットでの *r*-process はシミュレーションされているが、本研究では降着円盤からの粘性アウトフローに着目する。降着円盤内縁は、電子捕獲により中性子過剰になると考えられる。重力崩壊からアウトフロー放出までを 2次元流体計算で追い、collapsar 降着円盤での *r*-process の可能性を議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

【L. 太陽系】

9月11日(木) 午前(11:00-12:12) [J会場]

L01a	11:00	「あかり」遠赤外線拡散光全天マップ中の小惑星ダストバンドの構造 大坪貴文(東京大学)
L02a	11:12	CIBER/LRSによる近赤外波長域における黄道光の偏光分光観測 新井俊明(宇宙航空研究開発機構)
L03a	11:24	新しく予報された「きりん座流星群」の観測から探る母天体の過去の彗星活動 佐藤幹哉(かわさき宙と緑の科学館)
L04a	11:36	ラブジョイ彗星(C/2013 R1)のダストテイルの偏光撮像観測 鈴木文二(埼玉県立春日部女子高校)
L05a	11:48	ラブジョイ彗星(C/2013 R1)のダストコマの偏光撮像観測 古荘玲子(都留文科大学/国立天文台)
L06b	12:00	パンスターズ彗星(C/2011 L4)の中間赤外線観測 大坪貴文(東京大学)
L07c		メインベルト小惑星の物質分布 臼井文彦(東京大学)
L08c		2009-14年の木星南赤道帯のHazeの光学的厚さの変化について 浅田 正(九州国際大学)

L01a 「あかり」遠赤外線拡散光全天マップ中の小惑星ダストバンドの構造

大坪貴文, 土井靖生 (東大総文), 服部誠, 森嶋隆裕 (東北大), 瀧田怜, 有松亘, 川田光伸, 松浦周二, 巻内慎一郎, 北村良実, 中川貴雄 (ISAS/JAXA), 臼井文彦 (東大理), 田中昌宏 (筑波大), 石原大助 (名古屋大), 他「あかり」チーム

赤外線天文衛星「あかり」の全天サーベイ観測は、遠赤外線波長域を 65, 90, 140, 160 μm の 4 つの測光バンドでカバーし、観測期間中に全天の $> 97\%$ の観測を達成した。この「あかり」遠赤外線拡散光全天マップは、我々太陽系内の惑星間塵からの熱放射である黄道光の研究にとっても貴重なデータである。過去の赤外線衛星 IRAS や COBE/DIRBE の観測は、黄道光の分布に様々な空間的微小構造があることを発見したが、「あかり」の遠赤外線全天マップは、高い空間分解能を活かし更に詳細にこの構造をとらえることができる。短波長側の 2 バンド (65, 90 μm) で数 MJy/sr レベルの小惑星ダストバンドの構造がはっきりと受かっており、特に黄道面と黄緯 ± 10 度の 2 つのバンド構造を確認した (2013 年春季年会、大坪他)。

我々はこの小惑星ダストバンドの構造に関し、その幅、黄緯、強度についてガウシアン・フィッティングをおこないモデルによる再現をおこなっている (2014 年春季年会、大坪他)。現時点で、90, 140 μm の 2 バンドに関しては、銀河系内ダストの解析をおこなうのに十分な精度のダストバンドモデルが得られている。160 μm ではダストバンドの寄与は問題にならないが、60 μm では、更なるモデルの向上が求められる。

本講演では、「あかり」遠赤外線全天マップにおける黄道光差し引きの精度、黄道光差し引き後のマップについての詳細を紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

L02a CIBER/LRS による近赤外波長域における黄道光の偏光分光観測

新井俊明, 松浦周二 (ISAS/JAXA), 大西陽介 (東京工業大学), 津村耕司 (東北大学), 白旗麻衣 (国立天文台), 松本敏雄 (ASIAA), James Bock (Caltech/JPL), CIBER チーム

黄道光は、惑星間ダストにより散乱された太陽光で、近赤外波長域における宇宙拡散光のなかで最も明るい成分である。黄道光は惑星間ダストのサイズ分布や組成など豊富な情報を含み、その観測は太陽系の成り立ちや太陽系外の惑星系円盤の理解に不可欠である。しかし、これまで近赤外波長域における黄道光の精度の高い分光観測や偏光分光観測は行われてこなかった。そこで我々は、宇宙赤外線背景放射の観測を目的とするロケット実験 CIBER (Cosmic Infrared Background Experiment) に搭載している低分散分光装置 LRS を用いて、黄道光の分光観測 (2012 年春季年会 新井ほか) や偏光観測を行ってきた。CIBER では、拡散光の観測に特化した液体窒素冷却式の観測装置をロケットに搭載し、大気光汚染の少ない高度 $>300\text{km}$ からの観測を行った。観測装置は、回収し繰り返しの使用が可能であり、これまでに 4 回の観測を行った。我々は 3 回目の打ち上げで LRS に偏光観測機能を追加し、黄道光の偏光スペクトルを観測した。黄道光の偏光スペクトルはこれまで観測された例がなく、本研究が初の試みである。

この観測により、近赤外線波長領域において、黄道光は太陽離隔が 90 度の天域で $\sim 20\%$ 偏光していることを明らかにした。これは、過去に観測された可視波長領域における観測結果と一致している。また、黄道光の偏光は、波長 $0.8\text{-}1.8\mu\text{m}$ においてほとんど波長に依存せず、一定であることを明らかにした。この黄道光の波長依存のない偏光スペクトルは、可視近赤外波長域における彗星の偏光観測とよく似ており、惑星間ダストの組成が彗星のものと似ていることを示唆している。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

L03a 新しく予報された「きりん座流星群」の観測から探る母天体の過去の彗星活動

佐藤幹哉 (かわさき宙と緑の科学館), 渡部潤一, 藤原英明 (国立天文台), 上塚貴史 (東京大学)

きりん座流星群は、母天体である木星族の短周期彗星 209P/LINEAR からのダスト・トレイルのモデル計算から、今年の出現が予報された新しい流星群である。先行研究では、5月24日7時前後にダスト・トレイルが接近し、ZHR (理想的な条件での1時間当たり流星数) で数百の出現が予報された (Vaubaillon 2012、Maslov 2010)。これを受け、発表者もダスト・トレイルモデルによるシミュレーションを行った結果、予報極大時刻はほぼ一致したものの、現在の母天体の活動度を考慮した出規模は、ZHR が 15~30 程度にとどまるとの結果を得た。

実際の出現は、世界各地で観測された。発表者は、ハワイ・マウナケア山頂の国立天文台ハワイ観測所において、東京大学が主体となって運用する全天カメラにより観測を実施した。極大時刻付近でこの群の可能性のある流星が記録された。この他、IMO が集計した眼視観測では、予報時刻前後に ZHR=15 程度の出現が確認された (IMO 2014)。アマチュア用の無線電波を利用した HRO 電波観測では、極大予報時刻付近にて、眼視観測相当の ZHR 値として 30 前後の極大が認められた (杉本 2014)。

これらから得られた観測結果は、発表者による出規模予報に近いものであった。今回の出現が予報されたダスト・トレイルは、19世紀から20世紀初頭に母天体から放出され、形成されたものであり、流星群の出規模の予報は、母天体が当時も現在と同様の彗星活動をしていたと仮定したものである。現在の母天体は、標準等級が 16.9 等級であり、彗星活動は低調である。このことから、きりん座流星群の母天体である 209P/LINEAR は、19世紀から20世紀初頭においても、現在と同様程度の彗星活動をしていたと推測された。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

L04a **ラブジョイ彗星 (C/2013 R1) のダストテイルの偏光撮像観測**

鈴木文二 (埼玉県立春日部女子高校)、古荘玲子 (都留文科大学/国立天文台)、高橋織男 (彗星物理水曜ゼミ)

彗星ダストの物理的特性は、シンクロン・シンダインに代表される力学的な知見と、偏光観測による物性的な知見から、総合的に理解される。彗星のダストテイルの偏光度は、広視野、高精度の測光システムが必要であるため、今までほとんど行われる事はなかった。ところが、最近のデジタルカメラの進歩により、この観測の可能性が開けてきた。デジタルカメラの利点のひとつは、三色 (RGB) の画像が同時に得られ、偏光度の波長依存性が即座にわかることである。

筆者らは、2013年12月8日 (位相角 82.3°) において、焦点距離 200mm の望遠レンズを取り付けたデジタルカメラに偏光フィルタを装着し、ラブジョイ彗星 (C/2013 R1) のダストテイルの偏光撮像観測を実施したところ、これに成功した。観測は、フィルタを散乱平面と平行、垂直の各方向に回し、約 120sec. の露出時間で撮像を繰り返した。視野は $6.2^\circ \times 4.3^\circ$ で、彗星の光度は5等級であったが、ダストテイルは、 2° 程度の長さまで写ってる。これは、実距離にすると彗星核から約 3,000,000km に相当する。そのうち、偏光解析に値する S/N となっているのは、500,000km 程度までであった。

彗星核から 100,000-300,000km の範囲におけるダストテイルの偏光度は、 $22.0 \pm 3.1\%$ (R)、 $18.5 \pm 1.6\%$ (G)、 $17.2 \pm 2.2\%$ (B) と求められた。これらの値は、コマの偏光度についての古荘らの観測結果 (日本天文学会 2014 年秋季年会) と比較すると、やや低い値となっている。また、観測時のジオメトリの関係で、彗星の軌道面をエッジオンの方向から見ているため、シンクロン・シンダインとの比較はできなかった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

L05a **ラヴジョイ彗星 (C/2013 R1) のダストコマの偏光撮像観測**

古莊 玲子 (都留文科大学/国立天文台), 菅原 賢 (神奈川工科大学厚木市子ども科学館), 寺居 剛,
渡部 潤一 (国立天文台)

ラヴジョイ彗星 (C/2013 R1 (Lovejoy)) は、2013年9月7日に14.4等で発見された、オールト雲起源の彗星である。発見後、予想以上の増光をみせて10月には10等近くまで明るくなり、12月には6等を切る肉眼彗星となった。

我々は国立天文台 (三鷹)50cm 社会教育用公開望遠鏡と偏光撮像装置 PICO を用いて、ラヴジョイ彗星の継続的な偏光撮像観測を行った。観測は、2013年10月10日~11月5日、2013年12月1日~12月8日、および2014年2月9日~2月20日の各期間に行い、彗星の散乱位相角は約 38° から 84° と広い位相角範囲でのデータを得ることができた。特に、2013年12月の偏光度マップでは、ダストジェットに伴う明瞭な偏光度フィーチャとその時間変化が得られた。さらに12月8日には、鈴木らによるダストテイルの偏光観測 (日本天文学会 2014年秋季年会) と同日のデータを得ている。

発表では、この彗星の偏光度の位相角依存性を報告し、彗星コマ中の偏光度分布について考察する。また、鈴木らによるダストテイルの観測結果との比較議論も行う。さらに、過去に同装置で観測された他彗星の結果とも比較し議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

L06b パンスタース彗星 (C/2011 L4) の中間赤外線観測

大坪貴文 (東京大), 瀧田怜 (ISAS/JAXA), 臼井文彦 (東京大), 渡部潤一、春日敏測 (国立天文台), 本田充彦 (神奈川大), 古荘玲子 (都留文科大), 河北秀世 (京都産業大), 布施哲治 (NICT)

彗星塵中の結晶質シリケートの存在は、彗星核形成・原始太陽系星雲中の温度環境と塵の循環を探る上で大きな手がかりになると考えられている。シリケートは中間赤外線波長域に特徴的なスペクトル・フィーチャを持つため、その粒径や結晶質/非晶質比を探るには中間赤外線分光観測が非常に有効である。

これまで我々は、テンペル第一彗星やホームズ彗星など木星族彗星を集中的に観測してきたが、ここ数年はオールト雲彗星 (長周期彗星) に重点をおいて観測を継続している。2013年6月19日 (UT) にすばる望遠鏡搭載の冷却中間赤外線分光撮像装置 (COMICS) を用いてパンスタース彗星 (C/2011 L4) の中間赤外線撮像・分光観測をおこなったので、その結果について報告する。撮像観測は8.8, 12.4 μm の2バンド、分光観測は8–13 μm の低分散分光 ($R \sim 250$) でデータを取得した。我々が観測した時点 (近日点通過後日心距離 2.1AU) でのパンスタース彗星のスペクトルには明確な結晶質シリケート・フィーチャが見られなかった。

これまでの研究では、オールト雲彗星はシリケートのフィーチャ強度が強く、また結晶質シリケートの存在比が高い傾向にあることが分かっていたが、我々の観測ではオールト雲彗星の中にも弱いフィーチャを示し、結晶質シリケートの存在が明確ではない彗星も複数見つかってきている。本講演では、パンスタース彗星 (C/2011 L4) の結果を他のオールト雲彗星と比較し、そのダストの性質について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

L07c メインベルト小惑星の物質分布

臼井 文彦 (東京大学), 長谷川 直 (ISAS/JAXA), 石黒 正晃 (ソウル大学), 大坪 貴文 (東京大学)

小惑星は現在までに 64 万個以上の存在が知られているが、その 9 割以上は火星と木星の間のメインベルトに集中している。メインベルトにおける物質分布を調べることは、小惑星の形成と進化を論じる上で重要であるばかりでなく、太陽系形成過程や地球近傍小惑星の起源についても大きな示唆を与えるものである。

このような小惑星研究において、サイズやアルベドは、基礎的な物理量であるだけでなく、小惑星の表面組成、小惑星族のサイズ分布、さらには小惑星帯と太陽系外縁天体や彗星との関連を調べる手がかりにもなる。小惑星のサイズを網羅的に求めるには、熱赤外観測に基づいた手法が有用である。これには赤外線サーベイ衛星のデータが活用でき、現在までに 14 万天体 (既知小惑星の 22%) のサイズ・アルベドが求められている。これに加えて、地上望遠鏡による可視から近赤外の分光観測によって、6 万天体のスペクトルタイプが決定されている。これらを組み合わせることで、小惑星帯の物質分布を考える新たな指標が得られる。

古典的には、C 型小惑星は暗く (低アルベド)、S 型小惑星は明るい (高アルベド) と言われていたが、C 型でも明るいもの、S 型でも暗いものが多く存在することが分かってきた。また、タイプごとにアルベドの日心距離依存性に注目すると、メインベルトにおいてはあまり変化がなく平坦であることが分かってきた。これらは、現在の小惑星帯が形成時よりも進化して物質の混合が進んでいることを示すものと考えられる。

本講演では、メインベルト小惑星のサイズ・アルベド・スペクトルタイプについて考察し、そこから導き出される物質分布について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

L08c **2009-14年の木星南赤道縞のHazeの光学的厚さの変化について**

浅田正 (九州国際大学)

木星の南赤道縞には攪乱という現象が時々発生する。これは直前の数カ月にこの縞が可視光で明るくなり、乱れた状態から一挙に暗くなる現象である。この現象のメカニズムを知るにはこの縞の雲頂高度の情報が必要である。そのために雲の上空のHazeの光学的厚さを調べており、2010年の攪乱をはさんでのHazeの光学的厚さの年変化については、2014年春の年会で報告した。その結果は、2009年(明るくなる前)は光学的厚さが0.42、2010年(攪乱2か月前。明るい状態)は0.56、2011年(攪乱10か月後)は0.32、2012年(攪乱1年10か月後)は0.56という値であった。

2014年5月に飛騨天文台の65cm屈折望遠鏡を用いて750nmの赤外線連続光で撮像観測を行い、南赤道縞の周辺減光から0.42という値が得られた。明るくなる前の2009年の値と同じであったが、南赤道縞の雲頂高度も含めて攪乱前の通常の状態に戻りつつあることを示しているように考えられる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

【M. 太陽】

9月11日(木)午後(15:00-17:00) [C会場]

M01a	15:00	太陽フレアの前兆現象における非熱的粒子の研究 梶田聡史(東海大学)
M02a	15:12	2013年3月15日に発生したフィラメント放出を伴うフレアの多波長観測 大山真満(滋賀大学)
M03a	15:24	太陽コロナにおけるフィラメント噴出の分光観測 神田夏央(名古屋大学)
M04a	15:36	2013年5月13日に発生したXクラスフレアの電波と硬X線の同時観測2 増田 智(名古屋大学)
M05a	15:48	白色光フレアと非白色光フレアの非熱的電子の振り込み領域に関する研究 北川 潤(名古屋大学)
M06a	16:00	AMATERASによって観測された太陽電波IV型バースト中のzebra patternの出現特性 金田和鷹(東北大学)
M07a	16:12	野辺山電波ヘリオグラフ及びSDO衛星を用いたコロナ視線磁場の測定 宮脇 駿(茨城大学)
M08a	16:24	野辺山45m電波望遠鏡を用いた太陽彩層のミリ波観測 岩井一正(国立天文台)
M09b	16:36	東北大学HF~VHF帯太陽電波観測装置の開発-III 三澤浩昭(東北大学)
M10b	16:36	AMATERASで観測された太陽電波II型バーストにおけるスペクトル微細構造の統計解析 柏木啓良(東北大学)
M11b	16:36	太陽高エネルギー粒子スペクトルの変化について 久保勇樹(情報通信研究機構)
M12b	16:48	太陽フレアに伴い「ひので」X線望遠鏡CCDで検出されたSpeckleの増減 山田正矩(茨城大学)
M13b	16:48	サイクル24における地磁気擾乱の原因となった太陽活動について 亘 慎一(情報通信研究機構)
M14b	16:48	EUV波自動検出プログラムの開発とその結果による統計解析 阿部修平(茨城大学)

9月12日(金)午前(09:30-11:30) [C会場]

M15a	09:30	Investigating prominence turbulence with Hinode SOT dopplergrams Andrew Hillier (Kyoto Uni.)
M16c		Analytic investigation of the magnetic Rayleigh-Taylor instability in a stratified atmosphere Andrew Hillier (Kyoto Uni.)
M17a	09:42	光球磁場と彩層磁気活動ジェットとの関連性について 西塚直人(情報通信研究機構)
M18a	09:54	ひので-IRISの共同観測:波動散逸の現場に迫る 岡本文典(宇宙航空研究開発機構)
M19a	10:06	IRISの観測による彩層加熱過程 馬場楓子(東京大学)
M20c		飛騨天文台ドームレス太陽望遠鏡とIRISを用いた活動領域近傍における小規模活動現象の分光観測 大辻賢一(国立天文台)
M21a	10:18	二流体シミュレーションによる部分電離プラズマ中の電流シートとプラズモイド形成の研究 中村尚樹(京都大学)
M22a	10:30	コロナループ中におけるAlfven波散逸機構の競合関係について 松本琢磨(宇宙航空研究開発機構)
M23a	10:42	プラズマ中の磁気拡散と磁気リコネクションへの応用 銭谷誠司(国立天文台)
M24c		プラズモイド型リコネクションにおける圧縮性効果 銭谷誠司(国立天文台)
M25a	10:54	活動領域形成過程における自由エネルギー蓄積機構について 高棹真介(京都大学)

(次頁に続く)

【M. 太陽】

M26b	11:06	磁気リコネクションの物理を考慮に入れた1次元フレアモデルの提案 高棹真介(京都大学)
M27b	11:06	非対称電流シートでの磁気リコネクションの不連続構造 新田伸也(筑波技術大学)
M28b	11:06	Investigation on guide field dependence of “shock-evoking positive-feedback” model of magnetic reconnection Shuoyang Wang (The University of Tokyo)
M29b	11:18	彩層活動領域・超半暗部の高空間分解観測 大井瑛仁(京都大学)
9月12日(金)午後(13:30-14:54) [会場C]		
M30a	13:30	狭帯域チューナブルフィルターによる彩層イメージング分光観測 萩野正興(京都大学)
M31a	13:42	京都大学飛騨天文台太陽観測データアーカイブの整備 石井貴子(京都大学)
M32a	13:54	磁気要素の自動追跡モジュールを用いた太陽黒点の成長/崩壊過程の解析 加藤翔大(名古屋大学)
M33a	14:06	対流層内部の小スケール磁場の流れ場への非常に強い揺り返しの発見 横山央明(東京大学)
M34a	14:18	大局的磁場の振動周期およびマイグレーションと磁気ヘリシティ損失 政田洋平(神戸大学)
M35a	14:30	Photospheric Flow Field Related to the Appearance and Disappearance of Polar Magnetic Patches observed with Hinode SOT Anjali John Kaithakkal (The Graduate University for Advanced Studies, NAOJ)
M36a	14:42	2012.5.21 金環日食限界線観測による太陽半径の精密観測 山村秀人(NPO 法人花山星空ネットワーク)

M01a 太陽フレアの前兆現象における非熱的粒子の研究

梶田 聡史, 北林 照幸 (東海大学), 下条 圭美 (国立天文台)

現在までの研究により、太陽フレアが発生する前の数分から数時間程度の期間、一般的にプリフレア期と呼ばれるこの期間に様々な波長で増光が見られることが知られている。この増光のタイミングにおいて粒子が加速され非熱的粒子が存在するのかどうかについては、まだ明確な結果が得られていない。本研究の目的は非熱的粒子がプリフレア期に生成されているのかどうかを硬 X 線と電波両方のデータを用いて明らかにすることである。解析対象としたイベントは 2002 年から 2004 年及び 2011 年から 2013 年の間に発生した M 4 クラス以上のフレアかつ、フレア発生前約 30 分間の RHESSI 衛星データがあるイベントである。イベントを GOES 衛星で得られた X 線強度変化により、ピークを持つプリカーサーイベントと、インパルス期にむけて徐々に増加するプリフレアイベントの二つに分類し、硬 X 線スペクトルを調べた。その結果、10 イベントのプリフレアイベントの中で 4 イベントが、非熱的成分をもつスペクトルであった。これらの非熱的成分をもつイベントは全て M5 クラス以下のイベントであり、逆に X クラスのプリフレアイベントでは非熱的成分が無かった。このことから、大規模なフレアではプリフレア期に粒子加速が抑制されていることが考えられる。一方、23 のプリカーサーイベントのうち、11 イベントが非熱的成分を含むスペクトルであった。また、非熱的なスペクトルをもつイベントの方が、プリカーサーイベント時の軟 X 線強度が強いことがわかった。これらの結果をもとに、プリフレアイベントやプリカーサーイベントとインパルス期の粒子加速との関連性を、代表的なフレアの RHESSI の X 線画像と SDO/AIA の EUV 画像との比較や、野辺山電波ヘリオグラフのデータを用いて議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M02a **2013年3月15日に発生したフィラメント放出を伴うフレアの多波長観測**
 大山 真満 (滋賀大学)

2013年3月15日 05:46:00 UT に N09E06 に位置する活動領域 NOAA11692 でフィラメント放出現象を伴う M1.1 クラスフレアが発生した。このフレアは、ひので衛星、Solar Dynamic Observatory (SDO) 衛星、SOHO 衛星、京都大学附属飛騨天文台の SMART 望遠鏡で多波長観測されている。

SDO 衛星の 193Å の観測から、フレア開始 2 時間ほど前よりフィラメント上空にあると思われるコロナループが上昇し始めていることが分かった。そして、フレア開始の約 4 分前には SMART 望遠鏡の H α -0.8Å でフィラメントの上昇運動が観測されている。

ひので衛星の磁場観測からは、フレア開始初期の 06:15 UT に黒点暗部の西側部分 2 箇所に暗部とは反対の極性の磁場が現れ、その 2 点を足元としてフレアが進行していることが分かった。さらに、06:34 UT には黒点暗部の東側から暗部と反対の極性が現れ、その領域を徐々に広げ、07:20 UT には暗部の 1/3 から 1/2 近くまで領域を広げている。フレアの激しい領域は、前述の暗部西側 2 箇所の部分から東側の反対極性から伸びるフレアカーネルに移行し、その後、ツーリボンフレアとして発展している。

さらに、SDO 衛星の観測から、北東 - 南西方向に伸びるツーリボンフレアのアーケード構造が発展するのに伴い、南半球側の赤道面近くでコロナホールが形成され、それよりさらに南側に位置しているコロナホールにつながっていくのが分かった。また、SOHO 衛星の LASCO により、このフレアに伴ってハロー CME が観測されている。本講演では、このフレアの解析結果について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M03a 太陽コロナにおけるフィラメント噴出の分光観測

神田夏央、今田晋亮(名古屋大学)

太陽フレアは太陽系では最大のエネルギーの爆発現象である。こうした爆発現象はコロナ質量放出(CME)を伴い、人類の宇宙活動や地球近傍の電磁環境に多大な影響を与える。そのため爆発現象やCMEの詳細なメカニズムを解明することは有意義であるといえる。近年、太陽観測のための衛星が数多く打ち上げられ、様々な波長領域による太陽の観測が可能となっている。CMEはフィラメント噴出を伴うものが多いと考えられているが、その噴出が途中で頓挫するものもある。フィラメント噴出の成否の原因や構造は未だ解明されていない部分も多い。

そこで本講演ではその原因を議論するために、2010年4月から2014年2月までに発生したMクラス以上のフレアについて、ひので/EISとSDO/AIAを用いて行った解析の結果を紹介する。この期間に発生し、ひのでが観測したMクラス以上のフレアは82イベントあり、その中で構造が比較的シンプルでフィラメント噴出の成否を議論できたものが45イベント、更にその中でEISデータが陽に存在するものは25イベントあったのでこれらについて解析を行った。噴出しきるものと頓挫するものの識別はAIA304で見たフレアリボンの長さで噴出の高さの比で行った。これはトラス不安定を考慮した指標(Demoulin et al.2010)である。ひので/EISよりドップラー速度を求めると、フィラメント噴出をしているイベントにはレッドシフトしているイベント(16例)と、ブルーシフトしているイベント(5例)の両方が存在した。レッドシフトから計算された速度は100km/s未満のものが大半(71.4%)で、ブルーシフトから計算したドップラー速度は80km/s未満のものが大半(76.2%)を占めていた。本講演では衛星データをもとに噴出しきるイベントと頓挫するイベントについての違いを考察し議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M04a **2013年5月13日に発生したXクラスフレアの電波と硬X線の同時観測 2**
 増田 智 (名古屋大学)

2013年5月13日に東のリムの少し裏側で発生したXクラスフレアは、野辺山電波ヘリオグラフとRHESSIで同時観測されており、コロナ中の非熱的電子の高度分布を調べるには最適なフレアである。電波と硬X線の撮像観測データセットを用いることにより、幅広いエネルギー域(10 keV程度から1 MeV程度)の非熱的電子の空間(高度)分布を知ることができ、太陽フレアにおける電子の加速・伝播・消失機構に関する知見を得ることができる。このフレアにおいて、(A) 低エネルギー硬X線、(B) 高エネルギー硬X線、(C) 17 GHz、(D) 34 GHzの4つの放射源に関して、それぞれが存在する高さを比較した結果、電波源の位置は時間的なふらつきが大きいながらも、傾向としては、高度の高いほうから(B)、(D)、(C)と(A)という順になった(日本天文学会2014年春季年会 M48a 参照)。

この複雑な高度分布の作られる要因の一つの可能性として、クーロン散乱過程とは別の、コロナ高高度において、より高いエネルギーの電子を効率よく散乱させ、足元に降り込ませる(消失させる)過程があげられる。この過程の存在を確かめるため、コロナ中のいろいろな高度で17GHzと34GHzの電波強度のdecay time-scaleを調べた。クーロン散乱では、高エネルギー電子のほうが散乱time-scaleが長いので、より高いエネルギーの電子からの放射である34GHzのほうが長いdecay time-scaleを持つと考えられる。が、このフレアでは、両周波数でのdecay time-scaleがほぼ一致する領域が高高度に存在することが分かり、より高いエネルギーの電子を速く消失させるクーロン散乱以外の散乱過程の存在を示唆する結果となった。これは、後藤らが2011年に一つの太陽フレアで示した結果を、別の太陽フレアで検証する結果にもなった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M05a 白色光フレアと非白色光フレアの非熱的電子の降り込み領域に関する研究

北川 潤、増田 智(名古屋大学)、渡邊 恭子(宇宙航空研究開発機構)

太陽フレアの中でも特に可視連続光の増光を伴う白色光フレアは、大規模フレアにおいてしばしば観測されているが、大規模なものに必ず見られるというわけではなく、その発生機構には未解明な部分が多い。本研究では2011年1月から2013年8月の間に発生したMクラス以上の太陽フレアのうち、「ひので」可視光望遠鏡の白色光データとRHESSI衛星の硬X線データが存在する37イベント(内白色光イベント13例、非白色光イベント24例)を用いて、フレア継続時間やループ間距離などの数個のパラメータにおいて比較を試み、白色光発生傾向・要因を探った。解析の結果、白色光イベントのほとんどが短時間のものであり、非白色光イベントに比べフレアループ間の距離が短いコンパクトサイズのイベントであった。また、非熱的エネルギー量についても白色光イベントのほうが有意に大きいという結果になり、以上の結果から白色光イベントは短時間にコンパクトな領域に大量の加速電子が一気に降り込み大気を急激に加熱することが発生要因である可能性を示唆している。(日本天文学会2014年春季年会M47a参照)

この検証のために非熱的電子降り込み領域について調べた。RHESSI衛星の硬X線イメージを用いて各イベントのピーク時間の最大光子数に対して、その90%、60%、30%以上の光子数を持つピクセル内の合計光子数と全体光子数の比を求めた。その平均は、白色光イベントでは3.3、13.2、24.3%なのに対し、非白色光イベントでは2.0、8.1、17.5%となった。この結果は、白色光フレアの集中的な非熱的電子注入の傾向を示しており、上記の解釈に合致する結果となった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M06a **AMATERAS** によって観測された太陽電波 IV 型バースト中の zebra pattern の出現特性

金田和鷹, 三澤浩昭, 土屋史紀, 小原隆博 (東北大学), 岩井一正 (国立天文台)

太陽電波 IV 型バーストは、閉じた磁力線に捕捉された非熱的電子を起源とした電波バーストであり、このバースト中には様々なスペクトル微細構造が存在することが知られている。これらの微細構造は、電子が加速され電波を放射する過程や電波伝搬時の変調の結果であると考えられており、太陽コロナ中でのプラズマ環境やプラズマ素過程を理解する上で重要な情報源である。中でも zebra pattern (ZP) と呼ばれる微細構造は、ダイナミックスペクトル上で狭帯域の放射が周波数方向に並んだ縞模様のようになって現れる特徴的な現象である。本研究は、いくつかの生成モデルが考えられているが結論は未だ出ていないこの ZP について、その発生・伝搬過程の理解を目的に行っている。

東北大学で開発された太陽電波望遠鏡 AMATERAS は、150-500 MHz の周波数帯域を時間分解能 10 ms、周波数分解能 61 kHz で計測可能な高分解能システムであり、太陽電波バースト中の微細なスペクトル構造を検出することに適している。本研究では、2011 年 6 月 21 日に AMATERAS によって検出された IV 型バースト中の ZP について高分解解析を行った。このイベントでは右回り偏波が卓越して出現したが、右回り成分と左回り成分にはその出現に顕著な時間差が現れており、相互相関解析を行った結果、右回り成分に対して左回り成分が約 100 ms 遅れていること、また、時間差には周波数依存性があることがわかった。この時間差の一つの解釈として、ZP が O モードで出現し、伝搬中に生じた X モードの群速度の違いにより発生した可能性が考えられる。本講演では、これらの詳細な特性を示すとともに、それらから想定される ZP の生成機構について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M07a 野辺山電波ヘリオグラフ及びSDO衛星を用いたコロナ視線磁場の測定

宮脇駿，野澤恵（茨城大学），岩井一正，柴崎清登（国立天文台）

太陽コロナの物理を理解するためには磁場の測定が重要となる。そのコロナの磁場を測定する手段の一つとして、熱制動放射の偏波観測を用いたものがある。これは、磁場存在下のプラズマ中での熱制動放射の光学的厚さが右回り円偏波と左回り円偏波の間で有意な差を生じることを利用しており、観測される偏波率は観測対象の視線磁場強度に比例することが分かっている。これまで、上記の手法を用いた研究が野辺山電波ヘリオグラフ（NoRH）で行われてきた。しかし、NoRHの17GHzという周波数で観測される熱制動放射には彩層成分とコロナ成分が混在していることが分かっている。そこで本研究では彩層・コロナ2層大気を仮定し、電波に加えてEUVの観測データを組み合わせることで彩層とコロナの成分を分離し、コロナの視線磁場の測定を行う。

電波の熱制動放射の放射強度はエミッションメジャー（EM）とプラズマの温度に依存するため、微分エミッションメジャー（DEM）を測定すればコロナから放射される熱制動放射の強度を見積もることが可能である。本研究では、SDO/AIAのEUV多波長観測を用いてDEMを測定し、そこからコロナの熱制動放射の強度を計算した。さらに、彩層の偏波成分が無視できる領域を選び、コロナの視線磁場の測定を行った。本講演では、NoRHとAIAの同時観測で得たコロナ視線磁場の測定結果及び、ポテンシャル磁場と比較した結果について議論を行う。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M08a 野辺山 45m 電波望遠鏡を用いた太陽彩層のミリ波観測

岩井一正, 下条圭美 (国立天文台)

黒点上空の大気構造は黒点の形成や成長を理解するために重要である。静穏太陽からの主な電波放射機構は熱制動放射であり、ミリ波・サブミリ波帯域では 4000K から 9000K の彩層領域で光学的に厚くなる。よってミリ波・サブミリ波の熱制動放射の輝度温度スペクトルから彩層大気の色温度・密度の鉛直構造が導出できる。これは ALMA を用いた太陽観測の主要な科学目標の一つにもなるなど近年その重要性が高まっている。一方で、ミリ波・サブミリ波の電波望遠鏡の多くが太陽以外の天体の観測を念頭に設計されている。そのため太陽光による加熱に望遠鏡が耐えうるか、最大で 10000K と想定される輝度温度に受信機が飽和しないか等の懸念があり、観測的研究は今まで十分に行われてこなかった。本研究では、野辺山 45m 電波望遠鏡を用いて、太陽のミリ波帯域の輝度温度スペクトルの導出を行った。本望遠鏡は 115GHz 帯域で約 15 秒角の角分解能があり、1 分角程度の広がりを持つ黒点を空間分解可能な単面鏡として有効である。本研究では受信信号を 2 つに分波し、異なる周波数にチューニングされた 2 つの受信機で同時に受信することで、太陽黒点の 85GHz と 115GHz における 2 波長同時観測を初めて行った。太陽観測のために、受信機に入射する電波を減衰板を用いて減衰させる方法、及び受信機を感度の低い状態でチューニングし飽和を回避する方法の 2 通りを試験した。その結果、両方法で太陽黒点の観測に成功し、正常に太陽電波を観測できることが実証された。観測の結果、黒点周辺のプラージュ領域では静穏領域に比べて最大で 20% 程度高い輝度温度が観測された。一方、黒点の内部構造である暗部と半暗部は、望遠鏡のサイドロープの影響で完全には分解できなかった。黒点の内部では磁場の影響で複雑な大気構造が予想されている。今後は ALMA による角分解能の高いミリ波・サブミリ波観測が期待される。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

M09b 東北大学 HF~VHF 帯太陽電波観測装置の開発-III

三澤浩昭, 小原隆博 (東北大学), 岩井一正 (国立天文台), 土屋史紀 (東北大学)

東北大学では 2010 年よりメートル波帯太陽電波観測装置 (IPRT/AMATERAS) を用いた 150~500MHz の太陽電波の高分解能偏波観測 ($\Delta t=10\text{msec}$, $\Delta f=61\text{KHz}$) を行ってきた。この観測から I 型, II 型や IV 型太陽電波バースト中の微細なスペクトル特性が得られ、コロナ中でのマイクロな粒子加速過程や、波動・粒子あるいは波動・波動相互作用過程が明らかになりつつある (Iwai+, Ap. J, 2013,2014; Nishimura+, EPS, 2014 他)。

IPRT/AMATERAS のスペクトルは、おおよそ遷移層 $\sim 1/3R_s$ の領域で発生するプラズマダイナミクスの情報を持つが、本グループでは、より低周波数での高感度電波観測実施を目的として、HF~VHF 帯太陽電波観測装置 ($f=15\sim 150\text{MHz}$) の開発を 2013 年冬から行ってきた。この観測下限周波数の拡張により、光球面から約 $4R_s$ 迄のコロナ外部 ~ 太陽風加速領域の情報収集が可能になり、科学衛星や他の地上観測装置の観測も併用することによるフレアや CME に伴う広い領域でのプラズマ素過程や太陽風加速・加熱に関する知見の取得や、電波現象発生 of 迅速な同定に基づく太陽高エネルギー粒子 (SEP) 現象の出現予測等の宇宙天気予報面への貢献も期待される。また、木星等の惑星の磁気圏活動の指標となるオーロラ電波の高感度観測も可能とするために、太陽関連研究だけでなく、惑星物理学研究への寄与も期待される。

新観測装置には、フロントエンド部は広帯域アンテナを複数結合して高感度を達成するアレイ・アンテナ方式、バックエンド部は将来的には AMATERAS に準じた高分解分光方式を採用する計画である。2014 年 6 月現在、東北大学蔵王観測所に第 1 号アンテナの組立・設置を行っており、8 月には太陽電波偏波スペクトルの 1st light 取得を目指している。本講演では、新観測装置の開発現況と試験観測結果を紹介する予定である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M10b AMATERASで観測された太陽電波Ⅱ型バーストにおけるスペクトル微細構造の統計解析

柏木啓良, 三澤浩昭, 土屋史紀, 小原隆博 (東北大学), 岩井一正 (国立天文台)

太陽電波Ⅱ型バーストは、太陽コロナの衝撃波付近で加速された電子によって発生する。この中には、継続時間が1秒未満と非常に短い微細なスペクトル構造をもったものが一例報告されている(佐藤他 2014年春季年会)。そのスペクトル微細構造は加速された非熱的な電子ビームの挙動を反映しているものと解釈されており、衝撃波粒子加速における貴重な情報を持っていると考えられている。

本研究では、東北大学が所有する太陽電波望遠鏡 AMATERAS を用いてⅡ型バーストがスペクトル微細構造を伴うことの普遍性の検証と、伴う場合について、そのスペクトル微細構造の特徴を明らかにするために、統計解析を行った。AMATERAS は時間分解能 10ms のスペクトルデータを連続的に取得可能で、2010年秋の観測開始以降、多くの太陽電波バーストの観測に成功している。本研究は、先ず AMATERAS のデータベースから、Ⅱ型バーストを5例を同定した。この5例の特筆すべき点は、何れもスペクトル微細構造を伴っていることである。また、これらのⅡ型バーストの大局的なスペクトル構造には、基本波・二倍高調波、バンドスプリット構造を持つものがみられたが、何れもスペクトル微細構造は確認された。よって、スペクトル微細構造はⅡ型バーストにとって普遍的であると考えられる。一方で、抽出されたⅡ型バーストのドリフトレートは $0.40 \sim 0.57$ (MHz/s) と一般的なⅡ型バーストの値に比べて小さく、これは Newkirk の密度モデルを使うと $480 \sim 640$ km/s 程度の衝撃波の速度に対応している。ドリフトレートの大きいⅡ型バーストは大規模なフレアに伴うことが多く、他の電波バーストに埋もれて抽出出来ていない可能性がある。今後は大規模フレア時に対してより詳細な解析が必要である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M11b 太陽高エネルギー粒子スペクトルの変化について

久保勇樹, 田光江, 巨慎一 (情報通信研究機構)

比較的エネルギーの高い太陽高エネルギー粒子は、太陽フレアやコロナ中の衝撃波で加速されていることが良く知られており、特にコロナ中の衝撃波での加速機構は1次のフェルミ加速であると考えられている。古典的なフェルミ加速の理論では、加速された非熱的粒子は冪分布になるため、太陽高エネルギー粒子のスペクトルは冪分布になっていることが期待される。太陽高エネルギー粒子のスペクトルは観測的にも良く調べられており、観測されるスペクトルはほぼ冪分布(+高エネルギー側での指数関数的な減少)で良く再現されることが分かっている。例えば、地上の中性子モニターで観測される Ground Level Enhancement のスペクトルは、典型的には指数6の冪分布で良く近似される。これは一見当然の結果のように見えるが、太陽高エネルギー粒子の観測は in situ 観測であるため、観測されるスペクトルは観測場所でのスペクトルであり、加速場所のスペクトルと同じであるかどうかは自明ではない。また、古典的なフェルミ加速の理論から予想されるスペクトルは定常状態のスペクトルであるが、多くの研究から衝撃波で加速される非熱的粒子のスペクトルは時間発展をすることが分かっている。これもまた、加速場所と観測場所でのスペクトルが同じでない可能性を示唆する。本研究では、太陽高エネルギー粒子のスペクトルが加速場所から観測場所に輸送される間に変化する可能性について、太陽から地球までの太陽高エネルギー粒子の輸送過程をシミュレーションすることで調べる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M12b 太陽フレアに伴い「ひので」X線望遠鏡 CCD で検出された Speckle の増減

山田正矩、野澤恵（茨城大学大学院）、清水敏文（ISAS/JAXA）

人工衛星の CCD カメラの撮像画像には様々な理由で、対象以外のものが撮影されることがある。一例として、傷跡に似た軌跡や小さな斑点、吹雪のように見えるものがある。これらは Speckle、スノーストーム等の呼び方があるが、本研究では Speckle と呼ぶ。Speckle 発生の一因として、太陽フレアやコロナ質量放出 (CME) により 10 keV - 数 10 GeV にまで加速された太陽高エネルギー粒子 (SEP) が CCD に衝突したものと考えられる。そのため磁気圏内の低軌道衛星でも安全とは言い難く、SEP がどこまで流入してくるか、その動向を知る必要がある。

そこで、低軌道衛星である「ひので」搭載の X 線望遠鏡 (XRT) 撮像データを用いて画像の解析を行った。本研究では Speckle を検出して SEP の特徴を捉え、太陽活動の衛星障害の対策の指標とすることを目的としている。

解析結果より、フレア発生後では Speckle が周期的に増減することが判明し、Speckle の数もフレアの発生前と比較して 3 - 4 倍に増加する時間帯が存在した。この周期は軌道周期に同期しており、また衛星軌道情報から増加が極域上空付近で起きたことを特定した。解析期間は、2006 年 12 月から 2013 年 5 月で「ひので」/ XRT が撮像を行った X クラスフレアのイベントを中心とし、この解析結果を報告する。同時に解析イベントを増やした場合に、Speckle の増減と軌道情報や太陽活動の影響、Speckle の原因となったプラズマのエネルギーについても考察する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M13b サイクル24における地磁気擾乱の原因となった太陽活動について

亘 慎一, 田 光江, 久保勇樹 (情報通信研究機構)

黒点数やフレアの発生数などサイクル24の太陽活動は、最近の数サイクルに比べて低い状態となっている。太陽活動に伴う地磁気擾乱についてもこれまでの数サイクルに比べて低い状態となっている。そこで、地磁気擾乱の原因となった太陽面現象の特徴について調べてみた。サイクル24に発生した地磁気Dst指数が -100nT 以下になった地磁気擾乱を抽出して、その原因となった太陽面での現象について調べた。抽出された地磁気擾乱の発生数は、サイクル23の同じ時期に比べるとかなり少ない発生数となっている。太陽活動サイクルの立ち上がりから極大にかけての時期ということで、地磁気擾乱の原因としては、コロナ質量放出(CME)によるものがほとんどとなっている。ただし、原因となったCMEについて見てみると速度の遅いCMEによる地磁気嵐が比較的多いことがわかる。速度の遅いCMEの場合、太陽面での関連現象があまりはっきりしないことが多く、宇宙天気での地磁気擾乱の予測にとっては問題となる。発表では、それぞれの現象について詳しく報告する予定である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M14b EUV 波自動検出プログラムの開発とその結果による統計解析

阿部修平, 野澤恵 (茨城大学)

EUV 波とは、コロナ質量放出 (CME) に伴い太陽コロナ中を伝播する擾乱現象である。SOHO 衛星の EIT (Extreme ultraviolet Imaging Telescope) により観測されて以来、多くの科学者によって研究されてきたが、未だその成因については解明されていない。その一つの要因としては、EUV 波のタイムスケールに対して EIT の時間分解能が満足できる性能ではなかったことが挙げられる。しかし、2010 年に高時間分解能である AIA (Atmospheric Imaging Assembly) を搭載した SDO 衛星が打ち上げられたため、よりいっそう研究が進むことが期待されている。SDO 衛星の打ち上げから 4 年が経過していることから、EUV 波に対して統計解析を行うことに適したタイミングであるとも言える。また、EUV 波自体の性質としては等方的に伝播するということが知られている。しかし、実際は全方位に均等に伝播するということではなく、太陽コロナ中の環境によっていびつな形で伝播する。これは EUV 波の速度計測を行う際に問題となり、対応するためには複数の方位において速度計測を行う必要があるが、手動では非常に困難であるため、自動検出が求められている。

そこで本研究では、EUV 波に対して統計解析を行うため、AIA 撮像画像による EUV 波自動検出プログラムの開発を行った。このプログラムは、EUV 波発生地点を中心とした全方位における速度計測を可能としており、従来の EUV 波速度計測の懸念を払拭したものとなっている。そして、この EUV 波の速度分布や時間発展を明らかにすることは、EUV 波の発生原因等を解明することにつながる。また本講演においては、EUV 波がどのような領域においてどの程度減速しているのかも合わせて議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M15a **Investigating prominence turbulence with Hinode SOT dopplergrams**

Andrew Hillier, Takeshi Matsumoto, Kiyoshi Ichimoto (Kyoto Uni.)

The motions of plasma in quiescent prominences, as revealed by Hinode observations, display highly complex flows across a wide range of spatial and temporal scales. Using H- α dopplergrams from Hinode SOT, we investigate the spatial and temporal fluctuations of the line-of-sight velocity of a prominence observed on 2008-09-29 to determine its turbulent characteristics. Analysis of the velocity increments reveals hints of both the Kolmogorov ($r^{2/3}$) and the Kraichnan-Iroshnikov ($r^{1/2}$) scaling for magnetohydrodynamic turbulence. The results from this analysis will be of great importance for determining the spatial and temporal scales over which energy is injected into the prominence, transported through the prominence and dissipated in the prominence.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M16c **Analytic investigation of the magnetic Rayleigh-Taylor instability in a stratified atmosphere**

Andrew Hillier, Shinsuke Takasao (Kyoto Uni), Jack Carlyle (UCL)

The wavelength scaling from the magnetic Rayleigh-Taylor instability has been used to estimate the magnetic field strength of astrophysical systems, i.e. in prominence eruptions (eruptions of dense plasma clouds in the solar atmosphere) and supernova remnants. In general, the equation used to determine the magnetic field is only suitable for the instability in two constant density layers. However, most of the situations in which we are interested the effects of gravitational stratification are very important, and hence likely to change the behaviour of the instability at wavelengths larger than a pressure scale height. We present an analytic investigation of the growth rate of the Rayleigh-Taylor instability, finding that for wavelengths greater than the pressure scale height, the growthrate γ of the instability is greatly reduced, with the scaling changing from $\gamma^2 \propto k$ to $\gamma \propto k$. We will apply the results from this investigation to estimate the magnetic field strength in the prominence eruption on 2011 June 7, determining how the stratification effects the estimated strength of the magnetic field.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M17a 光球磁場と彩層磁気活動ジェットとの関連性について

西塚直人 (情報通信研究機構), Alphonse Sterling (NASA マーシャル宇宙航空センター)

太陽観測衛星「ひので」可視光望遠鏡によって、太陽彩層は磁気活動現象で満ち溢れていることが明らかになってきた。特に、太陽黒点周辺の活動領域では、彩層アネモネジェットと呼ばれる短命高速ジェットが多数観測され、彩層中での磁気リコネクションの発生を示唆している。しかしながら、彩層ジェットの発生箇所や発生条件、磁場構造などを統計的に調べた研究は今までにない。

本研究では、2006年12月11日に観測された太陽活動領域の8時間分の観測データに着目し、彩層ジェット活動と光球磁場運動との関連性を調べた。解析には「ひので」可視光望遠鏡のCa II H フィルター (彩層観測)、Stokes V フィルター (光球磁場視線方向成分)、G-band フィルター (光球観測) のデータを用いた。我々は33の彩層ジェットを発見し、浮上磁場領域や混合極性領域で磁気中性線に沿って繰り返し発生しているのを観測した。具体的な発生原因としては、黒点周囲の収束流領域で17例、次に単一極性浮上磁場単体によるものが9例、単一極性浮上磁場と収束流との組み合わせが8例、混合極性領域で3例、双極磁場構造の運動に伴うものが3例観測された。特に、収束流によって局所的に磁場がかき集められて、隣接する反対極性の磁場と対になってジェットを発生しているケースが最も多い。一方で浮上磁場に伴う彩層ジェットの発生は、浮上磁場の出現が5-10分前のものもあれば、30分-1時間前のものも観測された。大局的には、これら彩層ジェットの発生箇所は黒点西部のモート領域に集中している。モート領域では半暗部から黒点周辺部に向かって速度場が観測され、かつ浮上磁気活動も周辺で盛んなため、彩層ジェットが頻発したと理解される。さらに本解析から、彩層ジェットの発生には足元の光球速度場と光球磁場強度が重要であると考えられるため、これらによる彩層ジェット発生条件について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M18a ひので-IRIS の共同観測：波動散逸の現場に迫る

岡本文典 (宇宙研), Bart De Pontieu (LMSAL), Patrick Antolin (国立天文台), IRIS team

太陽観測衛星「ひので」の登場以降、太陽大気中の波動に関する研究が活発化している。波動の存在はコロナ加熱問題を考える上で非常に重要であり、その性質を探る観測的研究が増えてきた。特に、高空間分解能観測による微細構造の観測から、磁力線の振動を動画として捉えることが可能となり、太陽大気中には普遍的に波動が存在することが広く認識されるに至った。

しかしながら、このような波動がいかんしてコロナ中で散逸し、加熱に寄与するかについては今も観測的証拠が得られていない。そこで、昨年打ち上がった太陽観測衛星「IRIS」と「ひので」でプロミネンスの共同観測を実施し、微細構造の振動に伴う視線速度、非熱的速度、温度遷移などの解析を行った。

その結果、波動の散逸に関連すると考えられる現象を複数捉えた。まず、プロミネンス上部は低温で見られる微細構造の寿命が短い一方、振動が大きく、かつ非熱的速度も大きいことがわかった。これに加えて、スペースタイムダイアグラムでは、カルシウム線(1万度)での微細構造の軌跡が、時間とともにシリコン線(8万度)に引き継がれる様子が見られた。これらの観測事実は低温のプラズマが何らかのメカニズムによって高温化していることを示唆しており、波動による熱化と矛盾しない。また、微細構造の視線速度と鉛直振動が90度、及び180度の位相差を持っているものが見つかった。視線速度を算出したマグネシウム線は光学的に厚いことから、視線速度成分は磁束管の表面運動を反映していると考えられる。この結果を、振動する磁束管表面で起こる共鳴吸収に関する数値計算 (Antolin et al. 2014) と比較し、散逸の可能性について議論したい。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M19a **IRIS の観測による彩層加熱過程**

馬場楓子(東京大学), 岡本文典, 常田佐久(宇宙航空研究開発機構), 勝川行雄(国立天文台)

彩層・コロナ加熱問題を考える上で、光球とコロナの中間層である彩層中でのエネルギー輸送、加熱過程を解明することが重要とされている。彩層の物理量を得るために、高時間・高空間分解能で分光観測することのできる、NASAの太陽観測衛星「IRIS」(Interface Region Imaging Spectrograph)が2013年6月27日に打ち上げられた。「ひので/SOT(可視光・磁場望遠鏡)」の高時間分解能での広範囲撮像観測と、IRISの多波長分光観測から得られる彩層コロナ間の物理量を組み合わせることで、彩層からのエネルギー輸送や加熱過程を詳しく研究することができる。

ひので/SOTで取得したHa線のデータを用いて作成した、高さ方向の情報を含むリム付近の彩層温度構造マップから、高温構造が上層に伝わっている可能性が示唆された(2014年春季年会 M05b)。今回、ひので/SOTと同時刻観測を行っている、リム付近でのIRISの観測データを解析に用いた。IRISの分光観測データのMg II k線のラインコア(k3)から導出した視線方向の速度を調べた所、周期200秒程度で振幅が5km/sの速度変動があり、磁力線構造に沿って1秒角当たり20秒程の位相差が見られることがあった。これは磁力線に沿った波動の伝播と考えられる。この波動の伝播速度やHa線の温度構造マップとの対応について議論する。また、Mg II線よりも上層を見ているSi IV線やC II線との比較についても報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M20c 飛騨天文台ドームレス太陽望遠鏡と IRIS を用いた活動領域近傍における
小規模活動現象の分光観測

加藤友梨 (明星大学), 大辻賢一 (国立天文台), 北井礼三郎 (京都大学)

NASA の太陽観測衛星 IRIS(Interface Region Imaging Spectrograph) は 2013 年 6 月 28 日に打ち上げられ、高空間・高時間・高波長分解能による太陽遷移層の分光観測を行っている。本ポスターでは、IRIS と地上観測から得られたエラーマンボム等の小規模輝点の分光観測データの比較結果について発表する。

本観測は 2013 年 7 月 30 日に行われ、7 月 28 日から活発な磁束管浮上を見せていた活動領域 NOAA11805 を観測対象とした。エラーマンボムの同定には、飛騨天文台ドームレス太陽望遠鏡 (DST) の水平分光器による分光観測データを用いた。DST の水平分光器は多波長同時分光観測が可能であり、今回の観測波長として $H\alpha$ 6563Å、Ca II K 3934Å 及び Ca IR 8542Å が採用された。一方の IRIS では、C II 1336Å、Si IV 1403Å、O I 1356Å、2787Å、Mg II k 2796Å 及び Mg II h 2803Å による分光観測が実施された。DST の $H\alpha + 2.0\text{\AA}$ のスペクトロヘリオグラムからは、東西に分布する黒点間に明るい輝点が観測された。これらは $H\alpha$ 中心画像では目立った増光が見られず、またプロファイル形状からも典型的なエラーマンボムと判断された。また、DST の $H\alpha + 2.0\text{\AA}$ スペクトロヘリオグラムと IRIS の 2832Å スリットジョー画像との比較を行った結果、地上観測でエラーマンボムとして観測された輝点以外に、IRIS 画像上では数多くの小規模な増光が存在することが判明した。本ポスターではこれら 2 種類の輝点について、地上観測・衛星観測双方から得られた分光データの比較を行い、その成因についての考察を行う。また、エラーマンボムが彩層・遷移層に及ぼす影響についても議論を行う。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M21a 二流体シミュレーションによる部分電離プラズマ中の電流シートとプラズモイド形成の研究

中村 尚樹, 磯部洋明, 柴田一成 (京都大学)

近年の観測により太陽彩層はジェットなどの活動現象に満ちていることが分かってきた。そういった活動現象の根源となっているのは太陽表面にある磁場のエネルギーであり、その解放機構としては磁気リコネクションが挙げられる。特に太陽彩層においては中性粒子の効果が重要になってくると考えられる。太陽光球・彩層は温度が低いのでプラズマの一部または大部分が電離していない部分電離プラズマである。中性粒子は磁場と直接は相互作用しないので、磁場をすり抜けることができる。これによりプラズマの一部が磁力線の凍結を外れ、この現象を ambipolar diffusion という。この ambipolar diffusion による電流シートの時間発展は Brandenburg & Zweibel (1994) などで研究され、ambipolar diffusion の効果を含んだ MHD 方程式を用いて、電流シートは非常に薄くなることを示した。この ambipolar-MHD は電流シート中心のプラズマ圧力優勢の領域では使えないため二流体的な取扱いが必要となってくる。最近では Leake et al. (2012) が中性プラズマの二流体シミュレーションで磁気リコネクションを研究し、電離-再結合の効果で磁気リコネクションが高速になることを示した。

本研究では、二流体シミュレーションを用いて部分電離プラズマ中の磁気リコネクションの研究を行った。初期設定として磁力線と平行方向に電離度の違う層を配置することで特定の層のみで ambipolar diffusion が効き、その層で電流シートが薄くなることがわかった。また、非常に薄くなった電流シートは不安定になり無数のプラズモイドが形成された。このプラズモイドの成長段階において中性粒子がプラズモイドから逃げ出す動きが見られた。本発表ではこれらと電流シートの時間発展との関係について発表する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M22a コロナループ中における Alfvén 波散逸機構の競合関係について

松本琢磨 (宇宙科学研究所)

冷たい太陽光球の上空に高温のコロナが存在することが発見されて以来、コロナ加熱機構は太陽物理学において大きな謎とされてきた。表面对流と磁場との相互作用が重要な役割を演じている事は広く知られているものの、磁場の自由エネルギーを熱化する散逸機構に関しては未解明な点が多い。X 線画像等から容易に分かるように、太陽大気は非常に複雑な磁場構造を持っており、磁場の散逸機構も構造、もしくは場所ごとに異なると考えられる。今回は特に、非常に特徴的な構造であるコロナループに焦点を当てて研究を行なった。

Alfvén 波は、対流の運動エネルギーを上空に伝達する重要な物理過程の一つであると考えられている。その散逸機構には衝撃波形成のような圧縮過程と、MHD 乱流のような非圧縮的な過程が考えられるが、どの散逸機構がどの高さでどの程度効いてくるのかという問いに対して定量的に調べた研究は少ない。今回の研究においては、2次元磁気流体シミュレーションを用いて、計算機中にコロナを再現し、数値解を解析することで支配的な散逸機構を評価することを目的とした。

まず、Alfvén を計算領域の境界から注入することで、高温コロナが生成されることを確認した。また、加熱の分布を調べることで、彩層では衝撃波加熱が大きく寄与するが、コロナ中では乱流的な非圧縮加熱が支配的になることが分かった。さらに詳しく解析することで、彩層中で衝撃波面が磁力線垂直方向にカスケードしてゆく様子がとらえられた。このことは、彩層中において既に MHD 乱流が発達し始め、コロナ中での乱流加熱が促進されている可能性を示唆している。本発表では上記のような多次元性を考慮して初めて現れる散逸機構の競合関係について発表する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M23a プラズマ中の磁気拡散と磁気リコネクションへの応用

銭谷誠司 (国立天文台), 梅田隆行 (名古屋大学)

磁気リコネクション研究では、磁力線の繋ぎ変わるX点近傍の「磁気拡散領域」の物理が重要だとされている。しかし、そもそも運動論プラズマでは、「磁気拡散」という過程が定義されていないため、リコネクションの重要領域も曖昧にしか議論できないのが現状である。

本研究では、この問題を基礎概念に立ち返って再検討した (Zenitani & Umeda 2014)。移流する面要素を貫く磁束量が一定であるとき、磁束が流れに凍結していると言う (Newcomb 1958)。磁気流体力学 (MHD) では電気抵抗由来の拡散項が磁束凍結条件を破ることができるが、運動論ではこの関係は自明ではなくなる。今回我々は、これまでほとんど議論されなかった凍結項の圧縮成分に注目し、磁気拡散過程が磁束凍結状態 (理想状態) への緩和過程であると解釈した。また、理想条件 / 凍結条件 / 磁気拡散などは、基準場の取り方に依存する相対的な概念だと考える。例えば、イオンおよび電子の流体速度を基準場とすることで、イオン拡散領域・電子拡散領域の範囲と意味が明確になる。

さらに、これらの議論を粒子ノイズが少ないブラソフプラズマシミュレーションで検証する。例えば、リコネクション点付近に局在化して磁気拡散が起きていることや、電子拡散領域とエネルギー散逸が起きる磁気散逸領域はよく一致することなどがわかってきた。一方、今回考察した磁気拡散は、磁力線のアイデンティティを保証する線の保存定理 (Newcomb 1958) とは、別の問題であることも明らかになった。

これらの結果は、磁気拡散の概念を運動論プラズマに拡張するとともに、磁気拡散と磁力線の繋ぎ変えの関係という基礎的な問題に示唆を与えるものである。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M24c プラズモイド型リコネクションにおける圧縮性効果

銭谷誠司 (国立天文台)

磁気リコネクションは太陽フレアなどに関わる重要な物理素過程である。磁気流体近似でリコネクションの進行速度(エネルギー変換効率)を議論する場合、Petschek 型の速いリコネクションと Sweet-Parker 型の遅いリコネクションの2つの理論モデルが考えられてきた。しかし、前者は電気抵抗の扱いに仮定が必要であること、後者は現実の太陽コロナのパラメーターでは遅くなりすぎるという課題が残っていた。2000年代後半、このシナリオを書き換える展開があった。十分大きな Sweet-Parker 系では、電流層内のあちこちで磁場が繋ぎ変わり、多くのプラズモイド(磁気島)を作ってアウトフロー領域に排出する。その結果、遅いと思われていたリコネクション効率がそこそこの値($\mathcal{R} \sim 0.01$)に落ち着くことがわかってきた(Loureiro+ 2007, Bhattacharjee+ 2009, Uzdensky+ 2010)。これと並行して、これまで見過ごされていたプラズマの圧縮性の役割を見直す動きも進んでいる。例えば、準定常リコネクションのエネルギー収支では、圧縮性を取り入れることでプラズマの内部エネルギーの役割が大きくなることがわかっている(Hesse+ 2011, Birn+ 2010,2011)。

本研究では、この2つの理論研究の流れを踏まえ、プラズモイド型リコネクションにおける圧縮性効果を議論する。最近の Petschek リコネクションの磁気流体シミュレーションで、太陽コロナ下層の圧縮パラメーター(プラズマ β)では、磁気島の傍に遷音速型の遅進衝撃波が立つことがわかってきた(Zenitani & Miyoshi 2011)。こうした衝撃波は動くプラズモイドに対して抗力として働くうえ、衝撃波が飛び交うことで系全体をさらに乱流的にする。本発表では、大規模磁気流体シミュレーションを使って、圧縮プラズマにおけるプラズモイド系の発展やエネルギー変換効率、数値計算上の課題を議論する予定である。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

M25a 活動領域形成過程における自由エネルギー蓄積機構について

高棹真介(京都大学)、Yuhong Fan (High Altitude Observatory)、Mark C. M. Cheung (Lockheed Martin Solar and Astrophysics Laboratory)、柴田一成(京都大学)

活動領域は太陽内部からの磁束の浮上によって形成され、太陽フレアをはじめとする激しい活動を示す領域である。大フレアを起こす活動領域の黒点は磁場のねじれを示すことが多い。したがって、大フレアのエネルギー蓄積過程を理解するには、ねじれた磁束管の浮上過程にともなう自由エネルギーがどのように対流層中から光球上、コロナへと輸送されるかを解明することが重要である。これに関して過去に Longcope and Welsch 2001, ApJ が1次元理論モデルを提案しているが、プラズマパラメータが大きく変化する太陽大気では彼らのシナリオの妥当性は自明ではなく検証が必要である。そこで我々は3次元MHDシミュレーションを用いてねじれた磁束管の浮上にともなうエネルギー蓄積過程を探った。その結果、磁束管が光球上に浮上するときに急膨張することによって、光球上空のねじれと光球下のねじれの間「ずれ」が生じ、それがトルクを生んで torsional Alfvén wave が生成された。この Alfvén wave は磁束浮上の過程では生じず、浮上が終わり磁束管の軸が光球面付近で垂直になってはじめて発生した。この torsional Alfvén wave は観測されている黒点の回転運動として理解できると考えられる。本研究は、この過程の大枠が Longcope and Welsch のモデルで理解できることを示し、さらに磁力線をラグランジュ的にトラックすることによって、ねじれのずれが生じる高さやコロナへの自由エネルギーの供給過程を直接探ったものである。本講演では3次元シミュレーションに基づいたエネルギー蓄積過程の詳細を紹介し、観測への示唆について議論をする予定である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M26b 磁気リコネクションの物理を考慮に入れた1次元フレアモデルの提案

高棹真介、中村尚樹、柴田一成（京都大学）

太陽フレアは、その莫大なエネルギーゆえコロナで解放されたエネルギーが彩層、時には光球にまで到達し、様々な波長で観測される。太陽フレアはコロナ中の磁気リコネクションモデルが定説だが、まだ理論は完成していない。特に硬 X 線の観測などから推測される非熱的粒子数をコロナのリコネクション領域のみから供給することは難しく、“number problem”としてフレア理論の課題として突きつけられている。近年、フレアで発生したアルフベン波がコロナ下部や彩層の比較的高密度な領域にエネルギーを運び、そこで非熱粒子を生成するシナリオが提案された（Fletcher and Hudson 2008, ApJ）。これはフレア理論の問題解決につながる可能性があり活発に議論されているが、理論はまだ発展段階である。特に数値計算上の理由により、フレアループの温度を決めるうえで重要な熱伝導過程を、エネルギー保存を保証しながら多次元シミュレーションで取り扱うことは極めて困難である。そのため過去の研究では、リコネクションの MHD 過程を無視した1次元モデルで下層へのエネルギー輸送を議論してきた（Hori et al. 1997 など）。しかしこれでは MHD 波動による低層へのエネルギー輸送過程について議論できない。我々はこの状況を打開するため、リコネクションの物理を考慮に入れた熱伝導入り1次元 MHD フレアモデルを提案する。本モデルは1、つなぎ変わった磁場を折れ曲がった磁力線で近似した初期条件、2、アウトフローの運動エネルギーが熱化する効果をモデル化、3、熱伝導は陽的に直接解いて全エネルギーを保存、4、磁場は3成分考慮できアルフベン波も考察可能、という新しい特徴を持つ。調べた範囲では、Yokoyama and Shibata 2001 で示されている、リコネクションモデルに基づくフレアループの温度のスケーリング則を再現した。本発表では、モデルの詳細と適用範囲、2次元 MHD モデルとの比較を紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

M27b 非対称電流シートでの磁気リコネクションの不連続構造

新田伸也（筑波技大） 和田智秀（筑波技大） 淵田泰介（愛媛大） 近藤光志（愛媛大）

磁気リコネクションは、太陽フレア、地球磁気嵐、磁気粘性などの素過程として広く受け入れられている。アネモネ型フレア、地球磁気圏前面、プラズマ風終端衝撃波近傍などでのリコネクションは、異種のプラズマが接する場所で生じるため、電流シートの両側の物理量が大きく異なっていると考えられる。このような非対称電流シートでのリコネクション研究は未完成のホットトピックである。

自己相似リコネクションモデル (Nitta+01-Nitta07) は、巨大な空間で自発的に生じるリコネクションでは、fast-mode 希薄波の伝播とともに自己相似的に拡大するシステム全体が自分自身を決定する事を示した。しかし、近年の非対称リコネクション研究では、いずれもシステム全体での無撞着性には無頓着であった（例えば、Lin & Lee93：リコネクションジェットの横断面構造、Cassak & Shay07：拡散領域近傍での各種流束の収支）。

本研究では、非対称リコネクション・システムの全体像を理解し、非対称性が、対称リコネクションに関する従来の理解をどのように変更するかを明らかにする。MHD シミュレーションと、自己相似モデルに則って相似座標系での定常解を解く解析手法を組み合わせることに特徴がある。この組み合わせにより、MHD スケールの非対称リコネクション構造を明確に理解できると期待される。

今回は、衝撃波等の不連続構造解析に適した HLLD コードを用いた数値計算によって、システム内の各種不連続構造とそのパラメータ依存性（解の遷移）を明らかにしたので紹介する。例えば、非対称性が強まると、ジェット中の磁場構造は、ほとんど流れに沿った構造になる等、従来のリコネクションの概念を覆す特徴を示す事が分かった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M28b **Investigation on guide field dependence of “shock-evoking positive-feedback” model of magnetic reconnection**

Shuoyang Wang, Takaaki Yokoyama (The University of Tokyo), Hiroaki Isobe (Kyoto University)

Our previous study proposed a “shock-evoking positive-feedback” model, which could achieve fast magnetic reconnection using one 3D current sheet with finite guide field in uniform resistivity environment. The enhancement of reconnection rate originates from the zigzag pattern that goes across the current sheet center. This weblike pattern comes from the primary tearing mode that works on shear magnetic structure. In this presentation, we will report a study on importance of the third component relaxation checked by 2.5D simulations with the same setup. In 2.5D simulations, since the variation along z-direction has been neglected, single chain of flux tubes are formed right at the center of current sheet thus no “positive-feedback” system is built. The resulting reconnection rate is less than half of the 3D case before the secondary instability (plasmoid instability) starts. Dependence of the guide field magnitude is also checked in 3D box. With smaller B_z , resonance layers approach current sheet center while the reconnection rate reduces.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M29b 彩層活動領域・超半暗部の高空間分解観測

大井瑛仁，一本潔，上野悟（京都大学）

太陽光球に見られる黒点の上空：彩層には、黒点の磁力線が放射状に広がった様子を反映したとされるフィラメント：ファイブリルが確認でき、この領域を超半暗部と呼ぶ。この領域では黒点に向かう流れ（逆エパーシェット流と呼ばれる）が観測されており、その駆動についてはサイフォン流説が多く挙げられている。しかし、サイフォン流の観測的証拠の多くがスペクトロヘリオグラムによるスナップショット的描像であり、管を伝って物質が流れている様子を、特に水平方向でとらえた結果に乏しい。

我々は 100 fps を実現する高速撮像カメラによって得られた画像を、スペックルマスキング法による画像回復処理によって、京都大学飛騨天文台ドームレス太陽望遠鏡 (DST) の分解能に達する高解像のドップラーグラムの取得に成功した。これは過去に DST で取得されたシーイングの影響がないベスト画像に並ぶ解像度である。観測は 2014 年 1 月 7 日にほぼ太陽中心に位置していた NOAA 11944 の先行黒点である。黒点の直径は約 40 万 km (約 60 秒角) と比較的大きなもであった。波長は $H\alpha$ 線を中心に $\pm 0.3, \pm 0.5, \pm 0.7, \pm 1.2 \text{ \AA}$ の 9 波長を約 1 時間取得した。本講演では、観測で得られた超半暗部で確認される逆エパーシェット流などが、太陽面上を水平方向に流れている様子を紹介し、その特徴を説明する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M30a 狭帯域チューナブルフィルターによる彩層イメージング分光観測

萩野正興, 一本潔, 木村剛一, 仲谷善一, 川手朋子 (京都大学), 篠田一也, 末松芳法, 原弘久 (国立天文台), 清水敏文 (JAXA)

太陽フレアをはじめとする彩層のダイナミックな現象の物理量を測定するためには高時間分解能の分光観測が必要である。従来の分光器を用いた分光観測ではスリットを太陽面をスキャンする手法のため、二次元マップを取得に時間がかかり、空間的な広がる短時間で変化する現象をとらえることが困難である。我々は高速で波長スキャンが可能な狭帯域チューナブル・フィルターの開発を行っている。このフィルターは次期衛星観測 (SOLAR-C) への搭載や地上大型望遠鏡でのバックエンド装置としての使用を目指している。

このフィルターは、波長チューニング素子としての液晶・可変リターダ (LCVR) と、超色消し 1/2 波長板を用いて、高速でチューニングし (約 0.1 秒)、機械駆動 (油層) を排除し、広波長域 (510-1100nm) をカバーする。また、このフィルターは7段のステージで構成されており各ステージは方解石のペア、LCVR、1/2 波長板、直線偏光板により成り立っている。フィルターを構成する7段のステージを完成させ、フィルター全体を組み立てた。

各素子の光学特性試験の結果に基づき作成したフィルターのコントロールプログラムを用いて、2013年夏に京都大学飛騨天文台ドームレス望遠鏡において太陽彩層 $H\alpha$ 線像試験観測を行った。この太陽観測の結果からフィルターは予定通りの性能を実現している。現在、このフィルターは開発フェーズはほぼ終了し、実際の太陽彩層観測に用いるフェーズにある。本講演では $H\alpha$ に加えて、 $Mg517nm$, $CaII 854.2nm$ で得られた初の太陽画像データについて報告する

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M31a 京都大学飛騨天文台太陽観測データアーカイブの整備

石井 貴子, 一本 潔, 上野 悟, 阿南 徹 (京大・理・天文台)

京都大学飛騨天文台では、現在、ドームレス太陽望遠鏡 (Domeless Solar Telescope: DST) と太陽磁場活動望遠鏡 (Solar Magnetic Activity Research Telescope: SMART) の二つの望遠鏡を用いて、太陽観測を行っている。

SMART/T1 は、H-alpha 線 ($H\alpha$ 中心、 $\pm 0.5 \text{ \AA}$ 、 $\pm 0.8 \text{ \AA}$ 、 $\pm 1.2 \text{ \AA}$ 、 $+ 3.5 \text{ \AA}$) で太陽全面を高空間分解能 (0.6 arcsec/pixel) で撮像する。2005 年夏以降、観測は大学院生、PD、天文台職員らによって定常的に行われており、リアルタイムデータと一次処理済データ、活動現象のムービーなどを Web 上 (<http://www.hida.kyoto-u.ac.jp/SMART/>) で公開している。一次処理済データは、カレンダー形式で毎日の太陽像を一覧で表示し、各日の太陽像をクリックすると該当日のデータとムービー及び観測ログのページへと移動する構成になっている。

SMART/FISCH (Flare Imaging System in Continuum and H-alpha) についても 2011 年 8 月のファーストライト以降のデータについてのクイックルックと 2013 年 1 月以降のイベントムービーを SMART T1 と同様の URL からのリンク先にて公開している。

ドームレス太陽望遠鏡 (DST) については、これまで撮像観測のムービーアーカイブのみを公開していたが、今年度から分光・偏光観測データのクイックルックの公開に向けてデータアーカイブの整備を始めた。

本講演では、データアーカイブの概要および、最近のフレア観測例をアーカイブから紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M32a 磁気要素の自動追跡モジュールを用いた太陽黒点の成長/崩壊過程の解析

加藤翔大, 今田晋亮 (名古屋大学), 町田忍 (名古屋大学)

太陽大気中の磁場のダイナミクスは、太陽物理学の中で最も重要なテーマの一つである。磁場の活動は、たとえば太陽フレアやジェットなどの様々な活動を引き起こす。したがって、磁場のダイナミクスを理解することが重要である。我々は、太陽大気中の磁性を解析するために、光球における磁気要素を検出し動きを追跡するモジュールを開発した。簡単なテストデータを用いて、追跡モジュールの動作をチェックし、磁気要素検出及びその移動速度を十分な精度で測定できることを確かめた。我々は開発したモジュールをひので/SOT によって観測された太陽黒点のデータに適用し、太陽の表面での磁気要素の起源の一つである黒点の特徴を解析した。使用したデータは2009/12/29~2010/1/2の磁場データ (FG: Na I D 5896) である。太陽黒点の成長・崩壊に伴って放出される磁気要素の数や速度について解析し、東西/南北での異方性について調べたところ、放出される磁気要素の数が赤道側に比べ極側で1.5倍程度多く、また磁気要素の平均速度にも非対称性が見られた。さらに、検出した磁気要素の数/速度から、太陽黒点の周囲に存在するモート領域を自動検出する方法を考案し、モート領域を特徴づける典型的な量(半径など)を求めることに成功した。本稿では太陽黒点の減衰過程の時間変化について、自動追跡モジュールを用いて解析したデータを用いて議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M33a 対流層内部の小スケール磁場の流れ場への非常に強い揺り返しの発見

堀田英之, Matthias Rempel (NCAR/HAO), 横山央明 (東京大学)

非常に粘性・拡散の低い太陽対流層の磁気流体熱対流計算をおこない、非常に強い磁場が生成されるとともに、その揺り返しにより速度場が大きな影響を受けることを発見した。

昨今の太陽対流層の計算で発見されたことは、高解像度の数値計算で再現される熱対流速度は速すぎると言うことである。その結果、太陽の極領域の加速がおこるなど、観測とそぐわない点が指摘されている。一方で問題となっているのは、太陽全球ダイナモ計算をおこなったときの解像度の低さである。広大な計算領域と多量の時間積分を必要とするために、現在の最高のダイナモ計算でも 6000 km の格子間隔を持たざるを得ないという状況である。その結果、小スケールダイナモで生成される磁場は磁場から速度場への揺り返しはほとんど無視できるレベルであった。

そこで我々は、動径方向には太陽対流層全体を取り入れつつも、水平方向には領域を制限すること、また音速抑制法を用いた効率のよい計算コードを用いることで、最小で 350 km の格子間隔を実現し、その場合の小スケールダイナモ効果を見積もった。すると、350 km 以下の解像度にしたときに、小スケールダイナモにより生成された磁場は、速度場と等価エネルギーを持つ磁場 (Equipartition field) の 95% まで強くなることがわかった。また、熱対流の平均二乗速度も影響を受け、対流層の底で 50% 程度まで小さくなることがわかった。小スケールダイナモで生成される磁場が昨今の熱対流の過加速問題へ貢献しうることを示している。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

M34a 大局的磁場の振動周期およびマイグレーションと磁気ヘリシティ損失

政田洋平 (神戸大学), 佐野孝好 (大阪大学)

平均場ダイナモ理論は2種類のダイナモモードの存在を预言する。 $\alpha\Omega$ モードと α^2 モードである (e.g., Moffatt 1978)。 $\alpha^2\Omega$ モードはこれらの混合モードである。太陽ダイナモ理論は $\alpha\Omega$ モードが太陽内部では支配的であるという仮定に基づき構築されてきた。太陽内部では $\alpha\Omega$ モードの線形成長率が α^2 モードに比べて大きいのである。標準理論である Babcock-Leighton 型の太陽ダイナモモデルも $\alpha\Omega$ 型に大別される (e.g., Choudhuri 2012)。

一方、近年太陽ダイナモ機構における α^2 モードの重要性を示唆する幾つかの新しい知見が得られている。Hubbard et al. (2011) は強制乱流によるダイナモシミュレーションで、線形成長率の小さい α^2 モードが、非線形段階で $\alpha\Omega$ モードを消滅に追いやることを発見している。また Mitra et al. (2010) は、球殻系での強制乱流シミュレーションで、 α^2 モードによって赤道方向へのマイグレーションと準周期的反転をともなう大局的磁場が形成されることを明らかにしている (see also, Schinnerer et al. 2011; Käpylä et al. 2012; 2013)。

α 効果の空間非一様性が、振動型の α^2 ダイナモ波解を与えることは良く知られている (Rädler & Brauer 1987)。では『 α^2 ダイナモによって誘起される磁場の振動周期と伝搬方向 (= マイグレーション) を決める物理は何か?』この問いに定量的に答えることが本研究の目的である。我々はこれまで太陽内部をポリトロップ構造で模擬した局所 MHD シミュレーションで、回転対流とそれともなう α^2 型のダイナモ機構を詳しく調べてきた (Masada & Sano 2014 a,b)。今回我々は、系からの磁気ヘリシティ損失が大局的磁場の反転周期とマイグレーションに強い影響を及ぼすことを明らかにした。本講演では、大局的ダイナモの磁気ヘリシティ損失依存性の物理を解説するとともに、密度成層の強さと磁場のマイグレーションの方向の関係についても議論する予定である。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

M35a

Photospheric Flow Field Related to the Appearance and Disappearance of Polar Magnetic Patches observed with Hinode SOT

A.J.Kaithakkal, Y. Suematsu, M. Kubo (NAOJ), D. Shiota (Nagoya University), S. Tsuneta (ISAS)

The Sun's polar caps are dominated by unipolar magnetic patches which possess magnetic fields in kilogauss range. The origin of these unipolar patches is believed to be, according to current understanding, the surplus magnetic flux from decayed active regions transported to the polar cap through turbulent diffusion and meridional circulation. How the diffused magnetic flux is organized into discrete unipolar magnetic patches, which are scattered all over the polar region, is still an open question. It is well known from disc center observations that the vertical magnetic flux can be concentrated by horizontal plasma flows in the mesogranular and supergranular scale. There are no previous studies, as far as we know, which investigate the interaction of polar magnetic patches with the surrounding flow field. We used SP observations, of 16 min cadence and an observation period of 6 hrs, of both the north and the south polar regions to investigate the influence of flow field on the polar magnetic patches. To derive the flow field and its variation with height, the bisector analysis of the Fe I 630.15 nm line profile is used. We chose four wavelength points at 0.1, 0.4, 0.6 and 0.8 I_c on either side of the spectral line profile. We found that the velocity profile obtained at all the four bisector levels exhibit converging flow around magnetic patches during their formation. We also found that the strength of the converging flow increases with depth. We found that a weak converging flow field exist at the time of apparent death of the magnetic patches.

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

M36a 2012.5.21 金環日食限界線観測による太陽半径の精密観測

山村秀人, 黒河宏企, 家邊国昭, 永田利博, 河内正明, 永田駿介, 梁山隆志, 三宮友志, 長野国比古, 森田純一, 阪部幹也 (NPO 法人花山星空ネットワーク), 相馬充 (国立天文台), 前原裕之 (東京大学)

現在、国際天文学連合で公認されている太陽半径は696,000kmであり、この値は123年前にドイツのA.Auwers(1891)が発表した値に基づいている。その後、様々な方法で太陽半径の測定がされて来たが、測定方法の違いによるばらつきも大きい (Emilio et al., 2012)。太陽活動周期との相関関係などを議論する為には、長期間にわたる同一方法による高精度観測が重要である。太陽半径を求めるためには太陽縁の輝度分布の変曲点を正確に決定する必要があり、従来観測では、気流の乱れの補正が難しく微小な変動を議論するには疑問が残る。最近のMDIなどの衛星観測では一定の成果を得ているが、機器の温度変化、永年変化、寿命の問題がある。日食観測では月が真空中で非常に明瞭に太陽を隠すため、太陽縁の正確な輝度分布を求めることができ、その長所を生かすことができる。「花山星空ネットワーク」は、2012.5.21 金環日食において「小望遠鏡による金環日食限界線の観測」(2012年秋季年会講演 Y29a)を行った。相馬他(2012年春季年会講演 Y29a)によれば、現在、日食限界線を計算する上で最大の不確定要素が太陽半径であり、限界線の正確な位置観測により逆に太陽半径を精度良く決定することができる。我々の観測結果から、北限界線の位置は、太陽半径を696,000kmとして計算した限界線より420m北にあったことが判り、それから逆算した太陽半径は $R = 696,120 \pm 51\text{km}$ と求めることができた。その解析方法と結果の詳細を報告し、この太陽半径決定の精度を考察する。また、今後太陽半径の周期変動の観測にとって、日食における接触時刻の精密観測が有用である点についても議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

【N. 恒星】

9月11日(木) 午前(11:00-13:12) [G会場]

N01a	11:00	宇宙初期の漸近巨星分枝星での炭素ダスト形成と質量放出 II 田染翔平(東京大学)
N02a	11:12	AGB星の周縁部で形成されるダストのサイズ分布 保田悠紀(北海道大学)
N03a	11:24	長期多色測光観測から見たAGB星のLong Secondary Period(LSP)問題 高山正輝(東北大学)
N04a	11:36	赤外観測で探るV445Pupの大規模な星周ダストの存在と起源 島本早也佳(東京大学)
N05a	11:48	早期型星のX線放射機構の観測的研究 津村大樹(立教大学)
N06a	12:00	Swift/XRTによるWolf-Rayet連星系WR 21aのモニタリング観測 菅原泰晴(中央大学)
N07a	12:12	I Ib型超新星SN 2011dhの黄色巨星親星の最終進化における質量放出 前田啓一(京都大学)
N08b	12:24	I In型超新星SN 2005ip: X線のマルチエポック観測で明らかにした厚い星周物質を抜け出す爆風 勝田 哲(宇宙航空研究開発機構)
N09b	12:24	強いX線放射を示すG型星の岡山188cm望遠鏡を用いた高分散分光観測 野津湧太(京都大学)
N10b	12:24	中央大学望遠鏡CATによるMAXIで検出されたフレア星の可視光測光モニター 三宅梢子(中央大学)
N11a	12:36	ぐんま天文台による巨大フレア天体HD347929の高分散可視光分光観測 川越淳史(中央大学)
N12a	12:48	大質量星クラスターWesterlund 1の近赤外狭帯域フィルター撮像観測 奥村真一郎(日本スペースガード協会)
N13a	13:00	大質量星クラスターLMC/30Dorの近赤外狭帯域フィルター撮像観測 高橋英則(東京大学)
N14c		なゆた/VTOS及びすばる/IRCSを用いたベテルギウスの観測 三浦則明(北見工業大学)
N15c		位置天文観測によるミラ型変光星の周期光度関係確立 中川亜紀治(鹿児島大学)

9月11日(木) 午後(15:00-17:00) [G会場]

N16a	15:00	Asteroseismology of Solar-like pulsators: determination of the stellar spin axis angle for HAT-P-7 and Kepler-25 and implications for their exoplanets Othman Michel Benomar (University of Tokyo, Tokyo)
N17a	15:12	星震学で明らかになったA型主系列星KIC 11145123の内部自転について 高田将郎(東京大学)
N18a	15:24	自転星の特異な固有振動モード、ロゼットモードの非断熱解析 斉尾英行(東北大学)
N19a	15:36	恒星の進化に伴うdifferential rotationの生成と成長 勝田 豊(北海道大学)
N20a	15:48	質量座標系による回転平衡形状の導出、および恒星進化への応用 安武伸俊(千葉工業大学)
N21a	16:00	金属欠乏星における表面汚染とhyper metal-poor stars 小宮 悠(東京大学)
N22a	16:12	超金属欠乏AGB星での中性子捕獲を伴う核種合成過程とHyper Metal-poor stars 山田志真子(北海道大学)
N23a	16:24	連星仮説に基づく超金属欠乏星の起源とHyper Metal-Poor Stars 須田拓馬(東京大学)
N24a	16:36	光度の中間値比を用いた食連星のタイプ分類 三舛慧人(九州大学)
N25b	16:48	Kepler衛星によって得られた食連星にみられる食の周期変動について 高妻真次郎(中京大学)

N01a 宇宙初期の漸近巨星分枝星での炭素ダスト形成と質量放出 II

田染翔平(東京大学), 保田悠紀, 小笹隆司(北海道大学)

ダストは天体形成や天体現象の解明に大きな役割を果たす宇宙の重要な構成要素であり, ダストの供給源を知ることが重要である。我々の銀河では漸近巨星分枝 (AGB) 星がダストの主要な供給源である。宇宙初期では重力崩壊型超新星がダストの主要な供給源と言われて来た。しかし, 最近では宇宙初期でも AGB 星が重要であることが示唆され, 調べられている。

AGB 星は中小質量星の核燃焼最終段階にある星である。この段階は, 内部で合成された炭素や酸素を汲み上げる Third Dredge-Up や, 対流外層の底で炭素を窒素に変換する Hot Bottom Burning という過程が, 表面組成を激しく変化させることで知られている。

そこで, 本研究では低温の opacity に関して金属量が, 太陽組成にスケールされているもの, 炭素・酸素の増分を考慮したものの 2 パターンについて恒星進化計算を行った。計算は, 初期質量 $M = 2 \sim 5M_{\odot}$, 初期金属量 $Z = 0 \sim 10^{-4}$ のモデルに Reimers の質量放出則を適用して行われた。この結果をもとに, opacity の取り扱いの違いが星の構造と進化に与える影響を議論する。

さらに, 進化計算結果を用いて dust driven wind の流体力学モデル計算を行い, opacity の取り扱いの違いが AGB 星でのダスト形成量および質量放出率に与える影響についても議論する。

なお, 表面組成変化とより整合的な, 炭素・酸素・窒素の増分を考慮した opacity を用いた恒星進化計算は現在進行中である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

N02a **AGB星の周縁部で形成されるダストのサイズ分布**

保田悠紀、小笹隆司 (北大・理)

銀河ダストの起源と進化を研究する上で AGB 星は主要なダスト供給源として位置づけられており、近年、与えられた質量放出率の下での AGB 星進化計算と結合して星周縁部で形成されるダストの量とサイズ分布を見積もる研究が進展している (e.g., Ventura et al. 2012 ; Nanni et al. 2013)。これらの研究では、Ferrarotti and Gail 2006 に従って、恒星進化計算で得られた恒星パラメータと質量放出率を用い、ダスト形成が有効と判断される温度以下となった時点で一定量・一定サイズの種粒子を与え、定常風の仮定の下でダスト成長計算を行い形成量とサイズを見積もっている。このモデルでは、種粒子の形成過程が取り扱われておらず、形成されるダスト量だけでなく星間空間でのダストの進化 (破壊・成長) を考察する際に鍵となるダストのサイズの見積もりに問題がある。

一方、我々は星の脈動、核形成・成長過程とダストに働く輻射圧を考慮した星風モデルの開発を行っている。このモデルでは、流れに沿ってのダストの成長によるサイズ分布の変化を追跡することが可能であり、与えられた恒星パラメータ (質量、光度、有効温度、脈動周期、表面元素組成) に対して、ダスト形成量と質量放出率だけでなく星間空間に放出されるダストのサイズ分布を求めることが出来る (e.g, Yasuda and Kozasa 2012)。このモデルを炭素過多 ($C/O > 1$) AGB 星に適用し、星間空間に放出されるダストのサイズ分布の恒星パラメータ依存性を調べた。その結果、与えられたパラメータに応じてダスト形成領域のガス密度の動径分布が変化し、炭素ダストのサイズ分布の形状が変わることが判明した。

本講演では、炭素ダストのサイズ分布の入力パラメータ依存性を示し、(半径が $0.1\mu\text{m}$ 以上の) 大きなダストが形成される条件、ガスの不透明度やダストのドリフトのサイズ分布への影響について論じる。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

N03a 長期多色測光観測から見た AGB 星の Long Secondary Period(LSP) 問題

高山正輝, 板由房 (東北大学), P.R.Wood(ANU)

AGB 星では近年 Long Secondary Period(LSP) と呼ばれる 400 日以上 of 長周期の変光モードが見つかり、その変光のメカニズムについて議論されてきた。OGLE や MACHO によって現在までに明るい AGB 星脈動変光星の 30% 程度でこの長周期の変光が見つまっている。脈動や連星の食のモデル計算からその変光の起源を探る研究が進められてきた。一方最近の観測から中間赤外の excess が観測された LSP 天体が見つかり、星周ダストの量の時間変化によって LSP の変光が起きているというモデルがにわかに注目を浴びるようになった。しかし現在まで観測と矛盾なく LSP の変光の起源を説明できる物理的なモデルは見つかっていない。LSP は非常に長周期であるため、その変光の time series を取得するためにはかなりの時間を要する。このことがこの問題の解決を難しくしている要因の一つでもあった。

本講演では、南アフリカ天文台 (IRSF, SIRIUS カメラ) で可視光以外では初めてとなる近赤外 (J, H, K_s) の長期観測 (約 10 年間) で得られた time series を用いて、SMC の LSP 天体を解析した結果を報告する。加えて星周ダストのシェルによる減光を数値計算したモデル、および star spot による変光を計算したモデルを観測データと比較し、これら二つのモデルが LSP 現象を説明できるか検証した結果を報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

N04a 赤外観測で探る V445Pup の大規模な星周ダストの存在と起源

島本早也佳, 左近樹, 尾中敬, 臼井文彦, 大坪貴文, 土井靖生 (東京大学), 大澤亮 (東大天文センター), 石原大助 (名古屋大学)

V445Pup は、2000 年 12 月末に発見された古典新星であり、観測的にヘリウム星を伴星に持つ唯一のヘリウム新星として認識されている。さらに、新星爆発による質量放出量は降着量に比べて少なく、新星爆発を繰り返すたびに白色矮星質量が増加し、いずれ Ia 型の超新星爆発に至る有力候補天体と考えられている。

我々は、2012 年 6 月に、Gemini 南望遠鏡/T-ReCS を用いて、爆発後約 4200 日の V445Pup の中間赤外観測を行い、同時期に取得した近赤外測光データと併せて、ダスト放射のスペクトルエネルギー分布 (SED) 解析を行った。得られた SED は、赤外で光学的に薄いダスト放射を仮定すると、540K で $7.1 \times 10^{-8} M_{\odot}$ および 160K で $1.3 \times 10^{-4} M_{\odot}$ の 2 温度成分の amorphous carbon の放射で説明される。

一方、あかり衛星の中間赤外および遠赤外全天サーベイにおいて 2006 年 10 月の V445Pup が捉えられており、得られた中間-遠赤外 SED は、250K で $1.1 \times 10^{-5} M_{\odot}$ (warm 成分) および 125K で $5.0 \times 10^{-4} M_{\odot}$ (cold 成分) の 2 温度成分の amorphous carbon の放射で説明される。2006 年の warm 成分が 2000 年末の新星爆発で形成されたダストだとすると、2012 年時点では、白色矮星の luminosity の減少とダストの拡散に伴って 160K の成分に対応すると考えられる。その場合、2000 年末の新星爆発に際して $10^{-5} \sim 10^{-4} M_{\odot}$ 規模の大規模なダスト形成が示唆される。本講演では、両時期に V445Pup に観測された星周ダストの起源を議論し、V445Pup が今後 Ia 型の超新星爆発を起こす候補天体と推論されることについて、観測的観点から考察する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

N05a 早期型星の X 線放射機構の観測的研究

津村大樹, 北本俊二, 小松飛斗, 星野晶夫,(立教大理)

早期型星とは恒星の一種であり、恒星の中でも表面温度が高く明るい星のことである。早期型星の X 線観測の歴史は、1978 年に打ち上げられ、初めて X 線望遠鏡を搭載した Einstein 衛星による観測から始まった。早期型星の X 線放射機構は、自らの星風の不安定性から起こる衝撃波が生み出す高温プラズマからの X 線放射モデル(星風衝撃波モデル) や、早期型星が連星系をなしている場合、お互いの星風が連星間で衝突することで高温プラズマが発生し、そこから X 線が放射されるという星風衝突モデルがある。また、一部の早期型星から磁場が発見されている事と考えあわせ、磁場に拘束された星風が赤道付近で衝突し、高温プラズマが出来るという Magnetically Confined Wind Shock(MCWS) モデルも注目されているが、確立されたモデルはいまだない。

日本の X 線天文衛星「すざく」及び欧州の X 線天文衛星「XMM-Newton」は、12 個の OB 型星 (τ Sco, ζ Oph, Cygnus OB2 No.5, No.8a, No.9, No.12, μ Col, ζ Pup, ζ Ori, ι Ori, θ 1 Ori C, 10Lac) を観測した。 τ Sco, θ 1 Ori C からはそれぞれ 0.5kG, 1kG の強磁場が見つかっており、 ζ Oph, ζ Pup, ζ Ori からは 100G 程度の弱い磁場が見ついている。また、Cygnus OB2 No.5, No.8a, No.9, ζ Ori, ι Ori は連星系で、そのうち Cygnus OB2 の 3 天体は O 型を伴星に、 ζ Ori と ι Ori は B 型星を伴星に持つことが分かっている。 τ Sco, ζ Oph, μ Col, ζ Pup, 10Lac は単独星であることが分かっている。

我々は、これら 12 個の OB 型星の X 線スペクトルを解析し、比較した。その結果、強磁場を持つ天体や O 型星を伴星に持つ天体では高温度成分が強くなる事、また、低温成分は、質量放出率と良い相関を持つ事を発見した。これら、解析結果と、推定される X 線の放射過程について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

N06a **Swift/XRT による Wolf-Rayet 連星系 WR 21a のモニタリング観測**

菅原 泰晴、坪井 陽子 (中央大学)、前田 良知 (JAXA)

Wolf-Rayet 星の多くは連星系を成し (van der Hucht, 2001)、両者からの星風はその中間点で衝突して高温ガスを生成し、連星軌道に伴って、衝突領域が変化していくことが知られている。このガスを詳細に調べることで、X線領域で星風の密度や加速量を定量的に調べるのが近年可能になった。WR 21a (WN5-6+O3) は、可視高分散分光観測によって、周期 31.673 日、離心率 $e = 0.64$ (Niemela et al. 2008) が精密に求められている数が少ない大質量連星系であり、X線モニタリングを用いることで、星風衝突研究の良い実験場となることが期待される。

我々は、1978年から2008年にかけて Einstein、ROSAT、ASCA、RXTE、Chandra 衛星によって実施された、計 11 観測のデータを解析し、遠星点付近で予想の 10 倍近い増光を報告した (2012 年春季年会)。しかし、連星間距離の急激な変動が期待される近星点付近が未観測であり、X線変動の全貌は未だ明らかになっていない。

今回、我々は Swift/XRT を用いて、2013 年 10 月 1 日から 2013 年 11 月 2 日に渡り 17 日間、計 73ksec のモニタリング観測を実施した。スペクトルは、 $kT \sim 1\text{--}3\text{keV}$ の熱放射モデルで再現され、 $0.5\text{--}10\text{keV}$ 帯域で $L_X \sim 2 \times 10^{33}\text{--}1 \times 10^{34}\text{erg s}^{-1}$ に渡る光度変化を確認し、連星位相に伴う X線変動を捉えることに成功した。X線光度は、連星間距離に反比例して変動する予想 (e.g., Usov 1992) と異なり、WR 140 や η Carinae と同様に (e.g., Sugawara et al., submitted to PASJ)、近星点付近で減光した。これは、星風加速不足による衝突領域の減少、かつ、近星点通過後、WR 星が手前に在る合として解釈できる。

本講演では、これらの解析結果について報告し、X線観測から制限される星風パラメータについて言及する。また、2014 年 6 月以降に実施される追観測の結果も併せて報告する予定である。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

N07a **IIb 型超新星 SN 2011dh の黄色巨星親星の最終進化における質量放出**

前田啓一 (京都大), 勝田哲 (宇宙研), 馬場彩 (青山学院大), 寺田幸功 (埼玉大), 深澤泰司 (広島大)

IIb 型超新星は少量の水素外層を残したまま爆発するタイプの超新星であり、大質量星の質量放出過程の理解において重要な研究対象である。M51 で発生した IIb 型超新星 SN 2011dh は黄色巨星が親星であったことが判明している。黄色巨星の爆発は理論的に予想されておらず、その超新星に至る親星進化過程が明らかにされていない。その解明は、未解明の大質量星一般における終末期進化についての理解を深めるうえで鍵となり得る。

我々は、Chandra による 750ks 積分という非常に深い M51 の X 線データの解析を行い、この超新星の爆発後約 500 日における熱的 X 線放射を検出した (Maeda, et al., 2014, ApJ, 785, 95)。このような後期における超新星 X 線観測は星周物質の性質と親星進化過程への制限において非常に強力であるが、これまで観測例は非常に少ない。我々は、このデータから黄色巨星親星の爆発に至る最期の約 1,000 年における質量放出率を決定した。星周物質密度は、電波観測をもとに見積られていた星周密度に比べ、実際には約一桁大きいことが判明した。イジェクタ内を伝搬する後退衝撃波からの X 線放射が支配的であり、イジェクタの先端における密度分布は非常に急なべきを持つ。これらは水素外層をすべて失った親星の爆発である Ib/c 型超新星の場合と異なる特徴であり、後期 X 線放射の解析が親星の性質を決定づけるうえで非常に強力であることが実証された。

爆発に至る最期の約 1,000 年における質量放出率は、 $\sim 3 \times 10^{-6} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ と見積もられた。これは、通常の巨星からの恒星風による質量放出として説明できる。一方、この質量放出率では水素外層の大半を剥ぐことは不可能である。以上より、SN 2011dh の親星は連星系をなしており、過去において連星相互作用により大半の水素外層を失ったというシナリオを提案する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

N08b IIn 型超新星 SN 2005ip : X線のマルチエポック観測で明らかにした厚い星周物質を抜け出す爆風

勝田 哲 (ISAS/JAXA), 前田啓一 (京都大), 野沢貴也 (国立天文台), David Pooley (Sam Houston State University), Stefan Immler (NASA/GSFC)

近年の X 線観測により、爆発後数十年程度の「超新星」が頻繁に観測されるようになってきている。この X 線は星周物質 (及びイジェクタ) から放出される熱的・非熱的放射と考えられており、現代天文学の大きな謎の一つである「爆発直前の大質量星の質量放出」を探る新しいプローブになり得る。

我々は、近傍銀河 NGC 2906 に出現した IIn 型超新星 SN 2005ip の、Chandra と Swift による爆発後 1-6 年間の観測データを解析した。X 線スペクトルから測定した温度は $kT > 7 \text{ keV}$ と高温であったため、高速のフォーワードショックに加熱された星周物質が主に X 線を放射していると考えられる。興味深いことに、爆発後 2-3 年のスペクトルは強い吸収を受けていたが ($N_{\text{H}} \sim 5 \times 10^{22} \text{ cm}^{-2}$)、その後徐々に吸収量が減少し、最後の観測では銀河系内の吸収量と一致するまで ($N_{\text{H}} \sim 4 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$) に低下した。これは、この超新星が濃い星周物質の中で発生し、フォーワードショックが徐々にその外に出て来たことを示唆する。吸収を解いた X 線輝度は、最後の観測で半減するまで一定であった ($L_{0.2-10 \text{ keV}} \sim 1.5 \times 10^{41} \text{ ergs s}^{-1}$)。X 線で最も明るい超新星の一つである。吸収量と X 線光度から見積もった親星の質量放出率は非常に大きく ($\dot{M} \sim 2 \times 10^{-2} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$)、luminous blue variable に見られるような大規模な質量噴出を示唆する。爆発後 6 年間に衝撃波が掃いた星周物質の質量は、 $15 M_{\odot}$ 程度と大きく、親星の主系列星時の質量は $25 M_{\odot}$ 以上であったことが伺える。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

N09b 強いX線放射を示すG型星の岡山188cm望遠鏡を用いた高分散分光観測

野津湧太, 野津翔太 (京都大学), 本田敏志 (兵庫県立大学), 前原裕之 (東京大学), 柴山拓也 (名古屋大学), 野上大作, 柴田一成 (京都大学)

我々のグループでは、ケプラー宇宙望遠鏡の測光データの解析から、スーパーフレア (最大級の太陽フレア ($\sim 10^{32}$ erg) の $10\sim 10^4$ 倍のエネルギーを解放する巨大フレア) を起こす太陽型星 (G型主系列星) を多数発見し、これらの星の多くが巨大な黒点を持つ可能性がある事を示してきた。さらに、発見したスーパーフレア星のうち、現在までに50星について、すばる望遠鏡 HDS を用いて高分散分光観測を行い、その彩層活動性や自転速度などを調べている (Nogami et al. 2014, PASJ, 66, L4 他参照)。今後は、現在建設中の京大 3.8 m 望遠鏡を用いた観測も推進し、スーパーフレア星の特徴や太陽でのスーパーフレアの発生可能性などについて更なる研究を行う予定だが、それにはより明るい天体を全天の様々な領域で多数発見することが欠かせない。そこで我々は、X線観測衛星 ROSAT による全天サーベイで観測された星のうち、比較的近傍に存在しかつ強いX線を放射しているG型星について、岡山 188cm 望遠鏡 HIDES で高分散分光観測を行っている。ケプラーで観測された星の中で、ROSAT のサーベイでX線源として同定されたG型星は43星あるが、そのうち31星は我々が見つけたスーパーフレア星に対応している。したがって、X線源と同定されている星を調べれば、全天の明るい天体の中から、太陽型のスーパーフレア星や将来スーパーフレアを起こす可能性のある星を多数発見する事が出来ると期待される。

2014年3月~5月に観測した35星について、星の彩層活動の良い指標であるCa IIの近赤外の3重線とH α 線の強度を調べた。その結果、X線強度がより強く、フレア活動が特に活発だと予想される星は、彩層活動性が高く、巨大黒点が存在する事が示唆された。本発表では、星の自転速度についての検討も含め、初期成果を報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

N10b 中央大学望遠鏡 CAT による MAXI で検出されたフレア星の可視光測光モニター

三宅梢子、坪井陽子、飯田悠、渡邊千夏、秋山昌俊(中央大学)、藤井貢(FKO)、飯塚亮(JAXA)

2012年3月、中央大学後樂園キャンパス屋上に直径26cmのドーム型望遠鏡CAT(Chuo-university Astronomical Telescope)を設置した(詳しくは本季学会の坪井陽子、他の発表を参照)。

我々は全天X線監視装置MAXIを用いて、星からの巨大フレアを探索しており、MAXIで検出されるフレア星における(1)可視光帯域でのフレア活動、(2)黒点面積、に興味があった。よってCATを用いて、MAXIでフレアの検出された星のモニター観測を2013年11月から2014年1月まで行った。用いたフィルターはI,R,V,Hである。MAXIでは、2009年8月からの4年間でRS CVn型星8天体、dMe型星10天体のフレアを検出していたが、モニター時代にCATで観測可能なRS CVn型星はII Peg、HR1099、UX Ari、dMe型星はEV Lac、EQ Pegであった。MAXIによりII Pegからは8回、HR1099からは12回、UX Ariからは5回、EV LacおよびEQ Pegからは1回ずつフレアが検出されていた(2014年度春季天文学会、坪井、他)。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

N11a ぐんま天文台による巨大フレア天体 HD347929 の高分散可視光分光観測

川越淳史、坪井陽子 (中央大学)、橋本修 (ぐんま天文台)、本田敏志 (兵庫県立大学)、前原裕之 (京都大学)、森鼻久美子 (西はりま天文台)、飯塚亮 (JAXA)、菅原泰晴、比嘉将也 (中央大学)、薄井竜一 (東京工業大学)、根来均 (日本大学)、ほか MAXI チーム

HD347929 は可視光の帯域で 0.5 等の変光幅をもつ K2 型星である。変光は自転によって黒点が見え隠れすることにより発生するが、このように大きな変光幅を持つ天体は、磁場活動が活発な RS CVn 型連星や T Tauri 型星の中でも数天体しかない (RS CVn 型連星では UX Ari や II Peg など、T Tauri 型星では V773 Tau など)。

HD347929 は全天 X 線監視装置 MAXI/GSC により 2010 年 6 月 27 日と 2013 年 5 月 20 日にフレアが観測されたことから、その磁場活動性の大きさが改めて認識された。2–20 keV のエネルギー帯域での X 線フラックスは 2 回のフレアとも 1×10^{-9} ergs s⁻¹cm² を記録している。ROSAT Bright source catalog にも記載されており、活発な磁場活動の証拠は矛盾なく得られていた。しかし、34 日という変光周期は、MAXI で検出される巨大フレアを起こす RS CVn 型連星や T Tauri 型星の典型的周期である数日に比べ明らかに長い。またヒッパルコスで測定された距離の不定性も大きく (214[+215,-92]pc) どのような星として分類できるのか、全くわかっていなかった (2014 年秋季天文学会川越淳史他として発表)。

我々は HD347929 の正体を知るため、ぐんま天文台の 150 cm 望遠鏡に設置した高分散分光撮像装置 GAOES にて、2013 年 7 月 19 日から 11 月 8 日で計 16 回、連続分光観測を行った。総露出時間は約 1800 秒、波長分解能は R ~ 45000 であった。スペクトルの解析には、SPTOOL (Takeda et al. 1995) を用いた。結果、5600 ~ 6700Å の各吸収線の深さから化学組成比、広がりから自転速度を得た。結果を踏まえて正体について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

N12a 大質量星クラスター Westerlund 1 の近赤外狭帯域フィルター撮像観測

奥村真一郎 (日本スペースガード協会), 高橋英則, 田中培生 (東京大学), ほか TAO グループ

我々は、銀河中心など大質量星クラスターについて $1.87\mu\text{m}$ および $2.07\mu\text{m}$ の狭帯域フィルターと Ks 標準フィルターをセットにした撮像観測を実施してきた。 $1.87\mu\text{m}$ フィルターは水素再結合線の Pa α を検出するためのものであるが、 $1.875\mu\text{m}$ の HeII(8-6) 輝線や輝線幅が広がっている場合には $1.864\mu\text{m}$ の HeII(6-5) 輝線も捉えることができ、Pa α の強い LBV をはじめとして HeII 輝線の強い WN 型 Wolf-Rayet(WR) 星等、様々な輝線天体の探索に有効である。また $2.07\mu\text{m}$ フィルターは WC 型 WR 星の CIV 輝線を検出する目的のものであるが、 $2.07\mu\text{m}/\text{Ks}$ 強度比から減光量を求めることが可能である。さらに、 $1.87\mu\text{m}/\text{Ks}$ 強度比と $2.07\mu\text{m}/\text{Ks}$ 強度比から 2 色図を作成すると WC 型 WR 星や WN 型 WR 星、LBV など輝線星を識別できると同時に個々の天体の減光量の評価や massive YSO やミラ型星など極めて赤い天体を分離することもできるので、クラスター内の様々な進化段階の星について考察することができ、大質量星の形成・進化を探るための有効な情報を得ることができる。

本講演では、miniTAO/ANIR による Westerlund 1 クラスターの観測結果について報告する。およそ $4' \times 7'$ の領域について観測を実施、約 460 個の天体について 3 種類すべてのフィルターで測光できた。クラスターの中心部については先行研究で 20 数個の WR 星が同定されているが (Crowther+ 2006)、既知の天体が $1.87/\text{Ks}$ vs $2.07/\text{Ks}$ の 2 色図上でしかるべき位置にくることを確認するとともに、我々は新たに WN 型 WR 星候補を数個発見した。講演では、クラスターの構成メンバーや減光量についての考察と、 $1.87\mu\text{m}$ の超過と Ks 絶対等級との関係から導かれる質量放出に関する議論について、銀河中心領域のデータと比較しながら紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

N13a 大質量星クラスター LMC/30Dor の近赤外狭帯域フィルター撮像観測

高橋 英則, 田中 培生 (東京大学), 奥村 真一郎 (日本スペースガード協会), 他 TAO グループ

Ib/c 型超新星の母天体である Wolf-Rayet 星 (WR) の他、LBV、YHG、RSG などを含む銀河系内外の大質量星クラスターの形成・進化過程および年齢、さらにその空間分布や星間物質への寄与などの解明を目的として、近赤外線狭帯域フィルターによる撮像観測を継続している。観測には広帯域 Ks バンドと 2 枚の狭帯域 (N187=1.875 μ m, N207=2.07 μ m) を用いる。N187 は電離水素 Pa α 輝線や HeII 輝線が観測でき、WR、LBV などの検出に有効である。N207 は WC 型 WR 星に特徴的な [CIV] 輝線を効率的に検出できる。このフィルターセットから得られる 2 色図は、輝線星の検出のみでなく、減光の大きな領域での減光量を補正した Ks 等級とカラー情報を精度良く与えるため、若い天体も含めた大質量星の形成から終末に至るあらゆる進化段階の天体の検出に有効である。

本講演では、天の川銀河とは金属量が異なる LMC の観測について報告する。観測領域は LMC の中でも大質量星が多く存在し、星形成が活発な 30Doradus 周辺の R136 から N158–N160 領域へと星形成活動が連続的に変化している複数領域を選んだ。特に R136 領域は 150 太陽質量を超える超巨大質量星が存在し、星の誕生や進化過程に銀河系内クラスターと違いがあると考えられる。2 色図から多くの大質量星が同定された。30Dor は AKARI で遠赤外線 [OIII] 輝線が広く検出されたが、その電離源として未同定の大質量星、つまり埋もれた WR 星などがその役割を担っているかも知れない。また 2 色図の領域ごとの分布の違いはクラスターの IMF や年齢に依存する他、周辺環境や金属量にも関係する可能性がある。さらに、Ks 等級 vs N187 excess 図においては検出天体の分布にいくつかのシーケンスが見られるが、これは Ofpe 型星から WN 型 WR 星にかけてのサブクラス分類に対応しており、この図が新たな詳細分類や Mass loss 量を推定するツールとして用いることができるかも知れない。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

N14c **なゆた/VTOS 及びすばる/IRCS を用いたベテルギウスの観測**

三浦則明、倉知栄利花、三浦美穂、桑村進（北見工大）、圓谷文明（西はりま天文台）、馬場直志（北大工）、早野裕、表泰秀、美濃和陽典（国立天文台）、坂元誠

我々は、西はりま天文台 2m なゆた望遠鏡の VTOS を用いてベテルギウスのスペckル観測を行っている。2013 年の秋季年会では、緑色波長域（515.5nm, 幅 21nm）において、ベテルギウスは非等方的に大きく広がって見えていたことを報告した。今回、パワースペクトル解析用に新しく非線形最小自乗法を実装し、解析をやり直した。この結果、長径は 137.7 ± 5.0 mas、短径は 117.7 ± 4.4 mas、Limb-darkening ファクターは 0.92 ± 0.21 であった。誤差は 90 %信頼区間に対応している。長径の値は、従来の可視観測および赤外観測で得られた数値の中で最大であり、おおよそ 2~3 倍の値になっている。

我々は 2012 年の結果から、比較的コンパクトな拡がりを持ち緑色波長域全体で光っている成分と大きく広がった輝線成分があったと推定した。これを確認するため、より狭帯域な二つのフィルタ（506.3nm, 幅 7.5nm および 518.9nm, 幅 8.0nm）を用意し、2013 年 11 月に再びスペckル観測を実施した。しかしながら、どちらの波長域でもベテルギウスのパワースペクトルは大きく一様に広がっており、2012 年観測時のような特徴的な構造は観測できなかった。また、両波長間で大きな差異は見られなかった。

また 2013 年 11 月、すばる望遠鏡 IRCS を用いて、K-band continuum（2.314 μ m）および Fe-II（1.644 μ m）での、ベテルギウスとベラトリクスの AO 撮像観測を実施した。現在、視直径を解析するための非線形最小自乗法のコードを開発しているところであり、当日結果を報告する予定である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

N15c 位置天文観測によるミラ型変光星の周期光度関係確立

中川亜紀治、面高俊宏、半田利弘、亀崎達也（鹿児島大学）、VERA グループ

天の川銀河のミラ型変光星について、その周期光度関係の確立は VERA プロジェクトの科学目標の一つである。ミラ型変光星ではその変光周期と絶対等級の相関が周期光度関係として知られており、この関係は距離推定の指標として利用できる。しかし天の川銀河の変光星に対する周期光度関係は絶対等級の決定が難しく十分な精度で得られているとは言い難い。我々は年周視差と距離を決定すべくそれらの星に対する長期間に渡る VLBI 観測を行ってきた。VERA は観測周波数 22GHz で星周に分布する水メーザーを観測する。ミリ秒角スケールでメーザーの動きを追跡するために位置基準となる QSO を同時に観測する相対 VLBI の手法を用いている。

これまでに得られたいくつかの変光星の年周視差精度は 10% を上回り、先行研究による同種の星の距離推定精度を凌駕する結果がえられている。最近の成果としてミラ型変光星 T Lep の距離を非常に高い精度で決定して公表したところである。得られた年周視差は 3.06 ± 0.04 mas であり距離 327 ± 4 pc に対応する。T Lep では星周物質の分布や動きも明らかになり、VLTI で撮像された赤外線干渉計によるイメージの角サイズを実際のスケールへ変換することで高い精度で星の構造サイズを知る事にもつながった。VERA による結果から周期光度関係 $M_K = -3.51 \log P + 1.37 \pm 0.07$ が得られているが、精度の向上によって信頼度が増した我々の結果と先行研究との比較も進めている。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

N16a **Asteroseismology of Solar-like pulsators: determination of the stellar spin axis angle for HAT-P-7 and Kepler-25 and implications for their exoplanets**

Othman Benomar (University of Tokyo), Kento Masuda (University of Tokyo), Hiromoto Shibahashi (University of Tokyo), Yasushi Suto (University of Tokyo)

The launch of the CoRoT and Kepler space instruments has begun a new era for asteroseismology, the science that studies stellar pulsations. Evidences of pulsations in tens of thousands stars and, for a wide variety of mass and of evolutionary stage have been uncovered. These pulsations not only unveil with unprecedented precision the fundamental characteristics of the stars (Mass, age, radius, ...) but also help us to better characterise exoplanets.

The study of Solar-like stars is of great interest because this can help us to understand the place of the Sun among other stars and may give us a better understanding of the required conditions to sustain life. This presentation will focus on the asteroseismology of two solar-like pulsators, host-stars of confirmed exoplanets: HAT-P-7 and Kepler-25. I will present our stellar modelling results using Kepler data, and how the asteroseismology indicates that the angle between the stellar spin and the planets orbit plan (also referred as obliquity) is misaligned in both cases. An analysis of the transit lightcurve and radial velocity will be presented separately by K. Masuda.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

N17a 星震学で明らかになった A 型主系列星 KIC 11145123 の内部自転について

高田将郎 (東大理), D. W. Kurtz (University of Central Lancashire), 斉尾英行 (東北大理), 柴橋博資 (東大理), S. J. Murphy (University of Sydney), 関井隆 (国立天文台)

ケプラー探査機で観測された A 型主系列星 KIC 11145123 において、短周期 (1.3 時間程度) の δ Sct 型および長周期 (17 時間程度) の γ Dor 型の両方のタイプの変光を検出した。さらに、これらの変光を構成する周波数成分を詳しく調べ、自転によって生じたと考えられる多重項を非常に明確に検出した。 δ Sct 型変光は、音波振動モードに由来すると考えられ、星の外層の構造を反映する。一方 γ Dor 型変光は、内部重力波振動モードによって引き起こされると考えられ、星の中心部の構造に感度を持つ。これらの性質に基づき、検出された振動周波数の多重項から、外層および中心部の自転速度を、ほぼ進化モデルに依存せずに推定することに成功した。その結果、まず中心部と外層の自転周期はほぼ等しく、約 100 日であることがわかった。さらに、詳細な解析により、外層の方が中心部より数パーセントだけ速く自転しているという結論が導かれた。これらの結果は、主系列段階では中心部の収縮に伴って中心部が速く自転するようになるという大方の想定とは異なり、主系列段階において一様回転、更には外層の方が寧ろ僅かに速くする程に、何らかの極めて効率的な角運動量再配分機構が働いている、ということを示唆している。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

N18a 自転星の特異な固有振動モード、ロゼットモードの非断熱解析

齊尾英行 (東北大理), 高田将郎 (東大理)

自転する恒星の非動径振動には、内部重力波振動モード (g モード) の周波数領域に、ロゼットモードとよばれる特殊な振動運動量分布を持つ固有振動モードが存在する。その分布は、子午面内で閉じたループの重ね合わせ (ロゼットパターン) で表現され、動径-角度方向の変数分離形とはかけ離れた形態をしている。

ロゼットモードの存在は、Ballot et al.(2012) による2次元数値計算により偶然に発見された。その後、我々は摂動解析により、ロゼットモードの形成メカニズム、および、ロゼットパターンの法則性など、ロゼットモードの性質を明らかにしてきた。これまでの研究では、主にポリトロープモデルを使い、断熱近似のもとでの解析を行ってきた。今回の発表では、現実的なモデルに対する非断熱解析の結果をしめす。

使用した恒星モデルは $5M_{\odot}$ のゼロ年齢主系列モデルで、HR 図上では Slowly Pulsating B (SPB) 星の不安定領域の境界付近に位置する。自転を考慮しない非断熱解析では、 $2 \leq l \leq 18$ (l は角次数) の g モードが、約 20 万度にある鉄族元素の吸収ピークでのカップメカニズムによって励起される。自転の効果を考慮した非断熱解析の結果、ロゼットモードが実際に励起されることが明らかになった。励起メカニズムは自転のない場合と同様であるが、励起されるか否かは自転の速さに依存する。自転が速すぎると大きな l の成分の寄与が大きくなり減衰に転じる。ロゼットモードが実際に励起されると、通常の g モードとは異なる内部角運動量輸送が起こる事が予想される。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

N19a 恒星の進化に伴う differential rotation の生成と成長

勝田豊 (北海道大学), 岡崎敦男 (北海学園大学), 須田拓馬 (東京大学), 藤本正行 (北海道大学・北海学園大学)

自転は恒星の進化や構造に重要な役割を果たしていると考えられているが、内部での角運動量輸送の機構などが不確かなため、十分には理解が進んではない。一方で、Kepler 衛星などによる光度変化のデータを用いた研究により、恒星の振動から進化した恒星の内部の自転速度の分布が観測的に明らかになりつつある。Deheuvels et al. (2012,2014) は低質量星の赤色巨星において、コアが表面の数倍から数十倍程度の角速度で自転していることを示し、Mosser et al.(2012) は、red clump star のコアの自転速度から、中質量星のコアが赤色巨星段階で減速している可能性を指摘した。

これまで恒星の進化に伴う内部構造の変化の研究から、主系列段階と殻燃焼段階で膨張と慣性モーメントの増加の関係が異なること・殻燃焼段階では differential rotation が生じる可能性を明らかにした。本研究では、殻燃焼段階以降での differential rotation の生成と成長に関して上記の観測結果と関連付けて質量依存性を議論し、そのメカニズムを検討する。

実際の恒星内部での differential rotation の進化には角運動量輸送が関係する。日震学や我々の研究から主系列段階においては一様回転が成り立っていることが示されているが、このことは角運動量輸送のタイムスケールが進化のタイムスケールに比べて十分に短いこと、一方で殻燃焼段階での differential rotation の存在は、角運動量輸送のタイムスケールが進化のタイムスケールに比べて無視できないことを意味している。これらのことから、恒星内部における角運動量輸送の効率について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

N20a 質量座標系による回転平衡形状の導出、および恒星進化への応用

安武伸俊（千葉工大）、藤澤幸太郎、山田 章一（早稲田大学）

自己重力下における星の回転平衡形状を求める新しい手法を発表する。この手法の大きな特徴は、現実的な（パロクリニックな）状態方程式を使って、回転則を与えることなく平衡形状が得られる点である。また質量座標系に基づいているために星の進化計算に容易に適用できるという特徴をもっている。さらに変分原理的に収束解を得るので、星の安定性（対流）や質量放出についても、調べられる可能性がある。対流と質量放出は、進化計算において最も不定性が大きく、結果である進化経路にも大きな影響を与えられていると考えられているために、我々の手法は星の進化計算に適用するには、まさにうってつけだと言える。

具体的には、モンテカルロ変分法を採用しており、核物理などの他の分野においても類似した手法が用いられている。本発表では、原子核分野における非一様核構造（パスタ構造）の研究手法と、本研究との対応関係にも言及する予定である。

今回は恒星のセッションでの発表であるが、我々の手法は星形成、原始中性子星、（原始）惑星などあらゆる回転する天体の構造や進化に適用可能である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

N21a 金属欠乏星における表面汚染と hyper metal-poor stars

小宮悠, 須田拓馬 (東京大学), 山田志真子 (北海道大学), 藤本正行 (北海学園大学)

金属欠乏星は、宇宙初期に生まれた星の生き残りと考えられ、初期宇宙や銀河形成を探る重要な手がかりとなる。銀河系ハローにある超金属欠乏星については、詳しい元素組成の観測がなされてきた。そこで明らかになった顕著な特徴として、超金属欠乏星には炭素過剰な星 (CEMP stars) が多いことがあげられる。なかでも最も鉄族元素量の少ない星、Hyper metal-poor stars (極超金属欠乏星、HMP stars) はその大半が炭素過剰星である。

CEMP stars の起源についての有力な説として、連星質量輸送により中質量 AGB 星から炭素がもたらされたとする、連星仮説が考えられている。特に HMP stars の起源について、我々は、HMP stars が元々は金属を全く含まない星 (種族 III 星) の連星として生まれたとするシナリオを提唱してきた。種族 III 星は、周囲の星間物質の降着により、表面に微量の鉄族元素を持つようになると考えられる。また中質量星との連星系に属している場合、連星質量輸送により炭素組成は大きく増加する。この2つの表面汚染プロセスにより、HMP stars における鉄族と炭素の組成が説明できる。

以前の講演では、階層的構造形成を考慮した銀河系化学進化の計算を用いて、星間物質降着による種族 III 星表面の鉄族元素組成の変化量を推定した。今回は、近年新たに見つかった天体を含めて、観測されている HMP stars の鉄族元素組成と、星間物質降着モデルからの予測との比較を行った。

また近年では、SDSS による金属欠乏星の大規模サンプルにより、巨星と矮星それぞれにおける CEMP stars の割合が明らかになってきた。巨星と矮星では表面对流層の厚さが大きく異なること等も考慮して、表面汚染のプロセスについて議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

N22a 超金属欠乏 AGB 星での中性子捕獲を伴う核種合成過程と Hyper Metal-poor stars

山田志真子 (北海道大学), 須田拓馬, 小宮悠 (東京大学), 藤本正行 (北海道大学, 北海学園大学)

銀河系ハローで観測される $[\text{Fe}/\text{H}] < -2.5$ の超金属欠乏星では、炭素組成が過剰な星 (CEMP stars) の割合が多いことが分かっており、CEMP stars の中では、*s*-process 元素を多く持つ星 (CEMP-s stars) や 特異な化学組成の星などが見つかっている。又、 $[\text{Fe}/\text{H}] < -5$ において発見された特徴的な組成を示す 3 つの Hyper metal-poor stars (HMP stars) の中でも、HE1327-2326 は *s*-process 元素である SrBa よりも多い組成を示している。これらの星の組成分布の起源を明らかにすることは、その星の成り立ち、素性を明らかにする上で非常に重要である。

金属欠乏 AGB 星で起こる中性子捕獲反応の中性子源としては、(1) $^{13}\text{C}(\text{ ,n})^{16}\text{O}$ と (2) $^{22}\text{Ne}(\text{ ,n})^{25}\text{Mg}$ の 2 つ反応がある。(1) は He flash で発生する He 対流層が水素を含む層を侵食する He flash deep mixing (He-FDDM) 機構、若しくは、He flash 後の表面对流層による He 燃焼核生成物の浚渫 (Thrid Dredge-up; TDU) の際、He-rich intershell 上部に表面对流層から少量の水素混入により形成される ^{13}C pocket の 2 つの機構によって起こり得る。一方 (2) は、TDU で組み上げられた炭素から水素殻燃焼で変換された ^{14}N が He flash 中に α 捕獲反応によって作られ、この際、中性子源の反応は $300 \times 10^6 \text{K}$ 以上の高温を要し、中心核の質量の大きい AGB に限られる。

本研究では、核種合成コードを開発して、金属欠乏星 AGB 段階における元素合成過程に関して、上記の 3 つの中性子源・混合機構の役割とその AGB の質量/中心核の質量、ヘリウム・フラッシュの強度、金属量に対する依存性を調べ、金属欠乏下における *s*-process の一般的な描像を議論する。これらに基づき、金属欠乏星と HMP stars の組成の起源、とりわけ、CEMP-s と *s*-process 元素の過剰を示さない CEMP-no との関連について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

N23a 連星仮説に基づく超金属欠乏星の起源と Hyper Metal-Poor Stars

須田 拓馬, 小宮 悠 (東京大学), 山田 志真子 (北海道大学), 藤本 正行 (北海学園大学)

宇宙初期に誕生した恒星は、宇宙における元素の起源や銀河の星形成史を理解するうえで重要な手がかりとなる。銀河系内の高分散分光観測を利用した超金属欠乏星の探査・観測は、銀河系の化学進化に関する詳細な議論を可能にした。とりわけ、金属欠乏星には炭素過剰を示す恒星 (CEMP 星) の割合が多いという事実が明らかになり、最も鉄属元素の少ない星 (極超金属欠乏星、HMP 星) も大部分が CEMP 星である。さらに、CEMP 星はいくつかの種族に分かれることが知られており、表面の s 過程元素の過剰を示す星 (CEMP- s 星) と示さない星 (CEMP-np 星)、窒素過剰を示す星 (NEMP 星) などが挙げられる。

我々はこれらの HMP 星、および CEMP 種族星の起源として AGB 星からの連星間質量輸送シナリオを提唱してきた。連星起源説の他には、超新星起源説、高速回転する大質量星説などが挙げられてきたが、この論争にはまだ決着がついていない。これまでの講演では、これらの HMP 星、CEMP 種族の起源を調べるために階層的構造形成モデルや連星種族合成モデルを用いた理論と観測との比較を行ってきた。特に、これらの種族は、AGB 星の進化と連星進化によって観測された分布を説明できることを示すとともに、初期質量関数の変遷が必要であることを提唱した。

本講演では、これまで観測された HMP 星の起源について総括する。特に、CEMP- s 星、CEMP-no 星、NEMP 星の起源星がどのような進化過程を経るのか、一般的な描像を提示し、HMP 星の伴星である AGB 星の質量、金属量に制限を与える。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

N24a 光度の中間値比を用いた食連星のタイプ分類

三舛慧人, 山岡均 (九州大学)

公転軌道面が視線にきわめて近い連星系は、両星が互いに隠し合う食現象が起き、周期的な減光が観測されるため食連星と呼ばれる。ケプラー観測機は大量の恒星を測光観測し、2000個を超える食連星を発見した。それらの食連星は光度曲線の目視によって5タイプ (detached, semi-detached, overcontact, ellipsoidal, unknown) に分けられ (Prša et al. 2011)、その後食連星の光度曲線の形を決める classification parameter c によって自動でタイプ分類が行われた (Matijević et al. 2012)。現在 Kepler Eclipsing Binaries には食連星の一覧とパラメータ c 、主極小の周期などの値が公開されている。このように食連星のタイプ分類を自動で行うための指標を作ることは、大量の測光データに対して食連星の解析を行うのに非常に有用である。特に、簡単な演算で得られる指標を見出すことができれば、食連星の分類に要する時間は飛躍的に短くなる。

そこで我々はケプラーで観測された食連星 2023 個の光度曲線について、光度の最大値 L_{\max} 、最小値 L_{\min} 、中間値 L_{med} を算出し、中間値比 $((L_{\max} - L_{\text{med}})/(L_{\text{med}} - L_{\min}))$ を計算した。次に、この中間値比と公開されている主極小の周期について、Matijević(2012) の classification parameter c で決められる食連星のタイプ別に関係を調べた。その結果周期が 0.5 日以下の食連星について、中間値比で 0.6 ~ 0.7 を境に overcontact と ellipsoidal の 2 タイプを分離できることが分かった。このことから中間値比が食連星のタイプ分類の指標になり得ることが分かった。2 タイプの中で一部は分離ができなかったが、光度曲線中の急な増光と減光が原因の一つであることが分かり、これらの補正ができればより正確に食連星のタイプ分類ができる可能性がある。本研究の紹介と食連星が分離できる理由を議論したい。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

N25b Kepler 衛星によって得られた食連星にみられる食の周期変動について

高妻真次郎（中京大）、内藤博之（名古屋大）

食連星は、食によって光度変化を示す連星系で、光度曲線では周期的に極小が現れる。しかし、食連星の中には食の周期が時間とともに変動するような天体もあり、その原因として質量移動や角運動量損失、第3の天体による影響などが考えられているが、各要因の寄与の大きさなどははっきりとは分かっていない点も多い。できるだけ多くの食連星について食の周期変動をくわしく調べることは、変動の原因を究明するだけでなく、たとえば質量移動率のような周期変動に関連する物理量の算出の確立にもつながり、連星系の進化研究に資することも期待できる。

われわれは、Kepler 衛星のアーカイブデータのひとつ、Kepler Eclipsing Binary catalog Revision 3 (KEB カタログ) を利用し、このカタログ中にある食連星の周期の時間による変動を調べた。KEB カタログには、Kepler 衛星の観測によって確認された 2500 を超える食連星が載っており、その光度曲線もすべて公開されている。われわれは、食による変光の極小時刻を光度曲線から自動的に測定するシステムを開発し、それを Long Cadence (時間分解能がおよそ 29.4 分) の光度曲線に適用することで、KEB カタログの各天体の食の極小時刻を測定した。さらに、得られた極小時刻のデータに基づき、食の予報時刻 (C) と観測時刻 (O) との差を使った $O - C$ 図などを利用することによって、食の周期変動を調べた。

予備的な解析の結果、一部の天体において、これまで知られているような周期的な変動に加え、非常にわずかな増加ではあるが、時間による一定の周期の変化がみられる天体があった。講演では、このような天体の食の周期変動の特徴や、統計的な性質などについてくわしく報告し、その原因についても考察する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

【P1. 星・惑星】

9月12日(金)午前(09:30-11:18) [G会場]

P101a	09:30	W40 に付随する分子雲の $^{12}\text{CO}(J=3-2)$ 及び $\text{HCO}^+(J=4-3)$ 観測 下井倉ともみ (東京学芸大学)
P102a	09:42	おうし座暗黒星雲における高密度分子雲コアの大局的分布 大崎茂樹 (大阪府立大学)
P103a	09:54	ALMA による IRDC clump G34.43+00.24 MM3 に対する DNC/HNC の観測 酒井 剛 (電気通信大学)
P104a	10:06	ALMA による IRDC Clump G34.43+00.24 MM3 に対する 278 GHz Class I CH_3OH メーザーの観測 柳田貴大 (電気通信大学)
P105a	10:18	若い大質量原始星 NGC 2264 CMM3 における 70 GHz 帯分子輝線サーベイ 渡邊祥正 (東京大学)
P106a	10:30	オリオン分子雲中の星形成直前のコアの発見 CCS で囲まれた熱的 NH_3 コア 立松健一 (国立天文台)
P107a	10:42	オリオン座 A 分子雲コアの化学進化 大橋聡史 (東京大学)
P108b	10:54	NGC2264-C 領域で検出された長時間フレア 兼藤聡一郎 (中央大学)
P109b	10:54	Mopra mapping observations with multi-lines of dense cores in Lupus I 清兼和紘 (東京大学)
P110b	10:54	NRO Star Formation Legacy Project I. High abundance ratio of ^{13}CO to C^{18}O toward photon-dominated regions in the Orion-A giant molecular cloud 島尻芳人 (CEA/Saclay)
P111b	11:06	星形成レガシープロジェクト II. オリオン座 A 分子雲の野辺山 45m 鏡を用いた $^{13}\text{CO}(1-0)$ 輝線広域マッピング 原 千穂美 (東京大学/国立天文台)
P112b	11:06	星形成レガシープロジェクト III. カリフォルニア分子雲の分子分光観測 山日彬史 (東京学芸大学)
P113b	11:06	星形成レガシープロジェクト IV. 大質量星形成領域 DR21 の分子輝線観測 片倉 翔 (東京学芸大学)
P114c		星形成レガシープロジェクト V. W40 領域の分子分光観測 秦野義子 (東京学芸大学)

9月12日(金)午後(13:30-15:30) [G会場]

P115a	13:30	A Chemical View of Protostellar-Disk Formation in L1527 坂井南美 (東京大学)
P116a	13:42	若い原始星に付随するエンベロープおよびアウトフローのモデル解析 大屋瑤子 (東京大学)
P117a	13:54	原始惑星系円盤の炭素、窒素の化学と N_2H^+ リング 相川祐理 (神戸大学)
P118a	14:06	Class-I 超低光度天体 L1709#5 に対する観測的研究 原 千穂美 (東京大学/国立天文台)
P119a	14:18	Probing the growth of IC5146 by filamentary accretion 島尻芳人 (CEA/Saclay)
P120a	14:30	A Dynamically Collapsing Core and Precursor of a Core in a Filament 古屋 玲 (徳島大学)
P121b	14:42	1.85m 電波望遠鏡による銀河面分子雲の広域探査 IV 澤村将太郎 (東京学芸大学)
P122b	14:42	W3 Main における分子ガス構造と星団形成との関係の解明 齋藤弘雄 (日本工業大学)
P123b	14:42	野辺山 45m 電波望遠鏡搭載 45 GHz 受信機 (Z45) の試験観測 落合 哲 (東京学芸大学)
P124b	14:54	野辺山 45m 鏡搭載 Z45 受信機によるペルセウス座領域の CCS マッピング 米谷夏樹 (東京学芸大学)
P125b	14:54	暗黒星雲コア L1544 の進化・形成と化学組成の観測的研究 種倉平晃 (大阪府立大学)
P126b	14:54	NRO 45 m/IRAM 30 m を用いた L1527 ラインサーベイ 吉田健人 (東京大学)

(次頁に続く)

【P1. 星・惑星】

P127b	15:06	円盤形成時の衝撃波による揮発性分子の昇華 相川祐理 (神戸大学)
P128b	15:06	へびつかい座分子雲に属する前主系列星の円盤進化タイムスケール 高木悠平 (兵庫県立大学西はりま天文台)
P129b	15:06	Magnetic Field in The Isolated Massive Dense Clump IRAS 20126+4104 – A Study Across A High Spatial Dynamic Range; From 1 Parsec Scale Down To 20 AU Scale Hiroko Shinnaga (National Astronomical Observatory of Japan)
P130b	15:18	星団内における原始惑星系円盤からのガス散逸 本山一隆 (国立情報学研究所)
P131b	15:18	ファーストコアの角運動量進化における輻射および非理想磁気流体効果の影響 塚本裕介 (名古屋大学)
P132b	15:18	原始星ジェット進化 町田正博 (九州大学)

9月13日(土)午前(09:30-11:06) [G会場]

P133a	09:30	JVLA/ATCAによる大質量原始星ジェット天体に付随する降着円盤候補の検出 元木業人 (山口大学)
P134a	09:42	大質量星形成領域 IRAS18089-1732 のメタノールレーザー観測 志野 渚 (総合研究大学院大学)
P135a	09:54	VERA と ALMA を用いたオリオン KL 水レーザーパースト天体の観測 廣田朋也 (国立天文台)
P136a	10:06	メタノールレーザーの強度変動を伴う天体 MonR2-IRS3 の近赤外線モニター観測 内山瑞穂 (東京大学)
P137a	10:18	ブライトリム分子雲の磁場構造の包括的研究 楠根貴成 (名古屋市立大学)
P138a	10:30	Impact of the Initial Disk Mass Function on the Disk Fraction 大澤 亮 (東京大学)
P139a	10:42	V1247 Ori に付随する遷移円盤の Subaru/HiCIAO による近赤外撮像観測 大田百合菜 (大阪大学)
P140a	10:54	銀河系内縁部の星生成領域 Quartet における HAeBe 星候補: 長い円盤寿命の可能性 安井千香子 (東京大学)

9月13日(土)午後(13:30-15:42) [G会場]

P141a	13:30	乱流分子雲におけるフィードバックのシミュレーション 島 和宏 (北海道大学)
P142a	13:42	乱流と衝突をともなう高密度分子雲における集団的星形成 松本倫明 (法政大学)
P143a	13:54	磁化した衝撃波圧縮層における大質量フィラメント形成 岩崎一成 (名古屋大学)
P144a	14:06	ENZO code による分子雲衝突の3次元高解像度数値シミュレーション IV 羽部朝男 (北海道大学)
P145a	14:18	Radiation Magnetohydrodynamic Simulations of Protostellar Collapse: Ambipolar Diffusion and Ohmic Dissipation 富田賢吾 (Princeton University / University of Tokyo)
P146a	14:30	時間変動降着下での超大質量星形成計算 櫻井祐也 (東京大学)
P147a	14:42	Forming the First Stars in 3D: 電離領域形成に伴う質量降着抑制 細川隆史 (東京大学)
P148a	14:54	異なる金属量における星形成後期段階の進化 中村鉄平 (九州大学)
P149a	15:06	始原的パワースペクトルの不定性が初代星形成に及ぼす影響 平野信吾 (東京大学)
P150a	15:18	低金属量ガス雲の重力収縮シミュレーション II 千秋 元 (東京大学)
P151a	15:30	超大質量星形成に必要な紫外線強度のスペクトル依存性 杉村和幸 (東北大学)

【P2. 星・惑星】

9月11日(木) 午前(11:00-13:00) [F会場]

P201a	11:00	原始惑星系円盤形成期における自己重力的分裂過程の再考	高橋実道(京都大学)
P202a	11:12	自己重力円盤の構造とその分裂における輻射過程の影響	塚本裕介(名古屋大学)
P203a	11:24	自己重力不安定な円盤における巨大ガス惑星の軌道進化	植田高啓(東京工業大学)
P204a	11:36	回転不安定から考える原始惑星系円盤の外側領域の構造	小野智弘(京都大学)
P205a	11:48	原始惑星系円盤の成長した磁気乱流によるオーム散逸の増幅	森昇志(東京工業大学)
P206a	12:00	原始惑星系円盤における高空隙率ダストの散乱・吸収断面積	田崎亮(京都大学)
P207a	12:12	原始惑星系円盤の化学反応とH ₂ Oスノーラインの検出に向けて	野津翔太(京都大学)
P208a	12:24	原始惑星系円盤の内側の穴を形成する新しいメカニズム	竹内拓(東京工業大学)
P209b	12:36	原始惑星系円盤ガスの局所的な非一様密度構造におけるダスト沈殿の効果	瀧哲朗(東京工業大学)
P210b	12:36	原始惑星系円盤の化学進化におけるダスト成長の影響	石本大貴(京都大学)
P211b	12:36	微分可能かつ正值な擬密度を用いたSPH法の開発	山本智子(東京工業大学)
P212b	12:48	慣性変化法によるマンツルの熱対流シミュレーション	竹山浩介(東京工業大学)
P213b	12:48	巨大ガス惑星内部の重元素分布と対流様式が熱進化に与える影響について	黒川宏之(名古屋大学)
P214b	12:48	シミュレーションから予想される散開星団内の星の惑星保有率	藤井通子(国立天文台)

9月11日(木) 午後(15:00-17:00) [F会場]

P215a	15:00	円盤風を考慮した原始惑星系円盤中での惑星の軌道進化	小林浩(名古屋大学)
P216a	15:12	原始惑星の衝突に伴う離心率進化	松本侑士(国立天文台)
P217a	15:24	現実的な原始惑星の自転特性	柴田雄(国立天文台)
P218a	15:36	ホット・ジュピターの暴走的質量損失による短周期系外惑星の欠損	黒川宏之(名古屋大学)
P219a	15:48	星震学とロシター効果を用いたスピン軌道傾斜角の3次元的決定	増田賢人(東京大学)
P220a	16:00	高速自転星と超短周期惑星からなる系の角運動量の力学進化	上赤翔也(東京大学)
P221a	16:12	多色測光観測によるウォームジュピター WASP-80b の大気調査	福井暁彦(国立天文台)
P222a	16:24	ガリレオ衛星食を用いた木星大気探査:系外惑星大気のトランジット観測への応用可能性	津村耕司(東北大学)
P223b	16:36	Subaru/HiCIAOを用いた近傍M型星における巨大ガス惑星探査1	水木敏幸(東北大学)
P224b	16:36	恒星フレアが系外惑星大気に及ぼす影響の解析	上原翔(首都大学東京)
P225b	16:36	短周期地球型惑星の放射光推定	伊藤祐一(東京大学)
P226b	16:48	金星・火星中層大気環境における高エネルギー粒子の降り込みモデルの開発	池田喜則(大阪府立大学)

【P2. 星・惑星】

9月12日(金)午前(09:30-11:18) [F会場]

P227a	09:30	MOA-IIによる系外惑星探査：2014年の経過報告	越本直季(大阪大学)
P228a	09:42	重力マイクロレンズ法による惑星イベント MOA-2012-BLG-505	難波俊太(大阪大学)
P229a	09:54	MOA-2013-BLG-605Lb:晩期 M 型矮星に付随する海王星質量惑星	住 貴宏(大阪大学)
P230a	10:06	SEEDS による散開星団での系外惑星探査 5：2013 年度の進捗報告	須藤 淳(大阪大学)
P231a	10:18	視線速度法による高金属量 FGK 型星周りの系外惑星探索	原川紘季(国立天文台)
P232a	10:30	近赤外高分散分光装置 IRD で達成できる視線速度精度	平野照幸(東京工業大学)
P233a	10:42	位置天文観測衛星により検出可能な惑星の最大公転周期	山口正輝(国立天文台)
P234a	10:54	系外惑星の分光直接検出のための Spectroscopic Coronagraph	河原 創(東京大学)
P235a	11:06	星間ダスト上でのアミノ酸生成の理論的研究	木立佳里(筑波大学)

P101a **W40 に付随する分子雲の $^{12}\text{CO}(J = 3 - 2)$ 及び $\text{HCO}^+(J = 4 - 3)$ 観測**

下井倉ともみ, 土橋一仁 (東京学芸大学), 中村文隆, 川邊良平 (国立天文台), 島尻芳人 (CEA/Saclay), 西谷洋之 (国立天文台野辺山), 杉谷光司 (名古屋市立大学), 原千穂美 (東京大学), 田中智博 (大阪府立大学)

本研究は、H II 領域 W40 に付随する分子雲の分布を、ASTE 望遠鏡を用いた $^{12}\text{CO}(J = 3 - 2)$ 及び $\text{HCO}^+(J = 4 - 3)$ 輝線観測により調査した。MSX や Herschel 等による観測からは W40 の砂時計状の構造が明らかになり、数百個の原始星候補天体が見つかった (Mallick et al. 2013, Pirogov et al. 2013)。H II 領域の中心には OB 型星を含む星団が位置し、CO 等で観測された分子雲ガスが付随している (Zhu et al. 2006)。これまでの研究では、この領域の分子雲の分布については、星団付近のごく一部が明らかになっているのみである。また、Zhu et al. (2006) によりアウトフロー現象が報告されているが、ドライビングソースは同定されていない。

本観測の結果、星団を取り囲むように分布する ^{12}CO の様子が明らかになった。 ^{12}CO の分布は原始星候補天体の分布と良く一致する。また、 HCO^+ の分布は Herschel 等によるダストの分布との相関が良く、0.3pc 程度のサイズの複数のクランプが検出された。 ^{12}CO のスペクトルは取得された位置によって非常に複雑に変化し、この領域の幾何学的構造を反映していると思われる。両輝線のスペクトルを詳細に調査したところ、複数の速度成分が明らかになった。また、これまでに検出された Class 0/I 天体周囲で複数のアウトフローを同定した。以上より推測される W40 の描像は次の通りである。観測者の手前に冷たい分子ガスが広がり、星団周囲の温かい分子ガスが吸収成分となって見える。吸収されている速度成分以外に星団周囲には複数の速度成分があり、星団を中心にシェル状に分布する分子雲がある。また、シェル状の分子雲の中で複数のアウトフロー現象が起きている。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P102a おうし座暗黒星雲における高密度分子雲コアの大局的分布

大崎茂樹, 徳田一起, 村岡和幸, 前澤裕之, 小川英夫, 大西利和 (大阪府立大学), 西村淳 (国立天文台), 澤村将太郎, 土橋一仁 (東京学芸大学), 福井康雄 (名古屋大学), 1.85m 鏡グループ

おうし座暗黒星雲は距離 ~ 140 pc に位置する小質量星形成領域である。我々はこのおうし座暗黒星雲に対して、1.85m 電波望遠鏡 (大阪府立大学) を用いた ^{12}CO , ^{13}CO , $\text{C}^{18}\text{O}(J = 2-1)$ 輝線の広域同時 OTF 観測を推進しており、今年度観測を完了した ($L = 177-165$ 度、 $B = -13- -20$ 度の 56 平方度をカバー)。有効空間分解能は 3.35 分角であり、 $T_{\text{RMS}} \sim 0.6$ K (@ $\text{dv} = 0.08$ kms^{-1}) である。本講演では、高密度分子雲コアの性質に重点を置いて報告を行う。

観測結果から、 $\text{C}^{18}\text{O}(J = 2-1)$ 輝線強度分布は $\text{C}^{18}\text{O}(J = 1-0)$ (Onishi et al. 1996) と比べてよりクランピーに分布していることがわかった。また、 $\text{C}^{18}\text{O}(J = 2-1)$ 輝線のデータを用いて、 82 個の分子雲コアを同定した (ノイズレベルの 3 シグマ以上等) 結果、うち 6 個はこれまでカタログ等されていないコアであった。 $\text{C}^{18}\text{O}(J = 2-1)/\text{C}^{18}\text{O}(J = 1-0)$ 比は $0.5-2.0$ 程度の分散があり、領域によって大局的に偏りがあることがわかった。また、LTE を仮定して $\text{C}^{18}\text{O}(J = 2-1)$ から導出した水素分子個数密度はほぼ全てのコアについて 10^4 cm^{-3} を超えており、 $\text{C}^{18}\text{O}(J = 1-0)$ から求めた密度よりも $2-3$ 倍高い。また、 $\text{C}^{18}\text{O}(J = 1-0)$ のコアにおいて、 $\text{C}^{18}\text{O}(J = 2-1)$ が検出できていないものは半数あり、これらは密度の違いを反映していると思われる。これらのコアにおいてピリアル比を求めた結果、 $\text{C}^{18}\text{O}(J = 2-1)$ が検出されているコアの方がピリアル比が高い (~ 2) 傾向にあり、より重力的に束縛されていることがわかった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P103a **ALMA による IRDC clump G34.43+00.24 MM3 に対する DNC/HNC の観測**

酒井剛(電通大), 坂井南美(東大), 古家健次(Leiden Observatory), 相川祐理(神戸大), 廣田朋也(国立天文台), Jonathan B. Foster(Yale University), Patricio Sanhueza, James M. Jackson(Boston University), 山本智(東大)

低温の分子雲では重水素濃縮が起きていることが知られている。重水素濃縮度は温度に依存し、星形成前の低温状態では増加し、星形成が起きると減少する。中性分子の重水素濃縮度解消のタイムスケールは比較的長く、星形成による温度上昇後も、星形成前の値を保持していると考えられる。我々は、これまでに野辺山 45m 望遠鏡を用い、Infrared dark cloud (IRDC) と high-mass protostellar object (HMPO) に対し、DNC、HNC 輝線のサーベイ観測を行っている。その結果、温度が低いにも関わらず、HMPO よりも重水素濃縮度が低い IRDC があることがわかった。この原因を探るため、ALMA を用い、野辺山 45m 望遠鏡で最も重水素濃縮度が低かった天体 IRDC G34.43+00.24 MM3 に対し、 $\text{HN}^{13}\text{C } J=3-2$ (~ 261.3 GHz)、 $\text{DNC } J=3-2$ (~ 228.9 GHz) 輝線の観測を行った。角度分解能は $\sim 0.8''$ である。その結果、原始星の近傍に DNC/HNC 比の高い領域があることがわかった。野辺山 45m 望遠鏡による DNC/HNC 比が ~ 0.003 であったのに対し、ALMA で見つかった DNC のピーク位置では > 0.03 であった。このことは、野辺山 45m 望遠鏡の観測では比較的密度の低い (10^{4-5} cm^{-3}) 領域を見ており、ALMA の観測では高密度領域 ($> 10^6 \text{ cm}^{-3}$) を見ているためと考えることができる。したがって、高密度領域の割合が低いため、単一鏡の観測では重水素濃縮度が低くなっていたと考えられる。本講演では、モデル計算との比較や、分子雲クランプごとの DNC/HNC 比のばらつきの要因などについても議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P104a ALMA による IRDC Clump G34.43+00.24 MM3 に対する 278 GHz Class I CH₃OH メーザーの観測

柳田貴大, 酒井剛 (電通大), 廣田朋也 (国立天文台), 坂井南美 (東大), Jonathan B. Foster (Yale University), Patricio Sanhueza, James M. Jackson (Boston University), 古家健次 (Leiden Observatory), 相川祐理 (神戸大), 山本智 (東大)

CH₃OH メーザーは、星形成に関する重要な指標として多くの観測が行われてきた。Class I CH₃OH メーザーは衝撃波によって励起され、衝撃波領域をトレースする事で知られている。しかし、メーザー源の位置と、衝撃波、冷たい高密度ガスとの相互関係について詳細に示された観測例は少ない。我々は ALMA を用い、IRDC Clump G34.43+00.24 MM3 に対して CH₃OH $J_K=9_{-1}-8_0 E$ 、 $5_0-4_0 E$ 、 $5_{-1}-4_{-1} E$ 輝線の観測を行った。角度分解能は $\sim 0.8''$ である。その結果、 $9_{-1}-8_0 E$ 輝線の強度が、他の 2 輝線の強度に比べ有意に強いピークが、6カ所存在する事がわかった。 $9_{-1}-8_0 E$ 輝線の E_u は他の 2 輝線のそれに比べ高いことなどから、 $9_{-1}-8_0 E$ 輝線はメーザーであると考えられる。さらに、 $9_{-1}-8_0 E$ 輝線の分布と、分子流をトレースする CS、強い衝撃波をトレースする SiO、冷たい高密度ガスをトレースする N₂H⁺ の分布を比較した。その結果、CH₃OH メーザーは、分子流と冷たい高密度ガスとの相互作用領域において、post-shock 側から出ていることがわかった。さらに、速度分布図を用いて比較した結果、CH₃OH メーザーの速度は冷たいガスのそれと一致し、衝撃波領域の高速度成分では検出されないことがわかった。これは、強い衝撃波で CH₃OH が壊されるためかもしれない。一方、今回の観測で強度が最も強かったメーザー源の位置には、強い衝撃波をトレースする SiO が少なかった。SiO の性質を考慮すると、Class I CH₃OH メーザーは、弱い衝撃波、もしくは比較的古い衝撃波もトレースすると考える事ができる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P105a 若い大質量原始星 NGC 2264 CMM3 における 70 GHz 帯分子輝線サーベイ

渡邊祥正、坂井南美、山本智 (東京大学)、酒井剛 (電気通信大学)、廣田朋也 (国立天文台)

NGC 2264 C 領域はオリオン星雲に次ぎ太陽系に近い大質量星形成領域であり、その中で最も重い CMM3 は、理論モデルの研究から最終的に $8 M_{\odot}$ の主系列星に進化すると予測されている。我々は SiO の分布から、CMM3 が周囲の小質量星形成の影響を受けながら形成されていることを明らかにしてきた (2012 年春期天文学会 P103a)。CMM3 には力学年齢が 140-2000 年の分子流が付随しており (Saruwatari et al. 2011)、非常に若い段階の原始星であると考えられる。若い段階の大質量原始星の分子組成を調べるため、これまで ASTE 望遠鏡を用いた 330 - 366 GHz の分子輝線サーベイを実施してきた (2014 年春期天文学会 P131a)。今回は、国立天文台野辺山 45m 鏡に搭載された T70 受信機を用いて、70-110 GHz 帯の分子輝線サーベイを実施したのでその結果を報告する。

68 - 98.6 GHz 及び 104.4 - 110.6 GHz の 36.8 GHz の周波数帯を観測した結果、191 本の輝線を検出し 34 種類の分子と 31 種類の同位体種を同定した。ASTE で既に検出された 16 種の分子といくつかの重水素化合物に加え、 HCOOC_3 や CH_3COCH_3 など ASTE で検出された分子と比較して分子量がより大きい有機分子も検出された。70 - 100 GHz 帯では 345 GHz 帯と比較して、これらの分子の上位準位エネルギーが低くなるため、検出が容易になったためと考えられる。さらに、 C_4H 、 HC_5N 、 C_3S などの炭素鎖分子の輝線強度も相対的に強く、代表的な Hot Core である Orion KL とはかなり異なる化学組成を示している。その理由として、CMM3 の Hot Core は進化の初期段階にあり、単一鏡の大きなビームサイズで観測すると Hot Core の化学組成よりも、もともと存在したエンベロープの化学組成が卓越している可能性が考えられる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P106a **オリオン分子雲中の星形成直前のコアの発見 CCSで囲まれた熱的NH₃コア**

立松健一, 廣田朋也 (国立天文台), 大橋聡史 (東大), Minho Choi(KASI), Jeong-Eun Lee (Kyung Hee 大), 山本智 (東大), 梅本智文, 神鳥亮 (国立天文台), Miju Kang(KASI), 水野範和 (国立天文台)

我々は Jansky Very Large Array を用いて、オリオン座 A 巨大分子雲中の2つの星なしコア TUKH083 と TUKH122 を CCS 輝線と NH₃ 輝線で観測した。TUKH022 は、1つの NH₃ コア TUKH122-n を持ち、単純な楕円形の形をしていることが分かった。CCS 輝線は、NH₃ コアを囲むように分布していることが分かった。この形状配列は、原始降着運動を示す牡牛座暗黒星雲内の星なしコア L1544 に酷似している。TUKH122-n の NH₃ 輝線ライン幅は 0.2 km/s と細く、熱的運動が優勢である。TUKH122-n は、運動温度 (10 K)、サイズ (0.03 pc)、ピリアル質量 (2 Mo) の点で、L1544 に類似している。星なしコアの中では最も高い N₂H⁺/CCS 柱密度比 (立松+2014a) を持つことも合わせて判断すると、TUKH122-n は、巨大分子雲中の星形成直前のコアと考えられる。これは、巨大分子中で最初の発見であり、銀河系の星のほとんどが巨大分子雲で生まれることを考えると、普通の星がどう生まれるかを理解するために極めて重要なターゲットと考えられる。TUKH122-n は 30 Mo の乱流的な parent core 中にあるのに対し、L1544 は 10 Mo の熱的な parent core 中にある。TUKH122 は、クラスター形成領域 TUKH123 に隣接している。parent core の質量の違いが、クラスター形成の可能性の違いに結びついている可能性がある。TUKH083 は、NH₃ 輝線では複雑な形状を示すが、CCS では受からなかった。CCS は広がっており、干渉計観測では resolved out しているらしい。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P107a オリオン座 A 分子雲コアの化学進化

大橋聡史 (東京大学) 立松健一 (国立天文台) Minho Choi (KASI)、Miju Kang (KASI)、梅本智文 (国立天文台) Jeong-Eun Lee (Kyung Hee 大)、廣田朋也 (国立天文台) 山本智 (東京大学) 水野範和 (国立天文台)

暗黒星雲コアにおける化学進化は理論的観測的に確立が進んでいる一方で、巨大分子雲における化学進化はまだよくわかっていない。我々はこれまでにオリオン座 A 分子雲コアの化学進化を調べ、その結果 N_2H^+/CCS 柱密度比が温度が高い巨大分子雲においても進化トレーサーの指標となりうることを示した (立松他、日本天文学会 2013 年秋期年会 Q03a)。今回新たに、韓国の KVN 21m 電波望遠鏡を用いて 2013 年 3 月から 6 月にかけて、オリオン座 A 分子雲コア 6 個に対して $c-C_3H_2$ 分子輝線の観測を行った。さらに Tatematsu et al. (2010) と Wilson et al. (1999) で観測された CCS, HC_3N , NH_3 分子の柱密度データも使用し、星あり領域と星なし領域の化学組成の違いを調べた。なお Spitzer カタログ (Megeath et al. 2012) で同定された原始星 (Class I または Flat Spectrum) の有無から星あり領域、星なし領域を判断している。

各分子の柱密度を比較したところ、 $c-C_3H_2$ は N_2H^+ と相関があり、CCS とは反相関している結果が得られた。これは $c-C_3H_2$ が N_2H^+ と同様に星形成の後期段階で豊富になる可能性を示している。さらに NH_3/CCS , NH_3/HC_3N 柱密度比が星なし領域で低く、星あり領域で高い傾向にあり、運動温度 10-60 K の広い範囲で、これらが化学進化の指標となりうる結果が得られた。

また、去年の年会で乱流の散逸が星形成を促す要因となりうることを示したが (大橋他、日本天文学会 2013 年秋期年会 P115a)、乱流の散逸と NH_3/CCS 柱密度比の関係に相関があることが新たに分かった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P108b NGC2264-C 領域で検出された長時間フレア

兼藤聡一郎, 坪井陽子, 菅原泰晴 (中央大学)

NGC2264 は巨大分子雲 Mon OB1 の中で赤外線帯域で最も明るい活発な星生成領域である。X 線帯域では、角度分解能、エネルギー分解能の良い X 線観測衛星 Chandra が 2002 年に 1 観測、2011 年に 4 観測のモニター観測を行っていた。視野には電波の連続波観測で発見された Class 0 天体を含むダストコアの集団、領域 C と D が含まれていた。

そこで我々は全視野に Auto detect をかけ、300 以上の X 線ソースの検出を確認した。その内ダストコア周辺部に 21 個の X 線源を検出し、それらの長期的時間変動を捉え、進化段階などの詳細についても報告した。(2014 年春季年会 P115b)

我々はさらに、ダストコア周辺の X 線源で最も明るい CMM4-NE において、2011 年 12 月 7 日から 8 日にかけて X 線フレアを捉えた。このソースは 2MASS の SED から Class I 候補として注目していた。フレアピーク時の X 線ルミノシティは 0.5-10 keV のエネルギー帯域で $2 \times 10^{32} \text{ erg s}^{-1}$ 、温度は $7^{+4,-2} \text{ keV}$ 、吸収量は $3 \pm 0.3 \times 10^{22} \text{ cm}^{-2}$ であり、フレアの継続時間は 82ks と非常に長いものであった。このソースでは XMM-Newton で 2002 年に X 線ルミノシティが 1×10^{33} で e-folding time が 30 ks 以上のフレアが確認されたが (Simon et al. 2005)、Class I で X 線ルミノシティが 10^{32} 以上のフレアの検出は数例しか報告されていない (e.g. Tsuboi 2000, Imanishi et al. 2003)。本会ではこのフレアの解析結果について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

P109b **Mopra mapping observations with multi-lines of dense cores in Lupus I**

清兼和紘 (東京大), 立原研悟 (名古屋大), 西合一矢 (NAOJ), Tim van Kempen (Leiden Observatory), 樋口あや (茨城大), 齋藤正雄, Paulo Cortes, Tracey Hill, Lewis Knee, 黒野泰隆, 高橋智子 (JAO), Lars Nyman(NRC), and SOLA members

Recently, high sensitivity mappings of nearby molecular clouds in far-infrared and submillimeter bands with Hershel and AzTEC/ASTE show ubiquitous existence of the filamentary structures with 0.1-pc uniform width. It is important to investigate dense core formation from large scale structure via fragmentation. To make the first step, we could investigate whether the rotational axes of core has correlation with the elongation of the filament or not. We have conducted MOPRA multi-line mapping observations covered on 0.02 - 0.2 pc scale of dense cores in a filamentary cloud of nearby Lupus I at 140 pc. The maps of $C^{18}O(1-0)$, N_2H^+ , $HC_3N(10-9)$ show well-associated with six cores. The rotational axis determined by the velocity gradient of these molecular lines shows randomly directed compared with the elongation of the filament. Although there are only six sources, this trend is consistent with past dust continuum observation which shows that the elongations of a core are not correlated with the elongation of the filament. Therefore, it is suggested that the direction of angular momentum of a core are determined by local physical condition such as local magnetic direction. Actually, some sources in Lupus I have rotational axis parallel to the direction of magnetic field.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P110b **NRO Star Formation Legacy Project I. High abundance ratio of ^{13}CO to C^{18}O toward photon-dominated regions in the Orion-A giant molecular cloud**

Yoshito Shimajiri (CEA/Saclay), Yoshimi Kitamura (JAXA), Masao Saito, Fumitaka Nakamura, Ryohei Kawabe (NAOJ), Munetake Momose, Takashi Tsukagoshi (Ibaraki Univ.), Kazuhito Dobashi, Tomomi Shimoikura, Akifumi Yamabi, Sho Katakura (Tokyo Gakugei Univ.), Hiroyuki Nishitani (NRO), Chihomi Hara (Univ. of Tokyo), and Tomohiro Tanaka (Osaka Prefecture Univ)

We have carried out observations with an angular resolution of 25.8 arcsec (~ 0.05 pc) in ^{13}CO ($J=1-0$) and C^{18}O ($J=1-0$) toward the Orion-A giant molecular cloud using the Nobeyama 45m telescope to investigate the relationship between the far ultraviolet (FUV) radiation and the abundance ratios between ^{13}CO and C^{18}O . The overall distributions and velocity structures of the ^{13}CO and C^{18}O gas similar to those of the ^{12}CO ($J=1-0$) emission. The column densities of the ^{13}CO and C^{18}O emission lines are estimated to be $0.2 \times 10^{16} < N_{^{13}\text{CO}} < 3.7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-2}$ and $0.4 \times 10^{15} < N_{\text{C}^{18}\text{O}} < 3.5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$, respectively. The abundance ratios, $X_{^{13}\text{CO}}/X_{\text{C}^{18}\text{O}}$, are found to be 5.7 – 33.0. The mean value of $X_{^{13}\text{CO}}/X_{\text{C}^{18}\text{O}}$ in the nearly edge-on photon-dominated regions (PDRs) is found to be 16.47 ± 0.10 , which is three times larger than the solar system value of 5.5. The mean value of $X_{^{13}\text{CO}}/X_{\text{C}^{18}\text{O}}$ in the other regions is found to be 12.29 ± 0.02 . The difference of the abundance ratio is most likely due to the selective FUV photodissociation of C^{18}O .

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P111b 星形成レガシープロジェクト II. オリオン座 A 分子雲の野辺山 45m 鏡を用いた $^{13}\text{CO}(1-0)$ 輝線広域マッピング

原 千穂美 (東京大学/国立天文台)、川辺 良平、中村 文隆 (国立天文台)、島尻 芳人 (CEA/Saclay)、西谷洋之 (NRO)、土橋一仁、下井倉ともみ、片倉翔、山日彬史 (東京学芸大学)、他 45m 星形成レガシーチーム

オリオン座 A 分子雲は最も近傍 (~ 400 pc) の巨大分子雲であり、星団が形成されていることから星団形成を知る上で重要な天体の一つである。我々はオリオン座 A 分子雲に対して野辺山 45m 鏡を用いて $^{13}\text{CO}(1-0)$ 輝線で On-The-Fly (OTF) 観測を行った。本観測では $0^\circ.7 \times 1^\circ.5$ の広範囲をカバーし、空間分解能は $22''$ (~ 0.03 pc) である。このような広範囲を高空間分解能で観測したのは本研究が初めてである。

今回の観測範囲の分子ガスの質量は $2.5 \times 10^4 M_\odot$ であり、先行研究とオーダーで一致している。また、星形成が活発に行われているインテグラル状のフィラメントに加え、その東側に広がった成分を検出した。インテグラル状のフィラメントの柱密度は $\sim 6 \times 10^{21} \text{ cm}^{-2}$ であるのに対し、広がった成分は $\sim 2 \times 10^{21} \text{ cm}^{-2}$ と 3 倍低い。更に両者の構造には $2-4 \text{ km/s}$ の速度差がある。

分子ガスの分布と原始星の分布を比較したところ、Orion Molecular Cloud (OMC)-1/2/3 では原始星が密集して分布している領域と分子ガスの柱密度が大きい ($> 2.0 \times 10^{22} \text{ cm}^{-2}$) 部分がよく一致していた。一方で、原始星が離散的に分布している OMC-5 よりも南側では 1.1 mm 連続波では検出されなかった (Shimajiri et al. 2011) 細かい ($\sim 0.2 \times 0.7 \text{ pc}$) フィラメント状の構造が複数分布しており、しばしばその構造の先端部に原始星が付随している。本講演では北側と南側での星形成の特徴とそれぞれの領域での分子ガスの物理状態について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P112b 星形成レガシープロジェクト III. カリフォルニア分子雲の分子分光観測

山日彬史、片倉翔、秦野義子、下井倉ともみ、土橋一仁（東京学芸大学）、原千穂美（東京大学）、
島尻芳人（CEA/Saclay）、西谷洋之、中村文隆（国立天文台）、ほか 45m 星形成レガシーチーム

カリフォルニア分子雲はペルセウス座にある散光星雲であり、銀緯 -10° 付近に位置する巨大分子雲である。カリフォルニア分子雲はおよそ 450 pc の距離に位置し、質量は $1 \times 10^5 M_\odot$ である。また、そのサイズは 80 pc 以上もある。この質量とサイズは太陽系に比較的近い巨大分子雲であるオリオン座 A 分子雲に匹敵するが、両分子雲の星形成活動は、カリフォルニア分子雲の方がオリオン座 A 分子雲よりもかなり低い (Lada et al. 2009)。カリフォルニア分子雲は、星形成活動があまり進んでいない巨大分子雲であると考えられてきた。しかし、近赤外線減光量マップ (Dobashi 2011) を見ると、カリフォルニア分子雲にはクラスターが形成されている領域があることが分かる。そこで我々は、野辺山 45m 鏡を用いてクラスターを含む領域について、34 種類の分子輝線による観測を行った。観測は 2013 年 3 月 5 月と 2013 年 12 月 2014 年 1 月にかけて行った。観測した分子輝線のうち、 $^{12}\text{CO} \cdot ^{13}\text{CO} \cdot \text{C}^{18}\text{O} \cdot \text{CS} \cdot \text{CN} \cdot \text{SO} \cdot \text{HCO}^+ \cdot \text{HCN}$ の分子輝線が検出された。2013 年秋季年会 (P120b) では、2013 年 3 月 5 月に行ったクラスターを含む $13' \times 12'$ の領域の観測結果より、クラスターが巨大な分子雲コアの近傍に位置していることや、クラスターと分子雲コアの質量等について報告した。2013 年 12 月 2014 年 1 月に領域を広げて行ったクラスターを含む $40' \times 40'$ の領域の観測からは、この領域はフィラメント構造を持ち、クラスターはフィラメント内に存在していることが分かった。本講演では、一連の解析結果について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P113b 星形成レガシープロジェクトIV. 大質量星形成領域DR21の分子輝線観測

片倉翔, 山日彬史, 秦野義子, 下井倉ともみ, 土橋一仁 (東京学芸大学), 田中智博 (大阪府立大学), 西谷洋之 (NRO), 島尻芳人 (CEA/Saclay), 原千穂美 (東京大学), 中村文隆 (国立天文台), ほか 45m 星形成レガシーチーム

DR21は全天の中でも特に活発な大質量星形成領域の一つである。Ori-KLと同様に、DR21はミリ波分子輝線の標準天体としても認識されており、昔から様々な分子輝線で観測されてきた (e.g., Loren & Wootten 1985)。DR21の母体分子雲は南北に細長く伸びており、その中にはDR21(OH)として知られる別の大質量星形成領域もある。最近ではHerschelによる大規模なサーベイも行われ、その母体分子雲のフィラメント構造がダスト放射のデータから描き出されている (Hennemann et al. 2012)。この母体分子雲についてはこれまでに様々な研究がなされているが、その正確な距離は不明で、概ね1.5-3 kpcにあると考えられている (e.g., Schneider et al. 2007)。また、分子雲全体の速度構造も、必ずしも明らかではない。そこで我々は、野辺山45m鏡を用いて、DR21の母体分子雲全体を高い角分解能で描き出し、ガスの分布やその速度構造と、内部での星形成との関係を調べた。2013年3-5月と2014年4月に観測を行った。受信機はTZ、分光計はSAM45を用いて母体分子雲を含む $8' \times 12'$ の領域を合計27分子輝線で観測した。その結果、 ^{12}CO 及び ^{13}CO のデータより、分子雲衝突を示唆する異なる速度を持つ2つの分子雲が検出された。分子雲衝突は大質量星形成領域やクラスター形成領域のきっかけになっているため、DR21の母体分子雲と速度成分の異なる分子雲が衝突を起こしていると考えられる。そこで我々は、ショック領域をトレースするSiO分子輝線を含む8分子輝線を2013-2014年シーズンで観測した。このポスターではこれまでの観測によって得られたデータよりこの領域で分子雲衝突が起きているか否かを議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P114c 星形成レガシープロジェクト V. W40 領域の分子分光観測

秦野義子, 片倉翔, 山日彬史, 下井倉ともみ, 土橋一仁 (東京学芸大学), 原千穂美 (東京大学), 島尻芳人 (CEA/Saclay), 西谷洋之, 中村文隆 (国立天文台), ほか 45m 星形成レガシーチーム

Aquil Rift に位置する W40 は太陽系近傍にある大質量星形成領域で、そこには OB 型星のクラスター、HII 領域、分子雲が存在する。W40 は銀河面から 3.5° ほど離れていて、かつ太陽系近傍の数少ない大質量星形成領域の 1 つである。HII 領域の励起星のそばではアウトフロー (Wu et al. 2004) や H₂O メーザー (Esimbek et al. 2005)、HH 天体 (Wu et al. 2002) などが見られる。しかし、正確な距離は分かっておらず、おおむね 600 ± 300 pc と推定されている (Rodney & Reipurth 2008)。また、高い角分解能による広範囲の分子輝線観測は少なく、分子雲全体の速度構は必ずしも明らかになっていなかった。そこで我々は、W40 領域の分子雲全体を高い角分解能で描き出し、ガスの分布や速度構造を詳細に調べるため、野辺山 45m 鏡を用いて W40 を含む $20' \times 15'$ の領域について観測した。観測は 2014 年 2 ~ 4 月にかけて行った。この観測では、両偏波同時受信が可能な TZ 受信機と SAM45 分光計を用い、8 種類の分子輝線による観測を行った。観測した分子輝線のうち、 $^{13}\text{CO}(J=1-0) \cdot \text{C}^{18}\text{O}(J=1-0) \cdot \text{CS}(J=2-1) \cdot \text{C}^{34}\text{S}(J=2-1)$ の 4 つの分子輝線が検出された。観測の結果、 ^{13}CO や C^{18}O 、CS はクラスターを取り囲むように分布しており、W40 には 5 km/s、7 km/s、10 km/s の 3 つの速度成分が存在することが分かった。また、 ^{13}CO のデータから局所熱力学平衡を仮定して分子雲の質量を見積もった。仮に距離を 600 pc、励起温度を 30 K (Zhu et al. 2006) とすると、総質量は $4.0 \times 10^3 M_\odot$ と推定される。このポスターでは、一連の観測結果について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P115a **A Chemical View of Protostellar-Disk Formation in L1527**

Sakai, N., Oya, Y., Sakai, T., Watanabe, Y., Yamamoto, S.(Univ. Tokyo), Hirota, T., Aikawa, Y. (Kobe Univ.), Ohashi, N. (NAOJ), Takakuwa, S., Yen, H-W. (ASIAA), Ceccarelli, C. (IPAG), and IPAG groupe members(France)

Sub-arcsecond images of the rotational line emissions of CCH, CS, H₂CO, and CH₃OH have been obtained toward the low-mass protostar IRAS 04368+2557 in L1527 as one of the early science projects of the Atacama Large Millimeter/submillimeter Array. The intensity distributions of CCH and CS show a double-peaked structure along the edge-on envelope with a dip toward the protostar position, whereas those of H₂CO and CH₃OH are centrally peaked. By analyzing the position velocity-diagrams along the envelope, CCH and CS are found to reside mainly in the envelope, where the gas is infalling with conservation of its angular momentum. They are almost absent inward of the centrifugal barrier. Although H₂CO exists in the infalling rotating envelope, it also resides in the disk component inside the centrifugal barrier to some extent. On the other hand, CH₃OH seems to exist mainly in the ring and disk component. Hence, the drastic chemical change occurs at the centrifugal barrier. A discontinuous infalling motion as well as the gas-grain interaction would be responsible for the chemical change. This result will put an important constraint on initial chemical compositions for chemical evolution of protostellar disks.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P116a 若い原始星に付随するエンベロープおよびアウトフローのモデル解析

大屋瑤子, 坂井南美, 渡邊祥正, 山本智 (東大), 酒井剛 (電通大), 廣田朋也 (国立天文台)

原始星円盤は惑星系の母体であると考えられ, その物理的・化学的性質を明らかにすることは, 惑星系形成の理解において重要な課題である。しかし, 低質量星形成過程における円盤の形成については, 観測研究が非常に限られている。我々はこの問題に取り組むため, ALMA の初期運用 (Cycle 0) で観測された低質量星形成領域の高分解能データを用いて, 原始星円盤の母体であるエンベロープガスとアウトフローについて, 簡単な物理モデルによる解析を行った。解析に用いた観測データは, おおかみ座にある IRAS 15398-3359 とおうし座にある L1527 の2つの Class 0 天体に関するものである。いずれの観測でも, 100 AU スケールの高い分解能が実現されており, CCH, H₂CO などの分子が検出されている。

エンベロープの解析には, 回転しながら落下するガス円盤のモデルを採用した。このモデルにおけるガスの運動は, エンベロープガスのもつ比角運動量と, 中心星の質量によって決定される。ここで, 角運動量とエネルギーの保存のため, ガスは近日点 (遠心力バリア) より内側に落ち込むことはできない。両天体について, 原始星近傍における速度場の観測結果とモデルとの比較から, 遠心力バリアの位置と中心星の質量を推定した。

一方, アウトフローの解析には, 放物面状に分布し加速するガスのモデルを採用した。このモデルと観測結果の速度場を比較することで, 2つの天体の傾き角を決定した。この結果, 従来 pole-on に近いと考えられてきた IRAS 15398-3359 のアウトフローの向きは, むしろ天球面に平行に近く, 傾き角が 20° 程度であることが明らかになった。L1527 では, エンベロープガスとアウトフローの両方の解析から, 傾き角が 5° とほぼ edge-on であり, 西側のアウトフローが手前に向かってきていることがわかった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P117a 原始惑星系円盤の炭素、窒素の化学と N_2H^+ リング

相川祐理 (神戸大)、古家健次 (ライデン大学)、野村英子 (東京工業大学)、Chunhua Qi (CfA)

ALMA による TW Hya の観測で、 N_2H^+ がドーナツ状に分布することが分かった (Qi et al. 2013)。 N_2 は CO よりもプロトン親和性が低く、CO が昇華すると N_2H^+ の存在度が激減することを踏まえ、この観測は N_2H^+ が CO snow line の指標となる可能性を示唆した。しかし、実験によると CO と N_2 の昇華温度はほぼ等しいので (Oberg et al. 2005)、なぜ CO snow line の外側 (つまり CO だけでなく N_2 の昇華温度よりも低温な領域) で N_2H^+ が豊富に存在するのかは考察に値する。そこで本研究では、原始惑星系円盤の炭素と窒素の化学を数値計算で調べた。その結果以下のことが分かった。

- 基本的なイオン分子である HCO^+ 、 N_2H^+ 、 H_3^+ の存在度は CO、 N_2 など主要中性分子の存在度やイオン化率を用いて解析的に表すことができる。
- CO と N_2 は昇華温度より温度の高い領域においても、 CO_2 氷や NH_3 氷などに変換されることで存在度が減少し得る (Aikawa et al. 1997、Furuya & Aikawa 2014、Bergin 2014) が、その時間スケールは CO と N_2 で異なる (Furuya & Aikawa 2014)。
- ダストが成長・沈殿して紫外線が入りやすくなった円盤では、 N_2 の減少が抑えられる層がある。
- 上記から N_2H^+ リングは、円盤中心面の温度が CO と N_2 の昇華温度よりも低い半径において、より高温で紫外線が適度に入射する円盤上空で N_2 が CO よりも豊富になることによって説明できる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P118a **Class-I 超低光度天体 L1709#5 に対する観測的研究**

原 千穂美 (東京大学/国立天文台), 川辺 良平, 中村 文隆 (国立天文台), 島尻 芳人 (CEA/Saclay), 大朝 由美子 (埼玉大学)

褐色矮星 (BD) の主質量降着期段階は観測例が少なく未だ明らかになっていない。一方で超低光度天体 (VeLLO) は形成初期段階にある BD 候補とも考えられていおり、BD の形成を知るためには VeLLO の観測的研究を進める必要がある。特に初期段階の褐色矮星については 1) 10^4 年以下の年齢であること, 2) 質量降着率が大きくないこと ($\sim 10^{-6} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$), 3) 周辺を取り巻くガスの質量が小さいこと ($\sim 0.1 M_{\odot}$) が条件として考えられるため、主質量降着段階にある BD のサンプルを増やすためには VeLLO に付随する分子ガスの運動を調べる必要がある。

我々は近傍 (~ 125 pc) にあるへびつかい座分子雲中の VeLLO の一つ、L1709#5 ($L_{\text{int}}=0.05 L_{\odot}$) に対して、Submillimeter Array (SMA) のアーカイブデータの解析、Atacama Submillimeter Telescope Experiment (ASTE) を用いた観測を行った。SMA の 1.3 mm 連続波データから $0.007\text{-}0.03 M_{\odot}$ の質量を持つ原始星に付随したコンパクトな成分 (< 260 AU) を検出した。また、双極分子流トレーサーである CO(2-1) 輝線のデータからほぼ天球面上に沿って放出される双極分子流を検出した。この双極分子流のオープニングアングルは $\sim 30^{\circ}$ であり、このことから L1709#5 がまだ若いことが期待される。双極分子流の運動量放出率は $(0.21 - 1.9) \times 10^{-6} M_{\odot} \text{ km s}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ であり、そこから概算される質量降着率は数 $\times 10^{-7} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ である。更に ASTE による $\text{C}^{18}\text{O}(3-2)$ 輝線の観測から原始星に $\sim 0.03 M_{\odot}$ 、半径 6000 AU の高密度コアが付随することを確認した。

これらの結果から L1709#5 は上で述べた条件 2), 3) を満たしており、BD あるいはごく低質量の星の初期段階を見ているかもしれない。よって、褐色矮星の形成過程を知る上でよいターゲットとなることが期待される。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P119a **Probing the growth of IC5146 by filamentary accretion**

Yoshito Shimajiri (CEA), Ph. André (CEA), D. Arzoumanian (IAS), V. Könyves (CEA), P. Palmeirim (CEA), A. Roy (CEA), A. Maury (CEA), and E. Ntormousi (CEA)

The observations of the Herschel Gould Belt survey project revealed an omnipresence of parsec-scale filaments in molecular clouds (André et al. 2010; Arzoumanian et al. 2011). Detailed analysis of the radial column density profiles shows that filaments are characterized by a quasi-uniform distribution with a typical FWHM value of 0.1 pc (Arzoumanian et al. 2013). This characteristic width of 0.1 pc suggests that filaments may have formed as a result of dissipation of large-scale turbulence (Padoan et al. 2001). Furthermore, a lot of sub filaments are distributed around the main filament (Peretto et al. 2012; Palmeirim et al. 2013). These morphologies suggest that accretion flows are feeding the main filament from the surrounding cloud material. However, investigating the velocity structure of the filaments and the surrounding medium is crucial to confirm this scenario.

We have carried out the mapping observations toward the thermally supercritical filaments in the IC 5146 region using the Nobeyama 45 m telescope. We found sub filaments distributed toward perpendicular to the main filaments. The velocity structures of a simple inflowing-gas model have good agreements with those of the observations, suggesting that the sub filaments are inflowing into the main filament and subsequently growing the main filament. These results strongly support the scenario that supercritical filaments undergo gravitational contraction and increase in mass per unit length through accretion of background material.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P120a **A Dynamically Collapsing Core and Precursor of a Core in a Filament**

Ray S. FURUYA (U. Tokushima), Yoshimi KITAMURA (ISAS), and Hiroko SHINNAGA (NAOJ)

Filaments are ubiquitously seen in molecular clouds regardless of star formation activity, and their physical properties would give us a hint to assess subsequent protostar formation. In this context, we performed $J=1-0$ line observations of ^{12}CO , ^{13}CO , and C^{18}O molecules using the Nobeyama 45m telescope to shed light on the physical properties of the natal filament around the cloud core harboring an exceptionally young low-mass protostar GF9-2. The obtained maps, covering $\sim 1/5$ of the whole filament, clearly demonstrate that the core formed at the local density maxima of the filament, and the internal motions of the filament are governed by turbulence with Mach number of ~ 2 . With an isothermal cylinder model, the scale height of the filament is estimated to be ~ 0.6 pc, yielding the central density of 10^3 cm^{-3} . The analysis shows that the filament is supported by turbulent pressure against self-gravity. Since both the dissipation time scale of the turbulence and the free-fall time of the filament gas are comparable to $\sim 10^6$ years, we conclude that the decay of the turbulence made the filament gas locally unstable, hence making the core collapse. Furthermore we newly detected a gas condensation with velocity width enhancement located at ~ 0.3 pc south-west of the core. The condensation has an LTE mass of $\sim 5 M_{\odot}$, and a turbulent velocity dispersion of $\sim 0.6 \text{ km s}^{-1}$, suggesting a gravitationally bound state. We therefore speculate that the condensation is a precursor of a cloud core, which would be produced by cloud-cloud collision(s) of the two gas components identified in the filament.

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

P121b 1.85m 電波望遠鏡による銀河面分子雲の広域探査 IV

澤村将太郎、土橋一仁、下井倉ともみ (東京学芸大学)、徳田一起、木村公洋、村岡和幸、前澤裕之、大西利和、小川英夫 (大阪府立大学)、西村淳 (国立天文台)、福井康雄 (名古屋大学)、1.85m 鏡グループ

銀河面には、多数の H II 領域や超新星残骸が付随する星形成領域など、多様な物理状態にある分子雲が視線方向上に重なって存在している。これらの分子雲の物理状態を解明するため、2011 年以降、我々は大阪府立大学 1.85m 鏡を用いて銀河面サーベイを行っている。2013 年 5 月までのサーベイでは $\ell = 22^\circ \sim 74^\circ$ 、 $b = -2^\circ \sim 2^\circ$ の領域を ^{12}CO 、 ^{13}CO 、 $\text{C}^{18}\text{O}(J = 2-1)$ の 3 輝線でカバーした。そこで得られたデータと、「なんてん」や FCRAO の Galactic Ring Survey で得られた $J = 1-0$ データを用いて、準位間強度比や同位体間強度比を求め、分子雲の温度や密度などの物理状態を調査した。 $^{12}\text{CO}(J = 2-1)$ と $^{12}\text{CO}(J = 1-0)$ との比では、 $|b| > 1^\circ$ の領域がそれ以外の領域に比べ、その比が高く、光学的に薄いガスが比較的多く分布していることがわかった。また、H II 領域や超新星残骸の有無にかかわらず、比が局所的に高い領域や低い領域が数多く存在していることがわかった (澤村 他 2013 年秋季年会)。

我々はさらに、2013 年 11 月から 2014 年 5 月にかけて、観測領域を $\ell = 5^\circ \sim 22^\circ$ 、 $b = -1^\circ \sim 1^\circ$ の領域に拡大することにした。On the Fly(OTF) 観測により、角分解能 2.7' に対して 1' グリッドでデータを取得している。今回の観測では、総観測点数は 122400 点で、実質観測時間は 127 時間である。得られたスペクトルのノイズレベル (rms) は、主ビーム能率で補正後、約 0.8 K (速度分解能 0.08 km/s) である。本発表では、先の研究で行った解析と同様に、今回観測した領域に対する準位間輝線強度比や同位体間強度比から得られた結果について述べる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P122b **W3 Main** における分子ガス構造と星団形成との関係の解明

齋藤 弘雄 (日本工業大学) 齋藤正雄 (国立天文台)

多くの星は星団として形成され、星団は 0.3 pc 前後のサイズを持つクランプから形成されることがわかってきた (Saito et al. 2007a)。このため、星団の物理的特徴は母体クランプの物理状態に大きく依存していると考えられる。しかし、このクランプがどのような進化を経て星団形成に至るかは、ほとんど明らかになっていない。クランプの進化を明らかにするには、星団形成前のクランプと星団形成途中にあるクランプの物理状態を比較検証することが重要である。

これまで、W3 領域をはじめとする大質量星を伴う星団形成領域に対して、星団形成の母体となるクランプの検出とその物理状態の解明を進め、(Saito et al. 2007b) クランプの密度、内部運動状態 (線幅など) と形成される星団の特徴、星の個数密度や星団メンバーの最大質量との間に密接な関係があることがわかってきた。一方、巨大分子雲ないを見渡すと、1つの分子雲内に様々な規模の星団形成領域が存在する。このことから巨大分子雲内には様々な物理状態を持ったクランプが複数形成されていると考えられる。形成されるクランプの特性はその周囲の分子ガスの物理状態に依存すると期待される。そこで、W3 Main 領域の周囲の構造に着目しガス構造を調べた結果、クランプ構造はさらに大きな構造 (巨大クランプ) 内に形成されている可能性があることがわかった。この巨大クランプは数 pc 程度のサイズが在り、クランプ構造より大きな内部運動を持っている。さらに、W3 巨大分子雲を見渡すと、このようなサイズの構造が複数形成されていることがわかった。

本講演では、巨大分子雲ないで段階的に特徴付けられる構造についてまとめ、構造間の物理状態を比較することでクランプ構造形成にいたる進化について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P123b 野辺山 45m 電波望遠鏡搭載 45 GHz 受信機 (Z45) の試験観測

落合 哲, 土橋 一仁, 下井倉 ともみ, 米谷 夏樹 (東京学芸大), 米倉 覚則, 百瀬 宗武, 佐藤 雄貴 (茨城大), 中島 拓 (名古屋大), 水野 いづみ (鹿児島大/国立天文台), 岡田 望, 徳田 一起, 長谷川 豊, 阿部 安宏, 木村 公洋, 小川 英夫 (大阪府立大), 中村 文隆, 亀野 誠二, 新永 浩子, 久野 成夫, 高野 秀路, 伊王野 大介, 川辺 良平, 楠野 こず枝 (国立天文台), 谷口 琴美 (東邦大)

我々は野辺山 45m 電波望遠鏡に 45 GHz 帯両偏波受信機 (通称 Z45) を搭載し、本格的な運用に向けた立ちあげ、調整を行っている。この受信機搭載の目的は、45 GHz 帯の CCS 分子輝線のゼーマン効果を検出することである。磁場の強度を測定することにより、星形成過程における磁場の役割を探ることができる (中村他 2013 年秋季年会)。2013 年 12 月から 2014 年 4 月にかけて受信機の調整、試験観測を行った。

本発表では、立ち上げ時に行った SiO メーザー R Leo の観測から描き出したビームパターンの測定結果と、TMC-1 領域における試験観測の結果を併せて報告する。ビームパターンの測定では、アンテナビーム幅 (HPBW) は 37.1" 程度、サイドロープレベルは 3 % 以下という結果を得た。33.8° - 62.0° の異なる高度で測定を行い、仰角に対する依存性が無いことを確認した。観測時のシステム雑音温度は 110 - 120 K 程度であった。また、開口能率・主ビーム能率はそれぞれ 53 % 程度・63 % 程度であった (火星の観測から算出)。

試験観測では TMC-1 領域 (20' × 20' 程度) における CCS ($J_N=4_3-3_2$) 分子輝線、HC₃N ($J=5-4$) 分子輝線及び HC₅N ($J=17-16$) 分子輝線の OTF マッピングを行った。観測時のシステム雑音温度は 140 - 180 K、ノイズレベルは 0.2 K 程度 (速度分解能 0.05 km s⁻¹) であった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P124b 野辺山 45m 鏡搭載 Z45 受信機によるペルセウス座領域の CCS マッピング

米谷 夏樹, 土橋 一仁, 下井倉 ともみ, 落合 哲 (東京学芸大), 米倉 覚則, 百瀬 宗武, 佐藤 雄貴 (茨城大), 中島 拓 (名古屋大), 水野 いづみ (鹿児島大/国立天文台), 岡田 望, 徳田 一起, 長谷川 豊, 阿部 安宏, 木村 公洋, 小川 英夫 (大阪府立大), 中村 文隆, 亀野 誠二, 新永 浩子, 久野 成夫, 高野 秀路, 伊王野 大介, 川辺 良平, 楠野 こず枝 (国立天文台), 谷口 琴美 (東邦大)

我々は、野辺山 45m 鏡と 45 GHz 帯両偏波受信機 (Z45 受信機) を用いた分子雲の CCS マッピングを行っている。この受信機は、CCS($J_N = 4_3 3_2$) 分子輝線によるゼーマン効果の検出を目的として開発された。ゼーマン効果を検出できれば分子雲内の磁場の強さを測ることができ、磁場の星形成への影響を探ることができる。この研究では、ゼーマン効果の検出に適した観測点 (アンテナ温度 $T_a^* \gtrsim 2$ K、線幅 $\Delta V \lesssim 0.5$ km s⁻¹) を探すため、2014 年 3 月から 4 月にかけてペルセウス座領域の B1、NGC1333、L1448、IC348 の 4ヶ所の観測を行った。

観測では、合計 65 平方分の領域で CCS 分子輝線、HC₃N 分子輝線及び HC₅N 分子輝線の OTF マッピングを行った。観測時の平均的なシステム雑音温度は 130140 K で、ノイズレベルは 0.5 K (速度分解能 0.05 km s⁻¹) であった。観測の結果、B1 で CCS 分子輝線が検出され、ピークでアンテナ温度 $T_a^* = 0.65$ K、視線速度 $V_{LSR} = 6.5$ km s⁻¹、線幅 $\Delta V = 1.2$ km s⁻¹ であった。ペルセウス座領域については、いまだにゼーマン効果の検出に適した観測点は見つかっていない。しかし、B1 及び L1448 では HC₃N 分子輝線が検出され、CCS と HC₃N のピークの座標が NH₃($J, K = 1, 1$) のピークとよく一致している一方で、¹³CO($J = 10$) の積分強度のピークとは 5' 程度離れているなど、興味深い結果が得られた。本ポスターでは、CCS 観測の結果に加え、他の分子輝線の分布との比較について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P125b 暗黒星雲コア L1544 の進化・形成と化学組成の観測的研究

種倉平晃, 前澤裕之 (大阪府立大), 相川祐理 (神戸大), 山本智 (東京大)

牡牛座分子雲の北東に位置する L1544 は、比較的進化の進んだ星なし暗黒星雲コア (pre-stellar core) として知られる。そこでは、回転や infall などを示唆する速度構造をもつ 0.1pc スケールの円盤構造がみられ、その中心では CCS や SO などの分子の depletion が進行している。我々は、NRO45 m 望遠鏡を用いて 10 種類近くの分子輝線を用いた L1544 コアのマッピングやストリップ観測を実施した。その結果、infall の中心付近で SO も同様に depletion し、さらに SO は CCS を避けるように分布していることが分かった。SO と CCS は、分子雲の化学・物理進化段階の後半と前半にそれぞれ増加するため、こうした傾向は数値化学モデルとも良く合致している。一方で我々は、このコアから北東に約 0.1 pc 離れた場所に、L1544 領域において最も SO の強度が強い clump 状構造が存在していることを明らかにした。この SO-clump では、高密度コアの化学進化の後半をトレースする NH_3 や N_2H^+ といった分子は検出されなかった。さらに、ハーシェル衛星によって観測された 250 μm 、350 μm などのダスト放射などから導出した SO-clump の温度環境は、L1544 の円盤構造付近と同程度であった。また可視減光度は SO-clump において 8 等程度と見積もられ、高密度コアと translucent cloud の中間的な性質をもつ領域であることも分かった。このような環境を模した 1-BOX の時間依存の数値化学モデル計算との比較を行ったところ、SO-clump は数万年程度の比較的若い進化段階に相当する可能性があることが分かった。L1544 は複雑な速度構造をもち、中心の円盤構造の速度成分のうち blue 成分は北東の SO-clump 領域にまで広がっている。こうした速度構造との比較から、SO-clump は L1544 コアから円盤構造が形成される過程で進化から取り残された領域と推察される。本講演ではこの L1544 北東の SO-clump に関する観測・解析結果について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

P126b **NRO 45 m/IRAM 30 mを用いたL1527ラインサーベイ**

吉田 健人, 徳留 智矢, 坂井 南美, 渡邊 祥正, 山本 智 (東大), 高野 秀路 (国立天文台, 総研大), NRO ラインサーベイメンバー, Bertrand Lefloch (IPAG, CNRS), ASAI メンバー

おうし座の Class 0 原始星 L1527 は, 炭素鎖分子が豊富な低質量星形成領域として知られている. 我々はこの領域での化学組成の全貌を明らかにするため, NRO Legacy Project の一環として, 野辺山 45 m 望遠鏡を用いた 3 mm 帯のラインサーベイ観測を 2008 年から 2012 年まで行った. さらに我々は, ASAI(Astrochemical Surveys at IRAM) プロジェクトの一環として, スペインにある IRAM 30 m 電波望遠鏡を用い, 1 mm から 3 mm までの 3 つの波長帯でラインサーベイ観測を行った.

本講演では, 上記 2 つの望遠鏡による観測によって検出された分子のうち, 特に cyclic-C₃H₂ およびその ¹³C 同位体種の解析について報告する. c-C₃H₂ については, 2 つの望遠鏡による観測から, 重複した 6 本を含む計 41 本ものスペクトル線が検出された. L1527 では, 原始星から半径 10'' 程度の暖かい領域で炭素鎖分子が増量していることが知られている. そこで, この領域と, 周縁部の比較的冷たい領域 2 層からスペクトル線が放射されたと仮定して解析を行った. その結果, 中心部は 15 K 程度, 外縁部は 5 K 程度の回転温度であることがわかった.

c-C₃H₂ の 2 つの ¹³C 同位体種についても同様の仮定のもとで解析を行い, c-C₃H₂ に対する存在量の比を計算した. その結果, 中心部および周縁部のどちらについても, 星間空間の典型的な ¹²C/¹³C 比である 60 よりも大きくなった. また, 中心部と周縁部で ¹²C/¹³C 比を比べると, 周縁部の方がより ¹³C が希薄であることがわかった. 分子雲中では, C⁺ を原料として作られる炭素鎖分子などの ¹²C/¹³C 比が 60 よりも大きくなることが報告されており (Sakai et al. 2013), 今回の結果はこの現象のメカニズムを理解する上で重要なものである.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P127b 円盤形成時の衝撃波による揮発性分子の昇華

青田拓大(富士ソフト), 井上剛志(国立天文台), 相川祐理(神戸大)

円盤形成中と考えられる若いYSOで、最近SO輝線が星を取り囲むリング状の領域で検出された。P-V図などから、エンベロープのガスに含まれていたSO氷が、円盤に降着する際の衝撃波で昇華して輝線を出していると考えられる(Sakai et al. 2014)。SO輝線が衝撃波に起因するならば、円盤形成を探る絶好の指標となる。そこで、本研究では、1次元衝撃波モデルを用いて、SOをはじめとする様々な揮発性分子が昇華するガス密度、速度の条件、および衝撃波によって生じる高温ガスの柱密度を求め、SOリングの観測と整合的かどうかを調べた。その結果、以下のことが分かった

- 氷の気相への脱離メカニズムには、ダストの温度上昇に伴う熱的な昇華とガスによる sputtering があるが、YSO 近傍の高密度ガス ($\geq 10^8 \text{ cm}^{-3}$) では熱的昇華が効く。
- 観測から推定されている降着速度 2 km s^{-1} 程度の衝撃波の場合、ガス密度が $\sim 10^9 \text{ cm}^{-3}$ 以上ならばSOが昇華できる。
- 衝撃波後面の 100K 程度の高温ガスの柱密度は 10^{21} cm^{-2} 程度である。エンベロープでのSO氷の水素に対する存在度が 10^{-7} 程度であれば、観測から推定されるSOガスの温度や柱密度は衝撃波モデルと整合的である。この場合、高温層の幾何学的な厚さはAU以下と非常に薄いことが予想される。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P128b へびつかい座分子雲に属する前主系列星の円盤進化タイムスケール

高木悠平、伊藤洋一、新井彰、蔡承亨 (兵庫県立大学), 大朝由美子 (埼玉大学)

前主系列星や原始惑星系円盤、原始惑星の形成・進化を明らかにする上で、前主系列星の正確な年齢決定は非常に重要である。前主系列星の年齢は一般的に測光観測から求められるが、距離や減光量、原始惑星系円盤による紫外・赤外域での超過に起因する不定性を含んでいるため、正確な年齢決定は難しい。

我々はこれまでに、従来の年齢決定法に代わる手法として、高分散分光観測に基づいた方法を確立した (Takagi et al. 2010, 2011)。前主系列星は進化とともに収縮する事を着目し、さらに大気吸収線の等価幅比を用いて距離、減光量、円盤起因の超過に依存しない量を得ることで、0.5-1.0 太陽質量の前主系列星の年齢をファクター 1.5 で決定できるようになった。この手法を用いておうし座分子雲中の前主系列星の年齢を導出したところ、測光観測で求めた年齢では見られなかった、年齢と原始惑星系円盤の進化の相関を得た (Takagi et al. 2014 submitted)。この結果から、おうし座分子雲中にある前主系列星の円盤はおおよそ 3-4Myr かけて徐々に散逸することが示唆された。

本研究ではこの年齢決定手法を基に、すばる望遠鏡/HDS で観測したへびつかい座分子雲中の前主系列星の円盤散逸タイムスケールを導いた。その結果、へびつかい座分子雲中の前主系列星の年齢はおうし座分子雲中の前主系列星よりも若く、さらに円盤の散逸タイムスケールが短いことが明らかになった。本講演では、おうし座分子雲とへびつかい座分子雲の円盤進化タイムスケールを比較し、より詳細な議論を行う。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P129b **Magnetic Field in The Isolated Massive Dense Clump IRAS 20126+4104
– A Study Across A High Spatial Dynamic Range; From 1 Parsec Scale
Down To 20 AU Scale**

Hiroko Shinnaga (NAOJ), Josep M. Girart (CSIC-IEEC), Masahiro N. Machida (Kyushu University), Akimasa Kataoka (SOKENDAI), Kohji Tomisaka (NAOJ), John E. Vaillancourt (USRA), Giles Novak (Northwestern University), T.K. Sridharan (Harvard-Smithsonian CfA), C. Darren Dowell (JPL), Huei-Ru Chen (National Tsing Hua University), and Thomas G. Phillips (Caltech)

We report on a study of the magnetic field structures of IRAS 20126+4104, a massive dense clump in which the rotation axis and the magnetic field axis are misaligned. In order to study the role of magnetic field in high mass star formation in detail, we investigate magnetic field of the object in a high spatial dynamic range. The data sets that we use include interferometric data taken with the Submillimeter Array (SMA) and single-dish data with 9 arcsec beam taken with the SHARP/CSO (Shinnaga et al. 2012) and with 15 arcsec beam taken with SCUPOL at the JCMT telescope (Matthews et al. 2009). Comparing the above results with the VLBI spectropolarimetric observations by Surcis et al. 2014, these four independent data sets allow us to investigate the magnetic field structures across a very high spatial dynamic range (5×10^3), between 1 pc scale and down to 20 AU scale of the massive dense clump – massive ($\sim 10M_{\text{sun}}$) (proto)star system. By comparing the observational results with theoretical simulations, we find that the magnetic field plays a critical role on the formation of a massive (proto)star during the course of the gravitational collapse of the massive dense clump.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P130b 星団内における原始惑星系円盤からのガス散逸

本山一隆 (国立情報学研究所), Hsien Shang, 長谷川 辰彦, Ruben Krasnopolsky, Oscar Morata (中央研究院, 台湾)

原始惑星系円盤は惑星系の母体であり、そこからのガスの散逸仮定を明らかにすることは、惑星系の形成理論を構築する上で重要な課題である。ガスの散逸過程として、中心星への粘性降着と光蒸発が考えられる。粘性降着とは、粘性により円盤内で角運動量輸送が起き、角運動量を失ったガスが中心星へ降着する過程である。光蒸発とは、中心星や近傍の励起星からの紫外線によって円盤のガスが加熱され、中心星の重力を振り切ってガスが円盤から流出する過程である。恒星は多くの場合、星団として集団で形成される。星団内に大質量の励起星があれば、その近傍にある原始惑星系円盤は励起星からの強い紫外線を受けるため、光蒸発によるガス散逸が重要となる。

本研究では、軸対称を仮定した二次元輻射流体計算により、星団内での光蒸発による原始惑星系円盤からのガスの散逸過程を調べた。蒸発流の速度は、ガスがどれだけ加熱されるかに依存する。正確にガス中の冷却率を計算するため、輻射流体とともにガス中の化学反応も同時に解き、冷却に寄与する分子やイオンの存在量を求めている。原始惑星系円盤の蒸発率が、励起星の温度や原始惑星系円盤までの距離にどのように依存しているかを明らかにした。計算の結果、星団内に表面温度が 30000K 以上の励起星が存在すれば、近傍の原始惑星系円盤は $10^{-7} M_{sun}/yr$ 程度の蒸発率でガスを失うことがわかった。また、励起星の温度が低い場合には、蒸発流の温度と速度は下がり、円盤の内縁部よりも外縁部で蒸発率が大きくなることもわかった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P131b ファーストコアの角運動量進化における輻射および非理想磁気流体効果の影響

塚本裕介 (名古屋大学)

分子雲コアの重力崩壊において、ガス密度が $10^{-13} \text{ gcm}^{-3}$ ほどに達すると圧縮加熱が輻射冷却に打ち勝つようになる。これによってガスの進化は断熱的になり、ガス圧で支えられた天体が形成する。これがファーストコアである。ファーストコアの中心温度が 2000K に達すると水素分子の解離によって中心で再び重力崩壊が始まりセカンドコア (原始星) が形成するが、ファーストコアが回転している場合、ファーストコア内のガスは原始星に直接降着せず遠心力でサポートされた星周円盤になると考えられている。したがって、ファーストコアの角運動量の進化を知ることは円盤の形成時のサイズやその後の進化を考えるうえで本質的である。

ファーストコアの角運動量進化を考えるうえで磁気制動による角運動量輸送を適切に考慮することが重要である。磁気制動の効果は磁場の強度に依存するため磁気散逸効果 (オーム散逸、双極性散逸) を取扱う必要がある。さらに、散逸率は温度の関数であるため、輻射輸送も考慮し、ファーストコアの温度構造を正しく解くことも必要である。

そこで本研究では非理想輻射流体力学シミュレーションを用いてファーストコアの角運動量進化を調べた。その結果、いままであまり重要視されていなかった双極性散逸が重要な役割を果たすことを見出した。これによってファーストコアの角運動量が大きく保たれ、原始星形成初期に比較的大きな円盤の形成が十分可能であることが分かった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P132b 原始星ジェットの進化

町田正博 (九州大学)

星形成領域の観測から、星形成過程で高速のジェットと低速のアウトフローが現れることが分かっている。しかし、これらのフローの駆動機構は解明されていない。原始星ジェットは、その速度から重力ポテンシャルの深い原始星近傍で駆動すると考えられているため、数値シミュレーションによってジェットの駆動を調べるためには、駆動領域である原始星を分解する必要がある。原始星は0.01AU程度の半径を持つ。原始星(近傍)へは、星周円盤から質量が供給される。そのため、ガス降着とジェットの関係を調べるためには星周円盤を解像する必要がある。星周円盤は、1-100AU程度の大きさを持つ。また、円盤は、分子雲コアから供給されるガスによって成長する。分子雲コアは、1万AU以上の大きさを持つ。厳密にジェットの駆動を計算するためには、原始星、星周円盤、分子雲コアを空間分解する必要があるが、これらは空間スケールが6桁以上も異なる。また、時間尺度も大きく異なる。そのため、今までの研究ではジェットの長時間進化を計算することは難しかった。

この研究では、簡単な原始星モデルと多層格子法を用いてジェットの駆動を計算した。星が出来る前の分子雲コアを初期条件として、中心に原始星が誕生してからおよそ300年間ジェットの進化を計算した。結果、ジェットの駆動は非定常であることが分かった。また、従来考えられていたように、ファーストコアから駆動したアウトフローの中をジェットが突き進むことにより星形成の初期段階において二種類のフローが現れることが分かった。計算中、原始星からのジェットは、最大 $\sim 100\text{km/s}$ の速度を持ち300AU程度まで達した。また、低速のアウトフローは $\sim 1\text{km/s}$ の速度を持ち200AU程度まで達した。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

P133a JVLA/ATCA による大質量原始星ジェット天体に付随する降着円盤候補の検出

元木業人、新沼浩太郎、蜂須賀一也、藤沢健太 (山口大学)、 徂徠和夫 (北海道大学)、 杉山孝一郎、米倉覚則 (茨城大学)、 本間希樹、 廣田朋也 (国立天文台)、 Andrew J. Walsh (Curtin University)

大質量原始星候補天体 G353 は視線方向に沿った原始星ジェットを持つ”face-on”天体であり、真上から降着円盤を観測することで動径方向の円盤構造を探ることに適した天体であると考えられている。これまでに ATCA および SMA による干渉計観測から極めて高速な分子ガスジェットと降着円盤らしき回転構造が発見されている (2014 年春季年会 P112a)。本講演では新たに行った降着円盤観測の結果について報告する。

JVLA による最高分解能観測 (A-配列、7-mm 帯) の結果、極めてコンパクトな連続波源が検出された。連続波源は輝度温度 300 K 程度であり、合成ビームの短軸方向 (東西方向) に差し渡し 200 AU 程度の構造を示した。1.3-cm 帯の低分解能観測 (Motogi et al. 2013) と合わせて推定したスペクトル指数がおおよそ 2.5 程度であることから、同連続波は中心星近傍の高温ダストからの放射である可能性が高い。典型的なダストパラメータを仮定して求めた質量は $2.5 M_{\odot}$ 程度となった。一方 ATCA では大質量星形成における円盤トレーサーである 6.7 GHz メタノールレーザーの観測を行った。得られたレーザーの空間分布は JVLA によって検出された連続波の構造と良く一致しており、また分布に沿って系統的な速度勾配 ($\sim 3 \text{ km s}^{-1}$) も検出された。後者は”face-on”円盤 (傾き角 10° 以下) の回転、もしくは非軸対称な降着によって説明できる。以上のことから同連続波とレーザーは共に半径 100 AU 程度の非常にコンパクトな”face-on”円盤をトレースしていると考えられる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P134a 大質量星形成領域 IRAS18089–1732 のメタノールメーザー観測

志野 渚 (総合研究大学院大学), 本間希樹 (国立天文台)

大質量星形成領域 IRAS18089–1732 のメタノールメーザー観測の解析結果について報告する。

比較的理解が進んでいる中小質量星に比べて距離が遠いなどの問題があり大質量星の形成メカニズムは明らかではない。この問題を解決する観測的なプローブとして有力なのは電波帯の 44GHz と 6.7GHz で見られるメタノールメーザー輝線である。メタノールメーザーは輝度が明るくて VLBI 観測で空間分解ができるからである。また、44GHz メタノールメーザーは原始星からのアウトフローに付随、6.7GHz メタノールメーザーは降着円盤に付随していると考えられている。しかし、これらがどこに付随しているのかは未だ確定していない。

本研究の目的は 44GHz メタノールメーザーが原始星のアウトフローに付随、6.7GHz メタノールメーザーが降着円盤に付随しているか否かを両周波数の空間分布から検証する事である。両周波数が検出された天体のうち 44GHz と 6.7GHz メタノールメーザーの両方の強度が強い天体である 4 天体について VLBI 観測装置である JVN(大学連携 VLBI) を用いて 6.7GHz メタノールメーザーの VLBI 観測を行った。今回は IRAS18089–1732 の解析結果を報告する。また、44GHz メタノールメーザーについては VLA のアーカイブデータを解析した。両周波数の空間分布図を作成し、それぞれの空間分布図を照らし合わせた。その結果、6.7GHz と 44GHz メタノールメーザーの放射位置が重なっていることがわかった。このことから両周波数が同じ天体から放射され、また 6.7GHz と 44GHz メタノールメーザーの放射位置が異なる可能性があることがわかった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P135a **VERA と ALMA を用いたオリオン KL 水メーザーバースト天体の観測**

廣田朋也、本間希樹、黒野泰隆（国立天文台）、金美京（韓国天文研究院）、坪井昌人（宇宙科学研究所）、藤沢健太（山口大学）、今井裕（鹿児島大学）、米倉覚則（茨城大学）

我々は、大質量星形成領域オリオン KL で 2011 年 2 月から始まった 22GHz 帯の水メーザーバースト現象解明のため、VERA と ALMA を用いた観測を進めている（2011 年秋季年会 P37a、2012 年秋季年会 P120a）。本発表では、オリオン KL 水メーザーバースト（スーパーメーザー）の励起源、および励起機構について議論する。

VERA による位置天文観測は 2011 年 3 月から定期的に行われている。その結果、2012 年 6 月のバースト極大期の水メーザーフラックスは 13.5 万 Jy まで上昇したが、過去のバースト（～100 万 Jy）に比べると 1 桁小さいことが確認された。また、メーザーバーストはコンパクトリッジと呼ばれる衝撃波領域で起こっていること、メーザーの固有運動はオリオン KL 電波源 I からのアウトフローと平行であり、メーザー源の構造は固有運動と垂直な方向に延びていることも明らかになった。ALMA によって検出されたコンパクトリッジのギ酸メチル (HCOOCH_3) 分子輝線の速度構造もアウトフローの影響を示唆しており、メーザーバーストは衝撃波領域で励起されていると考えられる。さらに、今回のバーストでは 2011 年から 12 年にかけて 3 回の増光・減光が繰り返されており、それぞれのタイムスケールは 2-7 か月とばらつきはあるものの増光・減光でほぼ同じタイムスケールとなっている。一方、ALMA では 321 GHz のサブミリ波帯水メーザーも観測を行ったが、コンパクトリッジで有意な信号は検出されなかった。メーザー励起モデルとの比較から、22 GHz の水メーザーだけがバーストを起こす条件は典型的な大質量星形成領域のホットコアと大きな違いはないということが分かった。時間変動の振る舞いと合わせて、22 GHz の水メーザーバーストが増幅時のピーミングによって異常な増光となっている可能性が高いと考えられる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P136a **メタノールメーザーの強度変動を伴う天体 MonR2-IRS3 の近赤外線モニター観測**

内山瑞穂, 宮田隆志, 酒向重行, 上塚貴史, 細川隆史 (東京大学), 山下智志, 面高俊宏 (鹿児島大学), 宇井崇紘, 秋田谷洋, 森谷友由希, 川端弘治 (広島大学), 杉山孝一郎, 米倉覚則, 齋藤悠, 石井翔太, 百瀬宗武 (茨城大学), 元木業人 (山口大学), 稲吉恒平 (Columbia Univ.), 田中圭 (Univ. of Florida)

大質量星形成を解明する上で、原始星やその近い領域で起きる現象を観測することは非常に重要である。しかし、一般に大質量原始星は遠方にあり、原始星に近い領域 (<100AU) を空間分解観測することは、一部の近傍天体を除き困難な状況である。天体のごく近傍で起きる現象を調査する手法として、変光観測が挙げられる。大質量原始星に時間変動現象が存在すれば、そこから質量降着率の変動や星周構造の変化の探査が可能になる。

大質量原始星にはよく 6.7GHz メタノールメーザーが付随しており、メーザーは原始星周辺の降着円盤に付随していると考えられている。この一部について数 10–数 100 日の周期変動が報告されている (Goedhart+2004 など)。変動要因としては、Colliding-wind Binary (van der Walt 2011) 由来の変動や、原始星脈動による光度変動 (Inayoshi+2013) などが提唱されているが、メーザー以外の観測で変動が未検出のため情報が少なく未解明である。

我々は既知のメーザー変動を伴う大質量原始星 MonR2-IRS3 の近赤外線 (J、H バンド) 撮像モニターを鹿児島大学 1.0m 望遠鏡近赤外線撮像カメラ及び広島大学 1.5m かなた望遠鏡 HONIR で行い、光度変動の有無を調査した。結果、132 日間のモニターで J、H バンド共に 0.2mag の単調な光度減少を検出し、茨城 32-m 電波望遠鏡でのメーザーモニターで得られた一部成分の単調な強度減少傾向と一致した。また、観測中に 0.1mag 以上のカラー変動は未検出だった。本発表では結果の詳細と、同時期に行ったメーザーモニターとの関係について主に述べる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P137a **ブライトリム分子雲の磁場構造の包括的研究**

楠根貴成, 杉谷光司 (名古屋市立大学), J. Miao (ケント大学), SIRPOL チーム, 他

ブライトリム分子雲は HII 領域の縁に取り残された小分子雲で, HII 領域の励起星からの紫外線による電離波面 (ブライトリム) を伴っており, 電離波面圧縮により誘発的星形成が起きていると考えられている天体である。その孤立性と構造の単純性のため, 紫外線の分子雲への影響を調べるには理想的な天体とされ, 多くの観測的・理論的研究がなされてきた。これまでにブライトリム分子雲の力学的進化に関する流体力学数値計算が数多く行われてきたが, 一般に天体現象では重要と考えられている磁場を考慮したものはほとんどない。これはブライトリム分子雲の磁場構造を詳細に調べた観測例が少ないことに起因する。そこで我々は, ブライトリム分子雲の磁場構造を調べ磁場の影響を明らかにするために, HII 領域との強い相互作用を示すブライトリム分子雲 24 天体 (Urquhart et al. 2009) に対し近赤外線偏光観測をこれまでに行ってきた。観測には南アフリカ天文台 IRSF1.4m 望遠鏡と広視野近赤外線偏光撮像装置 SIRIUS/SIRPOL (FOV $\sim 7'.7 \times 7'.7$) を用いた。そのうち SFO 74 の観測結果・磁場構造については既に 2013 年秋期年会にて報告しているが, 本講演では 24 天体全てのブライトリム分子雲を解析した結果を報告する。

現在データ解析中ではあるが解析を終えた 12 天体に関しては, ほぼ全てのブライトリム分子雲において, ブライトリムのすぐ内側では磁場はリムの形状に沿うという結果が得られている。さらに, 初期磁場を示していると思われる周辺磁場の方向と励起星からの紫外線の入射方向の関係を調べた結果, 磁場がブライトリムの形状に影響を与えていることの示唆を得た。講演ではこの, 初期磁場と紫外線の入射方向と分子雲の形状の關係に焦点を当て, ブライトリム分子雲全般における磁場構造の包括的な議論を行う。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

P138a **Impact of the Initial Disk Mass Function on the Disk Fraction**

大澤亮, 尾中敬, 安井千香子 (東京大学)

Disk fraction とは若い星団中に存在する原始星のなかで protoplanetary disk を持った天体の割合として定義される量である。より年齢を経た星団では disk の散逸に伴って disk fraction は減衰する。先行研究によって protoplanetary disk の年齢が disk fraction が減衰する時定数から見積もられている。しかしながら, disk fraction の減衰と protoplanetary disk の散逸の時定数は一般には一致しない。我々は disk mass がすべて同じ時定数 (τ) で減少する ($dm/dt \propto -m/\tau$) という仮定のもと, disk の initial disk mass function が disk fraction の挙動に与える効果を調べた。これまで低質量星における disk fraction は 2.5 Myr 程度の時定数で減少することが知られていたが, 観測的に知られている flat な disk mass function を考慮に入れると, disk は $\tau \sim 0.8$ Myr という時定数で散逸することがわかった。本講演では解析に用いたモデルと得られた結果の詳細について述べる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P139a V1247 Ori に付随する遷移円盤の Subaru/HiCIAO による近赤外撮像観測

大田百合菜, 深川美里 (大阪大学), 武藤恭之 (工学院大), M. L. Sitko (シンシナティ大), C. A. Grady (NASA/GFSC), J. P. Wisniewski (オクラホマ大), S. Kraus (エクセター大), 芝井広, 住貴宏 (大阪大学), SEEDS/HiCIAO/AO188 チーム

原始惑星系円盤からデブリ円盤への移行期にあたる遷移円盤は、内側領域で穴やギャップを持つ。そのような構造の原因として、惑星が存在する可能性がある。従って、遷移円盤の空間構造等の詳細な性質を知ることは、惑星形成過程や惑星と円盤の相互作用を理解することにつながる。

遷移円盤を持つ V1247 Ori は、距離約 385 pc にある Herbig Fe 型星で、年齢は約 7 Myr、星の質量は約 $2 M_{\odot}$ と推定される。これまでの主に赤外干渉計による観測で、半径 0.18 AU にある内側円盤と 46 AU 以遠の外側円盤の間にギャップがあり、ギャップ内では非対称な輝度分布が確認されている (Kraus et al. 2013)。今回我々は、外側円盤の詳細な構造を明らかにする目的で、すばる望遠鏡の HiCIAO/AO188 を用いて H バンド高解像度偏光撮像観測を行った。観測可能領域は約 0.19 秒角 (~ 73 AU) 以遠、空間分解能は約 0.07 秒角 (~ 26 AU) であった。なお、観測はすばる望遠鏡戦略枠観測 SEEDS の一環として行った。

解析の結果、円盤由来と考えられる半径約 380 AU の偏光成分を検出した。また、円盤の南東側 180 AU 以内にスパイラルアームを初めて検出した。円盤長軸 (方位角約 118°) に沿った動径 (r) 方向の偏光輝度分布は、約 230 AU 以内のアーム構造のない北西側で r^{-3} 、アーム構造のある南東側で r^{-5} に比例していた。南東側で偏光輝度の落ち込みが大きいのは、アーム構造により中心星からの光が遮蔽される為と考えられる。本講演では、詳細解析の結果に加え、密度波理論を用いて求めた円盤温度や共回転半径についても触れる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P140a 銀河系内縁部の星生成領域 Quartet における HAeBe 星候補：長い円盤寿命の可能性

安井 千香子, 小林 尚人, 濱野 哲史 (東京大学), Alan T. Tokunaga (ハワイ大学), 齋藤 正雄 (国立天文台)

原始惑星系円盤の寿命は、星生成過程や惑星形成過程に直接影響を及ぼす、最も重要な基本量のひとつである。円盤の寿命は、これまで太陽近傍 ($D \lesssim 3 \text{ kpc}$) の様々な領域における詳細な観測から、 $\sim 5\text{--}10 \text{ Myr}$ と求められてきた。しかし、この結果は太陽近傍の限られた領域においてのみ適用できるものであり、より普遍的な星・惑星形成を考える上では、銀河系スケールの広域における円盤寿命を明らかにすることが必須となる。また、異なる環境下における円盤寿命の変化の有無を調べることで、円盤進化モデルに制約をつけることができる可能性がある。

われわれはこれまでに、金属量が低いことで知られる銀河系外縁部における星生成領域の近赤外線での disk excess の残存率 (disk fraction) を求め、原始惑星系円盤の寿命が太陽近傍のものに比べて極端に短いことを明らかにし、円盤寿命に金属量依存性があることを示唆した。次のステップとして、太陽近傍に比べて金属量が高いことが予想される銀河系内縁部 ($R_g \sim 4 \text{ kpc}$) における星生成領域 Quartet について、中質量星における disk fraction を見積もった。その結果、太陽近傍での結果と比べてやや高い値が得られたが、これは銀河系内縁部での円盤寿命が長いことを示唆する。また、8つの円盤をもつ中質量星 (HAeBe 星) 候補のうち、3天体について近赤外線分光観測を行った結果、いずれの天体も CO (2-0) overtone 輝線を持つことが分かった。一般に、YSO に対するこの輝線の検出率が低い ($\lesssim 10\%$) ことを考えると、銀河系内縁部特有の円盤進化を示唆しているのかもしれない。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P141a 乱流分子雲におけるフィードバックのシミュレーション

島和宏, Elizabeth J. Tasker, 羽部朝男 (北海道大学)

我々は Photoionization フィードバックと Supernova フィードバックが乱流分子雲での星形成に与える影響を明らかにするために、Enzo コードを用いたシミュレーションを行った。初期条件の分子雲には、静力学平衡の Bonnor-Ebert (BE) 球に乱流を加えた理想的なモデルと、銀河ディスクシミュレーション (Benincasa et al. 2013) から取り出した現実的なモデルの2つを仮定した。BE 球モデルでは、Photoionization フィードバックによってガスの fragment が阻害され大質量の StarParticle の割合が増える結果となった。Supernova フィードバックの影響は顕著には見られず、これは大質量星がその寿命 (4[Myr]) を迎える前に星形成が十分進んだからだと考えられる。一方、現実的なモデルの分子雲では銀河内の tidal interaction によってガスが既に fragment された状態にあり、そのような環境では Photoionization フィードバックは星形成効率を下げる結果となった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P142a 乱流と衝突をともなう高密度分子雲における集団的星形成

松本 倫明 (法政大学), 土橋 一仁, 下井倉ともみ (東京学芸大学)

集団的星形成の現場では、強い乱流が存在することや、近傍のOB型星や超新星残骸からの影響があることが過去の観測により示唆されている。また最近の高密度分子雲 CygOB7 の詳細な観測によると、分子雲はフィラメント状の構造が集合した内部構造を持っており、これらのフィラメント同士が衝突していることが示唆されている (Dobashi et al. 2014)。

そこで本研究では、高密度な分子雲において乱流と衝突が分子雲の進化と星形成に与える影響を、数値シミュレーションを用いて調べた。数値シミュレーションでは適合格子細分化法 (AMR 法) を用いて、実効的に 1024^3 の解像度をもつ高精度シミュレーションを遂行した。計算モデルは、計算領域 $(5 \text{ pc})^3$ に $1.8 \times 10^3 M_{\odot}$ のガスを満たした低密度モデルと、 $1 \times 10^4 M_{\odot}$ のガスを満たした高密度モデルに分類される。この分子雲にマッハ 3-30 の非圧縮の速度場を持つ乱流を与えた。また、衝突を再現するために分子雲全体に速度勾配を与えた。

その結果、いずれのモデルにおいても乱流と衝突は星形成を促進する効果があることが認められた。

シミュレーションから観測を再現するために、チャンネルマップを作成した。高密度モデルでは大きさ 0.1 pc 程度の構造が異なる速度チャンネルに相補的に現れる。これは、観測において分子雲の衝突を示す証拠として報告されたものに対応する。一方、低密度モデルではチャンネルマップにこのような特徴を確認することができなかった。

また確率密度関数 (PDF) を作成して、分子雲の構造を調べた。自己重力を持たない乱流圧縮性ガスは対数正規分布の PDF を示すことが知られている。本研究では、分子雲が進化して自己重力による構造形成が進むと、高密度レンジにおいて対数正規分布からの超過が認められる。また乱流が弱いほどこの傾向が強くなる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P143a 磁化した衝撃波圧縮層における大質量フィラメント形成

岩崎一成, 犬塚修一郎 (名古屋大学)

近年 Herschel 衛星等により、フィラメント状分子雲において星が形成されている事が明らかになった。有力なフィラメント形成過程として、衝撃波による圧縮がある。銀河内では、超新星爆発、星風、HII領域の膨張、雲同士の衝突などにより、星間ガスは頻繁に圧縮を受けている。衝撃波圧縮されたガス層中で、重力的不安定性が起き、ガス層がフィラメントに分裂すると考えられている。Nakano & Nakamura 1978, Tomisaka & Ikeuchi 1983, Nagai, Inutsuka, & Miyama 1998らは、磁化したガス層の重力不安定性の安定性解析を行った。しかし、彼らは、一様磁場が貫いた静的な平衡ガス層(非摂動状態で磁場の影響が無い)を考えていて、ガス層形成に伴う時間進化を考慮していない。

そこで、本研究では、最も簡単なガス流の正面衝突によって形成されるガス層での重力不安定性を線形解析と3次元流体計算を用いて明かにする。状態方程式は等温とし、磁場とガス流の向きが垂直の場合に限定する。ガス流の衝突により速い衝撃波によって束縛されたガス層が形成される。このガス層の厚み方向の時間進化の準解析的モデルを作り、非摂動状態の時間進化を考慮した線形解析を行った。揺らぎは、磁場に沿って成長するために、最大成長スケールは磁場無しとほぼ一致する。一方で、厚み方向の構造は圧縮により増幅された磁場によって支えられ、磁場無しの場合と比べ非常に広がった構造をする。従って、先行研究の結果と異なり、ガス層の厚みより小さなスケールで分裂する事が分かった。揺らぎが成長し始める時刻とスケールを見積り、衝撃波前面でのプラズマ β が小さくなる程、フィラメントの線密度が大きくなることを明かにし、解析的表式を得た。さらに、3次元数値流体計算を行い、線形解析の結果が衝撃波圧縮層での重力不安定性を良く記述する事が分かった。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

P144a **ENZO code による分子雲衝突の3次元高解像度数値シミュレーション IV**

羽部 朝男, 島 和宏, Elizabeth Tasker (北海道大学)

分子雲衝突は、大質量形成の有力なメカニズムと考えられており、その詳細を明らかにすることは大変興味深い。名古屋大学の NANTEN TEAM は、NANTEN の CO 観測と Spitzer の $8\mu\text{m}$ の観測から、非対称な分子雲衝突の数値シミュレーション結果 (Habe and Ohta 1992) に良く似た星形成領域構造を多数報告している (2014 年春の年会)。我々は、こうした観測との比較や分子雲衝突による大質量星形成の可能性を調べるために、AMR code である ENZO を用いた数値シミュレーションを行なっている。

これまでの数値シミュレーションによって、非対称な分子雲の衝突による「shell 構造」と dense core の形成、形成された core の性質、core mass function、これらと衝突速度との関係などを調べ大質量星形成の可能性を議論してきた。現在、衝突する分子雲の構造の違いによる dense core 形成への影響や衝突によって形成される星の UV feedback の影響について調べており、これらの結果について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P145a **Radiation Magnetohydrodynamic Simulations of Protostellar Collapse:
Ambipolar Diffusion and Ohmic Dissipation**

富田賢吾 (Princeton University / 東京大学), 奥住聡 (東京工業大学), 町田正博 (九州大学)

星形成過程では大局的な磁場による効率的な角運動量輸送が系の力学的進化を決める重要な要素である。特に近年、磁場による角運動量輸送の効率が高すぎるために星周円盤が形成されない、所謂 Magnetic Braking Catastrophe という問題が指摘されている。一方、星形成過程ではガスの電離度が非常に低いために各種の非理想 MHD 効果が強く働き、磁場が輸送され角運動量輸送効率が抑制されることが期待される。これまでに我々はオーム散逸を取り入れた輻射磁気流体計算を行ってきたが、本講演では更に Ambipolar Diffusion を考慮した最新のシミュレーションの結果を報告する。高密度領域で支配的となるオーム散逸の効果に加え比較的 low density 領域では主に Ambipolar Diffusion が働き、結果的にファーストコアのほぼ全域で強く磁場の輸送・散逸が発生する。その結果磁場による角運動量輸送は強く抑制され、ファーストコアの全角運動量はオーム散逸のみの場合と比べて 4-5 倍、理想 MHD 近似の場合と比べて 20 倍以上にも達する。また非理想 MHD 効果による磁場の散逸によってファーストコアは加熱され、回転によるサポートと合わせて限界質量・寿命が 2 倍以上大きくなる。その結果、現実的な非理想 MHD 効果を考慮することによって Magnetic Braking Catastrophe は回避され、星形成過程の非常に早い段階で回転で支えられた星周円盤が形成されることがわかった。特にオーム散逸と Ambipolar Diffusion の両方を考慮した場合にはセカンドコラプスに至る前に回転サポートの円盤が形成される可能性がある。ただし原始星コアが形成された直後の時点ではそのサイズはまだ小さく、その後のガス降着によって成長すると考えられる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P146a 時間変動降着下での超大質量星形成計算

櫻井祐也、細川隆史、吉田直紀 (東京大学)

近年の観測から、宇宙が10億歳以下の時に、質量が10億 M_{\odot} 程度の超巨大ブラックホール (SMBH) が存在していることが示された。この SMBH 形成過程の詳細は解明されていないが、最近有力視されているシナリオに、10万 M_{\odot} 程度の超大質量星から、SMBH の種となる同質量程度の BH が直接崩壊によりできるという direct collapse 理論が考えられている。

超大質量星が形成されるガス雲では、ガスの星への急速降着が起きると考えられている。その過程で星から大量の電離光子が出ると、それが周辺ガスを電離し (フィードバック) ガスの急速降着を妨げる可能性がある。超大質量星ができるためには、星進化の過程でフィードバックが起きないことが重要であり、これを探究するためには星進化の数値計算を行う必要がある。従来の研究で、 $0.1 M_{\odot}/\text{yr}$ 以上の一定降着率では、星進化の過程で星半径が大きくなり、表面温度が低く電離光子が毎秒 10^{40-45} 個程度とあまり出ないことが分かった。この場合、フィードバックが起きずに星が大質量になるまで進化できる可能性が示された。

しかしより現実的な状況では降着率は時間変動する。本研究では、時間変動降着として、高・低降着率の時期が交互に繰り返されるバースト降着を考え、 $2 M_{\odot}$ の星が数百数万 M_{\odot} 程度になるまで、1次元の星進化の計算を追った。本研究により、低い降着率 ($0.001 M_{\odot}/\text{yr}$ 以下) の時期が2000年以上と長いと、平均降着率が $0.1 M_{\odot}/\text{yr}$ 以上の場合にも、毎秒 10^{48-52} 程度の電離光子が出て、フィードバックが起きる可能性があることが分かった。従来よりも超大質量星の形成が困難である可能性があることが示された。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

P147a **Forming the First Stars in 3D: 電離領域形成に伴う質量降着抑制**

細川隆史 (東京大学)、Rolf Kuiper(MPIA)、平野信吾 (東京大学)、Harold Yorke(JPL/Caltech)、大向一行 (東北大学)、吉田直紀 (東京大学)

宇宙初代星の質量は、原始星からの紫外光 (UV) フィードバックがガス降着を遮断することにより最終的に定まると考えられている。この過程を詳細に調べるのに数値計算を用いた研究が進められてきたが、最近では円盤分裂とフィードバック両方の効果を合わせて調べるため 3D 輻射流体シミュレーションが各地で進められている。これまでの研究では原始星形成後の長期進化 (10 万年) を追跡し、かつ電離領域形成による降着抑制を詳しく調べた例はなく、今回我々はこれを目的に研究を進めた。

我々の計算では、public のコード PLUTO(e.g., Mignone et al. 2007) に必要な物理過程を組み込んだ改良版を用いた。計算の初期条件は Hirano et al. (2014) の宇宙論的構造形成シミュレーションで得られた始原ガス雲の構造から与え、原始星形成後の進化を計算した。計算では原始星形成後の 1 万年弱ほどで電離領域の形成が始まり、初期は極方向に成長が進む。その後原始星の UV 光度が増すにつれて電離領域が成長して円盤の光蒸発が進んだ。最終的には約 10 万年弱の時間をかけて星へのガス降着は止められ、数十太陽質量の星が形成される場合があることを確認した。この進化は定性的には以前の我々の 2D 計算による進化 (e.g., Hosokawa et al. 2011; 2012) とほぼ一致している。すでに Hirano et al. (2014) によりガス雲の個性によってこの進化は定量的に大きく異なることが分かっており、講演では 3 次元計算における同様の依存性についても議論する。また、円盤分裂の頻度とその効果についても発表する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P148a 異なる金属量における星形成後期段階の進化

中村 鉄平, 町田 正博 (九州大学)

星形成後期段階の進化を調べるために、星形成前のガス雲の金属量を $0 \leq Z \leq Z_{\odot}$ の範囲で変化させシミュレーションを行った。ほぼ静水圧平衡状態にあるガス雲から計算を開始し、原始星誕生後 100 年間を計算した。星形成過程は $Z \leq 10^{-4} Z_{\odot}$ と $Z > 10^{-4} Z_{\odot}$ で大きな違いが見られた。 $Z \leq 10^{-4} Z_{\odot}$ では安定した円盤は形成されずに分裂が頻繁に起こり、多くの原始星が形成される。いくつかの原始星は原始星同士の相互作用によってガス雲の中心から放出されるが、最終的に 10~20 の原始星からなる星団が形成される。 $Z > 10^{-4} Z_{\odot}$ では単一の原始星が形成し、周囲には安定した円盤が現れる。この場合円盤内で時折分裂が起きクランプが形成されるが、最終的にクランプは中心の原始星に落下する。星形成過程の違いはガスの熱進化と質量降着率の違いによって生じる。ガス雲の熱進化はファーストコアの生存時間を決定する。 $Z > 10^{-4} Z_{\odot}$ の場合では原始星が形成される前にファーストコアを形成するが、 $Z \leq 10^{-4} Z_{\odot}$ では安定なファーストコアは形成されない。ファーストコアは次第に円盤に成長し、円盤は角運動量輸送を効率的にし、分裂を抑制する。 $Z \leq 10^{-4} Z_{\odot}$ の場合は質量降着率が高く円盤の表面密度が短時間で増加し、円盤は重力的に不安になる。結果的に活発な分裂が引き起こされる。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

P149a 始原的パワースペクトルの不定性が初代星形成に及ぼす影響

平野信吾, 吉田直紀 (東京大学)

Λ CDM モデルは観測されている大規模構造をよく再現し、宇宙論の標準モデルとして受け入れられている。このモデルより求められる宇宙初期の物質分布を出発点として宇宙の構造形成を計算することで、初代星・初代銀河など遠方天体の形成過程が調べられている (宇宙論的シミュレーション)。しかし始原的密度揺らぎの生成原理は明らかではなく、例えばインフレーション理論によって予言されるパワースペクトルは異なる。特に初代星形成に影響する小規模スケールの揺らぎは大規模構造の観測からの外挿で推定されるのみで、不定性が残されている。一方、実際の影響の有無・程度に関してはこれまで調べられていなかった。

今回、小規模の始原的パワースペクトルが異なる場合の宇宙論的初期条件を用意し、宇宙論的シミュレーションを行うことで初代星形成に及ぼす影響について調べた。小規模スケールの揺らぎを強めるほど小規模構造形成は早く進み、初代星形成もより早い段階で起きた。一方、初代星の形成過程そのものはこれまでの理論的モデルで理解できることが明らかになった。Hirano et al. (2014) において、初代星質量は形成時の赤方偏移とダークマターハロー質量に依存することが示されており、今回のような初期宇宙で誕生する初代星はより大質量になると予測される。こうした影響はパワースペクトルのモデルパラメータによって大きく異なる。講演ではこうした性質のパラメータ依存性を、観測的な制限可能性と共に議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P150a 低金属量ガス雲の重力収縮シミュレーション II

千秋元, 平野信吾, 吉田直紀 (東京大学), 野沢貴也 (国立天文台)

大質量の初代星 (数 10–1000 太陽質量) から低質量 (太陽質量以下) への星質量の遷移は、宇宙の星形成史を知る上で重要である。初代星は金属を含まない始原ガスの収縮により形成されるが、金属やダストをある程度含むガス雲は放射冷却率が大きく、ガスの分裂が促進される。特にダストによる冷却は高密度で効果的となるため、低質量の分裂片が形成されると考えられている。本研究では、3次元流体コードを用いて低金属量のガス雲の重力収縮過程を追うことで、低質量星形成のための臨界金属量を求める。

ダスト冷却率はダスト量、ダスト種の組成、サイズ分布に依存するため、本研究では初期宇宙において適切なダストモデルを用いる。初期宇宙において、ダストは主に超新星により供給される。一方、ダスト破壊によりダストを構成している金属原子の一部が気相中に遷移する効果もある。このことから、ダストと金属の質量比 (金属の凝縮率) は近傍宇宙より小さいと考えられている。また、ガス雲の重力収縮の過程において、気相中の金属原子がダストに降着する現象 (ダスト成長) が低金属量の環境でも重要となることが明らかになっている。本研究では、超新星ダストモデルとダスト成長を考慮する。

その結果、収縮中心が光学的に厚くなり、最初の原始星が形成された後、ダスト冷却によって降着円盤の分裂が見られた。最初の原始星形成から約 20 年間の進化を追ったところ、分裂片の質量は約 0.01 太陽質量と見積もられた。このことから、ダスト冷却によって低質量の星が形成されることが分かる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P151a 超大質量星形成に必要な紫外線強度のスペクトル依存性

杉村和幸（東北大学）、大向一行（東北大学）、井上昭雄（大阪産業大学）

太陽の数億倍の質量を持つ超巨大ブラックホールは、銀河の中心に普遍的に存在することが観測から確認されており、さらに、降着円盤を介してエネルギーを放出し天体形成史に大きな影響を与える重要な天体でもある。超巨大ブラックホールは宇宙初期（赤方偏移 $z \sim 7$ ）にも見つかっている (Mortlock ほか 2012) ため、少なくとも一部は宇宙初期にその起源を持つと考えられているが、その形成シナリオは確立しておらず、その解明は天文学上の重要課題となっている。

超巨大ブラックホール形成シナリオの有力な候補の一つに、周囲からの紫外線放射を受けた始原ガスから数万太陽質量の超大質量星が形成し、そのまま重力崩壊を起こして超巨大ブラックホールの種となるというシナリオがある (Bromm、Loeb 2003)。周囲からの紫外線を受けた始原ガスでは、紫外線により水素分子の生成が妨げられて水素分子冷却が効かないため、通常の初代天体とは異なる進化経路をたどって進化が進み、超大質量星が形成すると考えられている。

上記シナリオに基づくと、超大質量星の形成率は、始原ガスに入射する紫外線放射の確率分布と、超大質量星形成に必要な紫外線量とを比較することによって決定できる。しかし、本研究以前は、超大質量星形成に必要な紫外線強度のスペクトル依存性についての理解が不十分であり、宇宙初期に実現するような輻射スペクトルの場合にどの程度の強度が必要か不明であった。本研究では、超大質量星形成に必要な紫外線強度のスペクトル依存性を明らかにする。さらに、得られた結果に基づき、本シナリオに従って形成される超巨大ブラックホールの数密度について考察する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P201a 原始惑星系円盤形成期における自己重力的分裂過程の再考

高橋実道(京都大学), 塚本裕介(名古屋大学), 犬塚修一郎(名古屋大学)

原始惑星系円盤は形成過程において、重力的に不安定であることが数値計算によって示唆されている。このような円盤には自己重力により渦状腕が形成される。原始惑星系円盤ではこの渦状腕によりガスの角運動量が外側へ輸送され、角運動量を失ったガスが中心へ降着する。原始惑星系円盤の形成および進化は、重力崩壊している分子雲コアから円盤へのガスの流入と円盤中でのガス降着によって支配される。

円盤中の角運動量輸送率が小さく、円盤から中心星へのガスの降着率が円盤へのガスの流入率よりも小さい場合、円盤の質量は時間とともに増加し、やがて分裂すると考えられる。このような円盤の分裂片は、観測されている遠方ガス惑星や褐色矮星、連星系の形成へとつながる可能性があり、星と惑星の形成と進化を考える上で非常に重要である。

そこで本研究では、原始惑星系円盤の大局的な数値計算を行い、原始惑星系円盤が分裂する条件について議論する。数値計算には二次元流体計算コードである FARGO を用いる。熱平衡の仮定と局所近似を課した場合には Gammie (2001) によって自己重力円盤の分裂の条件が与えられている。この条件はその後の原始惑星系円盤の分裂についての研究で広く用いられている。しかし、現実の星形成過程においては円盤の大局的な構造と時間変化が重要となるため、この近似は適当ではなく、実際の原始惑星系円盤の分裂を議論する際にはより現実的な円盤分裂の条件が必要となる。本研究では大局的な原始惑星系円盤の数値計算から、円盤に形成される渦状腕の構造と分裂の条件の対応について議論する。そして、Gammie(2001) によって与えられた熱平衡を仮定した際の分裂の条件の妥当性について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P202a 自己重力円盤の構造とその分裂における輻射過程の影響

塚本裕介 (名古屋大学)、高橋実道 (京都大学)、町田正博 (九州大学)、犬塚修一郎 (名古屋大学)

重い星周円盤が自己重力不安定性によって分裂する過程は遠方惑星の形成を説明するモデルとして近年多くの研究者によって調べられてきた。自己重力不安定は自己制御的な過程であるため円盤分裂を引き起こすには円盤を重力的に不安定化する物理機構が必要である。そのようなメカニズムとして、円盤の輻射冷却が提案されてきた (Gammie 条件)。

本研究では、3 D 輻射流体シミュレーションを用いて、輻射輸送を考慮した場合の自己重力円盤の構造を調べた。その結果、円盤温度は動径方向の輻射輸送によって決まり円盤構造はその温度のもとで定常を仮定した場合に理論的に予想される構造と一致した。円盤の温度が動径方向の輻射に寄って決まるということは Gammie 条件の前提となる輻射輸送による局所的な冷却が起きないことを示しており、Gammie 条件を低質量星の周りの円盤の分裂には用いることはできないことを示唆している。講演では以上の点を解説するとともになぜ先行研究において強い解像度依存性が現れたかなど、先行研究の問題点についても説明したい。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P203a 自己重力不安定な円盤における巨大ガス惑星の軌道進化

植田高啓 (東京工業大学), 井田茂 (地球生命研究所), 竹内拓 (東京工業大学)

近年、直接撮像によって長周期かつ低離心率の巨大ガス惑星が発見されてきている。これに伴い、巨大ガス惑星や褐色矮星の形成モデルとして円盤自己重力不安定モデルが注目されている。円盤自己重力不安定モデルでは、円盤が自己重力によって分裂・収縮することによって、質量が $10M_{JUP}$ 程度、軌道長半径が 50AU を超えるような惑星が形成されうる。

本研究では、円盤自己重力不安定によって形成された惑星がどのように軌道進化するか、惑星の軌道離心率と乱流から受ける力に着目して、運動方程式を数値的に積分することによって調べた。離心率をもつ惑星は、円盤と相対速度がつくため、力学的摩擦をうけて離心率が減少し円軌道化する。この際、惑星の力学的エネルギーが変化することによって軌道長半径が変化する。一方で、自己重力不安定な円盤は乱流状態にあると考えられ、惑星は常に乱流によって離心率が上昇させられると考えられる。このような離心率の上昇・減少を繰り返すことで惑星は軌道進化する。

計算の結果、初期に軌道長半径 100AU 程度で形成された惑星は、 10^4 年程度という比較的速いタイムスケールで円盤内側 (10AU) 程度まで移動することがわかった。また、低質量の惑星は、力学的摩擦による離心率の減少よりも乱流による離心率上昇の方が強く働き、高確率で系外に散乱してしまうことがわかった。この結果から、観測されているような長周期巨大ガス惑星を円盤自己重力不安定によって作るのは困難であることが予想される。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P204a 回転不安定から考える原始惑星系円盤の外側領域の構造

小野智弘 (京都大学), 野村英子, 竹内拓 (東京工業大学)

ケプラー回転円盤の気体面密度分布の解析解として、相似解がある (Lynden-Bell & Pringle 1974)。最近の高感度電波観測によって原始惑星系円盤の測定が成されており、観測は原始惑星系円盤の気体面密度分布が相似解であることを示唆している。また、この気体面密度分布が相似解であることを仮定することで、原始惑星系円盤の大きさや質量などを観測結果から得ている。つまり、相似解は円盤の諸性質を測る為の定規として利用されている。

我々は相似解が円盤外側領域において、重力に比べ圧力勾配力が無視できなくなる点に着目した。回転円盤内の圧力勾配力が無視できない領域では、回転不安定がおこることが理論的に知られている (Chandrasekhar 1961)。回転不安定性には軸対称モードと非軸対称モードがあり、我々は相似解の軸対称モードにおける回転不安定性を解析的に調べた。その結果、中心星の質量が小さく、かつ円盤が高温の時に相似解が円盤外側領域で軸対称モードの回転不安定の為に破綻しうることを発見した (Ono et al. 2014)。この結果は、相似解が観測領域で不安定となる時、相似解は円盤の諸性質を測る 為の定規として使えないことを示唆する。また ALMA 等の高感度観測により、近い将来詳細な円盤外側の面密度分布や回転速度分布を明らかにできると考えられる。これらの観測を本研究の結果と比較することで、回転不安定性の観測的検証が期待される。本講演では、相似解における非軸対称モードの回転不安定性についても議論する 予定である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P205a 原始惑星系円盤の成長した磁気乱流によるオーム散逸の増幅

森昇志, 奥住聡 (東京工業大学)

原始惑星系円盤の角運動量は乱流粘性によって円盤の外側へと運ばれ、大部分のガスは中心星へと降着する。現在、乱流粘性の有力な候補の1つは磁気回転不安定性によるものである (Balbus & Hawley 1991)。しかし、円盤の十分低電離度な領域では、オーム散逸が効くために磁気流体的に安定な領域が存在することが知られている (e.g., Gammie 1996; Sano et al. 2000)。従来、そのような安定領域の外側には十分成長した磁気乱流の領域があると考えられていた。しかし、近年、磁気乱流が成長することで、磁気乱流由来の強電場によって加熱された電子 (Inutsuka & Sano 2005) がガス中のダストに多く吸着するため、結果として、電離度が減少しオーム散逸が増幅される可能性が示された (Okuzumi & Inutsuka, in prep.)。

本研究の目的は、具体的な円盤モデルを用いて、上で述べた現象が重要になる領域を明らかにすることである。そのため我々は、磁気乱流が成長する領域で円盤の電離度を計算し、オーム散逸の増幅が起きるかどうかを判定した。その結果、ダストガス質量比が0.01、ダストサイズが $0.1\mu\text{m}$ の最小質量円盤モデルにおいて、磁気乱流成長後にオーム散逸が増幅される領域が20AUから70AUまで広がっていることを明らかにした。さらに、この領域での乱流強度の飽和値を簡単な見積もりから推定し、従来よりも非常に低い値で飽和状態に達することを明らかにした。また、ホール効果と両極性拡散を考慮した場合についても議論する予定である。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

P206a 原始惑星系円盤における高空隙率ダストの散乱・吸収断面積

田崎亮(東京工業大学、京都大学)、野村英子、奥住聡(東京工業大学)

近年、氷ダストの合体・成長過程において内部密度進化を考慮することで、ダストの中心星落下問題を回避し、氷微惑星が形成可能であることが理論的に示唆されている (e.g., Okuzumi et al. 2012, Kataoka et al. 2013 a,b)。しかし、このような空隙を持ったダスト (以下、アグリゲイト) の光学特性は未だ完全には理解されておらず、観測的な理論モデルの検証には至っていない。そこで、本研究ではアグリゲイトの光学特性 (散乱位相関数、偏光、散乱・吸収断面積等) を数値的に計算し、最終的にはそれを元に円盤モデルを構築することで、原始惑星系円盤における氷アグリゲイトの観測的検証を目指す。

まず初めに我々はアグリゲイトの散乱・吸収断面積を、最も厳密な手法である T-Matrix 法を用いて計算を行った。その結果、入射波の波長がモノマー (アグリゲイトの最小構成単位) のサイズより長い場合、アグリゲイトの吸収断面積はモノマーの吸収断面積と等しくなり、Kolokolova et al. 2007 などの先行研究と同様の結果が得られることを確認した。次に、入射波の波長がアグリゲイトのサイズに比べて十分長い場合と短い場合のそれぞれに対して、散乱断面積のスケールリング則を明らかにした。アグリゲイトのサイズに比べて入射波の波長が長い極限では、散乱断面積は $C_{\text{sca}}(N) = N^2 C_{\text{sca}}(N=1)$ に一致し (ここで $C_{\text{sca}}(N)$: 散乱断面積、 N : モノマー数) 入射波の波長が短い極限では $C_{\text{sca}}(N) = N C_{\text{sca}}(N=1)$ となる。さらに、これらのスケールリング則から、アグリゲイトの散乱断面積の数値計算結果を再現する経験則を導出した。本講演では、これらの結果の物理的解釈を述べるとともに、これまでアグリゲイトの光学特性計算で良く用いられてきた近似的手法である有効媒質理論が、どのようなパラメーター領域で正しい近似となるのかについても議論する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

P207a 原始惑星系円盤の化学反応と H₂O スノーラインの検出に向けて

野津翔太, 石本大貴 (京都大学), 野村英子 (東京工業大学)

原始惑星系円盤において、中心星近傍は高温のため H₂O はダスト表面から脱離し気体となるが、遠方では低温のためダスト表面に凍結する。この境界が H₂O スノーラインであり、ダストの合体成長で惑星を作る際 H₂O スノーラインの内側では地球型の岩石惑星が形成される。一方外側ではダストの総量が増加する。このため重力で周りのガスを大量に集める事が可能となり、木星型のガス惑星が形成される。太陽質量程度の前主系列星周りの円盤の温度分布を計算すると、H₂O スノーラインは中心星から数 AU 程度に存在するとされている。しかし系外惑星系の場合空間分解能が足りず、撮像観測による H₂O スノーラインの検出は困難であった。

一方最近 Spitzer や Herschel で円盤から放射される H₂O 輝線を検出できるようになった。異なる波長の H₂O 輝線の強度比を用いて H₂O スノーラインの位置を見積もる研究もなされつつあるが (e.g., Zhang et al. 2013)、円盤の温度分布のモデルに依存するものであった。しかし今後波長分解能の高い分光観測が可能になれば、輝線スペクトルの速度プロファイルを解析する事で、モデルに依存せず H₂O スノーラインを同定できると考えられる。

そこで本研究では、このような観測で H₂O スノーラインを同定する方法を提案する。具体的にはまず原始惑星系円盤の化学反応計算を行い、H₂O の存在量とその分布を調べた。すると H₂O スノーラインの内側の円盤赤道面付近だけでなく、円盤上層部の高温領域でも H₂O ガスの存在量が多い事が分かった。またその計算結果を元に、円盤から放出される H₂O 輝線のプロファイルを、近赤外線からサブミリ波までの複数の輝線について計算した。その結果放射係数が小さく励起エネルギーが高い複数の輝線のプロファイルを分光観測で調べる事で、H₂O スノーラインを検出できると分かった。講演ではこの解析結果、及び将来の分光観測との関係について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P208a 原始惑星系円盤の内側の穴を形成する新しいメカニズム

竹内拓 (東京工業大学), 奥住聡 (東京工業大学), 武藤恭之 (工学院大学)

原始惑星系円盤の中には、遷移円盤と呼ばれる、内側に穴の空いた円盤が知られている。内側の穴の成因としては、惑星・光蒸発・ダストの成長などが提案されているが、どれが真のメカニズムが決着はついていない。本講演では、新たなメカニズムとして、磁気回転不安定性 (MRI) による磁気乱流の働きによるものを提案する。

主要なアイデアは、磁気乱流の強さが円盤を縦に貫く磁束の量に正の相関を持つことである。つまり、縦磁場の強さが、(正確にいうとプラズマに換算して) 円盤内側のほうが円盤外側に比べてはるかに強いと、円盤内側の質量降着率は外側より大きくなり、内側に穴ができる。

この現象を、円盤ガスの面密度構造と磁束の時間発展を同時に解くことにより、調べた。磁束の進化については、これまで我々が詳細な解析を行ったモデルを使う (Okuzumi et al. 2014, ApJ, 785, 127; Takeuchi, Okuzumi, 2014, ApJ submitted)。結果は、まず、円盤内側の MRI が不活性な領域 (デッドゾーン) に、外側から降着してきたガスがたまり、面密度は一旦大きくなる。同時に円盤を貫く磁束も円盤外側から移流し、円盤内側の縦磁場強度が増大する。その結果、たとえデッドゾーンであってもガス降着率は増大し、円盤の内側から穴が開いていく。デッドゾーンのうち、中心星から遠い部分は比較的長く残るため、内側に穴の開いた円盤、もしくはリング状の構造ができる。このようにして、遷移円盤が、磁気乱流による穴の形成の結果として自然に形成され得る。なお、このようにして形成された穴の中には、ある程度のガスが、常に存在する。

今後は、穴の半径、穴の開く時間、遷移円盤の状態の持続時間などの定量的性質を調べ、時間が許せば、本講演でも議論を行いたい。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P209b 原始惑星系円盤ガスの局所的な非一様密度構造におけるダスト沈殿の効果

瀧哲朗, 藤本正樹 (ISAS/JAXA, ELSI/Tokyo Tech), 井田茂 (ELSI/Tokyo Tech)

微惑星の形成過程は惑星系形成理論に残された重大な未解決問題のひとつである。中でも、原始惑星系円盤中のダストがガスに角運動量を与えることで中心星方向に移動してしまう「中心星落下の壁」と呼ばれる問題は、微惑星形成過程における最も深刻な問題のひとつとして知られている。

この中心星落下の壁を回避可能なメカニズムのひとつとして「圧力バンプによるダスト捕獲」が注目されてきた。原始惑星系円盤ガス中に局所的な密度の非一様構造(圧力バンプ)が存在する場合、そのような領域では角運動量の授受が逆転するため、落下するダストを堰き止めることが可能である(Wipple, 1972)。しかし一方で、圧力バンプは集まってくるダストとの角運動量交換によって破壊されてしまい、圧力バンプが作るダスト濃集領域の平均的なダスト密度は、ダスト-ガス比 ~ 1 を超えては上昇しないことも分かっている(Taki et al., in prep.)。

本研究では、圧力バンプでのさらなるダスト密度上昇を実現するメカニズムとして、ダストとガスのスケールハイトが違うことで生じる下降流によるダスト濃集領域の圧縮に注目した。圧力バンプのガスは、集まってきたダストと角運動量を交換することでバンプ外側に流出し、バンプ構造を破壊してしまうが、このときダストの多い中央平面付近では円盤ガスが上層よりも強く流出し、それによって圧力バンプ付近で下降流が生じることが分かった。このようなガスの速度場は圧力バンプ付近のダスト濃集領域を圧縮し部分的にダスト密度を上昇させる可能性がある。今回は圧力バンプでの下降流によるダストの密度・速度分布の進化を調べ、圧力バンプにおける微惑星形成の可能性に与える影響について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P210b 原始惑星系円盤の化学進化におけるダスト成長の影響

石本大貴 (京都大学), 野村英子 (東京工業大学), C. Walsh (Leiden Observatory), T. J. Millar (Queen's University Belfast)

惑星は原始惑星系円盤内のダスト (微惑星) が衝突合体することにより形成されると理論的に示唆されている。観測的にも、ダスト成長している円盤や遷移円盤などが観測されており、高い感度と分解能を持つ電波干渉計 ALMA などの最新の観測機器によって様々な進化段階における円盤の観測的理解は今後いっそう深まると考えられている。ダスト成長、沈殿などによる円盤の物理構造の変化は、化学構造および分子輝線にも影響する。従って、分子輝線観測より円盤のダスト進化を理解するためには、ダスト進化の化学構造への影響を理解することが重要である。

本研究では、原始惑星系円盤の化学反応計算においてダストサイズを変更することで、ダスト成長している円盤での化学組成や分子輝線の性質を調べた。ダスト成長した場合、紫外線が円盤の深くまで浸透するため、特に円盤外縁においては密度の高い赤道面付近でも CN などの光化学反応によって生成される分子の存在量が大きくなった。また、単位体積当たりのダスト表面積が小さくなるために、気相分子がダストに凍結しにくくなり、温度の低い円盤赤道面の外縁部でも分子が気相に存在しやすくなっている。また分子輝線強度に関しては、光学的に厚く円盤表層部をトレースする ^{12}CO 輝線の場合は大きな変化は見られなかった。光学的に薄い CN 輝線の場合は存在量の増加に伴い、特に高励起側で強度が大きく増加した。一方で HCN 輝線の場合は、存在量が減少し、かつより温度の低い赤道面付近をトレースするようになるため、特に高励起側で輝線強度が減少した。このため、様々な分子種の輝線強度比を観測することで円盤内のダスト進化に制限が与えられる可能性を示唆する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P211b 微分可能かつ正值な擬密度を用いた SPH 法の開発

山本智子, 斎藤貴之, 牧野淳一郎 (東京工業大学)

天文学および惑星科学の研究において、流体シミュレーションは大きな役割を果たしている。このため、高精度な流体数値計算手法の開発は研究分野の発展に大きく貢献する。計算手法には様々あるが、構造変化が大きい場合には、ラグランジュ的流体計算手法である Smoothed Particle Hydrodynamics (Lucy, 1977; Gingold & Monaghan, 1977, 以下 SPH 法) を用いる事が有利である。しかし、従来の SPH 法 (以下、SSPH 法) では、密度が不連続または、0 となるような、接触不連続面や自由表面を適切に扱えないという問題がある。これは、SSPH 法において、密度の微分可能性と正值性を仮定して、流体の基礎方程式の定式化を行なう為である。そのため、接触不連続面や自由表面でこの仮定に矛盾が生じる。そこで、Saitoh & Makino (2013) では、密度の代わりに圧力の微分可能性と正值性を仮定して、基礎方程式の定式化を行なった SPH 法である DISPSPH 法が開発された。DISPSPH 法は接触不連続面を扱うことに優れている。しかし、圧力が 0 になる自由表面では、圧力の正值性の仮定と矛盾が生じ、適切な計算が出来ない。よって、接触不連続面と自由表面の両面で適切な計算をする為には、これらの面で微分可能かつ正值である量の導入が必要である。しかし、そのような物理量は存在しない。そこで、本研究では、新たに、オイラー方程式に現れない擬密度 y と擬質量 Z を導入し、 y の微分可能性と正值性を仮定して、基礎方程式の定式化を行なった。我々は、この y に人工的な拡散を施す事で、 y がいたところで、微分可能かつ正值である事を保証する。また、 Z は、 y の拡散が、ラグランジアンに影響しないように、 y と共に変化する量である。実際に、接触不連続面に関してテスト計算を行なった所、適切に計算できることが分かった。ただし、自由表面に関しては、自由表面を表現する仮想粒子の導入が必要なため、現段階では改良中である。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

P212b 慣性変化法によるマンツルの熱対流シミュレーション

竹山浩介(東京工業大学), 斎藤貴之(東京工業大学), 牧野淳一郎(理化学研究所)

地球内部のマンツル層は、熱対流をしていることがわかっている。この熱対流が、地球の熱循環や地震など、様々な現象の原動力になっている。マンツル対流のシミュレーションは、運動方程式の慣性項を無視し、また非圧縮性を仮定して陰的に解く方法が一般的である。しかし、この方法は大規模な並列計算に不利であり、また粘性の空間変化が大きい場合への対応が困難であることなどが欠点として挙げられる。そこで本研究では、マンツル内部の熱対流を陽的に計算できる方法を開発することを目的とした。

陽的に解く方法では、対流の時間スケールに対してクーラン条件により定まる時間刻み幅が非常に小さくなる。そこで、本研究では熱対流の計算時間を短縮するための「慣性変化法」を定式化した。慣性変化法はレイノルズ数が1以下の流体では、流れの性質がほとんど変わらないことに注目し、運動方程式の慣性項を実際よりも大きくする手法である。これによりクーラン条件が緩和され、また、運動量拡散にあわせた時間刻み幅を大きくすることができる。本研究では、粒子法の一つである Density Independent SPH 法を使って、マンツルの熱対流を陽的に計算するコードを開発した。

結果、レイノルズ数が非常に小さい高粘性流体において、慣性変化法によりレイノルズ数を1近くにしても、温度分布、速度分布、熱流束に大きな変化はなかった。これにより計算時間が大幅に短縮され、また陽解法にしたことで大規模な並列計算にも有利になる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P213b 巨大ガス惑星内部の重元素分布と対流様式が熱進化に与える影響について

黒川宏之、犬塚修一郎 (名古屋大学)

系外惑星のトランジット観測により、多くのホット・ジュピターにおいて、標準的なモデルの予想と比較して惑星半径が数十%も大きいという、“半径異常 (radius anomaly)”が報告されている (Baraffe et al., 2010 など)。巨大ガス惑星の標準的なモデルでは、均質な組成 (もしくは2,3層に分離) かつ、断熱温度勾配の内部構造が仮定されてきた。これに対し、重元素分布の不均質に起因する対流熱輸送の非効率化による、非断熱温度勾配の内部構造が提案されている (Chabrier & Baraffe, 2007)。そのような組成不均質の内部構造が実現した場合、惑星の冷却が遅れ、標準的なモデルの予想と比較して大きい惑星半径を実現できる。このメカニズムは、ホット・ジュピターの半径異常を説明できる可能性があるのみならず、我々の太陽系の巨大ガス惑星のコア質量や重元素量の理解も変わる可能性がある (Leconte & Chabrier, 2012; 2013)。さらに、巨大ガス惑星内部の重元素分布は惑星形成過程を反映しているため、この重元素分布の不均質による対流様式の違いの影響を調べることにより、惑星内部構造から惑星形成過程の情報を得ることも期待できる。本研究では、巨大ガス惑星内部の重元素分布の不均質による対流様式の違いを考慮した熱進化計算を行った。発表では、対流様式の違いが惑星半径の進化に及ぼす影響や、重元素分布の不均質の起源について議論を行う。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P214b シミュレーションから予想される散開星団内の星の惑星保有率

藤井通子 (国立天文台), 堀安範 (University of California, Santa Cruz)

近年の観測で、散開星団の中で惑星を持つ星が見つかってきている。星団はフィールドと比べて星の密度が高いため、星同士の近接遭遇によって惑星が失われる可能性があり、その影響について、星団のN体計算による研究が行われてきた (Spurzem et al. 2009 など)。一方、近年の研究から、散開星団は形成時に現在より100倍以上高い密度を持っていたという示唆がある (Marks & Kroupa 2012)。そのような場合、星団が初めから現在と同程度の密度を持って生まれたと仮定する従来のモデルより近接遭遇率が高く、惑星がより失われる可能性がある。本研究では、Pleiades や Hyades を再現するような初期条件の中で、初期密度が現在より高いモデル (高密度モデル) と、現在と同等のモデル (低密度モデル) のN体計算を行い、星団内の星の近接遭遇率 (惑星を失う恒星の割合) を調べた。

N体計算の結果、高密度モデルの場合、軌道長半径1AU程度の惑星の2-3%、10AU程度の惑星の約10%が恒星の近接遭遇によって失われることがわかった。一方、低密度モデルの場合、10AUの惑星でも失われる確率は数%に満たなかった。シミュレーションから得られた惑星を失う割合とフィールド星の観測から得られた惑星の軌道長半径の分布を考えると、1-10AU程度にある惑星の保有率は星団内とフィールドでほとんど変わらないことが予想される。軌道長半径100AUでは、近接遭遇の影響が顕著に見られ、低密度モデルでは数%なのに対し、高密度モデルでは約半数の惑星が失われる。また、高密度モデルの場合、緩和時間が非常に短く、多くの近接遭遇がシミュレーション開始から10Myr以内に起こるため、もし初期に星団の密度が現在よりも非常に高かった場合、円盤外縁部での惑星形成が阻害されているかもしれない。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

P215a 円盤風を考慮した原始惑星系円盤中での惑星の軌道進化

小林浩, 工藤哲也, 荻原正博, 鈴木建, 犬塚修一郎 (名古屋大学)

原始惑星系円盤の中で生まれた惑星が成長すると、円盤との重力的な相互作用によって角運動量を失い中心星に向かって落下する。大きい惑星は相互作用が強いため速く落下するが、火星質量程度の惑星でも円盤寿命よりも短い時間で落下してしまう。そのため、この惑星落下は惑星形成における大問題である。しかし、近年の研究で、原始惑星系円盤の中心星付近では円盤風によって効率的に質量放出されるため円盤の内側に穴が開き、惑星と円盤の相互作用がなくなるため惑星の落下が止まることが示唆された。本研究では、円盤風を考慮した原始惑星系円盤の動径方向の面密度分布とその時間発展を数値計算により正確に求め、その円盤との相互作用による惑星の軌道進化について調べた。その結果、原始惑星系円盤は円盤風により内側で面密度が減少し、外側から移動してきた惑星の落下はそこで止められる。等温局所近似の下に導出した惑星移動率 (Tanaka et al. 2002) を用いた場合は、惑星は面密度が十分低くなった場所が最終的な軌道となり、時間が経つにつれてその場所は外側に移り、後から来た惑星程外側に軌道をとる。一方、断熱局所近似の下に求められた惑星移動率 (Paardekooper et al. 2010) の場合では、共回転トルクが効くために惑星は外側に動くことが可能で、最終的な惑星の軌道はある軌道半径のまわりに集まる。惑星移動については未だ不定性が大きいですが、円盤進化の円盤の粘性や円盤風強さへの依存性は比較的シンプルに求められるため、それぞれの惑星移動によって惑星がどの軌道に落ち着くかは円盤の粘性や円盤風の強さだけによって決まる。本研究での結果を基に、現実の惑星系では惑星軌道は最終的にどのようなかについて議論する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

P216a 原始惑星の衝突に伴う離心率進化

松本侑士 (国立天文台), 長沢真樹子, 井田茂 (東京工業大学)

惑星の離心率は巨大衝突段階を通して形成した場合、散乱と衝突で決まる。惑星の離心率進化は微惑星の段階について良く調べられている。微惑星同士の衝突はあらゆる角度で起きると考えられるので、Hill 近似下での Lenz ベクトルの保存から、衝突後の微惑星の離心率は衝突前に比べて大きく変化はしない (e.g., Ohtsuki 1992)。これをそのまま巨大衝突段階に適用すると、惑星の離心率は原始惑星同士の散乱で決まる値程度になることが予想される。観測された、0.1AU 以遠にあるスーパーアースサイズ以下の惑星の多くは散乱による離心率よりも低い。また N 体計算 (e.g., Kokubo et al., 2006) の結果を見ても離心率は散乱による値よりも低く、なんらかの離心率減衰が影響している可能性が考えられる。そこで本研究では原始惑星の衝突に着目し、巨大衝突段階の N 体計算を行い、衝突前後の離心率変化を調べた。計算の結果、原始惑星は衝突時の近点経度関係がランダムではなく、衝突する 2 天体の近点経度が逆の関係で多くの衝突が起きていた。天体のランダム速度は近点からの角度に依存する。近点経度が 180 度ずれて衝突が起きると互いのランダム速度を打ち消しあうので、衝突後の惑星の離心率は減少する。また中心星と 3 体の原始惑星を置いた計算を行い、衝突時に近点経度差が 180 度に集中し、離心率が減衰する条件を求めた。結果、原始惑星半径、軌道半径や、惑星の初期離心率といったパラメータに近点経度差の集中度が依存していることがわかった。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

P217a 現実的な原始惑星の自転特性

柴田雄 (国立天文台), 小久保英一郎 (国立天文台)

地球型惑星は、原始惑星系円盤中において、ダストから生まれた数キロメートルサイズの岩石天体である微惑星が集積して形成されたと考えられている。過去の研究により、微惑星は暴走のおよび寡占的成長を経て原始惑星へ進化すると考えられている。複数生まれた原始惑星は軌道反発により、一定の軌道間隔を保ちながら成長するが、円盤のガスが散逸すると軌道交差を始め、衝突に至る。この段階を原始惑星の巨大衝突段階と呼び、これにより地球型惑星が形成される。過去には、巨大衝突による地球型惑星の自転獲得の過程を調べた研究が存在するが、計算の条件として、原始惑星の自転をゼロとしていた。このため、より現実的な地球型惑星の自転を調べるために、初期条件となる原始惑星の自転を調べる必要がある。また、火星は原始惑星の生き残りであると考えられているため、原始惑星の自転を調べることで、火星の自転の起源も明らかになる。原始惑星の自転を調べた研究は過去にも存在するが、微惑星の暴走的、寡占的成長を考慮したものはないため、我々はこれらを考慮した原始惑星自転の研究を行った。研究の結果、原始惑星の自転角速度は質量が増加するとともに小さくなる傾向が得られ、この傾向は微惑星の初期質量が小さいほど顕著になることも判明した。研究の中では、自転角速度の微惑星固体密度に対する依存性も調べたが、 $\omega \propto \rho^{1/2}$ という関係が得られた。また、自転軸の傾斜角は0-180°に広く分布することもわかった。ここまでは円盤ガスを考慮せず、微惑星自己重力により決まる自転の特性を調べてきた。しかし、ガスの効果で微惑星円盤にギャップが開き、ギャップの縁から原始惑星に集積する微惑星により、自転の向きが偏る可能性がある。このため、微惑星に加わるガス抵抗を考慮した、より現実的な原始惑星の自転特性も明らかにした。講演では、原始惑星自転の特性について説明し、その物理的な解釈について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

P218a **ホット・ジュピターの暴走的質量損失による短周期系外惑星の欠損**

黒川宏之(名古屋大学)、中本泰史(東京工業大学)

短周期系外惑星は、中心星からの強力な X 線と極端紫外線放射による大気加熱によって、大気散逸を経験する (Lammer et al., 2003 など)。また、軌道進化や大気散逸によって引き起こされるロッシュ・ローブ・オーバーフローも質量損失に寄与する (Kurokawa & Kaltenegger, 2013)。この質量損失が短周期系外惑星の分布に与える影響を調べるために、本研究では質量損失と冷却を考慮したホット・ジュピターの進化計算を行った。ホット・ジュピターの質量損失の持つ暴走的性質によって、短周期系外惑星の分布はわずかな質量損失しか経験しないホット・ジュピターと、エンベロープを完全に失って固体コアのみとなった惑星に二分される。質量損失の程度は個体コアの質量に強く依存するが、一方で形成段階の惑星移動の履歴にはほとんど依存しない。観測で発見されている系外惑星の質量分布と惑星半径分布の両方に存在する土星質量程度の短周期系外惑星の欠損は、10 地球質量程度のコアを持つホット・ジュピターの質量損失による蒸発で説明可能である (Kurokawa & Nakamoto, 2014)。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P219a 星震学とロシター効果を用いたスピン軌道傾斜角の3次元的決定

増田賢人, Othman Benomar, 柴橋博資, 須藤靖 (東京大学)

惑星の公転軸と中心星の自転軸のなす角 (スピン軌道傾斜角 ψ) は、惑星系の形成・軌道進化過程の解明につながる重要な観測量である。例えばホットジュピターの場合、軌道移動が円盤との相互作用によるものであれば ψ はつねに小さく、古在機構や惑星散乱によるものであれば ψ はランダムにばらつくと考えられる。従って、観測された ψ の統計的な分布は、ホットジュピターが経験した軌道移動の過程を解明する手掛かりとなる。

ψ の観測的制限には、これまで主にトランジット惑星系におけるロシター・マクローリン効果 (RM 効果) が用いられてきた。ところが RM 効果から制限できるのは、天球面に射影したスピン軌道傾斜角 λ のみであり、これは一般に真のスピン軌道傾斜角 ψ とは異なる。 ψ を正確に求めるには、 λ に加えて中心星の自転軸が視線方向となす角 i_* を決定する必要がある。

そこで我々は、これまで RM 効果が観測されている 2 つのトランジット惑星系 (HAT-P-7 および Kepler-25) において星震学を用いて i_* を決定し、これを RM 効果やトランジットの減光曲線と組み合わせて解析することで、スピン軌道傾斜角 ψ の 3 次元的な推定を行った。その結果、HAT-P-7 の惑星 b については、真のスピン軌道傾斜角 $\psi \approx 120^\circ$ は、観測された $\lambda \approx 180^\circ$ よりもやや小さいことが分かった。また Kepler-25 の惑星 c に対しては、 λ が 0° 程度であるにも関わらず、3 次元的にみると惑星公転軸と中心星自転軸がずれていることを示唆する結果 ($\psi = 27^{+7}_{-9}^\circ$) を得た。Kepler-25 系は複数トランジット惑星系であるため、惑星どうしの公転軌道面はほぼ揃っており、それらはもとの原始惑星系円盤をトレースしていると考えられる。従って今回の結果は、惑星の軌道移動とは無関係に、中心星の自転軸を原始惑星系円盤に対して相対的に傾ける機構が存在することを示唆する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

P220a 高速自転星と超短周期惑星からなる系の角運動量の力学進化

上赤翔也、Yuxin Xue、増田賢人、須藤靖（東京大学）

PTFO 8-8695 系は、周期 0.67 日以下という高速で自転する T タウリ型星と、それを 0.44 日という短周期で公転するホットジュピターからなる。高速自転により、主星の赤道付近の光度は極付近と比べ低下している（重力減光）。この系に対しては 2009 年と 2010 年の 2 回トランジット観測が行われているが、それらの光度曲線の形状は互いに大きく異なっていた。これは、主星が非球対称であることで惑星との間にトルクが働き、主星の自転軸と惑星の公転軸が互いに 1 年程度の周期で歳差運動していることに起因する。つまり、緯度によって光度の異なる主星の表面を、惑星が時間によって様々な方向から通過すれば、それに応じて光度曲線の形状も時間変化する。先行研究はこの歳差運動をモデル化し、観測データから主星の自転軸と惑星の公転軸の傾き (ψ) や歳差周期を含む系のパラメータを決定している。しかし、このモデルは主星の自転周期と惑星の公転周期の同期という仮定の下で導出されている。一般に主星と近傍の惑星の間には潮汐力が働き、系は自・公転軸が揃い ($\psi = 0$)、自・公転周期が同期する方向に進化する。しかし先行研究では ψ は 70° と 0 から大きく外れており、自・公転が同期している必然性はない。そこで本研究では、より一般的なモデルの下で系の角運動量の力学進化をシミュレーションした。このモデルの下では、自・公転周期の同期の仮定なしに、主星の自転、惑星の自・公転という 3 つの角運動量の時間進化を計算できる。その結果、主星の自転周期の観測的な不定性に応じて、系の歳差周期は最大で数十日程度異なることを見出した。この依存性を踏まえた上で、本発表では将来のトランジット光度曲線の形状予測を行う。この系は、光度曲線の変化の時間スケールが 1 年程度と短く、その形状を予測するモデルを追観測により直接検証し系のパラメータをより高い精度で決定できるという大きな利点を有する系である。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

P221a 多色測光観測によるウォームジュピター WASP-80b の大気調査

福井暁彦, 成田憲保, 高橋安大, 黒田大介, 長山省吾, 清水康広, 柳澤顕史, 泉浦秀行 (国立天文台), 川島由依, 生駒大洋, 黒崎健二, 田村元秀 (東京大), 鬼塚昌宏, 馬場はるか, 笠嗣瑠 (総研大), 板由房, 小野里宏樹 (東北大), 西山正吾 (宮城教育大), 平野照幸, 川内紀代恵, 河合誠之 (東工大), 堀安範 (UCSC), 永山貴宏 (鹿児島大), 太田耕司 (京都大), 吉田道利 (広島大)

トランジット惑星に対して減光率の波長依存性 (大気透過光スペクトル) を観測することで、惑星の大気組成を調べることが出来る。一方、惑星の大気は雲や霞 (ヘイズ) で覆われている可能性があり、特にメタンが安定に存在出来る 1,000K 以下の比較的低温の大気では、光化学反応によって生成されるヘイズが存在する可能性が高いと考えられる。惑星の大気組成を解く上で、そのような雲やヘイズに対する理解は極めて重要であるが、1,000K 以下の低温の惑星大気の観測例はまだ非常に少なく、ヘイズの生成条件などはまだ良く分かっていない。

昨年発見された WASP-80b は、晩期型星 ($T_s \sim 4,000\text{K}$) を周期約 3 日でトランジットする巨大惑星で、これまでに大気組成が調べられたどのトランジット巨大惑星よりも平衡温度が低い (800K 以下, Triaud et al. 2013)。我々はこの「ウォームジュピター」の大気組成および雲やヘイズの有無を探るため、岡山天体物理観測所の 2 台の望遠鏡 (188cm 及び 50cm 望遠鏡) と南アフリカ天文台の 1.4m IRSF を用いて、可視から近赤外にかけて多バンドでのトランジット測光観測を行った。その結果、得られた大気透過光スペクトルは晴れた太陽組成大気と雲で覆われた大気のどちらのモデルでもおよそ説明することができた。一方で、このスペクトルが近赤外域に比べて可視領域でわずかに大きな値を示すことから、大気中にヘイズが存在する可能性が示唆される。実際、得られたスペクトルはヘイズを含む太陽組成大気モデルでよりうまく説明されることが分かった (Fukui et al. 2014)。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P222a **ガリレオ衛星食を用いた木星大気探査：系外惑星大気のトランジット観測への応用可能性**

津村耕司 (東北大)、白旗麻衣 (国立天文台)、有松亘 (東大, ISAS/JAXA)、高橋康人、倉本圭 (北大)、松浦周二、和田武彦 (ISAS/JAXA)、美濃和陽典、早野裕 (国立天文台ハワイ観測所)、中島健介 (九大)、中本泰史 (東工大)、木村淳 (東工大 ELSI)、本田親寿 (会津大)、江上英一 (アリゾナ大)、Jason Surace (Spitzer Science Center)

すばる望遠鏡やハubble宇宙望遠鏡を用いた観測から、完全に木星の影に入り食の状態となったガニメデとカリストが、 $1.5\mu\text{m}$ 付近の近赤外波長域において一様に明るい ($\sim 50\mu\text{Jy}$ 、食外の 10^{-6}) という現象を発見した。ガリレオ衛星の表面温度は 120K 程度であるため、その熱放射は無視できる。また、食中のガニメデとカリスト全体が一様に明るく観測された事から、極付近でのみ輝くオーロラでもこの現象は説明できない。

我々は多波長の観測から、木星上層大気中のヘイズによる散乱が食中に明るい原因と考えている。我々のモデル計算によると、木星大気の成層圏上部を通過した太陽光が主に寄与していると考えられる。この領域は探査機のプローブや木星による恒星掩蔽の観測などにより調べられているが、情報が少ない。ガリレオ衛星食の継続的な観測により、木星の上層大気の組成や構造に対して新たな観測的制限を加える事が可能となる。

さらに本手法では、食中のガリレオ衛星に投影された、木星大気を透過した光を観測している事になる。近年のトランジットによる系外惑星大気の観測においては、惑星大気の透過光を観測しているため、その比較対象として、まずは身近な木星大気の透過光を本手法で継続的に調べて理解する事が重要である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P223b **Subaru/HiCIAO を用いた近傍 M 型星における巨大ガス惑星探査 1**

水木敏幸 (東北大学), 山田亨 (東北大学), SEEDS/HiCIAO/AO188team.

1800 を超える数多くの太陽系外惑星が発見され、SEEDS を始めとする高コントラスト装置を用いた直接撮像系外惑星探査サーベイにより、A-K 型星の $\sim 10\text{-}30$ AU を超える主星遠方における巨大ガス惑星質量天体の有無が明らかになりつつある中、“M 型星におけるガス惑星質量天体の有無”は未だ観測的に不鮮明である。これは M 型星が可視光域で暗く、補償光学が FGK 型星に比べ有効でないことや、年齢や金属量等の M 型星自身の情報が少ないためである。

Kennedy&Kenyon (2008) では、コア降着モデルを仮定した惑星形成中に雪線が進化する場合には “ $\sim 5\text{-}30$ AU” にガス惑星が形成される可能性が示唆されている。この領域は間接的手法は勿論、直接撮像法でも惑星探査を行う事が困難であるが、近傍の M 型星を直接観測した場合にはこの領域での惑星探査が可能となる。また、Subaru/IRD 等の M 型星における系外惑星探査を行う将来計画に対し、 ~ 5 AU を超える比較的遠方領域における巨大ガス惑星質量天体の有無は非常に重要であると思われる。

そこで、我々はこれらの M 型星における巨大ガス惑星質量天体の有無や、Kennedy&Kenyon (2008) で示唆される惑星形成中の雪線の進化に制限を設けるために、Subaru/HiCIAO を用いた近傍 M 型星の $\sim 5\text{-}30$ AU における直接撮像法による系外惑星探査を行っている。本講演では “Subaru/HiCIAO を用いた近傍 M 型星における巨大ガス惑星探査”の科学的意義に焦点を置きつつ、SEEDS 内で取得された若い近傍 M 型星撮像データによる惑星探査結果も併せて報告する。また、我々がサンプルセレクションの際に重視している M 型星の金属量、岡山 188cm 望遠鏡/ISLE を用いた M 型星の金属量算出法についても紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P224b 恒星フレアが系外惑星大気に及ぼす影響の解析

上原翔(首都大), 河原創(東大), 大橋隆哉(首都大), 山田真也(首都大)

太陽系外惑星は今日までに 3000 個以上検出され、無数に存在することが確かめられてきている。いくつかの惑星検出方法のうち、2009 年に打ち上げられたケプラー宇宙望遠鏡は、恒星の可視光の明るさを高精度で測定でき、惑星が主星を隠す時に生じる周期的な明るさの変化を検出できる(トランジット法)。

ケプラー衛星により得られた膨大な系外惑星データにより、惑星の半径や軌道周期に関する情報は非常に充実した一方、惑星の大気についての情報は未だ限られている。特に close-in-planet の場合、恒星からの輻射は惑星大気の加熱に大きな影響を及ぼし得る。そこで我々は恒星フレアを持つ系に注目した。例えば、軌道周期が 1 日未満である惑星 Kepler Input Catalog(KIC)12557548b(Rappaport+12) では、トランジットの深さが変動することから惑星の大気が蒸発していると解釈されている。Kawahara+13 では黒点とトランジットの深さが相関していることから、恒星活動が大気流出に関係していることが示唆される。我々は、大気が定常的に蒸発する場合には限らず、例えばフレアといった主星に大きな光度変化がある時に、惑星大気が瞬間的に膨張ないし散逸するなど大きな変化を示す可能性があり、これを調べるために新たにデータ解析を行った。

我々は、Kepler データから、軌道周期 1 日未満のトランジット惑星を持つ恒星のうちスーパーフレアを起こす恒星として数個の候補を発見した。そのうちのスーパーアースサイズの惑星を持つ恒星の解析を行い、スーパーフレアの前後でトランジットによる減光量の比をとり、その変化を見積もった。今回はその結果の報告をする。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P225b 短周期地球型惑星の放射光推定

○ 伊藤祐一, 生駒大洋, 河原創, 永原裕子, 川島由依 (東京大学), 中本泰史 (東京工業大学)

現在までに 1000 個近くの系外惑星が検出されている。最近では、地球の 1-10 倍の質量を持つ、あるいは地球の 1-2 倍の半径を持つ小規模惑星が多数発見されている。それらはスーパーアースと呼ばれる。これまでに検出されたスーパーアースの中には、密度が高く、岩石が主成分であると考えられる惑星が発見されている (CoRoT-7b や Kepler-10b、Kepler-78 b など)。それらは中心星に非常に近いため、強烈な恒星輻射によって表面が蒸発し、岩石蒸気大気をまとっていると推測される。本研究では、このような惑星を特に「短周期地球型惑星」、それが保持する岩石蒸気大気を「ミネラル大気」と呼ぶ。こうしたミネラル大気か実際に検出されれば、岩石惑星であることの直接的な証拠やその惑星の材料物質や形成過程に対する重要な制約を得ることが期待される。これまでに、化学平衡計算に基づいたミネラル大気組成に関する先行研究はある。しかし、ミネラル大気の温度構造や放射特性が理解されていないため、その検出可能性を評価することかできない。

本研究では、短周期地球型惑星の大気の放射光と検出可能性を明らかにした。まず、揮発性元素を含まないマクマオーシャン蒸気から成る化学・静水圧・輻射平衡大気を仮定し、気液化学平衡計算・分子遷移吸収計算・輻射輸送計算を組み合わせた大気モデルを構築し、計算を行なった。次に、次世代の宇宙望遠鏡 (例えば、JWST や EChO) による放射光観測を想定し、大気組成検出評価を行なった。本研究の結果は、ミネラル大気的主要成分は Na, K, O, O₂, SiO であることを示した。また惑星の平衡温度 2300K 以上の場合、大気の温度逆転構造が形成されることを発見した。最終的に、平衡温度が 2300K 以上の惑星であれば、二次食時の放射光スペクトルに現れる大気組成の情報か、次世代の宇宙望遠鏡で十分に検出可能であることが判明した。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P226b 金星・火星中層大気環境における高エネルギー粒子の降り込みモデルの開発

池田喜則, 森前和宣, 前澤裕之 (大阪府立大学), SPART グループ

我々は、G型星である太陽の活動(電磁放射、太陽風、フレア/CMEに伴う高エネルギー粒子など)が周辺の惑星大気に与える影響を継続的に捉え、中心星の活動が系内外の惑星大気の物理・化学状態や気候環境・ハビタビリティに与える影響の理解へと展開すべく、国立天文台野辺山宇宙電波観測所の干渉計10m望遠鏡を単一鏡化し、太陽系惑星大気監視プロジェクト(SPART:Solar Planetary Atmosphere Research Telescope)を推進している。

これまでに我々はSPART望遠鏡を用いて、太陽系の地球型惑星である金星や火星の中層大気の一酸化炭素のモニタリングを実施してきている。金星や火星の中層大気は地球のように磁場で守られていないため、太陽活動の影響をダイレクトに受けていると推察される。観測より得られた2011-2012年、2013-2014年の期間のデータから金星の一酸化炭素の変動を見積もり、GOES衛星のX線・粒子測定データやVenus Express(VEX)の粒子観測器データと比較したところ、太陽活動との相関を示唆する傾向を見出だしつつある。そこで我々は、さらに平行して、Bethe-Blochの式を用いて、金星や火星大気に降り込む太陽宇宙線などの高エネルギー粒子(プロトン、粒子、超重核など)から、高度ごとの電子生成率を見積もるモデルの開発を進めている。この電子生成率を惑星大気の数値化学計算に取り込むことで、太陽の高エネルギーイベントに伴う惑星大気の微量分子変動量の定量予測も可能になると期待される。SPARTでは引き続き、100/200GHz帯ヘテロダイン分光観測より金星・火星の中層大気の一酸化炭素混合比の変動を継続的かつ緻密に追い、モデルとの比較を進める計画である。本講演では、この高エネルギー粒子の降り込みモデルの開発について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P227a **MOA-II による系外惑星探査：2014 年の経過報告**

越本直季 (大阪大学), MOA コラボレーション

我々MOA(Microlensing Observations in Astrophysics) グループではニュージーランドの Mt. John 天文台において、重力マイクロレンズ現象を利用した系外惑星探査を行っている。重力マイクロレンズは観測天体 (ソース天体) の光がそれより手前の天体 (レンズ天体) の重力によって曲げられることで、増光して観測される現象である。レンズ天体が一つの場合は増光の時間変化 (光度曲線) は対称的になるが、伴星を伴う場合はその形がずれ、光度曲線に特徴的な形 (anomaly) が見られる。得られた光度曲線を解析することにより惑星を検出する。今、ある天体がマイクロレンズ現象を起こしている確率は 10^{-6} で、惑星を検出できるのはさらにその数%と低い。また、伴星が惑星質量程度の場合は anomaly が数時間~数日程度と非常に短い。これらの要求を満たすため、我々は口径 1.8m、視野 2.2 平方度の広視野望遠鏡 MOA-II を用いて、銀河系中心領域の星約 5000 万個を対象に 15 分-90 分に 1 回という高頻度で毎晩観測を行っている。一つの望遠鏡では 24 時間カバーできないが、MOA と同程度の高頻度サーベイ観測をチリで行っている OGLE-IV との連携により、光度曲線を連続的にカバーできるようになってきている。さらに、データをリアルタイムで解析することで、anomaly が見つかれば、世界中のフォローアップグループにアラートを出し、高頻度追観測を行っている。これらの戦略により、ここ 2, 3 年は年間約 10 個の惑星を検出している。2014 年シーズンも順調に観測が進んでおり、いくつかの惑星候補イベントが見つかっている。本講演では 2014 年シーズンの観測の途中経過を紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P228a 重力マイクロレンズ法による惑星イベント MOA-2012-BLG-505

難波俊太 (大阪大学), 他 MOA コラボレーション

MOA(Microlensing Observations in Astrophysics) グループでは、口径 1.8m の MOA-II 望遠鏡を用いて重力マイクロレンズ法による系外惑星探索を行なっている。観測しているソース天体の前をレンズ天体が横切るとき、レンズ天体の重力場によりソース天体からの光が集光されて一時的に増光する。これを重力マイクロレンズ現象と呼ぶ。レンズ天体が伴星を持つ場合、増光率が無限大になる線 (caustic) ができる。caustic には主星の近くにできる central caustic と主星からも伴星からも離れてできる planetary caustic があり、ソース天体が caustic を通過するとき、光度曲線にずれ (アノマリー) が生じる。このような光度曲線を解析することで、主星と伴星の質量比と主星からの距離を求めることができる。

本研究では、2012 年の重力マイクロレンズイベント MOA-2012-BLG-505 の解析を行なった。光度曲線をモデルフィッティングしたところ質量比の異なる二つのモデルが得られた。二つのモデルはそれぞれ、ソース天体が central caustic のみを横切ったモデルと、central caustic の他にベースライン上で planetary caustic を通過することによって二度のアノマリーを生じたモデルである。しかし、光度曲線には、シーイングやエアマスと関連した系統誤差があることが分かり、それを補正した。この結果、前者が真の解であることが分かった。得られたフィッティングパラメータから、主星と伴星の質量比が 10^{-4} 程度の惑星であることが分かった。本講演では、このイベントの解析結果を報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P229a **MOA-2013-BLG-605Lb:晩期 M 型矮星に付随する海王星質量惑星**

住 貴宏 (大阪大学)、MOA コラボレーション

我々 Microlensing Observations in Astrophysics (MOA) グループは、ニュージーランド南島、マウントジョン天文台で重力マイクロレンズ効果を利用して系外惑星の探査を行っている。専用 1.8m 望遠鏡の 2.2 平方度と言う広視野を生かして、銀河中心領域の星約 5 千万個を 1 日 10-50 回と言う高い頻度で観測を行っている。マイクロレンズイベントの増光期間は、レンズ天体の質量の平方根に比例し、普通の星で 20 日程度だが、木星質量の天体の場合 1 日程度、地球質量程度の惑星では数時間と非常に短いので、この様な高い頻度での観測が必要不可欠である。また、1 つの望遠鏡では 24 時間カバーできないので他の時間帯の観測との連携が重要である。2013 年シーズンに発見したイベント MOA-2013-BLG-605 の惑星によるシグナルは 24 時間以下と非常に短かく、さらに主星による増光の 38 日も前に起こったので観測は非常に難しい。しかし、我々 MOA とチリの OGLE グループによる高頻度サーベイ観測により惑星シグナル全容を精度良く観測する事に成功した。本講演では、この惑星イベントの詳細解析の結果を紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P230a **SEEDS による散開星団での系外惑星探査 5 : 2013 年度の進捗報告**

須藤 淳 (大阪大), 松尾太郎 (京都大), 芝井 広, 住 貴宏, 深川美里 (大阪大), 山本広大 (京都大), 小西美穂子 (大阪大), Matthias S. Samland (Hiderberg 大), 伊藤洋一 (兵庫県立大), 田村元秀 (国立天文台), HiCIAO/AO188/Subaru チーム

我々は SEEDS プロジェクトにおいて、年齢が 1 億年の恒星が巨大ガス惑星を持つ頻度を調べるために、散開星団であるプレアデス星団で直接撮像法により系外惑星を探査している。これまでにプレアデス星団のメンバ星 20 天体を Subaru/HiCIAO+AO188 の H バンド ADI モードで観測し、9 天体のまわりに褐色矮星質量相当の伴星候補を 14 個検出した (2013 年秋季年会 P221a、山本)。また、Ursa Major グループに属する 11 天体を観測し 3 天体で伴星候補天体を検出した。これらが主星と co-moving な伴星であれば、2 個は褐色矮星質量、1 個は 10 木星質量程度と推定される (2013 年秋季年会 P222a、Samland)。

昨年秋以降、Ursa Major グループに属する 3 天体、Octans-Near association に属する 4 天体を新たに観測し、伴星候補天体をそれぞれ 2 個、4 個検出した。Ursa Major グループで伴星候補が検出されていた 3 天体については、固有運動測定のための追観測を行なった。また、伴星か背景星か結論の出ていなかったプレアデス星団の 2 個の伴星候補についても追観測を行うとともに、Subaru/IRCS+AO188 を用い J バンドで波長分解能 $R = 955$ の分光観測を行なった。悪天候のため十分な精度が得られなかったものの、これら 2 天体のスペクトルを検出した。さらに、レーザーガイド星を用い、複数のトランジット惑星を持つ Kepler 天体に対し、主星から遠方領域の惑星探査のための観測を行なった。これらの結果を合わせて報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P231a 視線速度法による高金属量 FGK 型星周りの系外惑星探索

原川紘季 (国立天文台), 佐藤文衛, 大宮正士, 井田茂 (東京工業大学), 堀安範 (UC Santa Cruz), 岡山 HIDES-F 開発チーム, N2K コンソーシアム

現在までに 1000 を超える数の系外惑星検出が報告されている。それらの軌道要素、質量、また中心星の性質による惑星系の分布の違いは、一般的な惑星形成の物理過程や進化についての傾向を示すものであり、惑星形成論の理解に重要な知見をもたらしてきている。特に、中心星の金属量と木星型惑星の存在確率には正の相関があることが知られている。しかし、この相関関係は惑星を持つ恒星の割合のみから議論されており、惑星の質量・公転周期の分布は考慮されていない。コア集積モデルによる惑星形成においては、形成時間および円盤散逸後の惑星散乱などが起こる条件は金属量を含む中心星パラメータの影響を受ける可能性があり、また軌道移動のパラメータとなる円盤の寿命についても中心星金属量や質量との相関が観測的に示唆されている。従って、中心星パラメータの影響、特に質量と金属量とを分別し、惑星系の軌道長半径に対する分布の相関を明らかにすることは惑星形成時の中心星ごとの環境の違い、形成後の進化の傾向を理解するための極めて重要な知見をもたらすと考えられる。現在、太陽型星、および中質量星 ($M_* > 1.5M_{\odot}$) に対する惑星分布は議論が始まっており、本研究では新たに金属量の違いによる影響について着目した。

我々は 2009 年より HIDES(-F), HDS を用いて $[Fe/H] > +0.1$ の高金属量 FGK 型星周りの惑星探索を行っている。本講演では新たに軌道が決まった、複数惑星系を含む幾つかの系について紹介する。これらはいずれも木星型惑星であり、質量は $1-6M_{JUP}$ 、軌道周期は 300 日程度から 2000 日を超える周期までカバーしている。離心率もほぼ円軌道のものから 0.6 を超える楕円軌道まで存在しており、これらの特徴とその起源について議論を行う。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P232a 近赤外高分散分光装置 IRD で達成できる視線速度精度

平野照幸, 佐藤文衛, 大宮正士, 葛原昌幸 (東京工業大学), 小谷隆行, 黒川隆志, 成田憲保, 原川紘季, 福井暁彦 (国立天文台), 田村元秀 (東京大学, 国立天文台), すばる/IRD チーム

太陽型星周りのハビタブルゾーン内にある地球型系外惑星を発見するには 10 cm s^{-1} 以下という極めて高い視線速度精度が必要となるため, ハビタブルゾーンがより中心星に近い低温度星が最近注目されている。低温度星は一般に可視光域では暗いため近赤外領域での視線速度観測が適しており, 我々は 2015 年の稼働を目指してすばる望遠鏡に新たに搭載する近赤外高分散分光器 IRD の開発を進めてきた (e.g., 2011 年秋季年会: V27a, P82a, 2013 年秋季年会: V236a, 2014 年春季年会: P231a)。IRD 分光器では, レーザーコムと呼ばれる多数の人工輝線を天体と同時分光する事で高い精度で波長較正を行い, M 型矮星周りのハビタブルゾーン内にある地球型惑星の検出に必要な約 1 m s^{-1} という視線速度精度を目指している。

本講演では, すばる/IRD で達成可能な具体的な視線速度精度について議論する。我々は PHOENIX コードで生成した様々なパラメータの M 型星スペクトルを元に IRD 分光器で取得される模擬スペクトルを作成し, 実際の視線速度の解析ソフトに入力する事で視線速度精度を評価するモンテカルロ・シミュレーションを実施した。特に視線速度の精度に影響を与える (1) 星のスペクトル型, (2) 検出器上の SN, (3) 星の自転速度, への依存性を調査し, どのような条件下であれば精度 1 m s^{-1} を達成できるのかを確かめた。本講演ではシミュレーション結果を元に, どのようなターゲットを選定するべきかも述べる。また, レーザーコムの模擬データを用いた同様のシミュレーションも紹介し, レーザーコムによる波長較正の誤差による視線速度への影響も議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P233a 位置天文観測衛星により検出可能な惑星の最大公転周期

山口正輝、矢野太平、郷田直輝 (国立天文台)

位置天文衛星による惑星探査で発見できる、限界の惑星公転周期を見積もった。位置天文衛星ガイア、小型 JASMINE により、アストロメトリ法による惑星数の飛躍的な増大が期待される。日本天文学会 2014 年春季年会 P230a では、これらの衛星により地球質量程度の惑星を発見できることを報告した。このとき最大公転周期を衛星の運用期間と仮定したが、それより長い公転周期の惑星も発見できる可能性がある。公転軌道が十分長い場合、観測期間中の惑星重力によるふらつきが直線運動と見なせるため、固有運動と区別できない。そのためこの場合には検出不可能であるが、観測期間中に非線形にふらつく場合には検出できる可能性がある。

本講演では、惑星重力による中心星の非線形運動の検出を考慮することにより、探査できる領域がどの程度広がるかを調べた。ガイア衛星は、1 年間で位置精度 20 マイクロ秒角を達成できる。非線形運動を検出するためには、少なくとも 3 つのデータ点が必要となるため、この精度で 3 年間観測を行ったとして検出可能な最大周期を見積もった。その結果、円軌道かつ軌道傾斜角 0 度 (ヘッドオン) を仮定すると、100 年程度の周期を持つ惑星を検出できることが分かった。このとき惑星質量は木星質量の 10 倍程度、距離数十 pc を仮定している。また、惑星質量を軽くすると最大周期が短くなることもわかった。

このことから、位置天文観測により直接撮像法で発見されるような周期の長い惑星を検出することが可能であることがわかった。このことは位置天文観測により検出された周期の長い惑星を、直接撮像法で追観測することにより直接観測できる惑星を増やせることを意味する。ガイア衛星は全天を観測するので、発見法的ではなく系統的に直接観測可能な惑星を探せることが期待される。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P234a 系外惑星の分光直接検出のための Spectroscopic Coronagraph

河原 創 (東京大学)、村上尚史 (北海道大学)、松尾太郎 (京都大学)、小谷隆行 (国立天文台)

近年、VLT/CRIRES により可能となったホットジュピター昼側放射からの CO、H₂O 等の吸収検出は惑星の分光的な意味での直接観測として画期的な方法である (Brogi+2012, Birkby+2013 など)。この手法は恒星 + 惑星光に含まれる微弱な分子吸収を高分散分光と分子線のテンプレートを相関させて検出を行う。そして、非トランジット惑星にて惑星大気のみならず、(主星ではなく) 惑星の視線速度を測定でき、さらに原理的には惑星の自転情報を得ることができる。現在は VLT・CRIRES でのみの測定しかないが、すばる IRD 等でのメタン等の異なる分子種の探索 (河原、2013 年度春季講演 P71a) など今後の発展が期待できる。

一方、この手法の主なノイズは主星光であり、これは次世代大型望遠鏡でも、現在に比して S/N の向上が数倍程度であることを意味している。我々はさらなる検出効率向上のために、高コントラスト装置を高分散分光装置に適用する事で、空間分解できないほど内側に存在する惑星系であっても、恒星光ノイズを原理的に低減できることが分かった。このような分光直接検出に寄与する Spectroscopic Coronagraph の概念を提案したい (Kawahara+2014, ApJS,212,27)。今回はコロナグラフとして visible nuller を想定し、TMT クラスの望遠鏡に極限補償光学で期待される波面補償を模擬した波面データにより、どの程度、高い S/N で惑星視線速度が測定できるか検討を行った。その結果、極限補償光学により tip-tilt エラーが 1 mas (0.3 mas) 程度に抑えられれば、近傍 Warm Jupiter や Super Earth に対し、3-6 倍 (10-30 倍) S/N を向上させることが分かった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

P235a 星間ダスト上でのアミノ酸生成の理論的研究

木立佳里, 梅村雅之, 庄司光男, 小松勇, 栢沼愛, 矢花一浩 (筑波大学), 白石賢二 (名古屋大学)

宇宙における化学進化に関しては未だ不明な点も多いが、模擬実験や宇宙観測から、有機物や高分子が星間ダスト表面等で生成されているということが明らかになってきている。観測ではアミノ酸前駆体 (アミノアセトニトリル) がすでに見つかっており (A. Belloche et al. 2008)、ALMA ではアミノ酸の検出も期待されている。また、地球に飛来した隕石からはアミノ酸やアミノ酸前駆体 (ヒダントイン) が検出されている。

しかし、宇宙に存在するアミノ酸やその前駆体の生成機構の詳細は明らかになっていない。本研究では、想定される様々な反応経路の中でも最も一般的だと考えられる生成過程について反応物および中間体の生成エネルギーを評価し、宇宙におけるアミノ酸生成の仕組みを解明する。グリシン及びアラニンが、ヒダントインやアミノニトリルを経由する生成機構に対して高精度な量子化学計算 (密度汎関数法) により検討を行った。また、氷に覆われたダスト表面を想定した水溶液中での反応経路の解析を、Polarizable Continuum Model(PCM) により溶媒効果を考慮して行った。

真空中においては、計算した全ての反応過程の中でグリシンが最も安定であり、過剰に安定な中間体は存在しなかった。アラニンについても同様の傾向が見られた。水溶液中においても反応過程の中でグリシンが最も安定であったが、ヒダントインが形成されにくい可能性が示された。そのため、構成要素となる反応物があれば、グリシン及びアラニンは容易に生成しうることが明らかになった。また、遷移状態解析から、水分子が全くない環境ではヒダントイン経由過程は起こりにくいことが明らかになった。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

【Q. 星間現象】

9月11日(木) 午前(11:00-13:12) [I会場]

Q01a	11:00	フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡による G25.0+0.0 領域からの広がったガンマ線放射の観測	勝田隼一郎(広島大学)
Q02a	11:12	すざく衛星・Swift 衛星を用いたフェルミ・バブルの X 線系統探査	田原将也(早稲田大学)
Q03a	11:24	フェルミバブルからの放射と銀河系ハローの宇宙線	藤田 裕(大阪大学)
Q04a	11:36	「チャンドラ」衛星による超新星残骸 RCW 86 南西端の再観測	勝田 哲(宇宙航空研究開発機構)
Q05a	11:48	MAGIC 望遠鏡による超新星残骸 W44 領域の超高エネルギーガンマ線観測	花畑義隆(東京大学)
Q06a	12:00	時間発展を組み込んだ乱流加速によるフェルミバブルからの放射	佐々木健斗(東京大学)
Q07a	12:12	X 線観測で探る超新星残骸衝撃波面での加速電子最高エネルギー決定機構	馬場 彩(青山学院大学)
Q08a	12:24	はくちょう座ループ南西部におけるヘリウム様酸素からの強い禁制線の発見	内田裕之(京都大学)
Q09a	12:36	すざくによる超新星残骸 G290.1-0.8 からの過電離プラズマの発見	上司文善(大阪大学)
Q10a	12:48	すざく衛星による超新星残骸 Kes 79 の観測	佐藤 有(宇宙航空研究開発機構/東京大学)
Q11b	13:00	すざく衛星による HESS J1507-622 の X 線観測	松本浩典(名古屋大学)
Q12b	13:00	PIC シミュレーションにおける高エネルギー粒子のエネルギーロス II	加藤恒彦(広島大学)

9月11日(木) 午後(15:00-17:00) [I会場]

Q13a	15:00	X 線輝線と吸収線の同時解析による銀河系内高温星間物質の解析	酒井和広(宇宙航空研究開発機構)
Q14a	15:12	マグネターの周りに形成されるパルサー星雲について	田中周太(東京大学)
Q15a	15:24	相対論的プラズマシミュレーションにおける数値チェレンコフ不安定の特性和その抑制	池谷直樹(千葉大学)
Q16a	15:36	銀河面 X 線放射における中性鉄輝線放射の非対称性の発見	信川久実子(京都大学)
Q17a	15:48	銀河系中心部の分子ガス幾何構造モデルの再検討	榎谷玲依(名古屋大学)
Q18a	16:00	銀河系中心 20km/s 分子雲の深く埋もれた星生成の可能性	坪井昌人(宇宙航空研究開発機構)
Q19a	16:12	Sgr A 領域の衝撃波による SiO 分子の増加	上原顕太(東京大学)
Q20a	16:24	野辺山 45 m 望遠鏡による銀河系核周円盤の分子輝線 OTF マッピング観測	竹川俊也(慶應義塾大学)
Q21a	16:36	CLEAN 法を用いた N_2H^+ $J=1-0$ 輝線の超微細構造の分離とそれに基づく銀河系中心分子雲の統計的解析 (II)	三浦昂大(慶應義塾大学)
Q22a	16:48	高速度コンパクト雲 CO-0.40-0.22 の 3 mm 帯ラインサーベイ観測および OTF マッピング観測	岡 朋治(慶應義塾大学)

9月12日(金) 午前(09:30-11:30) [I会場]

Q23a	09:30	Planck 衛星によるダストデータと星間ガスの比較解析: 高分解能・広範囲の比較	岡本竜治(名古屋大学)
Q24a	09:42	Planck 衛星のサーベイデータと星間ガスの比較研究: ペルセウス分子雲	早川貴敬(名古屋大学)
Q25a	09:54	CO($J=1-0$) 広域観測データを用いた 3 kpc arm の詳細解析	臼井 僚(名古屋大学)

(次頁に続く)

【Q. 星間現象】

Q26a	10:06	NANTEN2 を用いた大質量星形成領域 NGC6334 および NGC6357 に対する CO 分子輝線観測：分子雲衝突による大質量星形成 鳥居和史（名古屋大学）
Q27a	10:18	W43 における一酸化炭素輝線を用いた観測的研究：分子雲衝突と大質量星形成の関係 切通僚介（大阪府立大学）
Q28a	10:30	Mopra 望遠鏡による Spitzer BubbleS145(RCW79) に対する CO 輝線詳細観測：分子雲衝突による大質量星形成 長谷川敬亮（名古屋大学）
Q29a	10:42	高速度雲衝突が励起するマジェラニックストリームにおける大質量星形成 釜谷秀幸（防衛大学校）
Q30a	10:54	NRO 銀河面サーベイプロジェクト：2013 年度進捗 梅本智文（国立天文台）
Q31a	11:06	NRO 銀河面サーベイプロジェクト：M17 領域 濤崎智佳（上越教育大学）
Q32b	11:18	NRO 銀河面サーベイプロジェクト：データ解析と評価 (1) 西村 淳（国立天文台）
Q33b	11:18	1.85m 電波望遠鏡による oph に付随する分子雲の観測的研究 松本貴雄（大阪府立大学）
Q34b	11:18	Mopra を用いた大小マゼラン銀河における孤立した大質量原始星に付随する分子ガス観測 原田遼平（大阪府立大学）
9月12日（金）午後（13:30-15:42）[I会場]		
Q35a	13:30	スーパージャイアントシェル LMC 4 と LMC 5 の相互作用領域における HI 21cm 輝線観測 藤井浩介（東京大学）
Q36a	13:42	超新星残骸 IC443 の $^{12,13}\text{CO}(J=1-0, 2-1)$ 輝線観測 吉池智史（名古屋大学）
Q37a	13:54	超新星残骸 RCW 86 における星間ガスと X 線放射 佐野栄俊（名古屋大学）
Q38a	14:06	CH_2NH -rich 天体におけるグリシン前駆体 CH_3NH_2 の検出 大石雅寿（国立天文台）
Q39a	14:18	宇宙線パーカー不安定性により生じる銀河円盤の圧力と密度の鉛直分布 工藤哲洋（国立天文台）
Q40a	14:30	An AKARI PAH-range Analysis of Candidate Electric Dipole Emitting Regions Aaron C. Bell (University of Tokyo)
Q41a	14:42	実験室および ISS 軌道上実験に基づく未同定赤外バンドの担い手の理解 左近 樹（東京大学）
Q42a	14:54	プラズマ照射実験で探る炭素質ガスの合成とその赤外特性調査 佐藤一輝（東京大学）
Q43a	15:06	Variations of the 3.3 μm feature within specific galactic objects Mark Hammonds (University of Tokyo)
Q44b	15:18	「あかり」赤外線全天サーベイデータを用いた分子雲衝突が示唆される大質量星形成領域の研究 服部和生（名古屋大学）
Q45b	15:18	Mopra 望遠鏡を用いた大質量星団 [DBS2003]179 に対する複数 CO 同位体輝線観測：分子雲衝突による大質量星形成 桑原 翔（東京大学）
Q46b	15:18	グリシン前駆体検出天体における有機分子の多様性とその特徴 鈴木大輝（総合研究大学院大学）
Q47b	15:30	OH 分子の超微細構造遷移線における Line Overlap を含めた統計平衡計算 海老澤勇治（東京大学）
Q48b	15:30	SPLASH による OH メーザー源探査の初期成果 今井 裕（鹿児島大学）
Q49c		Processing of ice mantles in a massive star-forming region 下西 隆（神戸大学大学）

Q01a フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡による G25.0+0.0 領域からの広がったガンマ線放射の観測

勝田隼一郎 (広島大学)、内山泰伸 (立教大学)、Stefan Funk (Stanford University)、ほか Fermi/LAT チーム

フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡搭載の LAT 検出器は、これまで銀河面 ($|b| < 5^\circ$) から約 400 個のガンマ線天体を検出しているが、その約 60% が未同定天体である。これは銀河系内に新しいガンマ線天体のクラスがある可能性を示唆しており、星形成領域はそのようなクラスの有力な候補の一つである。

我々は LAT 検出器を用いて、銀経 25° の銀河面上から広がったガンマ線放射を検出した。エネルギースペクトルはベキ関数でよく表され、0.2–500 GeV の範囲でエネルギーカットオフやエネルギーブレイクは見つからなかった。興味深いことに、大きく広がった放射であるにも関わらず、このガンマ線源に明らかに付随する天体は見つかっていない。本講演ではガンマ線源の詳細な観測結果を報告し、付随天体について議論する。特に星形成領域からのガンマ線放射である可能性について検討した結果を詳細に報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q02a **すざく衛星・Swift 衛星を用いたフェルミ・バブルの X 線系統探査**

田原将也, 片岡淳, 竹内勇人 (早大), 戸谷友則, 祖父江義明, 平賀純子 (東大理), 井上芳幸 (SLAC), 常深博 (阪大), 木村公 (ISAS/JAXA), C.C.Cheung(NRL), 中島真也 (京大理)

フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡の活躍により、銀河面から垂直に南北 50 度にも広がる巨大な泡構造“フェルミ・バブル”が発見された。バブルはその成因を含め多くの謎を残しており、電波や X 線など他波長の類似構造も含めた議論が進んでいる。我々はこれまで「すざく」衛星を用いてバブルの南北エッジ領域を観測し、(1) いずれも温度が $kT \sim 0.3keV$ のプラズマで満たされていること、(2) 北側 NPS(North Polar Spur) ではエッジを挟んで熱放射率が 50%程度も変化すること、(3) バブル内外の非熱的・熱的圧力が概ね釣り合っていることを発見した。これらは、NPS がバブルの膨張で加熱・圧縮されたハローガスである可能性を示唆している (Kataoka et al. 2013, ApJ)。さらに近年 MAXI-SSC で取得された 1.7-4.0keV の X 線画像から、バブル南東の“爪”構造や北端の“島”のような強い X 線放射が見られており、バブルとの関連性が期待される。そこで今回、これら 2 つの構造の内外を「すざく」で観測した。その結果、スペクトルは構造の内外ともに、南北エッジと同様のモデルで再現することができ、温度は $kT \sim 0.3keV$ と一様であった。特に南東の爪の内側、外側における熱放射量はそれぞれ北エッジの 5 倍、2 倍ほど高いことが分かった。一方、北端の島構造については、1.7-4.0keV におけるカウントレートが島の内外で 20%程度変化している。この結果を精査するため、「すざく」及び Swift 衛星の過去の観測データを系統的に解析し、島構造周辺の 1.7-4.0keV における強度マップを作成した。興味深いことに、あらゆるポインティングにおいて $kT \sim 0.3keV$ の熱放射が普遍的に観測された。本講演では、これら「すざく」衛星、Swift 観測の成果を統括的にまとめ、 $kT \sim 0.3keV$ のプラズマとバブル膨張のダイナミクス、バブルとの関連性について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q03a フェルミバブルからの放射と銀河系ハローの宇宙線

藤田 裕 (大阪大学), 大平 豊, 山崎 了 (青山学院大学)

フェルミバブルは銀河系中心方向に見える巨大なガンマ線の構造である。本研究で我々は、宇宙線陽子がフェルミバブル前面の衝撃波で加速されれば、観測されているような構造を作ることができることを示した。陽子はフェルミバブルがまだ小さく、衝撃波のマッハ数が大きいときに主に加速し、のちにマッハ数が小さくなってからはあまり加速していないので、現在のガンマ線放射は、現在の衝撃波のはるか後方から出ているはずである。これはガンマ線放射の縁にはっきりとした衝撃波構造がないという最近のすざく衛星の観測結果と一致する。

さらに銀河系ハローに存在すると考えられる宇宙線が、フェルミバブルからの放射に与える影響についても調べた。銀河系ハローの宇宙線は、フェルミバブルの衝撃波によって再加速される。我々は銀河系ハローの宇宙線密度が、銀河系円盤の $\geq 10\%$ あれば、フェルミバブルからの放射に大きく影響を与えることを示した。観測と比較したところ、銀河系ハローの宇宙線がフェルミバブルに影響を与えているとは考えにくく、そのため、銀河系ハローの宇宙線密度は、銀河系円盤の $\lesssim 10\%$ であることが言えた。

また、フェルミバブルからの電波放射にも注目した。フェルミバブルからの電波放射は、宇宙線電子からのシンクロトロン放射と考えられている。フェルミバブル前面の衝撃波で宇宙線が加速されるという我々のモデルでは、電子の起源としては、加速された陽子が周囲のガスと反応してできる2次電子と、衝撃波で直接加速される1次電子が考えられる。両者について調べたところ、2次電子からの放射だけでは電波観測を説明できるほどの強度は得られないが、1次電子の場合は、陽子の $\sim 0.1\%$ の効率で加速すれば、強度と空間分布について観測と矛盾しないことがわかった。(ref: Fujita, Ohira, & Yamazaki 2014, ApJ in press, arXiv:1405.5214)

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q04a 「チャンドラ」衛星による超新星残骸 RCW 86 南西端の再観測

勝田 哲 (ISAS/JAXA), 森 浩二 (宮崎大), 大平 豊 (青学大), 常深 博 (大阪大), 小山勝二 (大阪大, 京都大), 中嶋 大 (大阪大), 内田裕之 (京都大), 上司文善 (大阪大), 馬場 彩 (青学大), 山崎 了 (青学大), 澤田真理 (青学大), 坪根義雄 (青学大), Petre Robert (NASA/GSFC), 玉川 徹 (理研)

RCW 86 は、人類が記録に残した最古の超新星爆発 (SN 185) の残骸と考えられている。爆発後 1830 年ほど経た現在、視直径 40' 程度に広がった高温プラズマ雲として、電波からガンマ線まで様々な波長で観測できる。これまでの X 線観測から、熱的放射と非熱的放射の混在する様子や、Ia SNR ながら星周物質と相互作用する様子が明らかになるなど、粒子加速および Ia 超新星爆発の機構を解く上で欠かせない存在となっている。

米国の X 線天文衛星「チャンドラ」は、RCW 86 中で最も明るい南西端を 2001 年に観測し、熱的放射と非熱的放射が入り乱れる複雑な X 線構造を鮮明にした。その 12 年後の 2013 年、我々は同じ領域の再観測を実施し、一回目の観測画像との比較から、視野内の複数の衝撃波構造の固有運動の測定に成功した。最も明るい衝撃波の固有運動は $\mu = 0.036 \pm 0.006$ "/yr と計測でき、これを H α 輝線のスペクトル解析に基づく衝撃波速度 (690 km/s) と組み合わせることで、RCW 86 までの距離を 4 ± 1 kpc と算出した。我々はまた興味深いことに、SNR やや内側に位置する構造が内向きに運動する ($\mu = 0.13 \pm 0.03$ "/yr) ことを発見した。これは、リバーショック (もしくは星間雲で跳ね返された反射衝撃波) の強い証拠である。この構造は X 線シンクロトロン放射が強いいため、リバーショックでの高効率の粒子加速も示唆される。さらに別の非熱的 X 線構造は、年間 3% 程度の割合で減光していることが判明した。この減光率をシンクロトロン放射冷却で説明すれば、磁場が 100 μ G にまで増幅されていることになる。本講演では、「チャンドラ」衛星によって得られた様々な観測結果を簡潔に概観する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q05a **MAGIC望遠鏡による超新星残骸W44領域の超高エネルギーガンマ線観測**

花畑義隆、井上進、齋藤浩二、中嶋大輔、林田将明 (東京大学宇宙線研究所)、折戸玲子 (徳島大学)、櫛田淳子、小谷一仁、西嶋恭司 (東海大学)、窪秀利、今野祐介、齋藤隆之 (京都大学)、高見一 (KEK)、手嶋政廣 (Max-Planck-Institut für Physik、東京大学宇宙線研究所)、遠山健、野田浩司 (Max-Planck-Institut für Physik)、他 MAGIC Collaboration

銀河宇宙線 (主に陽子) は超新星残骸 (SNR) で加速されていると考えられている。近年、フェルミ衛星の GeV ガンマ線観測により、主に分子雲と衝突した SNR から陽子起源で説明される放射が発見され、SNR が宇宙線の主要な加速源であることが明確になりつつある。同時に、これらの SNR のガンマ線スペクトルは GeV 帯域に折れ曲がりを持ち、高エネルギー側で減衰していることも発見された。このことは、SNR で加速された宇宙線が星間空間へ放出される過程を見ているためと考えられ、非常に興味深い。年齢が約 2 万年の W44 では、フェルミにより宇宙線加速の証拠が得られており (Ackermann et al. 2013)、周辺領域からは放出された宇宙線と分子雲との相互作用で生じていると考えられる、双極に広がるガンマ線放射も検出されている (Uchiyama et al. 2012)。このことから、W44 は宇宙線の放出過程を探る上で格好のターゲットと言える。

MAGIC 望遠鏡は、50 GeV 以上の超高エネルギーガンマ線を高感度で観測できる解像型大気チェレンコフ望遠鏡である。我々は、TeV ガンマ線も合わせて宇宙線放出の様子を探るため、MAGIC のキー観測プログラムの一環として W44 周辺領域の長時間観測を行っており、今秋までに 100 時間を超える良質なデータが取得できる見込みである。本講演では、観測プログラムの概要をレビューするとともに、現状の観測結果と今後の見通しについて報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q06a 時間発展を組み込んだ乱流加速によるフェルミバブルからの放射

佐々木健斗, 浅野勝晃, 寺澤敏夫 (東京大学宇宙線研究所)

Fermi-LAT 衛星による 1 GeV 以上のガンマ線領域での観測データを分析した結果、我々の天の川銀河の中心において、銀河面から南北約 50° ($\sim \pm 10$ kpc) に渡って広がる「フェルミバブル」と呼ばれる巨大な双極構造が存在することが明らかになった。フェルミバブルの特徴としては、境界付近で急激に明るさが変化すること、全体に一様な表面輝度を持つことが挙げられる。フェルミバブルからのガンマ線放射を説明する機構としては、加速された陽子が生成する π^0 の崩壊時に放つガンマ線を起源とする「ハドロンモデル」や、加速された電子が周囲の光子を逆コンプトン散乱によって叩き上げてガンマ線を放つとする「レプトンモデル」などが提唱されているものの、特徴を完全に再現するには至っていない。

フェルミバブルの特徴を上手く再現する放射モデルとしては、衝撃波面からの距離に応じて強度の変化する乱流を考え、その乱流によって各位置で電子の加速を計算し、逆コンプトン散乱によるガンマ線放射を考える P.Mertsch らのモデルが存在する。しかし、Mertsch らの研究では加速領域から逃げ出した電子の扱いや、電子の位置が空間拡散によって時間変化していく様子について、十分な考察がなされていなかった。

そこで本研究では、Mertsch らのモデルを発展させて、電子の衝撃波からの距離が時間変化することや加速領域から逃げ出した電子も考慮に入れた上で、位置によって強度の変化する乱流による加速を計算し、フェルミバブルからの放射とその特徴を再現することを考えた。また、電子のみならず陽子の加速についても計算を行った。本講演では、これらの結果を示すとともに、ハドロンモデルとレプトンモデルをいかに区別するかの方法について論ずる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q07a X線観測で探る超新星残骸衝撃波面での加速電子最高エネルギー決定機構
馬場 彩 (青学大), 佐藤寿紀 (首都大), 山崎 了 (青学大), 大平 豊 (青学大), 勝田 哲 (宇宙研)

超新星残骸衝撃波面は、効率の良い宇宙線加速現場として広く認識されている。一方、超新星残骸で加速する粒子の最高エネルギーはどの程度なのか、最高エネルギーがどのように決まっているのか、まだよくわかっておらず、解決すべき問題である。

加速された電子は磁場中でシンクロトロン放射をする。電子のスペクトルはべき乗で加速された最高エネルギー付近で折れ曲がるため、電子からのシンクロトロン放射も折れ曲がりを持つ。放射スペクトルの折れ曲がりエネルギー (roll-off energy) は磁場と電子エネルギーの2乗に比例し、電子のエネルギーが典型的に数十 TeV 程度の時は X 線帯域になる。したがって、X 線を用いた加速現場観測により、我々は磁場環境や最高エネルギーの情報を得ることができる。

我々は、現在までにシンクロトロン X 線の折れ曲がりが見出されている若い超新星残骸 6 天体について、roll-off energy と衝撃波速度の関係を調べた結果、衝撃波速度が早いほど roll-off energy が大きい傾向を発見した。衝撃波速度と超新星残骸の進化・磁場強度の関係を、さまざまなケースについて比較結果、(a) 磁場が増幅されておらず最高エネルギーは超新星残骸の年齢で決まっている、(b) 磁場は非常に増幅されていて最高エネルギーはシンクロトロン冷却で決まっている、のどちらかで、観測結果を説明できることを発見した。磁場が増幅されていて最高エネルギーが超新星残骸の年齢や電子の逃亡で決定されているケースは棄却された。特に (b) の場合は、いずれの超新星残骸でも加速効率は高く、磁場と磁場揺らぎが同程度の Bohm limit であると考えて無矛盾である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q08a はくちょう座ループ南西部におけるヘリウム様酸素からの強い禁制線の発見

内田裕之 (京都大), 勝田哲 (ISAS/JAXA), 常深博 (大阪大), 森浩二 (宮崎大), 小山勝二 (京都大, 大阪大), 田中孝明 (京都大), 中嶋大, 上司文善 (大阪大)

はくちょう座ループは年齢1万年程度の重力崩壊型超新星の残骸である。親星が形成した恒星風バブルに衝撃波が衝突しつつあり、直径約20 pcの巨大なシェルを形成している。距離約540 pcと近傍に位置するため、衝撃波と周辺環境の相互作用を研究するには格好の対象である。今回我々はコンパクトでもっとも明るい南西のノット状の領域に着目し、X線天文衛星XMM-Newtonの分光観測装置RGSによる観測を行った。その結果、1 keV以下のバンドでこの領域の輝線の微細構造の分光に初めて成功した。特に本研究ではヘリウム様酸素からの輝線(OVII triplet; 0.56–0.57 keV)に注目する。我々はヘリウム様酸素のtripletにおいて、禁制線が共鳴線に対して 1.75 ± 0.13 と通常の熱的プラズマでは説明できない高い強度比を示すことを発見した。

近年の我々の研究で、はくちょう座ループの一部シェルから電荷交換反応を示唆する間接的な証拠が見つかりつつある(Katsuda et al. 2011)。電荷交換反応は禁制線の放射効率を上げるため、今回の観測事実を説明する有力な仮説のひとつである。仮にこれが正しければ、超新星残骸の衝撃波下流で、高階電離したイオンと中性物質との相互作用を示す初めての直接的な証拠となる。一方、観測された禁制線/共鳴線強度比を説明する別のシナリオとして、再結合優勢なプラズマからのカスケード放射や共鳴散乱の効果なども有力である。いずれも、ASTRO-H時代を見越して超新星残骸研究に新しい知見をもたらす発見と考えられる。本発表では精密分光スペクトルの詳細とその解釈について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q09a **すざくによる超新星残骸 G290.1-0.8 からの過電離プラズマの発見**

上司文善 (大阪大), 小山勝二 (京都大, 大阪大), 常深博, 林田清, 中嶋大, 上田周太郎, 井上翔太 (大阪大), 森浩二 (宮崎大), 勝田哲 (ISAS/JAXA), 内田裕之 (京都大)

超新星残骸のうち、電波で明るいシェルに対してその内部に X 線放射が集中したものを Mixed-morphology (MM) 型超新星残骸と呼ぶ。MM 型は多くの場合分子雲などの濃い星間物質と相互作用しており、複雑な周辺環境のもとで形成する。近年、複数の MM 型超新星残骸から過電離プラズマが次々に発見されている。過電離プラズマとは、電子温度より電離温度が高いプラズマで、衝撃波加熱された電子がイオンを徐々に電離するという従来の SNR 進化シナリオを逸脱した現象である。過電離は MM 型との強い相関から複雑な周辺環境がその形成要因と考えられる。したがって、その形成過程に迫るためには、詳細な空間分布の解析が重要である。

今回我々は、すざく衛星を用いて MM 型超新星残骸 G290.1-0.8 の 110 ks にわたる長時間観測を行った。G290.1-0.8 は視角 15×10 arcmin と広がっているため、すざくでも十分に空間分解できる。この天体は、電波と X 線で南東から北西に伸びるジェット状の特異な形態を持つ。XMM-Newton、Chandra 衛星による先行研究では、ジェット状の北西、南東領域は電離非平衡 (NEI)、それ以外の領域は電離平衡 (CIE) プラズマであると報告されている。しかし、すざくによる高統計スペクトルを解析すると、2 keV と 2.7 keV に NEI/CIE モデルで説明できない凸型の超過成分が見られた。この構造は Si の $Ly\alpha$ 輝線と再結合連続成分であり、過電離モデルでいずれの構造もよく再現できることを発見した。領域毎に過電離モデルで解析した結果、全領域の中でジェット状の北西領域が最も過電離の兆候が強いことが明らかになった。本講演では、新たに発見した G290.1-0.8 の過電離プラズマとその空間分布解析の結果から、この天体の過電離形成過程について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q10a すざく衛星による超新星残骸 Kes 79 の観測

佐藤有 (ISAS/JAXA, 東京大学), 小山勝二 (京都大学, 大阪大学), 高橋忠幸 (ISAS/JAXA, 東京大学)

超新星残骸において、星周空間や近傍分子雲との相互作用により、従来型の単純な描像から逸脱したプラズマの進化をしているものが見つかっている。例えば過電離状態にある特殊なプラズマが存在したり、相互作用に伴って局所的に特異なプラズマを形成する場合があると考えられる。

Kes 79 (G33.6+0.1) は電波、X 線、GeV ガンマ線といった広帯域で観測されている系内超新星残骸である。これまでの観測から分子雲との相互作用が示唆されており、高感度 X 線観測により詳細なプラズマ状態を明らかにすることが可能であると期待される。X 線衛星すざくに搭載された X 線 CCD 観測器 XIS は、低く安定したバックグラウンドレベルによって拡がった天体に対して非常に高い X 線感度をもつ。我々は近傍のバックグラウンド領域を銀河面リッジ放射モデルによって定量化して差し引くことで、統計データに対して最小限の損失で Kes 79 のプラズマ放射をモデル化することに成功した。

これまでの Kes 79 の X 線観測では、有意な X 線放射は 4 keV 程度までであり、2 温度プラズマによって十分説明できるとされていた。すざく XIS の観測データを用いた高精度解析によると、6 keV 以上、特に未電離の鉄輝線に相当するエネルギーで有意な放射を初めて確認した。この放射起源として、今まで予想できなかった電離のほとんど進んでいない高温プラズマを付随するという解釈が考えられる。また、超新星残骸中で加速された低エネルギー宇宙線起源である可能性も考えられ、どちらも Kes 79 中において分子雲との相互作用が超新星残骸の進化へ寄与する点において重要な示唆を与えている。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q11b **すざく衛星による HESS J1507–622 の X 線観測**

松本浩典, 馬場崎康敬, 吉川駿 (名古屋大学), 酒井理人 (JAXA), 寺田幸功 (埼玉大学), 馬場彩 (青山学院大学), Omar Tibolla (Universität Würzburg), Sarah Kaufmann (Universität Heidelberg)

H.E.S.S. 望遠鏡などの観測により、TeV ガンマ線では明るいが、他波長に明確な対応天体のない TeV ガンマ線未同定天体が数多く発見されてきた。広がったガンマ線放射を持ち、既知の対応天体のない HESS J1507–622 (以下 HESS J1507) は、そのような未同定天体の一つであるが、次のような興味深い性質を持つ。(1) ほとんどの未同定天体は銀河面にあるが、HESS J1507 は銀緯 3.5° に位置し、銀河面から離れている。(2) 未同定天体の中でも、HESS J1507 のガンマ線フラックスは $\sim 8\% \text{Crab}$ であり、かなり強度が大きい。我々は X 線対応天体を探すため、すざく衛星を用いて、HESS J1507 の領域を 2 箇所観測した。その結果、HESS J1507 のガンマ線ピークに一致するような X 線天体は見つからなかった。その代わりに、1RX J150841.2–621006 に一致する明るい X 線天体が見つかった。この天体は、Chandra 衛星でも検出されている。しかし、HESS J1507 より ~ 15 分角離れており、おそらく HESS J1507 の対応天体ではないだろう。一方、HESS J1507 から 5 分角離れたところに、暗く広がった天体が、すざく衛星の 2–10 keV バンドで検出された。この天体も Chandra 衛星により検出されている。この天体の X 線フラックスは $F(2-10\text{keV}) = 8 \times 10^{-14} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ であった。もしこの天体が HESS J1507 の対応天体だとすると、X 線と TeV ガンマ線の強度比は $F_{\text{TeV}}/F_X \sim 80$ となる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q12b PICシミュレーションにおける高エネルギー粒子のエネルギーロス II

加藤恒彦 (広島大学)

宇宙空間は高温で希薄なプラズマに満ちている。このようなプラズマでは、荷電粒子間のクーロン衝突よりも電磁場が関係した集団的現象がそのダイナミクスを支配し、無衝突プラズマと呼ばれる。無衝突プラズマ中を伝播する衝撃波は無衝突衝撃波と呼ばれ、超新星残骸、GRBの衝撃波、AGNジェット、パルサー風など、宇宙のさまざまな現象に付随して発生すると考えられている。これらの衝撃波は高エネルギー粒子を伴うことが多く、衝撃波において粒子加速機構が働いている可能性が高い。超新星残骸の衝撃波はKneeエネルギー (10^{15} eV) までの宇宙線の起源と考えられており、近年のX線やガンマ線による観測で電子や陽子が衝撃波で加速されていることを示す様々な証拠が得られてきている。

このような衝撃波における粒子加速過程を第一原理的に調べるために、電子も陽子も共に粒子として取り扱う無衝突プラズマのPICシミュレーションを用いた研究が行われてきている。前回(2014年春季年会 Q40a)は、PICシミュレーションを用いて準平行衝撃波における粒子加速過程を調べた結果を発表した。一方、この研究の過程で、PICシミュレーションの中では、シミュレーションで使用する粒子数に応じて高エネルギー粒子に対してエネルギーロスが働き、それによって粒子加速過程が影響を受けることも明らかになった。

前々回に発表した研究(2013年秋季年会 Q48b)では、このようなPICシミュレーションにおける高エネルギー粒子のエネルギーロス過程について、プラズマの温度が非相対論的で背景磁場が無い場合について詳しく調べた。今回はさらにこの研究を進め、プラズマの温度が相対論的な場合や、背景磁場がある場合のエネルギーロスについて研究した。講演ではこれらの結果について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

Q13a X線輝線と吸収線の同時解析による銀河系内高温星間物質の解析

酒井和広, 満田和久, 山崎典子, 竹井洋 (ISAS/JAXA), Y. Yao (Eureka Scientific), Q. D. Wang (University of Massachusetts), D. McCammon (University of Wisconsin)

我々は銀河系内に広がる温度 200 万度ほどの高温星間物質の研究を続けている。すざくによる高銀緯 ($|b| > 30^\circ$) での blank-sky の観測により、赤方偏移のない OVII や OVIII の輝線が観測され、0.2 keV 程度の高温プラズマが銀河系内に薄く広く分布している事が分かっている。さらに、Chandra や XMM-Newton の透過型回折格子による系外・系内 X 線源の観測で、同じく赤方偏移のない OVII や OVIII の吸収線によってもこの高温プラズマは観測されている。酸素輝線の観測と酸素吸収線の観測を組み合わせると、個々の観測では本来縮退していた密度と奥行きが解かれ、高温プラズマの空間構造を解析する事が可能となる。

これまで我々は、LMC X-3 (銀経, 銀緯) = (273°.6, -30°.1)、PKS 2155-304 (17°.2, -52°.4)、Mrk 421 (179°.8, 65°.0) の 3 方向について輝線・吸収線の同時解析を行い、高温プラズマの構造に制限を付けてきた。いずれの方向においても、輝線解析によるプラズマ温度が吸収線解析によるプラズマ温度より大きくなっており、温度一様な分布を棄却する。そこで、銀河面からの高さ $|z|$ で温度と密度が指数関数的に減少する分布モデルを仮定することで、プラズマ温度の差異を説明し、高温プラズマに対する密度のスケールハイトと温度のスケールハイトを決定した。これら結果は、温度 200 万度ほどの高温プラズマが銀河面から数 kpc のスケールで広がりを持つ描像を示唆している。本講演では、これまでの結果の報告と、高温プラズマの分布について議論を行う。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q14a マグネターの周りに形成されるパルサー星雲について

田中周太 (東京大学)

回転駆動型パルサーは、その磁気圏において粒子の加速、生成を行っている。生成されたプラズマはパルサー風として放出され、パルサーの回転エネルギーを持ち去る。パルサー星雲とは、そのパルサー風が周囲の超新星残骸などと相互作用を起こして明るく輝いている天体である。電波からガンマ線に渡る広帯域で、明るい非熱的放射が観測されるパルサー星雲は、パルサー磁気圏で起こる極限的な物理現象に迫る上で重要な天体と言える。

一方、パルサーの種族としてマグネターと呼ばれるものがある。マグネターとは、その回転制動率を説明するためには、標準的なパルサーに比べて大きな磁場を持つことが必要とされるパルサーである。マグネターは、そのエックス線光度がその回転光度より大きいため、回転駆動型パルサーに対して、磁場駆動型のパルサーであると考えられている。ただし、その放射メカニズムに関してはまだ未解明である。

我々はこのマグネターが回転駆動型パルサー同様に、パルサー星雲を形成する可能性を考えて、その放射について調べた。マグネターの非常明るいエックス線の放射メカニズムは未解明であるが、回転制動率が観測されていることから、回転制動に関しては回転駆動型パルサー同様のメカニズム、つまり、パルサー風によって角運動量を持ち去っていると考えることができる。我々がこれまでの研究で構築してきた、若い回転駆動型パルサーの作るパルサー星雲の放射モデルを応用し、さらにマグネターの回転進化を考慮することで、マグネターの周りに形成されるパルサー星雲の放射について調べた。本講演では、いくつかのマグネター候補天体について、その放射スペクトルとその観測可能性について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q15a 相対論的プラズマシミュレーションにおける数値チェレンコフ不安定の特性とその抑制

池谷直樹 (千葉大学), 松本洋介 (千葉大学)

相対論的な速度を持つプラズマを扱う際の有効な手法の一つとして、PIC(Particle-In-Cell) シミュレーション法が知られている。本計算法における電磁場の標準解法として知られるFDTD法においては差分近似による数値分散が発生し、ナイキスト波数に近づくにつれて電磁波の位相速度は光速を下回る。そのため、相対論的な流れが支配する系を扱う際に、数値チェレンコフ放射と呼ばれる数値不安定性が発生することが知られている。この問題に対し、近年、差分法によるテストによって特定のクーラン数(0.5)において数値不安定性が抑制されるという結果が報告された(Vay et al., 2011, Godfrey & Vay, 2013)。本研究では、PICシミュレーションパッケージpCANSを用いて、クーラン数による数値チェレンコフ不安定の成長の特性を調べた。pCNASの特徴として、マクスウェル方程式を陽的なFDTD法に対して陰的な形で解いていることにあり、その違いによる特性の変化を調べた。数値実験では、pCANSの2次元コードを用いて、1方向に相対論的な速度を持ったプラズマを与え、励起された電磁場の時間発展から得られた線形成長率について、各クーラン数に対する依存性を調べた。その結果、クーラン数が1.0の値をとるときに数値チェレンコフ不安定性の成長率が著しく落ちていることが明らかになった。しかし、時間発展に伴い低波数域に数値不安定性の成長が発生し、この不安定性はプラズマ速度のローレンツ因子や流入するプラズマの熱速度に対し依存性を持つことが確認された。本公演では、上記の結果を踏まえ、相対論的無衝突衝撃波の最適な解析条件を探り、最適条件とその応用結果も併せて報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q16a 銀河面 X 線放射における中性鉄輝線放射の非対称性の発見

信川久実子, 信川正順, 鶴剛 (京都大学), 内山秀樹 (静岡大学), 小山勝二 (京都大学, 大阪大学)

銀河系では、広がった X 線が銀河面に沿って存在しており、Galactic Ridge X-ray Emission (GRXE) と呼ばれている (e.g. Cooke et al. 1969)。その最大の特徴は付随する 3 つの鉄輝線であり、それぞれ中性鉄 ($E = 6.4$ keV) と高階電離鉄 ($E = 6.7, 7.0$ keV) からの特性 X 線である (Koyama et al. 1996)。発見から 40 年以上経つが、その起源については「拡散成分説」、「微弱な X 線点源の重ね合わせ説」の論争が続いていた。2008 年のチャンドラによる $(l, b) = (0^\circ.0, -1^\circ.4)$ の観測により、鉄輝線放射の $\sim 80\%$ が点源に分解され、主成分は暗い点源であることが示唆された (Revnivtsev et al. 2009)。

しかしこの観測結果では、3 つの鉄輝線は分離できていない。さらに観測位置は銀河面から外れている。そこで我々はすざくによる $|l| < 4^\circ$ の銀河面上のサーベイ観測を行い、3 つの鉄輝線を分離して、銀河面に沿った強度分布を求めた。その結果、高階電離鉄輝線は東西で対称の強度分布であるのに対し、中性鉄輝線は東側の方が西側よりも 2 倍程度強いことを発見した。「X 線説」では、すざくの観測視野 ($\sim 18' \times 18'$) あたり 10^3 – 10^4 個もの暗い X 線点源を要求する。したがって東西の違いは、中性鉄輝線の起源が「拡散成分」であることを示す。

東側領域 ($l \sim 3^\circ$) では分子ガスが濃く、巨大分子雲 Clump2 が存在することが電波観測によって知られている。中性鉄輝線の起源は、分子ガスおよび分子雲中の鉄原子に由来するものと考えられる。しかし、X 線放射には高エネルギー粒子 (X 線、または電子) による鉄原子の電離が必要である。その起源は銀河中心ブラックホール射手座 A* の過去の X 線フレア (e.g. Koyama et al. 1996)、あるいは宇宙線中の電子だろう (Valinia et al. 2000)。本講演では本観測結果の詳細を報告し、中性鉄輝線の起源について議論を行う。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

Q17a 銀河系中心部の分子ガス幾何構造モデルの再検討

榎谷 玲依, 鳥居 和史, 山本宏昭, 早川貴敬, 立原研悟, 福井康雄, 水野亮 (名大理), 河村晶子, 水野範和 (NAOJ), 大西利和, 小川英夫 (府大理)

銀河系中心から銀経約 2 度、銀緯約 0.5 度のガスが密集する領域は、Central Molecular Zone (CMZ) とよばれ (Morris and Serabyn 1996) 強磁場・高温・高密度 (Güsten and Philipp 2004) が達成される銀河系の特異領域である。この領域では、分子ガスは銀経・速度図上で特徴的な平行四辺形型の速度分布を示す。その起源は stellar bar ポテンシャルによるものであると広く認められているが (Binney et al. 1991) 未だに数値計算で観測を再現できないなどの問題を残している。銀河系中心部のガスの幾何構造の解釈をさらに難しくしているのが CMZ の外側の構造である。銀経約 2 度から 6 度の範囲には 100 km s^{-1} を超えるいくつかの大速度分散領域 (Bania 1977)、銀緯 0.5 度以上の範囲には分子雲フィラメントならびに分子雲ハロー (Enokiya et al. 2014) が発見されているが、これらの存在は既存の幾何モデルでの説明が不可能である。一方で、大速度分散領域の起源として Fukui et al. (2006) では磁気浮上ループによる説明が試みられている。いずれにしても、CMZ の幾何構造を理解するには、10 度スケールの広域観測データからこの領域を大局的に捉え直す作業が必須である。

そこで本講演では、チリ、ラスカンパナス天文台ならびにアタカマ高地にて、なんてん・NANTEN2 電波望遠鏡を用いて取得した銀河系中心部の広域・高感度の ^{12}CO ($J=2-1$, $1-0$)、 ^{13}CO ($J=1-0$) の 3 輝線データを用いて、(1) 新たに発見された既存の幾何モデルでは説明できない高銀緯分子雲についての報告、ならびに、(2) 磁場が大速度分散領域を形成する可能性や磁場を含めた幾何モデルの提案を行う。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q18a 銀河系中心 20km/s 分子雲の深く埋もれた星生成の可能性

坪井昌人 (宇宙科学研究所), 上原顕太 (東京大), 宮崎敦史 (韓国 KASI), 半田利弘 (鹿児島大)

銀河系中心 20km/s 分子雲は分子輝線で見ると 50km/s 分子雲と並び SgrA 分子雲複合体のなかで特に目立つ分子雲である。FIR(450 μ , 850 μ など) のマップ上でもこの2つの分子雲は顕著である。50km/s 分子雲はセンチ波で見えるコンパクト H_{II} 領域があり星生成は活発であると考えられている。またこの内部には SiO/H¹³CO⁺ の輝線比が5以上と高く衝撃波の影響を受けたリング状構造があるが(坪井ら、2014年春季学会)、この構造は FIR でも明るく、分子雲衝突による mechanical heating も考えられる(上原ら、本学会)。一方 20km/s 分子雲は VLA の 6cm までの連続波マップにも Spitzer の NIR のマップにも明らかな H_{II} 領域は写っていないので、星生成は活発でないと考えられている。また 20km/s 分子雲中には FIR で明るいリッチ構造があるが SiO/H¹³CO⁺ 輝線比は高くなく、衝撃波の影響を受けていないか、受けていたとしても 10⁵ 年以上過去である。

我々は 2005 年に野辺山 45m 鏡と BEARS により取得した 3mm 連続波マップを再解析した。20km/s 分子雲では中心核からのジェットなどは見えないし、SNR も非常に若い特殊な場合以外は 3mm 連続波は出さないし、その場合は X 線で見えるはずである。ここでは 3mm 連続波は H_{II} 領域の熱的放射が主な放射源であると考えられる。加えて過去の観測から分子輝線やダスト放射からの混入は 10%程度以下と推定される。すなわち 3mm 連続波は星生成の良いトレーサになる。上記のマップを精査した結果、20km/s 分子雲中を走る FIR のリッチと 3mm 連続波のリッチが一致していることがわかった。センチ波で見えないのはここでは電離ガスが高密度で光学的厚くなっているのであろうと推測される。20km/s 分子雲には深く埋もれた若い星生成領域があるようである。星生成領域の存在は 10⁵ 年以上の時間を意味し SiO/H¹³CO⁺ 輝線比が小さいこととも矛盾しない。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

Q19a Sgr A 領域の衝撃波による SiO 分子の増加

上原顕太 (東京大), 坪井昌人 (宇宙科学研究所), 半田利弘 (鹿児島大), 宮崎敦史 (韓国 KASI)

Sgr A 領域分子雲複合体には, 50km/s 分子雲と 20km/s 分子雲の 2 つの巨大分子雲が存在し, 分子輝線や FIR 連続光で特に目立っている. 特に 50km/s 分子雲はコンパクト H_{II} 領域を半ば取り込む形で隣接し, 星形成活動が活発であると考えられている. その内部には, SiO と H¹³CO⁺ の輝線比が最大で 8 という高い輝線比を持ったリング状構造が存在している (坪井ら, 2014 年春季年会). さらに, この構造は FIR においても明るくなっているため, 何らかの加熱が起こっていると考えられる. この高い輝線比の原因は, 分子雲衝突などによる衝撃波の影響と推測されるが, SiO 分子がどの程度気相で増加しているかという定量的解析は行われていなかった.

今回, 野辺山 45m 望遠鏡で観測された 50km/s 分子雲の SiO $J = 1 - 0$, $J = 2 - 1$, H¹³CO⁺ $J = 1 - 0$ の輝線データを用いて, RADEX コードを使った解析を行った. この解析の結果, 50km/s 分子雲での運動温度 $T_k = 60\text{K}$ を仮定すると, 水素分子の密度は $n(\text{H}_2) \sim 0.2 - 1 \times 10^5 \text{cm}^{-3}$ であり, SiO と H¹³CO⁺ の輝線比が 8 となる時の SiO と H¹³CO⁺ の分子の存在量の比はおおよそ $X(\text{SiO})/X(\text{H}^{13}\text{CO}^+) \sim 25$ という値であることが求められた. さらに, $X(\text{SiO})/(dV/dr) \sim 0.5 - 4 \times 10^{-11} (\text{km/s/pc})^{-1}$ が得られ, SiO の速度勾配を $dV/dr \sim 30 \text{ km/s/pc}$ と仮定することで, SiO と H¹³CO⁺ の存在量が, それぞれ $X(\text{SiO}) \sim 0.2 - 1.2 \times 10^{-9}$, $X(\text{H}^{13}\text{CO}^+) \sim 0.6 - 4.8 \times 10^{-11}$ と見積もることが出来た.

本講演では解析方法と, その結果について詳しく述べる.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q20a 野辺山 45 m 望遠鏡による銀河系核周円盤の分子輝線 OTF マッピング観測

竹川俊也、岡 朋治、田中邦彦、三浦昂大、鈴田春奈（慶應義塾大学）

銀河系中心核 Sgr A* の周り数 pc にわたって広がるトーラス状のガス雲は核周円盤 (circumnuclear disk; CND) と呼ばれ、中心核活動の燃料貯蔵庫と考えられている。CND の外側には 2 つの巨大分子雲 (GMC; $+20 \text{ km s}^{-1}$ cloud および $+50 \text{ km s}^{-1}$ cloud) が存在しているが、CND との物理的関連については未解明な部分が多い。CND の起源および実体を把握することは中心核の活動性を理解する上で極めて重要である。しかし、近年の CND の観測は電波干渉計を用いた高分解能観測が主流であり、見落とされ議論から外されてしまっている成分も少なくはない。

そこで私たちは干渉計観測では見落とされてしまっている広がった成分に着目し、2014 年 2 月および 3 月に野辺山 45 m 電波望遠鏡を利用して、CND 全体を含む銀河系中心 $6' \times 6'$ の領域について、詳細な OTF マッピング観測を行った。受信機は TZ1 (2SB)、分光計は SAM45 を用い、周波数分解能は 244.14 kHz (速度分解能 $\sim 1 \text{ km s}^{-1}$) とした。観測に用いたスペクトル線は CND をよくトレースする HCN $J=1-0$ 、 HCO^+ $J=1-0$ 、 SiO $J=2-1$ 、GMC をよくトレースする HC_3N 、CND と GMC の両方をトレースする CS $J=2-1$ 、SO、CCH など (Takekawa et al. 2014, ApJS, submitted) の計 10 輝線である。その結果、GMC と CND の物理的な接触を示す構造がいくつか見出され、 $+20 \text{ km s}^{-1}$ cloud から CND への質量供給の重要な証拠を新しく発見した可能性がある。また、私たちのグループは ASTE 10 m 鏡による HCN および HCO^+ の $J=4-3$ 輝線のデータも取得済みである。本講演では、これら単一鏡による観測結果を総合し、CND を含む銀河系中心核環境への質量供給過程について新たに得られた知見を紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

Q21a CLEAN法を用いた N_2H^+ $J=1-0$ 輝線の超微細構造の分離とそれに基づく銀河系中心分子雲の統計的解析 (II)

三浦昂大, 岡 朋治, 田中邦彦, 松村真司 (慶應義塾大学)

CMZ(Central Molecular Zone) と呼ばれる銀河系中心から半径 200 pc 以内の領域には多数の分子雲が存在し、それらは銀河系円盤部に比べて高温・高密度であるとともに強い乱流状態にあることが知られている。同領域には過去から現在にわたる星形成活動が確認される一方で、将来の星形成の母胎となる重力束縛状態にある分子雲コアは未だ発見されていない。

我々のグループでは、CMZ 内において星形成の母胎を探索するため、野辺山 45m 電波望遠鏡を使用して同領域の N_2H^+ $J=1-0$ 輝線広域サーベイ観測を行った(西川他、2012 年秋季年会 Q05a)。 N_2H^+ は化学的に後期型であり、銀河系円盤部ガスによる吸収を受けにくいいため、年齢の古いコアを選択的に抽出しかつ高密度分子ガスの量を正確に評価できると考えられる。その一方で、N 原子核の四重極モーメントに起因する超微細構造分裂によってクランプの見かけの速度幅が広がってしまう効果を補正せねばならない。そこで我々は CLEAN 法を用いた超微細構造分離アルゴリズムを開発し、これを N_2H^+ $J=1-0$ 輝線データに適用した。こうして得られた超微細構造を正しく処理したデータ・キューブに対して、CLUMPFIND を適用した結果、201 個のクランプが同定された。これらのクランプはビリアル解析により、大部分が重力束縛状態にないことが判明したが、10 個のクランプに対して弱い重力束縛状態にある可能性を見出した(2013 年秋季年会 Q07a)。

今回我々は、超微細構造分裂処理を施した N_2H^+ $J=1-0$ 輝線データを使用し、同定されたクランプに対して統計的解析を推し進めた。各クランプの物理状態を診断した結果、ビリアル質量-LTE 質量比で定義される重力パラメータ α とクランプ内の平均密度 $\langle n(H_2) \rangle$ に緩やかな相関が得られ、 $N(SiO)/N(N_2H^+)$ と重力パラメータにも相関が見られた。これらは重力パラメータが力学的進化の指標となり得ること、銀河系中心領域の乱流状態は衝撃波起源であることを示唆している。また、一部の重力束縛候補コアに見られる遠赤外線源や CH_3OH , H_2O メーザー源との対応関係より、それらは既に星形成活動状態にある可能性がある。本講演では、以上の解析結果に基づき、銀河系中心領域の今後の星形成活動について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q22a 高速度コンパクト雲 CO-0.40-0.22 の 3 mm 帯ラインサーベイ観測および OTF マッピング観測

岡 朋治、水野麗子、三浦昂大、竹川俊也、鈴田春奈、田中邦彦（慶應義塾大学）

Central Molecular Zone (CMZ) と呼ばれる銀河系の中心から数百パーセクの領域は、無数の星と高温高密度の星間物質が集中する特異な領域である。その中に多数発見された「高速度コンパクト雲 (HVCC)」は、一般に広い速度幅を有する CMZ 内においても際だって広い速度幅 ($\Delta V > 50 \text{ km s}^{-1}$) とコンパクトな空間構造 ($d < 10 \text{ pc}$) を持ち、その起源は未だ解明されていない。その多くは高い励起状態を呈し、衝撃波起源の分子や膨張シェル構造を伴うものもある事から、それぞれ単発または複数の超新星爆発に伴う構造である可能性が示唆されていた。

Sgr C 領域に位置する CO-0.40-0.22 は、これまでに発見された HVCC の中でも特に速度幅が広く ($\Delta V \sim 100 \text{ km s}^{-1}$)、特に高い励起状態を呈する事で知られている。空間速度構造は、速度勾配の気配が見られる以外には特徴が無く、爆発起源に特徴的な膨張シェル構造も見られない。私たちのグループでは昨年、Mopra 22m 望遠鏡を使用して、CO-0.40-0.22 方向の 3 mm 帯ラインサーベイ観測を行った。71 GHz ~ 116 GHz の広帯域をカバーする無バイアスサーベイの結果、少なくとも 29 種の分子から 47 本のスペクトル線を検出した。これらのスペクトル線プロファイルの詳細な解析から、この HVCC のプローブを抽出し、SiO, SO, CH₃OH, *c*-C₃H₂, H¹³CN 等が優良なプローブである事を見出した。

さらに私たちは、今年 1 月から 2 月にかけて、NRO 45m 望遠鏡を使用して、これらの HVCC プローブによる CO-0.40-0.22 の詳細な OTF マッピング観測を行った。観測には TZ100 受信機と SAM45 分光計を使用した。その結果、CO-0.40-0.22 は空間的にやや広がって分布する複数の低輝度クランプと、空間的にコンパクトな高輝度クランプから成る事が分かった。後者は広い速度幅とともに急峻な速度勾配を呈し、周囲と比較して際だって高い励起状態を有する。講演では、この OTF 観測の結果から見えてきた CO-0.40-0.22 の詳細な kinematic について報告し、その起源を議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q23a *Planck* 衛星によるダストデータと星間ガスの比較解析：高分解能・広範囲の比較

岡本竜治, 福井康雄, 立原研悟, 山本宏昭, 早川貴敬, 鳥居和史, 桑原利尚, 佐野栄俊, 他 NANTEN2 メンバー (名古屋大学)

宇宙背景放射観測衛星 *Planck* により導出された低温星間ダストのパラメタ (353 GHz の光学的厚み、温度、など) の全天データが公開されている。我々はこのダストデータと星間ガス (H_I、CO、など) の比較解析を実施し、H_I ガスについての高精度な定量手法を確立した (福井、立原、山本、早川、岡本他 2013 年秋季年会、2014 年春季年会)。

これまでに LAB H_I サーベイのデータを用いた全天の解析や、より分解能の高い H_I データを用いた高銀緯天体 (MBM 53, 54, 55 領域、ペガスス座ループ領域など) の解析が行われているが、高分解能のデータを用いた広範囲の解析は実施されていない。これを受け、我々はアレシボ電波望遠鏡による H_I サーベイ (GALFA H_I サーベイ) のデータを用いて高分解能かつ広範囲の調査を開始した。これまでの部分的な解析で、353 GHz の光学的厚みから H_I の柱密度を導出する係数はおおよそ 2×10^{26} 程度で、場所によって変動が見られることが分かった。この解析を拡張していくことで、より細かな構造に起因する H_I の情報を拾い、統計的にも優れた結果を得られることが期待される。また、この係数の場所による変化を調べることで、大局的なダストの性質の変化についても議論することができる可能性がある。

本講演では、これらの解析手法と解析結果の詳細、および今後の展望について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q24a Planck 衛星のサーベイデータと星間ガスの比較研究: ペルセウス分子雲

早川貴敬, 岡本竜治, 山本宏昭, 立原研悟, 福井康雄 (名古屋大学)

水素は星間物質中で最も支配的な元素であり、精確な定量が宇宙、銀河、星間現象を理解する上で重要である。私たちは、HI 21cm 線と Planck/IRAS ダスト放射を併せて、中性水素原子のスピン温度、光学的厚みを推定する手法を確立してきた (早川他、岡本他、山本他、福井他 2014 年春季年会講演; Fukui et al. arXiv: 1401.7398, 1403.0999)。本講演では、ペルセウス分子雲について解析した結果を報告する。

ペルセウス分子雲は、NGC1333 などの星形成領域や、OB アソシエーション (ペルセウス OB2) が付随する、質量 10^4 太陽質量の巨大分子雲である。分子雲の周囲に、総質量 4×10^4 太陽質量の、光学的に厚い ($\tau_{\text{HI}} \sim 2$) HI エンベロープを検出した。典型的なスピン温度 50–70K は、全天での解析や、高銀緯分子雲 MBM53–55 などを解析して得られた値 20–40K と比べて有意に高く、星間放射場 (ISRF) の影響が考えられる。いずれにせよ、「光学的に薄く、スピン温度は 100–200K 程度」とする従来の解釈を否定する結果である。柱密度は典型的に $2 \times 10^{21} \text{ cm}^{-2}$ であり、厚さ 10 pc とすると密度はおおよそ 70 cm^{-3} と見積もられる。

さらに、353GHz dust opacity と CO 積分強度を比較し、相関関係 $\tau_{353} = 1.94 \times 10^{-6} W_{\text{CO}} (\text{K km/s}) + 2.79 \times 10^{-5}$ を得た。全柱密度と τ_{353} の比 $N_{\text{H}}^{\text{total}} (\text{cm}^{-2}) / \tau_{353} = 1.5 \times 10^{26}$ を適用すると、CO-to- H_2 変換係数 (いわゆる X ファクター) $1.5 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2} (\text{K km/s})^{-1}$ が得られ、また CO でトレースできない成分が柱密度にして $2.1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-2}$ 存在することを示している。この柱密度は分子雲周りの HI ガス (上記) と同程度であり、HI エンベロープの寄与と考えることができる。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

Q25a CO($J=1-0$) 広域観測データを用いた 3 kpc arm の詳細解析

臼井僚, 榎谷玲依, 鳥居和史, 山本宏昭, 早川貴敬, 立原研悟, 福井康雄, 水野亮 (名大理), 河村晶子, 水野範和 (NAOJ), 大西利和, 小川英夫 (大阪府大理), NANTEN2 team

3 kpc arm は van Woerden et al. (1957) にて水素原子の吸収線として発見された銀河系内の腕状構造の一つである。この arm は、銀経 $l = 0^\circ$ において、 $v = -53 \text{ km s}^{-1}$ の速度で銀河系中心から膨張するような non-circular motion を持つことが知られている (van der Kruit 1971, Sanders & Predegarst 1974)。また、Columbia - CfA - Chile CO survey からは銀河系中心部を挟んで反対側に far 3kpc arm が存在することが報告された (Dame et al. 2001, 2008)。far 3 kpc arm は銀経 $l = 0^\circ$ で $v = +56 \text{ km s}^{-1}$ という near 3 kpc arm と対称な速度を持つ arm であり、位置速度図上では far 3 kpc arm と near 3 kpc arm は平行に並ぶ (速度勾配は $4.08 \text{ km s}^{-1} \text{ deg}^{-1}$)。これらの膨張する二つの arm は、銀河系の stellar bar に付随しており、銀河系が棒渦巻き銀河であることを示す証拠の一つであると考えられている。しかしながら、依然として 3 kpc arm の研究は、(1) CO の分解能が低く感度が悪いため far 3 kpc arm の同定が正確にできていないこと、(2) 他の arm 成分と混ざり合っているために tangential point が決まらず、腕状構造とリング状構造の 2 説が存在することなどの問題を抱えている。

そこで、我々は、「なんてん」ならびに NANTEN2 電波望遠鏡の CO($J=1-0$) 輝線銀河面サーベイデータを用いて、銀経 $\pm 25^\circ$ の範囲にわたった解析を実行し、Dame らが指摘した far 3 kpc arm に対応する構造を確認した。Dame らの先行研究と比較して検出限界が約 3 倍向上したため、本研究では位置・速度空間においてより高い精度で同定することができた。また、near 3 kpc arm の星形成や near - far 3 kpc arm の物理的性質の違いについても議論を行う。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q26a **NANTEN2 を用いた大質量星形成領域 NGC6334 および NGC6357 に対する CO 分子輝線観測：分子雲衝突による大質量星形成**

鳥居和史, 長谷川敬亮, 服部有祐, 山本宏昭, 立原研悟, 福井康雄 (名古屋大学), 水野範和 (国立天文台), 大西利和 (大阪府立大)

銀河系の HII 領域 NGC6334 と NGC6357 は、太陽系から距離およそ 1.7kpc に位置する多数の OB 型星を含む大質量星形成領域である。両者は互いに約 100 pc 離れて分布しているが、単一の複合体に属していることが知られている (Russeil et al. 2010)。今回、名古屋大学の NANTEN2 望遠鏡を用い、両天体を含む $4^\circ \times 1^\circ$ の広域を CO $J=1-0$ 輝線を用い、角度分解能 $180''$ でマッピング観測を実施した。目的はこの大質量星形成領域の起源を探ることである。結果、視線速度 -4 km s^{-1} 付近に、両天体に付随する銀河面に沿って伸びた長さ 150 pc のフィラメント状分子雲複合体を検出した。加えて、視線速度 -20 km s^{-1} 付近にも同様に銀経方向に広がった弱い分子雲成分を検出した。今回の観測から、後者の -20 km s^{-1} 成分は前者の -4 km s^{-1} 成分と空間的な相関・反相関を持ち、また両者を速度的に結ぶブリッジ成分の存在が明らかになった。これらの観測的特徴は、過去に発見された分子雲衝突による大質量星形成領域と類似している (Fukui et al. 2014; Torii et al. 2011 など)。以上の結果を総合し、本講演では 2 つの異なる速度を持つ 100 pc 以上の構造同士が衝突することで、連鎖的に NGC6334 および NGC6357 の大質量星形成がトリガーされたとするシナリオを提案する。分子雲衝突による局所的な大質量星形成を考えることで、観測から明らかにされている NGC6334 でのトップヘビーな core mass function (Munoz et al. 2007) を理解することができる。また、広い速度幅を持ち衝突が示唆されるが対応する HII 領域が見られない領域の存在も検出され、分子雲衝突の初期状態をトレースしている可能性が考えられる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q27a **W43における一酸化炭素輝線を用いた観測的研究：分子雲衝突と大質量星形成の関係**

切通僚介, 徳田一起, 大崎茂樹, 村岡和幸, 前澤裕之, 小川英夫, 大西利和 (大阪府立大学), 西村淳 (国立天文台), 澤村将太郎, 土橋一仁 (東京学芸大学), 鳥居和史, 福井康雄 (名古屋大学)

W43は太陽系から距離約5.5 kpcに位置する活発な大質量星形成領域である。分子輝線の観測と速度構造解析から、この天体は銀河系のScutum-Centaurusアームと銀河系バー構造との接合部に位置するとされ、星形成との関係が議論されている (e.g., Motte et al. 2014)。

我々は、1.85 m電波望遠鏡と名古屋大学NANTEN2望遠鏡で得られた $^{12}\text{CO}(J=1-0, 2-1)$, $^{13}\text{CO}(J=2-1)$ 輝線のデータを用いて、W43の2つの代表的な星形成領域W43-MainとW43-Southそれぞれにおいて、H II領域に付随する二つの異なる速度を持つ分子雲を同定した。W43-Mainでは視線速度 $90-100\text{ km s}^{-1}$ と $105-115\text{ km s}^{-1}$ に分布する分子雲が検出され、後者がH II領域と一致する分布を示すのに対し、前者はH II領域を避けるよう分布している。一方、W43-Southでは速度 $80-85\text{ km s}^{-1}$ と $95-100\text{ km s}^{-1}$ の2つの分子雲が検出され、W43-Mainと同様に、前者がH II領域と一致する分布、後者が避ける分布を示している。いずれの分子雲も $2-1/1-0$ 輝線強度比が高く (> 0.8)、H II領域による加熱を受けていると考えられる。これらの特徴は近年観測的に明らかにされた分子雲衝突による大質量星形成領域 (e.g., Fukui et al. 2014; Torii et al. 2011) と類似点が多い。以上のことから、本講演ではW43における分子雲衝突-大質量星形成の関係について議論する。W43-MainとW43-Southはおよそ100 pc離れていることから、100 pc規模の大きな構造同士の衝突として解釈でき、アーム構造とバー構造の接合点で分子雲衝突による大規模な星形成活動が誘発されたと考えて矛盾しない。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q28a **Mopra 望遠鏡による Spitzer Bubble S145(RCW79) に対する CO 輝線詳細観測：分子雲衝突による大質量星形成**

長谷川敬亮, 鳥居和史, 服部有祐, 山本宏昭, 立原研悟, 福井康雄 (名古屋大学), 水野範和 (国立天文台), 大西利和 (大阪府立大)

Spitzer Bubble S145 は HII 領域 RCW79 としてよく知られており、太陽系からおよそ 4.2kpc (Russeil+98) の位置にある直径約 15pc の比較的大きなリング状星雲である。内部に 12 個ほどの O 型星を持ち、年齢は 2.5Myr 程度と見積もられている (Martins+10)。このリングは赤外線において比較的綺麗な形状を示すが、上方部に穴の開いた特徴的な構造をしており Spitzer Bubble S7(RCW120) と非常によく似た構造である。最近この RCW120 において大きな速度差を持つ二つの分子雲が特定され、分子雲衝突による大質量星の形成シナリオが提唱されている (Torii in prep., 2013 年度春期天文学会 鳥居他)。

本研究ではこの S145 に対して Mopra 望遠鏡を用いて詳細な観測を行ったのでこの報告をする。観測はおよそ 24×12 の領域に対して CO($J = 1 - 0$) 回転遷移輝線を用いて行った。その結果 -40km/s 付近においてリングに付随する質量 $5 \times 10^4 M_{\odot}$ 程度の分子雲と -55km/s 付近にバブル上部に接するように分布する質量 $7 \times 10^3 M_{\odot}$ 程度の分子雲を同定した。この分布は RCW120 に付随する分子雲とよく類似している。また -40km/s 成分ではリング上方部に太さ 1pc 程度のフィラメント状に伸びた分子雲を発見した。さらに -53km/s 付近には前述のフィラメント状の分子雲と反相関を示す構造を発見した。

本講演ではこの二つの速度成分についての詳細な分布を報告し、また RCW120 と非常によく似た分子雲の分布を示すことから分子雲衝突による形成についての議論を行う。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q29a 高速度雲衝突が励起するマジェラニックストリームにおける大質量星形成
釜谷秀幸 (防衛大学校)

階層的構造形成モデルは宇宙における大規模構造の理解に大きな役割を果たし、その素過程を把握するためには銀河間相互作用の詳細を突き詰める必要があった。よって、大小マゼラン雲 (MCs) と天の川銀河 (MW) の相互作用の研究は現在でもケーススタディとして極めて重要である。特に、マジェラニックストリーム (MS) は着目すべき特徴であろう。最近でも、MS における構造形成に関する興味深い観測が報告されている。

例えば、Casetti-Dinescu 等 (2014) によると、MS の Leading Arm (MSLA) において大質量星が形成されている。そのうち最も若く重い恒星は O6V 型と見積もられている。希薄な MSLA でこれほど大きな恒星が自発的に形成されたとは考えにくく、著者等は天の川銀河の円盤と MSLA の衝突により大質量星が形成されたものと考えている。これは、MSLA と MW 円盤の外縁とが繋がって見えることからサポートされる。

さて、大質量星形成が励起されるためには、強い乱流でサポートされた大きな分子雲の形成が必要だろう。しかし、天の川銀河円盤部と異なり、MSLA 内部には乱流の明瞭なエネルギー源が見当たらない。必然的に、何らかの天体との衝突を利用することとなる。ところで、MW との衝突以外にも高速度雲 (HVC) との衝突の可能性も残される。実際、HVC との衝突時のマッハ数が十分に大きければ、衝撃波層は十分高圧となり、粘性も小さいので大きな乱流が発生できることが分かる。仮定される星形成効率にもよるが、相対速度が 100km s^{-1} 程度以上だと大質量星形成が可能となる。本講演では必要とされる HVC の性質への拘束条件について論ずる予定である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q30a NRO 銀河面サーベイプロジェクト：2013 年度進捗

梅本智文, 南谷哲宏, 西村淳, 水野範和, 本間希樹, 松本尚子, 廣田明彦, 諸隈佳菜, 新永浩子, Chibueze, J. (国立天文台), 久野成夫, 藤田真司 (筑波大), 半田利弘, 面高俊宏, 中西裕之, 松尾光洋, 河野樹人, 小澤武揚 (鹿児島大), 大西利和, 徳田一起, 高橋諒 (大阪府大), 濤崎智佳, 小林幸典 (上越教育大), 小野寺幸子, 津田裕也 (明星大), 立原研悟, 鳥居和史, 服部有祐 (名古屋大), 樋口あや (茨城大), 亀谷和久 (東京理科大), 大橋聡史, 桑原翔, 祖父江義明 (東京大), 坪井昌人 (ISAS)

我々は、NRO レガシープロジェクトとして、野辺山宇宙電波観測所 45 m 鏡に搭載された新マルチビーム受信機 FOREST を用いた銀河面の CO サーベイ観測を進めている。45 m 鏡を用いることで、これまでで最も角分解の高い CO 輝線による銀河面サーベイであると同時に、広帯域の 2SB 受信機である FOREST を使用した、世界初の $^{12}\text{CO}(1-0)$ 、 $^{13}\text{CO}(1-0)$ 、 $\text{C}^{18}\text{O}(1-0)$ の 3 輝線同時観測でもある。CO の 3 輝線のデータを用いて、星間ガスの進化と銀河系の構造の関係に関する研究を進めることが目的である (2013 年秋季年会 Q23b)。

今シーズン FOREST 受信機が立ち上がったため、本格的な銀河面サーベイを進めることができた。その結果 2013 年度シーズンは合計 210 時間を用いて、計画している領域である、銀河系の棒状構造、渦状腕を含む銀経 $10^\circ - 50^\circ$ 、銀緯 $\pm 1^\circ$ の領域と銀河系の外側の渦状腕を含む銀経 $198^\circ - 236^\circ$ 、銀緯 $\pm 1^\circ$ の領域のうち、それぞれ 24 平方度と 7 平方度、合計 31 平方度、観測点数にして約 180 万点の CO の 3 輝線のデータが得ることができた。rms ノイズレベルは典型的には ^{13}CO で $0.22\text{K}(T_A^*)$ であった。この観測により、これまでの銀河面サーベイでは知られていなかった、広範囲にわたる分子雲の極めて詳細な構造が明らかになった。本講演では、今シーズンの観測の詳細、観測結果により得られる様々なサイエンス、および来シーズン以降の観測計画等について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q31a NRO 銀河面サーベイプロジェクト：M17 領域

濤崎智佳, 小林幸典 (上越教育大学), 西村淳, 梅本智文, 南谷哲宏, 松本尚子 (NAOJ), 松尾光洋 (鹿児島大), 久野成夫, 藤田真司 (筑波大), 津田裕也, 小野寺幸子 (明星大), 高橋諒 (大阪府立大), 大橋聡史, 桑原翔 (東大/NAOJ), 服部有祐, 鳥居和史, 立原研悟 (名大), 銀河面サーベイチーム

これまで行われてきた系外銀河の分子ガス研究から, 巨大分子雲 (GMC) スケールの星形成活発度の違いが明らかになり, このスケールでの分子雲進化が見えてきている。さらなる課題として, これらの進化や性質の違いに伴う分子雲内部の構造や組成の変化が着目され始めており, これらの課題解決を目的の一つとして, NRO45m 望遠鏡と新マルチヒーム受信機 FOREST によって銀河面の広い領域を $^{12}\text{CO}(1-0)$, $^{13}\text{CO}(1-0)$, $\text{C}^{18}\text{O}(1-0)$ の3輝線を用いて同時観測する NRO 銀河面サーベイプロジェクトを進めている (梅本ほか, 西村ほか, 本年会)。本講演では, 距離 2.1 kpc にある大質量星形成領域 M17 を含む $3^\circ \times 1^\circ$ の領域の分子ガスについて, 本年度取得された銀河面サーベイのデータの一部を用いて得られた結果を報告する。

M17 には $\geq 2 \times 10^5 M_\odot$ の質量を持つ分子雲 M17SW が付随し, さらにその南西にある SWex 領域は星形成の進化段階が若いことが示唆されており, さまざまな星形成進化段階にある分子雲が存在すると考えられている。低密度ガスも含む ^{12}CO , ^{13}CO は大局的には良く似た分布を示しており, 多くの arc/filament 状の構造とともに, 広がった diffuse 成分が存在している。一方, 高密度ガスを反映する C^{18}O は, clumpy 構造を示し, clumpfind 法を用いて領域全体で ~ 200 個の clump を同定することができた。また, $\text{C}^{18}\text{O}/^{13}\text{CO}$ 比は, M17 に隣接する M17SW が ~ 0.1 であるのに対し, 星形成の進行の遅い SWex 領域では 0.2 を越えているなど, 場所によって異なっている傾向が見られる。講演では, これらと星形成進化段階との関連に着目して議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q32b NRO 銀河面サーベイプロジェクト: データ解析と評価 (1)

西村淳, 梅本智文, 南谷哲宏, 松本尚子 (NAOJ), 松尾光洋 (鹿児島大), 津田裕也, 小野寺幸子 (明星大), 濤崎智佳, 小林幸典 (上越教育大), 久野成夫, 藤田真司 (筑波大), 高橋諒 (大阪府立大), 大橋聡, 桑原翔 (東大/NAOJ), 服部有祐, 鳥居和史, 立原研悟 (名大), 銀河面サーベイチーム

我々は NRO 45m 鏡/FOREST 受信機による、銀河面 CO サーベイを推進している (梅本他, 本年会)。本計画では、 $^{12}\text{CO}(1-0)$, $^{13}\text{CO}(1-0)$, $\text{C}^{18}(1-0)$ を同時に取得し、角分解能約 15 秒角、速度分解能 1 km s^{-1} にて、合計 160 平方度の観測を目標としている。得られたデータはプロジェクト完了後 12 ヶ月で公開される予定である。

2013 年度シーズンは、2014/3/24-5/27 に合計 210 時間が割り当てられ、新受信機を用いた観測方法の最適化や、得られる大容量データ解析手法の確立などの課題に着手しつつサーベイ観測を進めた。観測は 1 平方度毎に分割された submap に対して OTF スキャン観測を実施した。解析は、まず、装置トラブル等の baddata をスキャン単位で取り除き、submap 毎に baseline fitting を行い、その後、領域全体の merge と regrid を行った。受信機に起因する大局的なベースラインのうねりやスプリアスがデータの一部に見られた事から、使用する速度範囲は $-50 - 100 \text{ km s}^{-1}$ に制限している。また、ビーム間の受信機雑音温度の差が僅かながら scanning effect を引き起こしており、今後、対策を行う余地がある。このデータは、Internal Release 1 (IR1) として 2014 年 6 月にサーベイチーム内へ公開した。IR1 の観測領域は 32 平方度であり、到達ノイズレベルは $T_{\text{RMS}} \sim 0.22 \text{ K}$ (T_{A}^* スケール, ^{13}CO 平均値) である。IR1 のデータを、FCRAO/GRS による ^{13}CO サーベイと比較したところ、空間構造/速度構造共に非常に良く再現しており、ノイズレベルの程度で強度が一致している事が確認できた。

本講演では、銀河面サーベイ IR1 データの観測/解析方法、データの品質評価結果などについて報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q33b 1.85m 電波望遠鏡による oph に付随する分子雲の観測的研究

松本貴雄, 徳田一起, 村岡和幸, 前澤裕之, 小川英夫, 大西利和 (大阪府立大学), 西村淳 (国立天文台), 土橋一仁 (東京学芸大学), 立原研悟, 福井康雄 (名古屋大学), 1.85m 鏡グループ

へびつかい座北部領域の分子雲は距離 ~ 130 pc に位置しており、そこでは星形成がほとんど行われておらず、約 0.3% の低い星形成効率が見積もられている (Nozawa et al. 1991)。近傍には runaway star である oph(O9.5 型星) が存在しており、フィラメント構造の分子雲 L204 がその紫外線等の影響を受けていると考えられている (Tachihara et al. 2000)。我々は、大質量星が分子雲に与える影響、将来の星形成の可能性を探るため、L204 分子雲周辺の 1.85m 電波望遠鏡を用いた ^{12}CO , ^{13}CO , C^{18}O ($J = 2-1$) スペクトル同時観測を行った。2014 年 1 月から 4 月の期間で、 $l = 4^\circ-12^\circ$, $b = 17^\circ-23^\circ$ に対応する 20 平方度をカバーし総観測点数は 72,000 点である。1 分角グリッドにて OTF(On the Fly) 観測を実施し、有効角分解能は 3.35 分角である。得られたスペクトルの平均雑音温度は、速度分解能 0.08 km/s で $T_{\text{RMS}} = 0.6$ K であった。また、名古屋大学の 4m 電波望遠鏡による ^{12}CO , ^{13}CO , C^{18}O ($J = 1-0$) のデータとの比較により、大質量星の影響を受けた分子雲の物理的性質を調べることが可能となる。例えば、 ^{13}CO ($J = 2-1$)/ ^{13}CO ($J = 1-0$) は、ガスの密度・温度により大きく変化する。フィラメント構造の分子雲 L204 では ^{13}CO で検出される分子雲の端でもこの比が 0.8-1 程度であり、それより外側の領域でガス密度が急激に小さくなっていることを示唆している。講演ではこれらデータ比較の詳細について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q34b **Mopra を用いた大小マゼラン銀河における孤立した大質量原始星に付随する分子ガス観測**

原田遼平, 大西利和 (大阪府立大学), 河村晶子, Erik Muller (NAOJ), 藤井浩介 (東京大学), Jonathan Seale, Margaret Mexiner (STScI), Marta Sewilo (Johns Hopkins Univ.), 福井康雄 (名古屋大学)

大質量星のほとんどは巨大分子雲 ($10^5 M_{\odot}$ 以上) の中で形成されると考えられている。しかし、一部の大質量原始星は巨大分子雲から遠く離れた場所に見られ、その形成メカニズムについては未解明な点が多い。最近、大小マゼラン銀河において、*Spitzer*, *Herschel* の観測により、巨大分子雲から離れている孤立した大質量原始星が多く存在することが報告されている。「なんてん」で観測された分子雲に付随していないものも多く、その母体となる分子雲の情報は得られていない。本研究では、「なんてん」で検出された分子雲から 200 pc 以上離れているという条件の下で、大小マゼラン銀河の 10 個の孤立した大質量原始星方向を Mopra 望遠鏡で高感度観測を行った。典型的な雑音温度は、 $T_{\text{rms}} \sim 0.03$ K ($dv = 1.35$ km/s) である。その結果、大マゼラン銀河の 4 つの領域で CO($J = 1-0$) の放射を検出し、そのうち 2 つの領域は原始星のある場所のみで放射が見られた (ピーク温度 ~ 0.25 K)。このことは、非常に小さな分子雲 (7 pc 以下、 $10^4 M_{\odot}$ 以下) が存在していることを示しており、この領域において小さな分子雲から大質量星が生まれた可能性が極めて高いことが示唆される。また、これらの領域の ALMA による観測も採択され、1 pc を切る空間分解能での母体分子雲の性質が明らかになるものと思われる。本発表では、この ALMA での観測計画についても紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q35a スーパージャイアントシェル LMC 4 と LMC 5 の相互作用領域における HI 21cm 輝線観測

藤井浩介 (東京大学), J. Dawson (CSIRO), 河村晶子, E. Muller, 水野範和 (国立天文台), 南谷哲宏 (NRO), 大西利和 (大阪府大), 鳥居和史, 福井康雄 (名古屋大)

多数の超新星爆発等によって形成された膨張シェルは周囲の低密度ガスを圧縮し、誘発的に分子雲・星を形成すると考えられている。大マゼラン雲 (LMC) には、 $H\alpha$, HI の観測からスーパージャイアントシェル (SGS) と呼ばれる直径 1kpc を超える大規模なシェル状構造が同定されているが、その周囲での分子雲・星形成の誘起については分布を見る形態学的な研究に留まっており、SGS やそれ同士の衝突が星間ガスに与える力学的な影響の調査は行われてこなかった。今回我々は LMC の SGS LMC4 と LMC5 に挟まれるように位置する星形成領域 N48, N49 領域周辺の巨大なリッジ (~ 300 pc) に対し、ATCA による 1.5km の長基線での HI 21cm 輝線でのモザイク観測を行った。過去の短基線での ATCA 観測、および Parkes の GASS サーベイのアーカイブデータと合わせることで、約 $30''$ (~ 7.5 pc) の分解能で巨大なリッジのより詳細な HI ガス構造を明らかにした。得られた HI ガスデータを用い、これまで ASTE および Mopra で観測した巨大分子雲の CO ガス分布とのチャンネルマップや位置速度図上での比較からガスの運動状態を調査した。高分解の観測により、HII 領域 (N48) や超新星残骸 (N49) の周辺、およびリッジの最も柱密度の高い領域ではガスの高速度ウイング成分が新たに検出され、星間ガスのショックが起きていることが確認された。これらの観測から得られた成果は SGS 同士の相互作用により星間ガスが複雑な速度構造を作り、分子雲・星形成を誘発してきたことを示している。本講演では、この領域での Plank や Herschel で得られたダスト β 、温度、透明度を用いた光学的に厚い HI の柱密度の補正についても議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q36a 超新星残骸 IC443 の $^{12,13}\text{CO}(J=1-0, 2-1)$ 輝線観測

吉池智史, 福田達哉, 佐野栄俊, 鳥居和史, 早川貴敬, 山本宏昭, 立原研悟, 福井康雄 (名大理), 他
NANTEN2 チーム

超新星爆発による衝撃波は、星間ガスとの相互作用を通してガスの加速・加熱・圧縮を行い、その温度・密度・化学組成に多大な影響を与える。さらに、爆発衝撃波面は系内宇宙線の加速の場として有力である。これらの観点から、超新星残骸 (Supernova remnant; SNR) は、衝撃波が星間ガスに与える影響や宇宙線の加速・伝搬を研究する上で重要な天体である。

SNR IC443 は、年齢 4000 – 20,000 年の中年齢 SNR であり、OH メーザー (1720 MHz) の検出や様々な分子輝線観測から、衝撃波と星間ガスの相互作用が強く示唆されている (e.g., van Dishock et al. 1993)。また、近年のフェルミ衛星による観測から、宇宙線陽子起源とされるガンマ線が検出されている (Ackermann et al. 2013)。

我々は、SNR IC443 に対して、NANTEN2 ミリ波・サブミリ波望遠鏡による $^{12,13}\text{CO}(J=1-0, 2-1)$ の 4 輝線を用いた CO 分子観測を行った。これまでに ^{12}CO 輝線観測から得られた結果として、(1) $^{12}\text{CO}(J=1-0, 2-1)$ 輝線共に、速度幅が $10 - 40 \text{ km s}^{-1}$ に及ぶ高速度ウイング成分が見られること、(2) これらウイング成分が 1 を超える高い $\text{CO}(J=2-1)/\text{CO}(J=1-0)$ 強度比を持ち、衝撃波と相互作用したガスであること、(3) この相互作用領域とガンマ線分布が良く対応し、IC443 での宇宙線陽子加速を支持すること、を報告した (吉池ほか 2013 年春季年会)。さらに今回、高速度ウイング成分の速度分布を調べると、赤方偏移成分と青方偏移成分の二つに分けられ、これらのガスが衝撃波によって拡散している様子が明らかとなった。

本講演では、 ^{13}CO 輝線観測結果を加え、相互作用領域のガスの速度構造・物理状態について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q37a 超新星残骸 RCW 86 における星間ガスと X 線放射

佐野栄俊, 福田達哉, 吉池智史, 桑原利尚, 鳥居和史, 山本宏昭, 早川貴敬, 立原研悟, 福井康雄 (名大理), 大西利和 (大阪府立大理), Gloria Dubner (IAFE), 他 NANTEN チーム

TeV ガンマ線で明るい年齢 2,000 年程の超新星残骸 (SNR) は, 銀河系内宇宙線の最高エネルギー $E \sim 10^{15}$ eV に迫る粒子加速現場として注目されている。我々はこれまで, RX J1713.7-3946 に代表される 3 つの SNR について付随する星間ガスを特定し, 衝撃波と星間ガスの相互作用が, 宇宙線加速やガンマ・X 線放射と深く関係していることを明らかにしてきた (e.g., Fukui et al. 2012; Sano et al., 2013; Fukuda et al., 2014)。特に宇宙線電子については, 星間ガスの密度分布の違いによって, 効率の良い粒子加速を促す物理が異なることを突き止めた (Sano et al., 2014)。一方で, 衝撃波のエネルギーは宇宙線加速と星間ガスの加熱に分配されるので (e.g., Helder et al., 2009), 効率の良い宇宙線加速を探るには, 加熱・電離された星間ガスをトレースする熱的 X 線の理解も必須となる。しかしながら, これら 3 つの SNR からは熱的 X 線が検出されておらず情報が不足している。

RCW 86 は, RXJ1713 他と性質の似た TeV ガンマ線で明るい SNR であり, 非熱的 X 線と熱的 X 線が混在している点で興味深い。特にその空間分布と星間ガスの位置関係は, 効率の良い宇宙線加速を解明する手がかりを与えるとみられる。我々は, NANTEN2 による $^{12}\text{CO } J=2-1, 1-0$ 輝線及び ATCA による H_I を用いて付随する星間ガス (分子 + 原子) を特定, X 線放射との比較を行った。結果として, 相互作用している星間ガスは主に H_I であり, CO $J=2-1/1-0$ 強度比から, RCW 86 方向の分子ガスは衝撃波とほとんど相互作用していないことを明らかにした。さらに熱的 X 線放射が卓越する領域では, 非熱的 X 線放射が抑えられている傾向を見つけた。以上の結果を踏まえ, 本講演では, RCW 86 における X 線放射と宇宙線加速, 星間ガスの関係について論じる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q38a **CH₂NH-rich 天体におけるグリシン前駆体 CH₃NH₂ の検出**

大石雅寿、廣田朋也、齋藤正雄、海部宣男(国立天文台)、鈴木大輝(総研大)

近年、アストロバイオロジーという分野が立ち上がり、生命の種となるアミノ酸が宇宙から彗星や隕石として地球に運ばれ、それが長い時間を経て生物に進化したという説が有力になってきた。我々は、彗星や隕石の母体となる星生成領域中で、星間塵表面における HCN への水素付加反応を通じてアミノ酸が形成されたのではないかと仮説に立ち、アミノ酸前駆体と考えられる CH₂NH の多天体サーベイを実施しその結果を報告した(鈴木他 天文学会 2013 年秋季年会 Q06a)。

星間塵表面上では、CH₂NH にさらに水素付加することにより CH₃NH₂ となることが予想される。CH₃NH₂ が CO₂ と反応することにより最も簡単なアミノ酸であるグリシン (NH₂CH₂COOH) となることは実験的に確かめられており (Holtom et al. ApJ, 626, 940–952, 2005) CH₃NH₂ の検出は宇宙におけるアミノ酸形成過程を理解する上で重要なステップとなる。一方 CH₃NH₂ は、これまでに Sgr B2 と Orion KL で報告されているだけであり、他には観測報告例が見当たらない。

そこで我々は、野辺山 45m 望遠鏡を用いて、我々が見出した CH₂NH-rich 天体における CH₃NH₂ のサーベイ観測を 2014 年 3 月と 5 月に実施した。観測周波数帯域は、79 から 101 GHz である。その結果、G10.47+0.03 や NGC6334F などにおいて CH₃NH₂ の初検出に成功した。

講演では、CH₂NH-rich 天体における CH₃NH₂ 初検出の詳細とその意味するところについて報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q39a 宇宙線パーカー不安定性により生じる銀河円盤の圧力と密度の鉛直分布
工藤哲洋(国立天文台), 横山央明(東大地惑), 工藤祐己(千葉大理), 松元亮治(千葉大理)

銀河内の星間ガスは鉛直方向には重力成層をしている。そのため、円盤に平行方向に磁場が存在すると、磁気浮力型のパーカー不安定性が成長する可能性がある。また、星間ガスには超新星爆発などによって加速された宇宙線が存在し、その単位質量あたりのエネルギーは磁場のエネルギーと同程度であると見積もられている。宇宙線は磁場の方向には伝播しやすいが、磁場に垂直方向には伝播しにくい。その効果により、宇宙線の圧力はパーカー不安定性を促進させる働きがあることが知られている。私たちは宇宙線の圧力の効果を取り入れたMHD数値シミュレーションコードを作成し、銀河円盤で生じるパーカー不安定性についてその非線形発展を調べている。今回は、パーカー不安定性が十分成長した後の、銀河円盤鉛直方向における圧力や密度の分布について報告する。

初期条件として、ガス圧、宇宙線圧力、磁気圧の順に強い状況を考え、その比は初期には鉛直方向に一定として計算を行った。時間が進行し、パーカー不安定性が十分成長した後の圧力の平均値の鉛直分布を見ると、高緯度の領域では、宇宙線圧、磁気圧、ガス圧の順に強い状況に変化した。これは、パーカー不安定性の成長によって、ガスは銀河面に落下し、宇宙線や磁場は上空に排出されたためと理解できる。一方、銀河面付近では、ガス圧、磁気圧、宇宙線圧力の順に強い状況に変化し、初期に宇宙線圧力よりも弱かった磁気圧が銀河面では相対的に大きくなった。次に局所的な構造を見ると、パーカー不安定性の成長によって生じた磁気ループが上空で膨張し、近接する磁気ループと衝突することによって、圧力や密度の高いフィラメント構造が形成された。この時、少し早めに成長した磁気ループがやや遅れて成長してきた磁気ループに両側から覆い被さるように衝突することでループ状の密度構造が生じる場合もあった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q40a **An AKARI PAH-range Analysis of Candidate Electric Dipole Emitting Regions**

Aaron Bell, Takashi Onaka, Itsuki Sakon, Yasuo Doi, Fumihiko Usui, (University of Tokyo), Daisuke Ishihara, Hidehiro Kaneda (Nagoya University), Martin Giard (IRAP), Ryou Ohsawa, Tamami Mori-Ito, Markus Hammonds (University of Tokyo), Ho-Gyu Lee (KASI)

Our understanding of dust emission, interaction, and evolution, is evolving. In recent years, electric dipole emission by spinning dust, has been suggested by Draine & Lazarian (1998) explain the anomalous microwave emission (AME). The observed continuum AME peak, between 20 and 70 GHz, suggests that spinning grains should be on the order of 10 nm in size. Poly-cyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) with a permanent electric dipole, such as corannulene (Pilleri et al., 2009), are thus among the suspected carriers. We present data from the AKARI/Infrared Camera (IRC), due to its effective PAH/Unidentified Infrared Band (UIR) coverage (Onaka, et al. 2007), and the AKARI/Far Infrared Surveyor (FIS) to investigate PAHs within a few regions showing strong AME (Doi et al., in prep). We use the DustEM code by Compiegne et al. (2011) to predict a total SED, with Planck HFI data points to constrain the continuum emission. We also describe some variation in the AKARI 9/18 μm band ratio for AME regions. Regions with significant AME appear to have an enhanced 9/18 μm ratio, when compared to those without strong AME, potentially supporting the PAH hypothesis.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q41a 実験室およびISS軌道上実験に基づく未同定赤外バンドの担い手の理解

左近 樹, 尾中 敬, 佐藤一輝, 森珠実 (東京大学), 木村勇氣 (北海道大学), 中村正人 (日本大学), 市村淳 (ISAS/JAXA), 小川奈々子, 大河内直彦 (JAMSTEC), 木村誠二 (電気通信大学), 和田節子

我々は、1973年の発見以降明確な担い手の同定に至っていない未同定赤外バンドと、同じく未解決の星間減光中の2175 nm構造の担い手の同定を目標とする実験を行っている。両未同定スペクトル構造と多環式芳香族炭化水素(PAH)との関連性は、広く議論されているが、どの多環式芳香族炭化水素も赤外スペクトルの特徴や紫外吸収構造の特性が異なり、担い手物質の理解は全く不十分である。我々は、2.45GHz高周波電源プラズマ反応装置を用いたダスト合成実験を実施し、種々のPAHを窒素プラズマに晒して合成される窒素を含有する炭化水素物質が、未同定赤外バンドと極めて類似する赤外特性を示す事を発見した。一方、未同定赤外バンドの担い手は、主に終焉を迎える中小質量星の恒星風中で凝縮し、その後星周環境を離れて星間環境に至る過程で、紫外線やX線の照射、電子や荷電粒子、高エネルギー粒子との相互作用を経て、宇宙空間に普遍的に観測される未同定赤外バンドを提示するようになると考えられている。物質同定に至らない最大の要因の一つに、晩期型巨星の星周で凝縮する最も初期の炭素質物質を開始物質として、星間空間に拡散されるまでに電磁波、電子、荷電粒子、高エネルギー粒子との相互作用を経て、普遍的な赤外線特性を示す物質に至る過程が、実験室や理論計算上でうまく扱えなかった事が考えられる。こうした状況を踏まえて、我々は、先述の窒素を含有する炭化水素物質をはじめとして、晩期型巨星の星周で凝縮する最も初期の炭素質物質を模擬する候補物質を実験室で合成し、それらを「きぼう」実験棟船外簡易取付 ExHAM を利用してISS軌道上に設置する曝露実験に着手した。本講演では室内実験の結果とあわせて、実験合成炭素質物質のISS軌道上での曝露実験計画を紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q42a プラズマ照射実験で探る炭素質ダストの合成とその赤外特性調査

佐藤一輝, 左近樹, 尾中敬, 森珠実, 大澤亮, Mark Hammonds (東京大学), 木村誠二 (電気通信大学), 和田節子

最近の観測的研究から、 C_{60} などのフラレンが惑星状星雲や反射星雲などの様々な環境において存在することが明らかになりつつある。しかし、宇宙空間におけるフラレンの形成メカニズムは未解明であり、特に未同定赤外バンドの担い手として提案されている多環式芳香族炭化水素など他の炭素質ダストとの化学進化上での関連性を解き明かすことが当面の課題である。 C_{60} の放射をもつ3つの惑星状星雲において、6から9 μm に渡る plateau 放射の存在が報告されている (Bernard-Salas et al. 2012)。この plateau 放射は炭素質物質が起源だと考えられており、 C_{60} とともに観測される plateau 放射の担い手と、 C_{60} の関連性を実験的に調査することは、各天体における C_{60} を含む炭素質ダストの化学進化の描像を理解する上で重要である。この plateau 放射と、 C_{60} を原材料として実験室で合成される炭素質物質の関連性を探るために、 C_{60} にプラズマを照射した反応残留物および急冷後堆積して回収された物質の赤外分光特性を調査する実験をおこなっている。 C_{60} に窒素プラズマを照射した反応残留物および急冷後堆積して回収された物質の赤外吸収スペクトルには6.3 μm 付近にピークをもつ feature が安定して現れ、さらに、実験上の微細な条件の変化によりピーク波長位置が7.9から8.2 μm の範囲に分布する feature が現れることが分かった。この波長範囲にピークをもつ feature は、aromatic と aliphatic な結合を含む炭化水素で説明されるが (Sloan et al. 2007)、今回の実験のように C_{60} に窒素プラズマを照射して得られる、窒素を含有する炭素質物質からも再現されることが分かった。本講演ではこれらの実験結果を踏まえ、 C_{60} にプラズマを照射して得られる炭素質物質の赤外分光特性に着目した議論をおこなう。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q43a **Variations of the 3.3 μm feature within specific galactic objects**

Mark Hammonds, Tamami Mori, Fumihiko Usui, Takashi Onaka (University of Tokyo)

Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) comprise a substantial fraction of the carbon budget in our galaxy, making the study of PAH formation, evolution, and growth of tantamount importance to the understanding of carbon in our galaxy and beyond. Numerous emission bands due to PAHs are detectable in the near to mid-infrared, with the relative intensities of the observed bands being extremely sensitive to the sizes, ionisation states, and morphologies of the PAHs present. In particular, two bands in the near infrared, the 3.3 μm and 3.28 μm emission bands are related closely to emissions arising from C–H vibrations at two specific sites on the edges of PAH molecules. The relative intensities of these stretches are likely related to PAH growth and destruction mechanisms, both of which have recently been shown to occur very efficiently given suitable environmental conditions. This talk presents spectroscopic analysis and comparison of a few objects observed with AKARI, and the spatial variations of the intensity ratios between these emission features. Differences are found between different types of astronomical object, and possible interpretations are given in terms of PAH growth and destruction mechanisms and the respective photostability of specific molecular forms.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q44b 「あかり」赤外線全天サーベイデータを用いた分子雲衝突が示唆される大質量星形成領域の研究

服部和生, 金田英宏, 石原大助, 山岸光義, 近藤徹, 佐野栄俊 (名古屋大学)

大質量星形成過程には、中小質量星形成で一般的な重力収縮シナリオが適用できず、高い質量降着率を促す圧縮過程が必要となる。その候補として、分子雲同士の衝突が大規模星形成を誘発する、分子雲衝突シナリオがある。近年、「なんてん」や NANTEN2 によって CO の電波観測が行われ、大質量星形成領域に付随する分子雲の速度分布やガス温度から、このシナリオを支持する観測的証拠が得られている。これらの領域を遠赤外線で観測すると、ダストによって再放射される、埋もれた若い星の総エネルギーを見積もることができる。また中間赤外線で観測すると、主に光解離領域 (PDR) から放射される芳香族炭化水素 (PAH) の輝線が見られるため、分子雲と電離領域の境界面の情報が得られ、領域のジオメトリを明らかにできる。

我々は、電波観測から分子雲衝突が示唆されている 90 個の星形成領域に対して、「あかり」衛星の遠赤外線全天サーベイデータを用いて spectral energy distribution (SED) を導出し、遠赤外線光度を見積もった。その結果、埋もれた大質量星の総エネルギーが、領域によって大きく異なることがわかった。また、中間赤外線全天サーベイデータと組み合わせて、画素ごとに SED の model fitting を行うことで、ダストの温度や PAH の空間分布を導出し、電離領域や PDR のジオメトリを調査した。本講演ではこれらの結果を報告し、分子雲衝突による星形成活動について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q45b Mopra 望遠鏡を用いた大質量星団 [DBS2003]179 に対する複数 CO 同位体輝線観測：分子雲衝突による大質量星形成

桑原 翔, 大橋聡史, 藤井浩介 (東京大学 / 国立天文台), 河村晶子, 水野範和 (国立天文台), 長谷川敬亮, 鳥居和史, 山本宏昭, 福井康雄 (名古屋大学), 大西利和 (大阪府立大学)

複数の大質量星を多く含む若い星団 (Young Massive Clusters: YMCs) は、その形状、規模からスターバースト銀河や衝突銀河において多く見られるスーパースタークラスター (Super Star Clusters: SSCs) を彷彿とさせ、その形成の理解は銀河進化の研究にもつながる重要な課題であるが、いまだその詳細は明らかにはなっていない。[DBS2003]179 は距離 7.9 kpc に位置する星団で、その質量は $2.5 \times 10^4 M_{\odot}$ 、年齢 2-5 Myr の重力的に束縛された YMC である (Borissova et al. 2008, 2012)。我々は過去にこの星団の方向に対し、NANTEN2 による $^{13}\text{CO}(1-0)$ の観測を実施、YMC 方向に 2 つの異なる速度成分 (-75 km s^{-1} と -95 km s^{-1}) からなる分子雲を同定、これら分子雲同士の衝突によって [DBS2003]179 が誘発的に形成された可能性を指摘した (2012 年秋期年会 P159a 水野他)。今回新たに、Mopra 望遠鏡を用いて [DBS2003]179 方向の分子雲を $^{12}\text{CO}(1-0)$, $^{13}\text{CO}(1-0)$, $\text{C}^{18}\text{O}(1-0)$ の 3 輝線で高空間分解能観測を行った。その結果、以前同定していた 2 つの分子雲のうち -95 km s^{-1} の速度成分は Spitzer Space Telescope による赤外線放射 8 μm の分布と非常に良い位置相関があり、この YMC に付随していることを強く示唆する結果が得られた。また、 $^{12}\text{CO}(1-0)$, $^{13}\text{CO}(1-0)$ の視線速度において -90 km s^{-1} から -80 km s^{-1} の速度で分子雲同士の衝突の痕跡と思われる 2 つの速度成分を繋ぐ速度構造もみられた他、 -75 km s^{-1} と -95 km s^{-1} 成分の空間分布が大局的に反相関を示している様子も明らかになった。本発表では、以上の結果を総合し、分子雲衝突による [DBS2003]179 の形成シナリオの検証を議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q46b グリシン前駆体検出天体における有機分子の多様性とその特徴

鈴木大輝 (総合研究大学院大学), 大石雅寿、廣田朋也、斎藤正雄 (国立天文台)

Ehrenfreund et al. (2002) が初期地球上では地上で生成された有機分子の量よりも宇宙から運搬されたものが1000倍ほど多かったと主張しているように、初期の地球に宇宙から持ち込まれた有機分子が“生命の種”になった可能性が示唆されている。この観点にもとづき、もっとも簡単なアミノ酸であるグリシンの形成経路を理解するために、実験室において模擬星間塵表面反応が研究されてきた。近年の実験によると、UV照射の下、水素付加反応によりHCNがメチレンイミン (CH_2NH) やメチルアミン (CH_3NH_2) となり、さらに CO_2 との反応ののちにグリシンになることが報告されている。(Kim & Kaiser (2008), Thule et al.(2011))

我々は、この生成経路が星間空間で実際に起きているかどうかを調べるため、野辺山45m望遠鏡による3mm帯の広い周波数範囲の観測を実施し、グリシン前駆体と考えられるメチルアミンとメチレンイミンの大型星形成領域における多天体探査を行ってきた。その結果、メチレンイミンを6天体で新規に検出した(2013年秋季年会Q06a)。さらにメチルアミンについても複数の天体で新たに検出した(本年会 大石による講演を参照のこと)。一方、メチルアミンとメチレンイミンを含む有機分子の多くは星間塵表面反応により生成されると考えられている。事実、我々の行った広域な周波数帯域の観測により、グリシン前駆体のみならず、 CH_3OH , HCOOCH_3 , $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$, NH_2CHO などの多様な有機分子からの多数の輝線が同時に検出された。我々が観測した天体の物理条件が異なっていることを反映して、これらの有機分子の存在量は天体毎に異なることが考えられる。本ポスター講演では、各分子の検出状況と解析の結果得られた柱密度と励起温度を示し、各天体における多様な有機分子とグリシン前駆体との相関や各天体の特徴との関連について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

Q47b OH分子の超微細構造遷移線における Line Overlap を含めた統計平衡計算

海老澤勇治, 猪熊宏士, 坂井南美 (東京大学), 前澤裕之 (大阪府立大学), Karl Menten (MPIfR), 山本智 (東京大学)

OH分子はその複雑なエネルギー準位構造に由来して、メーザー (1720 MHz) を起こすことで知られている。OH分子がLTE状態にない場合、この1720 MHz線は1612 MHz線と共役 (conjugate) と呼ばれる振舞いを示す。即ち、1720 MHz線の強度がLTEで予想されるよりも大きいとき、それに応じて1612 MHz線の強度が小さくなる。その結果、2012年秋季年会で猪熊らが報告した例では、1612 MHz線が宇宙背景放射によって吸収線で観測されていた。

しかし、これとは逆に、最近我々が行ったMPIfRのEffelsberg 100 m電波望遠鏡を用いた観測結果では、おうし座の星なしコアTMC-1の北西方向において、1720 MHz線が吸収線として検出された。1612 MHz線は逆に強く検出された。観測点に強い連続波光源はないため、このようなスペクトルは通常のLVG計算で再現することはできなかった。

1720 MHzの吸収線が起こるメカニズムとして、第2回転励起状態から基底状態への遷移が重要と考えられるが、この遷移が第1回転励起状態から基底状態への遷移と比べて支配的になるほど多く起こるためには、OH分子をより上のエネルギー準位に押し上げる機構 (pumping) が必要である。我々は、このpumpingをもたらす機構として熱ドップラー広がりによるLine Overlapの効果を考え、統計平衡計算を行った。その結果、熱的なLine Overlapが1720 MHzの吸収線を引き起こす可能性があることがわかった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q48b **SPLASH による OH メーザー源探査の初期成果**

今井 裕 (鹿児島大学), Joanne Dawson (CSIRO), Andrew Walsh (ICRAR), ほか SPLASH チーム

豪州パークスの口径 64m 電波望遠鏡を用いた水酸基 (OH) 放射の銀河面掃天観測 SPLASH では、約 13' の角分解能で $336^\circ \leq b \leq 6^\circ$, $|b| \leq 2^\circ$ の範囲について OH の 4 つの輝線 (1612, 1665, 1667, 1720 MHz) を掃天観測する。初期成果論文 (Dawson, et al., 2014, MNRAS, 439, 1596) では、観測仕様と 1/3 の掃天天域に見られた OH 放射 (熱的放射/吸収線及びメーザー) の特徴についてまとめている。本発表では、特に OH メーザー源について絞って初期成果について紹介し、さらに分析を進めたのでその結果を報告する。

1612, 1665, 1667, 1720 MHz OH メーザー源は、目視でそれぞれ 149, 39, 36, 6 天体が同定された。1612 MHz OH メーザー源は主に進化終末星 (AGB 及び後 AGB 星) に付随しており、約 130 天体がそれに該当すると推定される。これらメーザー源は掃天範囲中で一様に分布しているため、銀河面全体では約 4700 天体 ($S_\nu \geq 0.5$ Jy) 存在すると推定される。約 19 年前の OH メーザー源観測では検出され SPASH では検出されなかったメーザー源の割合から、恒星進化に伴って OH メーザー源が消滅する時間スケールが 800 年未満だと推定された。一方、1665/1667 MHz OH メーザー源は $|b| \leq 1^\circ$ の範囲で集中して分布しており、その大部分が大質量星形成領域に付随すると考えられる。これらのどのメーザー源とも場所が一致しない 1720 MHz OH メーザー源が 3 天体同定された。これらは超新星残骸に付随しているかもしれないが、さらなる検証が必要である。

SPLASH で同定された OH メーザー源の絶対座標とメーザースポット分布の把握のために、ATCA を使った追加観測が進んでいる (P.I. A. Walsh)。また、この結果を踏まえたさらに深い探査が GASKAP (Galactic ASKAP Spectral Line Survey)(Dickey, et al. 2013, PASA, 30, 3) で企画されており、検出数が倍増するはずである。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Q49c

Processing of ice mantles in a massive star-forming region

下西隆 (神戸大学)、尾中敬、森珠美 (東京大学)、山岸光義 (名古屋大学)、あかり IRC チーム

Chemical reactions in ice mantles differ from gas-phase reactions in various aspects and they play an essential role in the chemical evolution of star-/planet-forming regions particularly in their early evolutionary stage. Understanding the effect of star-formation activities such as outflows on properties of ice mantles is one of the key issues for ice chemistry. For this purpose, it is important to investigate the spatial distribution of ices in star-forming regions. However, previous observations of ices are in many cases limited to single line-of-sight spectroscopy and “ice mapping” observations are currently very few. A massive star-forming region Cepheus A East is one of the ideal targets for such observations thanks to its proximity (~ 700 pc). We performed AKARI/IRC near-infrared ($2.5 - 5 \mu\text{m}$) spectroscopic observations toward this region. The IRC slit was pointed to three positions in Cepheus A East and we extracted approximately 70 spectra from the region. We detected absorption bands of major ice species (H_2O , CO_2 , CO) and investigate the spatial distribution of ices and spatial variation of ice chemical compositions around high-mass protostellar objects. We estimate the fraction of thermally processed components of ice mantles by fitting a number of laboratory ice spectra to the observed data. Based on the comparison with the images of the $2.12 \mu\text{m}$ H_2 line in the literature, we found that the the fraction of thermally processed ices increase in the shocked regions traced by the H_2 line. In this poster, we discuss the effect of radiation and outflows from protostellar objects on the chemical and physical properties of circumstellar ices based on the infrared spectroscopic data.

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

【R. 銀河】

9月11日(木)午前(11:00-13:24) [H会場]

R01a	11:00	Particle-Particle Particle-Tree(P^3T) 法の GPU への実装及び高密度星団系への応用 岩澤全規 (理化学研究所)
R02a	11:12	10 億体を用いた銀河円盤の N 体シミュレーション 藤井通子 (国立天文台)
R03a	11:24	銀河形成シミュレーションでみる bar の形成と進化 岡本 崇 (北海道大学)
R04a	11:36	棒状銀河の渦状腕のダイナミクス 馬場淳一 (東京工業大学)
R05a	11:48	銀河衝撃波の安定性: 体積粘性の効果 花輪知幸 (千葉大学)
R06a	12:00	銀河のファラデー分散関数を用いた銀河三次元構造の解明 出口真輔 (熊本大学)
R07b	12:12	銀河ダイナモの大局的シミュレーションと観測との比較 工藤祐己 (千葉大学)
R08c		近傍渦巻き銀河における磁場構造の分類分け 安楽健太 (鹿児島大学)
R09b	12:12	近赤外データを用いた近傍渦巻き銀河の密度波仮説の検証 橋場康人 (東京大学)
R10b	12:12	ASTE による渦巻銀河 NGC 628 の CO($J = 3 - 2$) 輝線広域観測 村岡和幸 (大阪府立大学)
R11a	12:24	M51 の渦状腕における 70 GHz 帯の輝線観測 西村優里 (東京大学)
R12a	12:36	NGC 3627 の ^{12}CO と ^{13}CO 輝線のスタッキング解析: 光学的に厚くない ^{12}CO 成分存在の可能性 諸隈佳菜 (国立天文台)
R13a	12:48	ALMA での NGC1068 中心部の分子の観測: CO 同位体分子の存在比の空間分布 谷口暁星 (東京大学)
R14a	13:00	スターバースト銀河 M82 のスーパーウィンドの偏光分光観測によるダストフローの研究 II. 吉田道利 (広島大学)
R15b	13:12	Starburst feedback and the superwind in M82: high-resolution observations of molecular gas with CARMA and Nobeyama 45-m telescopes Dragan Salak (University of Tsukuba)
R16b	13:12	棒渦巻銀河内の分子ガス輝線の光学的厚み 諸隈佳菜 (国立天文台)

9月11日(木)午後(15:00-17:00) [H会場]

R17a	15:00	Spatially resolved physical conditions of molecular gas and potential star formation tracers in M83, revealed by the <i>Herschel</i> SPIRE FTS Ronin Wu (The University of Tokyo)
R18a	15:12	「あかり」による近傍銀河に存在する星間氷の観測: $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ 比の変化 山岸光義 (名古屋大学)
R19a	15:24	「あかり」IRC 撮像データによる近傍渦巻銀河の星間ダスト研究 江草英実 (宇宙航空研究開発機構)
R20a	15:36	近傍高光度赤外線銀河の一酸化炭素輝線サーベイ観測 山下拓時 (東京工業大学/宇宙航空研究開発機構)
R21a	15:48	Development of the Multi-parameter Star Formation Law Shinya Komugi (NAOJ Chile Observatory)
R22a	16:00	衝突末期段階の銀河における分子ガスの観測的研究 植田準子 (国立天文台)
R23a	16:12	「あかり」で見つかった (U)LIRGs の諸性質 小山舜平 (東京工業大学/宇宙航空研究開発機構)
R24a	16:24	Subaru/Hyper Suprime-Cam で探る NGC4631 相互作用銀河群の構造 I 田中幹人 (東北大学)

(次頁に続く)

【R. 銀河】

R25b	16:36	「あかり」近赤外線分光観測で探る超高光度赤外線銀河の星形成活動 矢野健一（東京大学/宇宙航空研究開発機構）
R26c		遠赤外線連続波の主成分分析による銀河の活動の分類 公地千尋（東京大学/宇宙航空研究開発機構）
R27b	16:36	ALMA で探る銀河衝突による活発な星形成活動 金子紘之（筑波大学）
R28b	16:36	Extremely gas-rich 矮小銀河における HII 領域の分布：(1)DDO154 高橋晴香（東京大学）
R29b	16:48	NGC4388 周辺の動圧はぎ取りによる広がった X 線放射 菱 右京（金沢大学）
R30b	16:48	高感度 ALMA 観測で探る暗い SMG の統計的性質 藤本征史（東京大学）
R31b	16:48	ダークマターハローと中心ブラックホールの重力場におけるポリトロピック球対称定常銀河風の遷音速解析 五十嵐朱夏（筑波大学）

9月12日（金）午前（09:30-11:30）[H会場]

R32a	09:30	VERA による Sgr D 領域に付随する水メーザーの絶対固有運動測定 酒井大裕（東京大学）
R33a	09:42	星数密度分布から探る銀河系中心の広がった X 線の放射源 長友 竣（京都大学）
R34a	09:54	銀河系ハローと厚い円盤における M 型星欠乏 小西美穂子（大阪大学）
R35a	10:06	「すざく」衛星によって観測された渦巻銀河 M31 中心部の重元素組成比 長谷川俊介（東京理科大学）
R36a	10:18	銀河の化学力学進化モデルから探る r プロセス起源天体 平居 悠（東京大学）
R37a	10:30	三次元非一様化学進化モデルを用いた軽い中性子捕獲元素の起源の研究 荒尾幸絵（国際基督教大学）
R38a	10:42	化学進化からみる矮小銀河の形態と進化過程の違い 深川奈桜（国際基督教大学）
R39a	10:54	星生成史に従ってモデル計算した矮小楕円体銀河の化学進化 本間英智（東北大学）
R40a	11:06	SSA22 領域における Ly 輝線の EW が大きい LAEs 大塚拓也（東北大学）
R41a	11:18	赤方偏移 4 の星形成銀河のスペクトルスロープ と空間相関 山中郷史（東北大学）
R42c		Scientific Prospects and photo-z simulation of the SWIMS-18 survey 山元萌黄（総合研究大学院大学）

R01a **Particle-Particle Particle-Tree(P^3T) 法の GPU への実装及び高密度星団系への応用**

岩澤全規 (理研)、Simon Portegies Zwart(ライデン大学)、牧野淳一郎 (理研, 東工大)

自己重力多体型のシミュレーションは一般に粒子間相互作用の計算量が非常に大きく、その計算量を減らすために様々な方法が開発されてきている。近年、Oshino et al.(2011) では Barnes-Hut Tree 法と独立時間刻みを用いた4次のエルミート積分法を用いた Particle-Particle Particle-Tree(P^3T) 法を開発し、惑星形成シミュレーションで優れた性能を示した。本研究では P^3T 法を graphical processing unit(GPU) 上へのパフォーマンスの測定等を行い、また高密度星団系等のシミュレーションにも応用できるかを調べた。

結果、従来の方法では計算時間が大体粒子数の $7/3$ 乗程度であるのに対して P^3T 法では $4/3$ 乗である事。この事により、恒星系がプラマー分布、粒子数が $N=1M(M=2^{20})$ の計算では今回開発した方法は従来の GPU を使ったコードに比べて約 70 倍程度速いことが分かった。また、星団のコアコラプスや、銀河中心の大質量ブラックホール連星進化のシミュレーションも P^3T 法で行えることが分かった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

R02a 10億体を用いた銀河円盤のN体シミュレーション

藤井通子 (国立天文台), 馬場淳一 (東工大)

我々はこれまで、銀河円盤の力学的進化を大規模N体シミュレーションを用いて調べてきた。その結果、銀河円盤に生じる渦状腕の力学的進化には粒子数依存性が見られ、正しい結果を得るには、円盤の粒子数が最低でも100万程度必要であることを示した (Fujii et al. 2011)。この研究において、我々はハローモデルとして、解析的に与えられるポテンシャル (rigid ハロー) を用いたが、N体で表現されたハロー (live ハロー) の場合、バーや渦状腕とハローとの相互作用によって、バーや渦状腕の進化が rigid ハローの場合とは異なってくる。

本研究では、ハローに粒子数最大10億体、円盤に約8千万体を用いた、これまでの同様の研究の中では最大規模のシミュレーションを用いて、live ハロー中での銀河円盤の進化 (渦状腕とバーの力学的進化) を調べた。銀河円盤モデルは、Widrow et al. (2008) の天の川銀河モデルを基にし、BRAVA の観測によるバルジの速度分散と一致するモデルを構築した。このモデルを基準とし、ハローのプロファイルは固定したまま、バルジの質量、ディスクの質量、Q 値、粒子数を変えた計算を行い、バーの有無、パターン速度、渦状腕の本数、強度などを調べた。粒子数を変えた場合、これまでの研究で見られたのと同様に、粒子数が多いほどバーや渦状腕の形成が遅くなった。これは、粒子数が多いほど、より小さいポアソンノイズから非軸対称構造が形成しているためである。渦状腕の本数は初期には理論から予測される数と一致するが、live ハローの場合はバーが形成しやすく、バーによって円盤が力学的に温められてしまうため、rigid ハローの時のような渦状腕のみの円盤は長時間維持されにくかった。バーは、Widrow et al. (2008) の結果と同様に、Goldreich-Tremaine の X パラメータが3より小さい時に形成されていた。本講演では、バーや渦状腕の構造の各パラメータ依存性についても報告する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

R03a 銀河形成シミュレーションでみる bar の形成と進化

岡本崇（北海道大学）、磯江麻里（東京大学）、羽部朝男（北海道大学）

Okamoto (2013) による宇宙論的銀河形成シミュレーションでは2つの天の川銀河質量の銀河のうち1つに顕著な棒状構造 (bar) が形成された。このシミュレーションでは、 Λ CDM モデルのもとで、ガス冷却や星形成、それに伴う超新星爆発によるフィードバック等を考慮することにより、ダークマターハローの質量に対して現実的な量の星質量を持つ円盤銀河が形成された。本研究ではこの銀河を解析し、ダークマターハローが時間とともに成長し、それに伴い様々な角運動量を持ったガスが銀河に降着しながら銀河が成長するというダイナミックな環境下での棒状構造の宇宙論的な形成・進化を調べた。

その結果、

- $z \sim 1$ に形成された bar は $z = 0$ まで時間とともにより長く、より強くなっていくこと
- bar のパターンスピードは時間とともに減速していくこと
- 進化の初期には bar のパターンスピードと強さは激しく振動し、その2つの振動には相関があること

が分かった。また、バーの減速は主にダークマターハローからのトルクによって引き起こされていた。

本講演では、bar の長さを何が決めるのか、bar がダークマターハローの構造に、またダークマターハローの構造が bar にどのような影響を与えるのかについて議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

R04a 棒状銀河の渦状腕のダイナミクス

馬場淳一 (東京工業大学/地球生命研究所)

円盤銀河の表面に存在する渦状腕構造の正体は、標準的には「密度波」という準定常な波動現象であると解釈されている(準定常密度波仮説)。準定常密度波仮説は1960年代にLin & Shuにより提唱され、その後一定の支持を得ているものの、線形性や定常性が仮定されており、現実の渦巻き銀河に適用できるかは自明ではない。これまで我々は、3次元高分解能 N 体+多相星間ガスシミュレーションを行って、渦状腕構造のダイナミクスや維持機構を調べてきた(Baba et al. 2009; Fujii, Baba et al. 2011; Baba et al. 2013)。特にバーのない渦巻銀河(multiple spiral)に着目し、恒星系渦状腕は(1)銀河回転に沿う差動回転を行い巻き込まれながら、(2)銀河回転程度の時間尺度で合体、分裂による変動するダイナミックな非線形構造であり、(3)渦状腕により散乱された星はランダムエネルギーをあまり得ることなく他の半径に移動(radial migration)することで渦状腕は長時間維持されることなどを示してきた。しかし、天の川銀河を含め多くの渦巻銀河は中心に棒状構造(バー)をもち、円盤部の渦状腕のダイナミクスに与える影響は無視できないと考えられる。そこで本研究では、3次元高分解能 N 体+多相星間ガスシミュレーションを用いて、棒状渦巻銀河の恒星系渦状腕のダイナミクスや星間ガスの振る舞いを調べた。その結果、multiple spiralとは異なり、バーの影響で渦状腕は銀河回転よりも速い角速度で回転するものの、銀河差動回転により巻き込みの影響を受けながら進化することがわかった。さらに、バーのouter Lindblad共鳴の影響も受けていることが見られた。また、multiple spiralでは低温ガスは渦状腕ポテンシャルの底に溜まり、星と低温ガスの空間分布のオフセットは見られなかったが(Wada, Baba, & Saitoh 2011)、本研究では、一時的にオフセットが再現された。本講演では、これらの成果を報告する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

R05a 銀河衝撃波の安定性: 体積粘性の効果

花輪知幸 (千葉大学)

星間ガスが重力ポテンシャルの谷に流れ込んだ際に発生する衝撃波は渦状銀河や棒渦状銀河の腕構造をつくる有力な機構である。この衝撃波発生を高解像度で数値シミュレーションすると Wiggle 不安定と呼ばれる筋状の構造が現れる。本講演ではこの Wiggle 不安定は数値的なもので、体積粘性が計算に取り入れられていなかったためであることを提示する。

衝撃波面では速度の空間変化が急なため、粘性率がごく僅かでも圧力テンソルに大きな粘性項が現れる。粘性のうち体積粘性 (bulk viscosity) は流れの圧縮率 ($\nabla \cdot v$) に比例し、圧力と同じく等方的に働く。従って流れがある方向に圧縮されると、それに垂直な方向にも体積粘性による「圧力」が発生する。実際の衝撃波面は極めて薄い、シミュレーションでは数値格子の数倍程度にぼやけるので、そこでは体積粘性を考える必要がある。衝撃波面に対して数値格子が傾いていると、この問題が顕在化する。数値流束を方向別に分離して求める従来の計算法では、衝撃波により x 方向に強く圧縮されても、 y 方向に働く体積粘性による力は考慮されない。

空間5次時間3次精度のMP5法 (Suresh & Hyunh) に体積粘性を加えて、等温ガスを仮定した銀河モデルを計算すると、Wiggle 不安定は消え、安定な衝撃波が発生する。この方法で解像度を上げるとともに体積粘性の値を下げると、大局的な密度・速度場は変わらず、衝撃波面での速度勾配が切り立ってくる (適合性)。平面衝撃波の場合は収束性も確認できた。体積粘性を考慮すると、Carbuncle 不安定や 偶奇分離 (odd-even decoupling) といった数値不安定も抑えられる。また体積粘性は Kelvin-Helmholtz 不安定を抑制しないことも確認できた。

講演ではガスの温度の違いによる銀河衝撃波の位置の変化についても議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

R06a 銀河のファラデー分散関数を用いた銀河三次元構造の解明

出口 真輔, 高橋 慶太郎 (熊本大)、赤堀 卓也 (シドニー大)

ファラデー回転の観測による従来の系外銀河の磁場研究では、磁場の情報は視線方向の積分量ないし平均値としてのみ知ることができた。これに対して、Square Kilometre Array やその試験機が実現する広帯域の偏波観測では、ファラデートモグラフィーと呼ばれる新技術が実用化され、ファラデー分散関数 (Faraday dispersion function, FDF) という視線方向の磁場と偏波の分布関数が得られるようになる。FDF は磁場だけでなく宇宙線と熱的電子の3次元情報も含んでいるため、FDF の調査は系外銀河のダイナミクスや星形成活動の研究を飛躍的に進展させると期待される。

FDF には高い潜在能力があることは明らかである一方で、FDF は実空間分布と一対一対応していないため単純ではない。そこで我々は、現実的な銀河モデル (Akahori et al. 2013) を用いて、FDF から銀河の大局的磁場、宇宙線、熱的電子の実空間分布を理解できるか統計量を用いて調べてきた (Ideguchi et al. 2014)。その結果、比較的狭い領域 ($500\text{pc} \times 500\text{pc}$) だけを観測した場合、乱流の影響でFDFの解釈が容易ではないことが分かった。そこで今回はシンプルなモデルを用いてより広域の観測を想定して計算を行った。その結果、銀河のより広い領域を観測することで、銀河のFDFがより理解しやすくなることがわかった。将来の観測の戦略を考える上で重要な結果といえる。本講演では、銀河FDFの概要とその計算結果を報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

R07b 銀河ダイナモの大局的シミュレーションと観測との比較

工藤祐己 (千葉大学), 服部誠 (東北大学), 松元亮治 (千葉大学)

銀河系の磁場構造はシンクロトロン放射強度分布やファラデー回転、ダストによる偏光等から明らかになりつつある。しかし、宇宙背景放射に含まれる偏光成分を調べるためには銀河磁場に捕捉された高エネルギー電子によるシンクロトロン偏光放射を分離し、銀河磁場による偏光面の回転 (ファラデー回転) を補正する必要がある。この補正には高銀緯に至るまでの磁場情報が必要となる。円盤部から円盤コロナにおける大局的な磁場構造と増幅・維持機構 (円盤ダイナモ) を理解するために、Nishikori et al. (2006)、Machida et al. (2013) は銀河ガス円盤の大局的な3次元磁気流体数値実験を行い、磁気回転不安定性によって円盤内部で増幅された磁束がパーカー不安定性によって浮上・流出することで円盤内部の平均磁場が準周期的に反転する円盤ダイナモが駆動されることを示した。

今回は、宇宙線の空間分布を仮定してシミュレーション結果を基に得たシンクロトロン放射強度やファラデー回転度の天球面分布を調べ、角波数に関するフーリエスペクトルを求め観測と比較した結果を報告する。大局的3次元磁気流体シミュレーション実施には近似リーマン解法の一つであるHLLD法 (Miyoshi & Kusano 2005) と数値的な磁気拡散を抑える5次精度補間法であるMP5法を実装したCANS+を用いた。銀河の重力分布はMiyamoto & Nagaiによる軸対称ポテンシャルを与え、初期に弱い方位角磁場に貫かれたガス円盤の時間発展を赤道面上下を含む計算領域で解いた。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

R08c 近傍渦巻き銀河における磁場構造の分類分け

安楽健太 (鹿児島大学院), 中西裕之 (鹿児島大学)

Fletcher et al.(2012) による M51 の磁場構造を例に見るように、渦巻き銀河には腕に沿うような形で渦巻き状の磁場構造が見られることがわかっている。また、Sofue et al.(1986) によると渦巻き状の磁場構造にも磁場の向きや形状による種類があり、軸対称構造の Axis-Symmetric Spiral (ASS) や双対象構造の Bi-Symmetric Spiral (BSS) 及び Ring の 3 種類があると考えられているが、多数のサンプルでの統一的な手法による分類はまだ不十分である。そのため、私はいくつかの近傍銀河に対し、偏波解析によるこれらの分類分けを報告する。磁場が渦巻き構造をしているということは偏波解析により容易に確かめることができるが、流入・流出の向きまでは分からない。そこで、偏波が偏波面に対して平行な磁場中を進むとき、その偏波面が回転するというファラデー回転を利用して磁場の向きを調べた。また、回転する度合いや方向は、偏波の波長や磁場の向きによって変化する。そのため、異なる波長で観測された偏波の偏波角の差を比較することで、磁場の向きを確認することができる。観測データは、VLA アーカイブより入手し各々リダクションを行った。今回は各銀河に対して 2 周波数のみを用い、その偏波角の差の正負の反転の回数を確認することで分類分けを行った。視線に対する磁場の向きを考えると、ASS では正負が 1 回反転し、BSS では正負が 2 回反転することが期待される。結果としては、今回解析した天体のほとんどに BSS の傾向が見られた。これは、これまでの先行研究を支持する結果となっており、偏波角の差の正負のみを用いた解析法の有用性と簡易性を示す。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

R09b 近赤外データを用いた近傍渦巻銀河の密度波仮説の検証

橋場康人、土居守、諸隈智貴 (東京大学)、岩田生、田中壱 (国立天文台)

密度波仮説は、銀河の渦状腕の起源を説明するために広く受け入れられてきた仮説であるが、近年の数値シミュレーションによる研究によれば、密度波仮説でなくとも渦状腕の起源を説明できるという結果が報告されている。密度波仮説では、渦状腕とガスの運動の違いにより、共回転半径の内側では渦状腕の上流から下流に向かって若い星から古い星が並ぶことが予言されるが、観測研究からも予言と一致しない銀河が報告されている。これまで、密度波仮説の検証には、 $H\alpha$ などの 10Myr までの比較的若い星の年齢指標や、UV などの減光の影響を受けやすい指標が用いられてきた。そのため、似た手法や同じ銀河を用いた研究でも、異なる結果が報告されてきた。

本研究では、減光の影響を受けにくく、より古い星の年齢指標となる近赤外データを用いて密度波仮説の検証を行った。銀河は、グランドデザインの顕著な 2 本腕を持ち、これまでの研究で密度波仮説の予言と一致しない結果が報告されている NGC 4321 を選んだ (Egusa et al. 2009, Ferreras et al 2012)。データには、VLT/HAWK-I で撮られた JHK バンドの星団カタログ (Grösbøl&Dottori 2012) を用いた。また、Subaru/MOIRCS を用いて渦状腕付近の 29 の星団の分光観測を行った。手法としては、分光観測により $Br\gamma$ が検出された ~ 6 Myr より若い星団とよい相関が得られた標準的な減光補正パラメータ $P:(H-K)-0.57\times(J-H)$ (Winkler 1997) と Starburst99 の SSP モデルの関係を用いて、銀河内の星団を $P>0$ であれば ~ 6 Myr より若い星団、 $P<0$ であれば ~ 6 Myr より古い星団に分けて、渦状腕付近でそれぞれの分布の違いを調べた。この結果、NGC 4321 については 2 本の渦状腕で密度波仮説の予言に一致する、年齢の若い星団に比べ、古い星団の方が渦状腕の下流に分布する傾向がみられた。本講演では、手法と結果の詳細について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

R10b **ASTEによる渦巻銀河 NGC 628 の CO($J = 3 - 2$) 輝線広域観測**

村岡和幸, 武田美保 (大阪府立大学), 金子紘之, 久野成夫 (筑波大学), 中西康一郎 (NAOJ), 河野孝太郎 (東京大学), 濤崎智佳 (上越教育大学), 徂徠和夫 (北海道大学)

近傍の渦巻銀河 NGC 628 に対し、ASTE 10m 鏡を使った $^{12}\text{CO}(J = 3 - 2)$ 輝線の広域観測を行ったので報告する。CO($J = 3 - 2$) 輝線の大局的な分布は、 $\text{H}\alpha$ や *Spitzer*/IRAC $8\mu\text{m}$ でトレースされる星形成領域と、銀河円盤の外縁部 (~ 7 kpc) に至るまでよく一致していた。また、BIMA SONG による CO($J = 1 - 0$) マップと合わせて CO($J = 3 - 2$)/CO($J = 1 - 0$) 比の空間分布を調べると、銀河全体にわたって 0.3 前後とほぼ一定であった。

我々は、NGC 628 および棒渦巻銀河 M 83 の CO($J = 3 - 2$) 輝線強度を、銀河の各場所で MIPS $24\mu\text{m}$ のフラックスと比較した。すると、CO($J = 3 - 2$) 強度 vs. $24\mu\text{m}$ フラックスのプロット上で、M 83 の中心領域 (1 kpc 以内) は傾き 1.29 の急峻な相関を、一方で円盤領域 (1 kpc 以遠) は傾き 0.95 の強い相関をそれぞれ示すことがわかった。さらに、NGC 628 は中心領域と円盤領域で同プロット上における分布の違いは見られず、また M 83 の円盤領域で得られた相関と CO($J = 3 - 2$) 強度の低い側でよく一致することもわかった。Krumholz & Thompson (2007, ApJ, 669, 289) によると、(HCN のような) 高密度分子ガストレーサーの輝線強度と赤外線光度を定量比較すると、平均のガス密度が高いほど赤外線光度が卓越すると言われている。このことを CO($J = 3 - 2$) 強度と $24\mu\text{m}$ フラックスの関係として読み替えると、平均のガス密度が高いほど両者の定量関係の傾きが大きくなることに相当する。従って、NGC 628 では平均のガス密度が銀河全体にわたって M 83 の円盤領域と同程度かそれ以下であることを示唆する。これは、NGC 628 における CO($J = 3 - 2$)/CO($J = 1 - 0$) 比が M 83 の中心領域での値 (> 1.0) だけでなく、円盤領域での典型的な値 (~ 0.6) と比べても低いことと矛盾しない。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

R11a M51の渦状腕における70 GHz帯の輝線観測

西村優里, 渡邊祥正, 坂井南美 (東京大学), 徂徠和夫 (北海道大学), 山本智 (東京大学)

M51は比較的近傍 ($d \sim 8.2$ Mpc) の渦巻銀河であり、CO輝線の観測によって分子ガスの分布や運動が研究が活発にされてきた。基本的な化学組成は複数の銀河中心核領域で調べられている一方で、渦状腕中の巨大分子雲 (GMC) における化学組成はこれまで調べられてこなかった。近年、M51の渦状腕に対して3 mm帯および2 mm帯のスペクトル線サーベイが行われ (Watanabe et al. 2014)、渦状腕中のGMCの平均的な化学組成が明らかになった。

しかし、この観測でカバーされていない70 GHz帯には、基本的分子の重水素化物の基本遷移 ($J = 1 - 0$) が多く含まれている。重水素化物の存在比 (重水素濃縮度) はGMCの進化段階や温度の良い指標となるため、渦状腕中のGMCの化学組成の全貌をつかむ上でこの周波数帯の観測は欠かすことができない。このような観点から、2014年5月、我々は国立天文台野辺山45m電波望遠鏡を用いて、M51の渦状腕に対し70 GHz帯の H_2CO および基本的分子の重水素化物 (DCO^+ , CCD , DCN) の基本遷移の輝線の観測を行った。およそ50時間の観測の結果、r.m.s. ノイズにして2 mK程度の高感度データを得ることができた。重水素化物の輝線は、この感度では検出までは至らなかったが、これまでにない強い上限値を決めることができた。これと3 mm帯のノーマル種の観測結果を合わせて、渦状腕中のGMCにおける重水素濃縮度の上限値を調べた。また、 H_2CO の基底状態遷移 ($1_{01} - 0_{00}$) の検出に成功した ($T_{\text{MB}} \sim 9$ mK)。2 mm帯にある $2_{02} - 1_{01}$ の輝線の観測結果と合わせて、この分子の放射領域の物理状態を調べた。これらの結果は、今後の系外銀河の化学組成の解明において、基礎的なデータとして重要な役割を果たすと期待される。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

R12a NGC 3627 の ^{12}CO と ^{13}CO 輝線のスタッキング解析: 光学的に厚くない ^{12}CO 成分存在の可能性

諸隈 佳菜 (NRO), 徂徠 和夫 (北海道大学), 渡邊 祥正 (東京大学), 久野 成夫 (筑波大学)

我々は、野辺山宇宙電波観測所の 45 m 鏡で取得された、近傍棒渦巻銀河 NGC 3627 に対する ^{12}CO 、 ^{13}CO 輝線でのマッピング観測のデータを使い、銀河の異なる領域ごとでの分子ガスの性質を比較した (分解能: 800 pc) . その際、 ^{12}CO と ^{13}CO が銀河の中で同じように運動していると仮定し、銀河全体で輝線が検出されている ^{12}CO の速度場を使い、輝線の中心速度を合わせた後にスタッキング解析することで、各領域の平均的な ^{12}CO 、 ^{13}CO スペクトルを取得し、比較に使用した . 速度を合わせないで足し合わせた場合と比べると、スペクトルの信号強度と雑音の比は最大で 1.3 倍向上し、元のデータでは輝線が見られなかった、インターアームにおける ^{13}CO 輝線の検出に成功した . ^{12}CO と ^{13}CO スペクトルの積分強度比を比較したところ、バーとインターアームにおいて積分強度の比は他の領域に比べて 2 倍程度、中心領域でも比較的高い値が得られた . これは他の領域と比べ、バーや中心領域では ^{12}CO と ^{13}CO スペクトルの各速度毎の強度の比が高く ($T_{12\text{CO}}/T_{13\text{CO}} = 22.7, 17.1$)、インターアームは ^{13}CO 輝線に対して、 ^{12}CO 輝線の線幅が広い ($\text{FWHM}_{12\text{CO}}/\text{FWHM}_{13\text{CO}} = 1.7$) ことが理由であった . またインターアームにおいて、 ^{13}CO 輝線がなく、 ^{12}CO 輝線だけ広がっている速度範囲での強度の比は、バーで得られたものより大きかった ($T_{12\text{CO}}/T_{13\text{CO}} = 26.4$) . 天の川銀河における $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ 比の動径分布を仮定すると、これらの領域の ^{12}CO 輝線の光学的厚みは、最大でも 1 前後であると見積もられ、 ^{12}CO 輝線が完全に光学的に厚くないガス成分の存在を示唆している . これは同時に、 ^{12}CO 輝線が光学的に厚いという前提のもと仮定している CO-to-H_2 変換係数の値が銀河の領域ごとに違う可能性も示唆している .

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

R13a ALMA での NGC1068 中心部の分子の観測 : CO 同位体分子の存在比の空間分布

谷口暁星, 河野孝太郎, 田村陽一, 泉拓磨 (東京大学), 高野秀路 (国立天文台, 総研大), 中島拓 (名古屋大学), 瀧崎智佳 (上越教育大学)

星間物質中の元素の同位体比は、銀河の化学進化を反映すると考えられており、特に $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ や $^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$ は星形成や金属量進化の良いトレーサーである。このような観点から、近傍銀河における爆発的星形成領域 (Starburst; SB) と活動銀河核 (AGN) の同位体比の空間分布を調べることは重要であるが、従来の望遠鏡では感度不足のため観測は困難であった。そこで本研究では、近傍の 2 型セイファート銀河である NGC1068 の中心領域 ($r < 1$ kpc) に存在する SB リングと AGN 周囲において、ALMA の初期科学観測 (Cycle 0) で得られた CO の同位体分子の複数の回転遷移輝線を用いて、物理化学状態の診断を行った。診断では ALMA データの $^{13}\text{CO}(J=1-0)$, $^{13}\text{CO}(J=3-2)$, $\text{C}^{18}\text{O}(J=1-0)$, $\text{C}^{18}\text{O}(J=3-2)$ に、OVRO の $^{12}\text{CO}(J=1-0)$ と SMA の $^{12}\text{CO}(J=3-2)$ を加えた計 6 輝線を non-LTE 解析し、運動温度 T_{kin} 、水素分子の数密度 n_{H_2} 、同位体分子の存在比 $[^{12}\text{CO}]/[^{13}\text{CO}]$ 、 $[\text{C}^{16}\text{O}]/[\text{C}^{18}\text{O}]$ について、SB リングと AGN 周囲に空間分解した分布を得ることができた。

解析の結果、 $[^{12}\text{CO}]/[^{13}\text{CO}]$ 、 $[\text{C}^{16}\text{O}]/[\text{C}^{18}\text{O}]$ の両方で、AGN 周囲の値が SB リングの 1/3 程度であることが示された。特に、 ^{18}O は大質量星で元素合成されると考えられており、AGN 周囲の高温、高密度環境が星形成に影響を及ぼした可能性が示唆される。また水素分子の数密度は過去の解析 (谷口他, 2013 年秋季年会, R35a) と矛盾ない。一方、運動温度の値は SB リングの方が AGN 周囲よりも高く、良い制限が得られていない可能性があるため、今後の検討課題である。本講演では現状の解析を踏まえ、空間分布の違いの議論を紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

R14a スターバースト銀河 M82 のスーパーウィンドの偏光分光観測によるダストフローの研究 II.

吉田道利, 川端弘治, 伊藤亮介 (広島大学), 大山陽一 (ASIAA)

スターバースト銀河には、一般に大規模なガスのアウトフロー (スーパーウィンド) が見られる。スーパーウィンドは、スターバースト領域で生まれた大質量星からの星風や頻繁に起こる超新星爆発によって加熱された星間ガスが、銀河間空間に流れ出したものであり、銀河間空間や銀河ハロの化学進化、銀河の星形成に対するフィードバック効果などを探る上で極めて重要な現象である。スーパーウィンドにはしばしば大量のダストが付随していることが知られている。こうしたダストの運動を探ることは、スターバーストによるダストの循環、放出を明らかにする上で必須であるが、これまでダストウィンドの運動学はほとんど分かっていなかった。

我々は、ウィンド中のダストによる中心核輝線放射の散乱が偏光輝線として観測されることに着目し、可視偏光分光観測によってスターバースト銀河 M82 のダストアウトフローの運動を探ることに成功した (Yoshida+ PASJ, 63, S493)。M82 のダストの速度は中心核近傍では分子ガスなどとほぼ同等であったが、銀河面から離れるに従って単調に減速し、銀河面から 1kpc 程度のところで $\sim 10 \text{ km s}^{-1}$ まで遅くなることが分かった。今回、我々は、すばる望遠鏡可視分光装置 FOCAS を用いて、この観測をさらに進め、M82 のスーパーウィンド中のより多くの箇所でのダスト運動を調べた。その結果、銀河面から離れるに従って徐々に減速しているように見えるという以前の観測結果を再確認するとともに、 $> 2 \text{ kpc}$ でダストが大きく加速されており、 $\approx 400 \text{ km s}^{-1}$ に達する高速のダストが存在することを発見した。講演では、この新しい観測から得られる M82 のダストアウトフローの構造と加速機構について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

R15b Starburst feedback and the superwind in M82: high-resolution observations of molecular gas with CARMA and Nobeyama 45-m telescopes

Dragan Salak, Naomasa Nakai (Univ. of Tsukuba), Jin Koda (Stony Brook Univ.), and Yusuke Miyamoto (Ibaraki Univ.)

M82 is a nearby (~ 3.5 Mpc) starburst galaxy with a superwind - outflow of gas and dust from the galactic central region. In order to study the relation between the central starburst and the galactic wind feedback, we have carried out multi-line observations of molecular gas (previously reported at the ASJ meeting at Tohoku Univ. R27a). High-resolution observations of CO (1-0) have now been completed with the CARMA telescope as part of the CARMA-Nobeyama Nearby Galaxies Survey (CANON). The missing flux was recovered by combining interferometer and single-dish (Nobeyama 45m) data. The angular resolution in the final data cube is $2.8'' \times 2.5''$ (~ 45 pc).

We have found that the behavior of the molecular gas outflow is related to the history of star formation based on a “two-episode” starburst model, one $\sim 10 - 50$ Myr ago, and the other ~ 5 Myr ago. Previously detected large-scale outflow (~ 2 kpc) reflects the feedback from the first starburst event that took place on a large scale in the central ~ 1 kpc of M82. The second starburst event has occurred in the 300-pc ring of molecular gas. High-resolution data reveal nascent outflows (shells) with expansion velocities of the order $50 - 100$ km s^{-1} ejected from the nuclear ring. Thus, the starburst (wind) feedback is tracing the regions of recent vigorous star formation in the nuclear ring in M82.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

R16b 棒渦巻銀河内の分子ガス輝線の光学的厚み

諸隈 佳菜 (NRO), 馬場 淳一 (東京工業大学/地球生命研究所)

我々は、円盤銀河の数値シミュレーションの結果を使い、棒渦巻銀河の各領域毎の環境の違いが、分子ガス輝線の光学的厚みの違いを生じうるのか、またどのような違いがあるのかを検証した。系外銀河の分子ガスに関する多くの研究においては、光学的に厚い一酸化炭素 ^{12}CO を観測し、その強度に CO-to- H_2 変換係数を掛けることで水素分子の量を見積もっている。CO-to- H_2 変換係数は対象となる分子ガス周りでの環境 (金属量、ISM の密度、紫外線放射場、動力的性質) によって異なることが示唆されているが、これまでの研究は対象天体周辺の輻射輸送に関係するパラメタに重点が置かれていた。しかし近年、天の川銀河や近傍銀河に対する ^{12}CO 、その同位体である ^{13}CO 輝線での観測により、銀河の中心、バー、インターアームで光学的に厚くない ^{12}CO の存在が示唆されている (諸隈 ほか、本年会)。そこで我々は、観測される分子輝線の強度に影響を与える光学的厚みに着目し、銀河スケールでのガスの動力的、熱的性質がどのように影響し得るのかを調べた。その結果、光学的厚みに比例する $\frac{N}{\Delta v T^2}$ (N : 柱密度、 Δv : 速度分散、 T : 温度) という量は、銀河の領域ごとに異なることが明らかになった。特に、インターアームとバー領域では $\frac{N}{\Delta v T^2}$ が小さく、観測結果と一致する結果が得られた。本講演では、領域毎で $\frac{N}{\Delta v T^2}$ が異なる理由を、銀河の動力的性質と比較し議論する予定である。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

R17a **Spatially resolved physical conditions of molecular gas and potential star formation tracers in M83, revealed by the Herschel SPIRE FTS**

Ronin Wu

Since the launch of the Herschel Space Observatory, our understanding about the photo-dissociation regions (PDR) has taken a step forward. In the bandwidth of the Fourier Transform Spectrometer (FTS) of the Spectral and Photometric Imaging REceiver (SPIRE) on board Herschel, ten CO rotational transitions, including J=4-3 to J=13-12, and three fine structure lines, including [CI] 609, [CI] 370, and [NII] 250 micron, are covered. In this talk, I present our findings from the FTS observations at the nuclear region of M83, based on the spatially resolved physical parameters derived from the CO spectral line energy distribution (SLED) map and the comparisons with the dust properties and star-formation tracers. I will discuss (1) the potential of using [NII] 250 and [CI] 370 micron as star-formation tracers; (2) the reliability of tracing molecular gas with CO; (3) the excitation mechanisms of warm CO; (4) the possibility of studying stellar feedback by tracing the thermal pressure of molecular gas in the nuclear region of M83.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

R18a 「あかり」による近傍銀河に存在する星間氷の観測: CO₂/H₂O 比の変化

山岸 光義, 金田 英宏, 大藪 進喜, 石原 大助 (名古屋大学), 尾中 敬 (東京大学), 下西 隆 (神戸大学), 鈴木 仁研 (SRON)

近、中間赤外線帯では、氷による吸収フィーチャーが多く観測され (例: H₂O 氷 波長 3.05 μ m, CO₂ 氷 波長 4.27 μ m)、それらには、星間環境が反映されていると考えられている。氷の中でも、特に CO₂ 氷は、H₂O 氷などとは異なり、ダスト表面上で二次的に生成されると考えられているため、氷生成環境を反映しやすいという特徴がある。したがって、CO₂/H₂O 存在量比は、氷生成環境の指標として有用である。これまで氷の研究においては、主に銀河系内や大小マゼラン雲に対して、CO₂/H₂O 比が精力的に調べられてきた。その結果、領域ごとに CO₂/H₂O 比が系統的に異なることがわかっているが、その原因については未だ良くわかっていない。

我々は、「あかり」近赤外線分光観測 (観測波長 2.5–5.0 μ m) を用いて、近傍銀河に対して CO₂/H₂O 比を系統的に調べた。全 158 天体の 1031 領域に対して近赤外線スペクトルを解析したところ、得られた CO₂/H₂O 比は 0.05–0.30 であった。CO₂/H₂O 比の違いに注目して解析を行った結果、CO₂/H₂O 比と Br α /PAH 3.3 μ m 比の間には正の相関があることがわかった。この結果は、大質量星に伴う硬い UV 放射が、CO₂/H₂O 比を増加させるために重要であることを示唆している。また、CO₂/H₂O 比と銀河の比星形成率の間にも正の相関があることがわかった。この結果は、銀河の星形成進化段階も CO₂/H₂O 比に影響を与えていることを示唆している。本発表では、これらの結果を基に、CO₂/H₂O 比の変化と、氷生成環境や銀河進化の関係について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

R19a 「あかり」IRC 撮像データによる近傍渦巻銀河の星間ダスト研究

江草芙実, 松原英雄 (宇宙航空研究開発機構), 左近樹, 尾中敬 (東京大学), 「あかり」IRC チーム

我々は、赤外線天文衛星「あかり」に搭載された近中間赤外線カメラ (InfraRed Camera; IRC) によって取得された中間赤外域撮像データを用いて、近傍渦巻銀河における星間ダストの物理状態とその空間分布を調査している。IRC の4バンド (S7、S11、L15、L24) は中間赤外域を連続的にカバーしていて、それぞれが異なるダスト成分に対応しているため、そのバンド間強度比 (カラー) は星間ダストに関する物理量を推定するのに有用である。また、 $5'' \sim 7''$ という分解能により、銀河面内での変化を議論することも可能である。

2012年春季年会 (R16b) では、近傍渦巻銀河 M51 の腕領域において S7/S11 の比が高く、その原因として PAH の電離度が腕領域で高いという可能性を報告した。また、全ダスト質量に対する PAH の存在比や温かいダスト ($T = 100\text{K}$) 成分と PAH の比についても議論した (Egusa et al. 2013)。

本講演では、同様の解析を別の近傍渦巻銀河 NGC 2403 と NGC 6946 について行った結果を報告する。前者は腕構造の顕著でない flocculent spiral、後者は M51 と同様に腕構造の顕著な grand-design spiral に分類される。解析の結果、どちらの銀河でも M51 と同様に、S7/S11 の比が腕領域で高い傾向があることがわかった。一方、2色図 (L15/S11 vs S7/S11 と L24/S11 vs S7/S11) での分布は3つの銀河で異なり、各カラー間の相関が、NGC 2403、NGC 6946、M51 の順に強くなっていることもわかった。このことと、金属量や銀河全体の星形成率が後者の銀河ほど高いこととの関連性について、各銀河の星間ダストの輻射場環境や物理状態に着目して議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

R20a 近傍高光度赤外線銀河の一酸化炭素輝線サーベイ観測

山下拓時(東工大、ISAS)、小麥真也(NAOJ)、松原英雄(ISAS)、L. Armus(Caltech)、稲見華恵(NOAO)、S. Stierwalt(U. Virginia)、河野孝太郎(東大)、伊王野大介(NAOJ)、有松亘(東大)

高光度赤外線銀河(LIRG)は赤外線光度が $\log(L_{\text{IR}}/L_{\odot}) \geq 11$ を持つ、赤外線で明るく輝く銀河である。近傍のLIRGの中心領域は非常に活発な活動を示しており、SBが狭い領域で引き起こされているだけでなく、活動銀河核やガスの落ち込みの存在なども確認されている。近傍LIRGには銀河合体の全ての段階が見られ、相互作用をしているLIRGは複数の銀河で構成されている。我々は、62個の近傍LIRGの79個の中心領域($r \sim 3.8$ kpc)に対して、分子ガス質量を推定するために野辺山45m電波望遠鏡を用いた一酸化炭素輝線 $^{12}\text{CO}(J=1-0)$ 観測を行った。結果として、近傍LIRGの中心領域には $1.7 \times 10^8 - 6.9 \times 10^9 M_{\odot}$ の分子ガスが存在することが分かった。この中心領域の分子ガス質量は銀河合体の全段階に渡ってほぼ一定であった。銀河全体の分子ガス量との比較から、平均して約70%の分子ガスが中心領域に存在しているようであり、CO分布を仮定して、COは約5-6 kpc程度広がっていると推定できた。このCOの広がり、銀河合体の前期過程に比べて後期過程で小さくなっていることも分かった。これらの結果から星形成によるガスの消費に対して、中心部へガスを供給する機構が存在することが統計的に示唆された。また、伴銀河を持つ衝突前のペア銀河において、主銀河と伴銀河の星形成活動の違いは、分子ガス量の違いとは相関を示さない。このことからペアのLIRGに見られる星形成の非対称性はガスの量以外に原因があると考えられる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

R21a **Development of the Multi-parameter Star Formation Law**

Shinya Komugi, Rie E. Miura (NAOJ), Sachiko Onodera, Katsutoyo Uchima, Yuya Tsuda (Meisei Univ.), Tomoka Tosaki (Joetsu Univ. of Education), Kentaro Motohara, Ken Tateuchi, Yutaro Kitagawa, Kotaro Kohno (Univ. of Tokyo), Nario Kuno, Hiroyuki Kaneko (Tsukuba Univ.), Kazuyuki Muraoka (Osaka Pref. Univ.), miniTAO team, NGC300 team

The MAGiC project conducted at NRO 45m telescope mapped the whole molecular disk of the nearby galaxy M33 at angular scales of individual giant molecular clouds (GMCs). Combining this data with 12CO(J=3-2) and dust continuum maps obtained at ASTE, and archival data from *Spitzer* and 2MASS, we have identified a set of fundamental relations connecting the star formation rate, dust, gas and stellar masses. This can be interpreted as a multi-parameter expansion of the well known Schmidt-Kennicutt law, that can be applied to spatial scale of GMCs. The limitation of our results in M33 was that these sets of relations were obtained in only one galaxy. The next step, clearly, was to confirm the results in a separate galaxy.

We have embarked on a large scale CO survey of NGC300, a nearby late type spiral galaxy almost identical to M33, but in the southern hemisphere at a distance of 1.9 Mpc. Over 200 hours were spent mapping the central 5.5 kpc (10') using the MOPRA telescope. The MOPRA angular resolution (33'') corresponds to 300 pcs, just enough to identify giant molecular complexes, and thus ideal for follow up observations with ALMA. Complimentary narrow band imaging in Pa α emission line was conducted using the miniTAO telescope, identifying several star forming complexes. In this talk I summarize our current results from this new galaxy.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

R22a 衝突末期段階の銀河における分子ガスの観測的研究

植田準子 (国立天文台) and the Merger Remnant Team

宇宙の主要な構成要素である銀河は、銀河同士の衝突や合体を繰り返して進化してきた。しかし、銀河同士の衝突を経て合体した銀河が、どのような形態の銀河に進化するかという点については、未解明な部分が残されている。そこで、私たちは、ミリ波/サブミリ波干渉計を用いて衝突末期段階の衝突銀河に分布する分子ガスの構造を調査し、衝突銀河の進化についての観測的考察に取り組んだ。

その結果、分子ガスが検出されたサンプルのうち80% (24/30) の衝突銀河で、分子ガス円盤を発見した。これより、合体後の衝突銀河では、ガス円盤が形成される可能性が高いことが示された。形成されている円盤の大きさは、1.1 kpc から 9.3 kpc とばらつきがあり、ガスが中心集中しているコンパクトなものから、天の川銀河に存在する分子ガス円盤に匹敵するような大規模なものまで多様である。

さらに、衝突銀河に分布する分子ガスと星の性質を、楕円銀河および円盤銀河と比較した。「分子ガスと星が分布する半径比」と「分子ガスと星の質量比」を比較した結果、約70%の衝突銀河は楕円銀河と類似した性質を示した。これらの銀河は、楕円銀河に進化していく可能性が高いと示唆される。一方、10%未満と少数ではあるが、円盤銀河と似た性質を示した衝突銀河の存在も明らかになった。このように、本研究では、衝突銀河に分布する分子ガスの特性を調べ、衝突銀河の進化の多様性を観測的に示した。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

R23a 「あかり」で見つかった (U)LIRGs の諸性質

小山舜平 (東京工業大学、ISAS/JAXA)、松原英雄 (ISAS/JAXA)、後藤友嗣 (National Tsing Hua Univ.)、大藪進喜 (名古屋大学)

星形成が活発な銀河はダストに覆われ、若い星からの放射を吸収し赤外線として再放射している。このような銀河は高光度赤外線銀河 ((U)LIRGs) と呼ばれ、銀河進化を理解する上で重要な銀河種族となっている。また、(U)LIRGs は近傍と遠方とで異なった星形成モードをもっていることが示唆されており、その特徴が赤方偏移到依存している可能性が考えられる。しかし、(U)LIRGs は近傍においては数密度が小さくレアな天体であるため、遠方と比較してサンプル数が少ないという問題がある。そのため我々は全天サーベイを行った赤外線天文衛星「あかり」の $90\ \mu\text{m}$ ソースから、赤外線天文衛星 WISE の中間赤外バンドを用いて系外銀河を抽出する方法を考案した。この方法については以前の年会で報告している (2014a-R26a)。

本研究では、この方法により作成した系外銀河サンプル約 4,000 天体のうち SDSS DR10 に分光赤方偏移のある約 1,000 天体について、WISE12 μm 、22 μm と「あかり」90 μm のデータを用いた SED フィッティングから赤外線光度の推定を行った。その結果、ULIRGs が約 50 天体、LIRGs が約 600 天体発見された。また、これら銀河について平均的な SED を求めることで、赤外線光度の大きさによって銀河の SED がどのように変化しているかについて調査した。本講演ではこれら結果について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

R24a Subaru/Hyper Suprime-Cam で探る NGC4631 相互作用銀河群の構造 I

田中幹人 (東北大学), 小宮山裕 (国立天文台), 千葉柁司 (東北大学)

今年3月よりすばる望遠鏡において共同利用観測が開始されたばかりの Hyper Suprime-Cam(HSC) の初期成果について報告する。また、我々の研究成果とともに、初めての HSC 共同利用観測がどのように行われ、データがどのような形で得られるのか、そして HSC のデータ解析の困難な点も交えて報告したい。

本研究の主目的は、銀河外縁部に分布する銀河古成分の情報を手がかりにして、銀河形成の歴史を紐解くという銀河考古学研究の一端である。これまで銀河系やアンドロメダ銀河など、局所銀河群に所属する銀河において銀河考古学は進んできたが、1Mpc より遠方の銀河の外縁部の研究は進んでいない。そこで、我々は約 7Mpc の距離に位置する NGC4631 グループを、HSC を用いて撮像観測を行った。NGC4631 は NGC4656 との相互作用システムであり、銀河間空間に HI ガスが広く分布している。そのような相互作用系の銀河ハローはこれまで研究が進んでおらず、銀河間空間における銀河古成分がどのような状態であるのかについて興味深い対象である。

観測した領域は、NGC4631 と NGC4656 を取り囲む直径約 190kpc の範囲 (HSC の視野直径 1.5° に相当) である。天候の影響により、明るい恒星 (重い主系列星や超巨星) が検出できるほどの深さにしか届かなかったが、HSC の超広視野をいかし、visual inspection によって、銀河群に付随すると思われる 6 個の矮小銀河を新たに発見することができた。今回発見した矮小銀河は明るさの観点から Local Group で言う classical dwarfs に対応しており、また、それぞれの矮小銀河の表面輝度は sersic profile で表される構造をしている。さらに、矮小銀河の絶対等級と half-light radius の関係を調べたところ、Local Group で見られるような関係と一致していた。本講演では、発見した矮小銀河の詳細とともに銀河間空間の恒星の分布についても議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

R25b 「あかり」近赤外線分光観測で探る超高光度赤外線銀河の星形成活動

矢野健一 (東京大学, ISAS/JAXA), 中川貴雄, 磯部直樹 (ISAS/JAXA), 白旗麻衣 (NAOJ)

超高光度赤外線銀河 (UltraLuminous InfraRed Galaxy; ULIRG) は、多量のダストからの熱放射により赤外線ですばやく輝く ($\geq 10^{12}L_{\odot}$) 銀河である。このクエーサーに匹敵する光度を支えるエネルギー源としては、星形成活動または活動銀河核 (Active Galactic Nuclei; AGN) が考えられている。しかし、ダストによる減光のためエネルギー源の直接観測が難しく、特にエネルギー源に対する星形成と AGN それぞれの寄与率の定量的な議論はこれまで困難であった。

我々は、ULIRG の赤外線光度への星形成の寄与率を定量的に調べるため、H I Br α 輝線 (静止波長 4.05 μm) に着目した。Br α 輝線はダスト減光の影響を受けにくい赤外線波長域にあり、ULIRG で予想される減光量 (V バンド減光量 $>15\text{mag}$) の場合には、水素再結合輝線の中で最も強く観測される。その光度 ($L_{\text{Br}\alpha}$) を星形成活動の指標と考え、全赤外線光度 (L_{IR}) と比較することで、赤外線光度への星形成の寄与率を評価した。

近傍 ($z < 0.33$) 51 個の ULIRG に対して「あかり」2.5–5.0 μm 近赤外線分光観測を行った結果、33 個において Br α 輝線を検出した。これらの銀河で $L_{\text{Br}\alpha}/L_{\text{IR}}$ 光度比を求め、可視光観測による銀河分類 (H II 銀河、LINER、Seyfert) ごとに比較したところ、LINER と Seyfert では、H II 銀河に比べ $L_{\text{Br}\alpha}/L_{\text{IR}}$ 光度比の平均値が系統的に低いことが分かった。このことから、Seyfert だけでなく LINER にも、エネルギー源として AGN が必要なことが示唆される。一方で、 $L_{\text{Br}\alpha}$ と L_{IR} を共に星形成率 ($\text{SFR}_{\text{Br}\alpha}$ と SFR_{IR}) に換算すると、 $\text{SFR}_{\text{Br}\alpha}/\text{SFR}_{\text{IR}}$ 比は H II 銀河においても平均で 0.33 にしかならなかった。この一見低い星形成率比に対する説明として、電離領域内に存在するダストが電離光子の大半 ($\sim 70\%$) を吸収していることが考えられる。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

R26c 遠赤外線連続波の主成分分析による銀河の活動の分類

公地千尋 (東京大学, ISAS/JAXA), 中川貴雄, 磯部直樹 (ISAS/JAXA), 白旗麻衣 (国立天文台), 矢野健一, 馬場俊介 (東京大学, ISAS/JAXA)

銀河の活動には星形成と活動的銀河核 (AGN) とがある。これらの活動はしばしば厚いダストに覆われた領域で行われている。したがって、このダストからの熱放射が銀河の支配的な放射となる。この放射の波長依存性から、銀河の活動性及びそのエネルギー源について調べることを試みる。そのための有効な手段のひとつが、異なる波長のフラックス比の相関 (color-color diagram) を調べることである。ただし、従来の研究ではその多くが IRAS の 4 バンドのフラックスデータを用いていた。銀河の活動は複雑であり、そのため IRAS のデータのみでは情報量の不足が問題であった。

そこで、本研究では IRAS の 4 バンドに加え、「あかり」の 9, 18, 65, 90, 140 μm の 5 バンドのフラックスデータを用いて解析を行った。解析のサンプルには IRAS Revised Bright Galaxy Sample 中の 315 個の銀河を用いた。これらと「あかり」IRC と FIS のデータとで座標マッチングを行い、さらに各銀河の可視光のフラックスを加えたデータセットを作成した。このデータセットから、各波長のフラックスと可視フラックスの比、赤外フラックス同士の比を計算し、解析のパラメタとして設定した。そして、これらのパラメタについて主成分分析を行った。

その結果、(1) 第 1 主成分は赤外フラックスの和と可視フラックスの比、(2) 第 2 主成分は IRAS と「あかり」のフラックス比、(3) 第 3 主成分は中間赤外のフラックス比であることが分かった。第 1 主成分は銀河の活動性、第 2 主成分は銀河の大きさを表すパラメタ、第 3 主成分は AGN の活動を表していると解釈できる。したがって、主成分分析は銀河の活動性とエネルギー源を調べる手段として効果的であるといえる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

R27b ALMA で探る銀河衝突による活発な星形成活動

金子紘之、久野成夫 (筑波大学)、斎藤貴之 (東京工業大学)

銀河同士の衝突によって星形成活動が活発になることは1980年代から知られている。この現象の物理的要因はトルクによる銀河中心へのガスの落ち込みを起因とするガスの高密度化として説明されている。星形成の原料は分子ガスであるので、衝突で分子ガスが星形成を起こす条件はその前段階である衝突初期の天体で既に満たされているはずである。しかし、これまでそのような着眼点に基づいた観測的研究は為されておらず、銀河衝突における分子ガスの物理状態の変化は良くわかっていなかった。

NGC 4567/4568 銀河ペアは16 Mpcと比較的近傍にある衝突ごく初期の相互作用銀河である。H α や24 μm などの星形成トレーサーから、衝突領域に複数の巨大 H II 領域が存在していること、野辺山45 m 鏡による分子ガスマッピングで同領域が高い星形成効率を持つことがわかっており、衝突によって星形成が誘発されている可能性がある。このことから、銀河衝突による星形成を理解するのに最適な天体と考えられる。

我々はALMA Cycle 1で $^{12}\text{CO}(J=1-0)$ のモザイク観測を行った。広がった成分に感度があるACA 7m アレイ (空間分解能 $12.''85 \times 8.''73 : 996 \text{ pc} \times 677 \text{ pc}$) によって巨大分子雲複合体 (GMA) が複数存在することが確認できた一方、高分解能の12 m アレイのデータ (空間分解能 $2.''00 \times 2.''00 : 155 \text{ pc} \times 155 \text{ pc}$) では対応する分子雲は検出されていないことから、かなり広がった構造を持つGMAであることがわかる。そのうち、最大のGMAの端では $10\sim 15 \text{ km s}^{-1}$ と広い速度分散を持つ領域が存在する。H α や24 μm との比較では広がった速度分散を持つ領域の外側に星形成領域が対応することから、銀河衝突により $\sim\text{kpc}$ スケールと広がったGMAが形成され、そのガス雲から星形成が誘発されている可能性がある。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

R28b **Extremely gas-rich 矮小銀河における HII 領域の分布：(1)DDO154**

高橋晴香, 小林尚人, 濱野哲史, 泉奈都子, 安井千香子 (東京大学), 近藤莊平 (京都産業大学), 辻本拓司 (国立天文台)

銀河は金属元素をほとんど含まないガス雲から誕生し、星生成を繰り返しながら金属量を増加させる形で進化してきた。現在観測されている銀河の金属量には、星質量との強い相関が知られているが (mass-metallicity relation ; Tremonti et al. 2004)、銀河の星質量が少なくなるにつれて金属量が急激に低下することに大きな特徴がある。これは従来、矮小銀河からのアフトフローによる金属汚染ガスの流出が主なメカニズムであると解釈されてきたが、その明確な観測的証拠は未だ存在せず、それ以外の様々な可能性も提案されてきている。

この具体的なメカニズムの解明には、矮小銀河の中でも進化の初期状態にあると考えられる極端に gas-rich なものが有効な観測対象になると考えられる。そこで我々は、近傍 (距離 <11Mpc) の M_{HI}/L_B 比が大きな矮小銀河に着目し、銀河内のガス、星生成、並びに金属量の分布など、内部構造の詳細な観測から具体的なメカニズムに迫る研究を進めている。その第一段階として、星形成並びに現在の金属量の指標となる「HII 領域」を、銀河の外縁部に至る広域で探査した。観測には「すばる」望遠鏡 FOCAS を用い、H 輝線の深撮像データを取得、解析した。今回は、特に近傍にあるため内部構造の詳細を見ることができる gas-rich な矮小銀河 DDO154 についての結果を紹介する。すばる望遠鏡の高感度を活かし、銀河の外縁部にこれまで報告されていない複数の HII 領域を発見した。また、すばるの高分解能によって、HII 領域の今まで知られていなかった詳細な形態も明らかになった。本講演では、HII 領域の広域での空間分布や光度関数を、他波長のデータと比較し議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

R29b NGC4388 周辺の動圧はぎ取りによる広がった X 線放射

菱右京, 藤本龍一, 小竹美里 (金沢大学), 佐藤浩介 (東京理科大)

NGC4388 はおとめ座銀河団の中心付近に位置する渦巻銀河である。この銀河の後退速度は 2540 km/s と銀河団の平均後退速度 1100 km/s に比べてはるかに大きい。すばるの観測によって、北東方向に 35 kpc に及ぶ H α 輝線が見つかっており、これは銀河団ガス (ICM) による星間ガス (ISM) の動圧はぎ取り (ram-pressure stripping) によるものと考えられている (Yoshida et al. 2002; 2004)。すざくによる X 線観測では、これまでに H α 輝線放射と一致する位置から広がった X 線放射が検出され、温度 ~ 0.6 keV の衝突電離プラズマからの放射と矛盾しない結果が得られている (小澤他 2007 年春季年会, 横田他 2008 年春季年会)。XMM-Newton の観測でもやはり銀河の北東方向に広がった X 線放射が検出され、プラズマ温度は ~ 0.2 keV と ~ 0.8 keV の 2 温度と報告されている (Weźgowiec et al. 2011)。 ~ 0.8 keV の高温成分については、ICM とはぎ取られた ISM の mixing が示唆されている。

我々は今回、すざくのデータのさらなる解析を行った。2 keV 以下の軟 X 線帯域では銀河円盤の西側にも広がった放射が見られ、一方、銀河円盤の南側では輝度が著しく減少していた。本講演ではこれらの空間構造とスペクトル情報をもとに、X 線放射の起源について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

R30b 高感度 ALMA 観測で探る暗い SMG の統計的性質

藤本征史 (東京大学), 大内正己 (東京大学), 小野宜昭 (東京大学)

Submillimeter Galaxies (SMGs) は現在の楕円銀河の祖先だと考えられており、宇宙初期の銀河の星形成活動を調べる上で重要である。一般的に SMG は $100\text{-}1000M_{\odot}/\text{yr}$ 程度の高い星形成率を持つ大質量の遠方銀河として知られている。しかし、これまで観測の感度が低く、主に明るい SMG しか調べられていない。星形成率が $100M_{\odot}/\text{yr}$ かそれ以下の暗い SMG についてはその個数密度や宇宙星形成率、宇宙赤外線背景放射への寄与などは良くわかっていない。この問題を解決するため、我々は高感度 ALMA 観測で得られたアーカイブデータを利用した。Hatsukade et al. (2013) で得られた 20 領域、Ono et al. (2014) でまとめられた 10 領域に、新たに約 20 領域の深い ALMA データを加えた合計 50 領域の 1mm 帯のデータから 1.0mJy 以下の暗い SMG を 40 個以上検出した。これらを元に個数密度を求めたところ、 $20M_{\odot}/\text{yr}$ 程度の暗い SMG までの number count を得た。本講演ではこれらの暗い SMG がもたらす宇宙星形成率、宇宙赤外線背景放射への寄与について紹介する。またダスト量や水素分子質量密度の見積もりから暗い SMGs を含めた銀河形成の描像を示す予定である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

R31b **ダークマターハローと中心ブラックホールの重力場におけるポリトロピック球対称定常銀河風の遷音速解析**

五十嵐朱夏（筑波大学）、森正夫（筑波大学）、新田伸也（筑波技術大学）

銀河風は、銀河進化に影響を与え、銀河間空間の重元素量を左右する重要な現象である。我々は、ダークマターハロー及び銀河中心ブラックホールの重力場中での球対称定常銀河風の加速過程を研究している。本研究では、ポリトロピック銀河風モデルを用いて、銀河風としての遷音速解を、多様なパラメータ空間内で、その解曲線のトポロジーによって系統的に分類している。本講演では、その結果を等温銀河風モデル (Igarashi et al. submitted) の解析結果と比較し、温度変化が銀河風の加速過程に与える影響について議論する。さらに、ダークマターハローと中心ブラックホールから成る現実的な重力場に於いても、点源重力場での Parker 解同様に、遷音速流はエントロピー最大の解であり、自発的に実現し易いことを示す。また、冷却による比熱比の変化を想定した場合の解の振る舞いについて調べ、実際の銀河で観測されている温度・密度分布が、ポリトロピック銀河風モデルによって再現可能であるかを議論する予定である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

R32a VERA による Sgr D 領域に付随する水メーザーの絶対固有運動測定

酒井大裕 (東京大学)、小山友明、永山 匠、本間希樹、小林秀行 (国立天文台)

本講演では銀河系中心方向の連続電波源 Sgr D 領域に付随する水メーザーの固有運動測定結果について報告する。銀河系中心領域は非常に卓越した非円運動をしている事が分子雲の分光観測等で得られた $l-v$ 図から知られている。そのため、この領域の構造や運動を探るためには視線速度の情報だけでは不十分であり、3次元的な速度構造や年周視差を用いた距離測定が不可欠である。今回、2008年から2011年までVERAで観測を行ったSgr D領域に付随する22 GHz帯水メーザーについて固有運動を測定する事に成功した。

Sgr D HII領域は、銀河経度 $l = 1.14^\circ$ に位置する電波連続波で、明るい領域でその正確な距離は明らかになっていない。分子輝線で観測されている輝線幅が $3-4 \text{ km s}^{-1}$ と銀河系中心部での典型的な輝線幅 ($20-30 \text{ km s}^{-1}$) に比べて狭いことから銀河系円盤部に位置するという説と、視線速度が -20 km s^{-1} であり正の銀河経度では禁止されている速度であることから卓越した非運動成分を持つ銀河系中心部に位置するという説で議論が分かれているのが現状である。いずれの場合においても、それが銀河系中心に対して手前にあるのか奥にあるのかさえ明らかになっていない。

我々はこのSgr D領域に付随する水メーザーをモニタリングすることでその絶対固有運動を測定する事に成功し、この天体が銀河系中心部に比べて手前に位置する事を明らかにし、またその固有運動の大きさからこの天体が手前側の3 kpc アームに位置する可能性を示した。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

R33a 星数密度分布から探る銀河系中心の広がった X 線の放射源

長友竣、長田哲也（京都大）、西山正吾（宮城教育大）、永山貴宏（鹿児島大）

銀河面では点源に分解できない広がった X 線が観測される。この放射の Fe 輝線が銀河系中心部において周囲とは異なった性質を持つことから、周辺部と中心部で放射源が異なる可能性が示唆されている。X 線衛星 Chandra によって高分解能での観測が可能になり、周辺部の X 線 (GRXE) は激変星 (CV) を初めとした点源から放射されていることが分かったが、中心部の放射については依然未解明で、点源説と超新星爆発等で生じた真に広がった高温プラズマ起源説の 2 つの説があり議論が続いている。

本研究では銀河系中心の拡散 X 線 (GCDX) における点源からの放射の寄与を見積もるため、まず近赤外線観測から星数密度分布を得る。銀河面の $|l| < 2^\circ$ における近赤外線データは取得済みである (Nishiyama et al. 2013 and references therein)。そこで今回は、Fe XXV 輝線強度が観測されている GRXE 領域 $|l| \sim 8^\circ$ の 2 箇所 (Yamauchi et al. 2009) に注目した。これら 2 つの領域の星数密度分布取得のため、我々は IRSF/SIRIUS を用いて 1 領域あたり 10 秒積分 \times 10 dithering (有効積分時間 100 秒) \times 9 視野の観測を新たに行い、J, H, K バンド撮像データを得た。これらのデータは、1 視野あたり約 9000 個の星 (飽和した星を除く) を含んでいる。これらの観測と Fe XXV 輝線分布を比較することにより得られた点源からの寄与への制限、および点源以外の放射源の可能性について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

R34a 銀河系ハローと厚い円盤における M 型星欠乏

小西美穂子, 芝井 広, 住 貴宏, 深川美里 (大阪大), 松尾太郎 (京都大), Matthias S. Samland (Heidelberg Univ.), 山本広大 (京都大), 須藤 淳 (大阪大), 伊藤洋一 (兵庫県立大), 有本信雄 (国立天文台、総研大), 鍛冶澤 賢 (愛媛大), SEEDS チーム

本研究の目的は、直接撮像による太陽系外惑星探査を行う場合、視野内に検出される銀河系内の恒星数を推定することである。観測される惑星候補の視等級は H バンド ($1.6 \mu\text{m}$) で 16 等から 22 等程度である。この等級範囲内で検出される恒星数を、銀河系内の恒星分布モデルを用いて推定したい。しかしながら、このような近赤外線では暗い恒星が既存の恒星分布モデルに従うのかに関して、先行研究では十分に精査されていない。

そこで、近赤外線深撮像観測で検出された恒星数と、標準的な銀河系の恒星分布モデルから計算した予想数を比較した。使用したデータは、すばる望遠鏡やハッブル宇宙望遠鏡で観測された南北 GOODS 領域のデータである。恒星分布モデルとして銀河系薄い円盤・厚い円盤・ハローの三成分を考慮し、太陽近傍の星の個数密度をもとにスペクトル型ごとの予想数を算出した。比較の結果、 $H > 20.5 \text{ mag}$ の恒星検出数はその予想数に比べて少ないことが分かった。モデル計算から、その明るさの恒星は 80% 以上がハローや厚い円盤に属する M 型星だと予測された。検出数と一致させるためには、厚い円盤についてはスケールハイトを小さくする ($\sim 600 \text{ pc}$) か、M 型星の個数密度を太陽近傍に比べて少なく ($52 \pm 13\%$) すればよい。それに加えて、ハローの M 型星の個数密度を $20 \pm 13\%$ に減らせば良いことが分かった。すなわち、銀河面から遠く離れた領域 (銀河系ハローと厚い円盤) では、太陽近傍の星の個数密度からの推定より M 型星が欠乏していることが示唆された。

尚、当初の目的である、太陽系外惑星探査への応用についても言及する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

R35a 「すざく」衛星によって観測された渦巻銀河 M31 中心部の重元素組成比

長谷川俊介, 松下恭子, 佐藤浩介 (東理大理), 小波さおり (首都大理工), 高橋弘充 (広島大理)

渦巻銀河には広がった高温ガスが X 線で観測されており、含まれる元素量やその分布を調べる事が可能である。高温ガス中の元素は超新星爆発や星からの質量放出によって供給されたと考えられており、酸素やマグネシウムは主に重力崩壊型超新星爆発から供給されるが、鉄やケイ素は炭素爆燃型超新星爆発からも供給される。よってこれらの元素比から 2 種類の超新星爆発の寄与が調べることができ、銀河の化学進化過程や現在の超新星活動の手がかりを得られる。実際 X 線天文衛星「すざく」で求めた渦巻銀河 NGC4258 の高温ガスの重元素組成は、太陽組成に近い値であった (Konami et al. 2009)。一方、スターバースト銀河 M82 の銀河風領域に広がる高温ガスの酸素、ネオン、マグネシウムの元素組成比は太陽組成比より 2~3 倍ほど高く、この結果から星形成活動が活発な銀河の高温ガスには重力崩壊型超新星爆発により供給される元素が多いと予想される (Konami et al. 2011)。

ASCA、XMM 衛星により渦巻銀河 M31 のバルジに広がる高温ガスの放射の兆候が見られ、そのスペクトルは 0.6/0.3/0.1 keV の 3 温度の熱的放射で良く再現された (Takahashi et al. 2001,2004)。加えて、XMM 衛星搭載回折格子検出器の観測から中心領域 (数分) での高温ガスの輝線が確認され、酸素と鉄のアバundance比は 0.3 太陽組成比程度であった (Liu et al. 2010)。我々は「すざく」衛星に搭載された X 線 CCD 検出器 (視野 18 分角) による M31 中心領域のスペクトル解析を行い、酸素、マグネシウム、鉄の輝線を検出した。M31 内の点源による影響も、高い角度分解能を持つ Chandra 衛星を用いて評価を行った。各元素と鉄のアバundance比を取ると、中心 ~ 3 分領域では太陽組成よりも低くなったが、それより外側では太陽組成と同程度になった。本講演では M31 の酸素、マグネシウム/鉄比を他の渦巻銀河と比較し、超新星爆発の寄与について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

R36a 銀河の化学力学進化モデルから探る r プロセス起源天体

平居悠 (東京大学), 石丸友里 (国際基督教大学), 斎藤貴之 (東京工業大学), 藤井通子 (国立天文台), 梶野敏貴 (国立天文台, 東京大学)

銀河内における重元素の空間分布と頻度分布は、銀河進化に伴う星形成史を反映するはずである。重元素の空間分布と星形成史の関係を理解するためには、化学進化と力学進化を同時に計算する必要がある。また、化学力学進化モデルに基づき、元素の起源を議論することが可能である。特に、r プロセス由来の元素 (r プロセス元素) の起源の候補には、主に重力崩壊型超新星爆発と中性子星合体が考えられているが、どちらが有力な起源か明らかになっていない。近年の高分散分光観測により、銀河系及びその周りの矮小銀河中の恒星の r プロセス元素組成が明らかになりつつある。本研究は、銀河の化学力学進化モデルを用いて、r プロセス元素の起源を議論することを目的とする。そのために、 N 体/Smoothed Particle Hydrodynamics コード ASURA に超新星爆発、中性子星合体に伴うエネルギーと重元素のフィードバックの効果を取り入れた化学力学進化モデルを新たに構築した。

本講演では、ASURA によって、ろくぶんぎ座矮小銀河、ちょうこくしつ座矮小銀河、ろ座矮小銀河に対応する、全質量 $3, 5, 7 \times 10^8 M_{\odot}$ の矮小銀河モデルに関して化学力学進化計算を行った結果を報告する。まず、矮小銀河モデルの金属量分布、質量-金属量関係が観測を再現できることを示す。続いて、r プロセス元素の代表例であるユーロピウム (Eu) の $[\text{Eu}/\text{Fe}]$ の時間変化について計算した結果と、矮小銀河における観測値を比較する。さらに、星形成率、超新星のフィードバックと化学進化の関係を考察する。Argast et al. (2004) では、中性子星合体に一億年程度を要すると、 $[\text{Fe}/\text{H}] < -2.5$ で高い $[\text{Eu}/\text{Fe}]$ を持つ星を説明できないという問題が指摘された。本講演では、化学力学進化の観点から、中性子星合体で、低金属量で $[\text{Eu}/\text{Fe}]$ の高い星が説明できるか議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

R37a 三次元非一様化学進化モデルを用いた軽い中性子捕獲元素の起源の研究

荒尾幸絵, 石丸友里 (国際基督教大学), 和南城伸也 (理化学研究所)

ハローの金属欠乏星の化学組成からは、銀河系初期の星の元素合成についての手がかりが得られる。これらの星の重元素と鉄の相対組成比 $[X/Fe]$ と金属量 $[Fe/H]$ との相関関係やその分散は、元素によって大きく異なることが知られている。とりわけ、中性子捕獲元素と呼ばれる Sr, Ba, Eu などの鉄より重い元素の $[X/Fe]$ の観測値には、他の元素に比べ非常に大きな分散が見られる。この大きな分散の一つの解釈として、初期のハローでは星間ガスの元素組成比に空間的な非一様性があり、中性子捕獲元素は限られた天体のみで合成されたと考えられる。

その一方、金属欠乏星の $[Ba/Eu]$ の分散は小さいことから Ba と Eu の起源は同一とみなすことができる。これに対し、金属欠乏星の $[Sr/Ba]$ の分散は大きいことから、Sr のような軽い中性子捕獲元素には、銀河系進化初期ではより重い元素とは異なる起源があったと考えられる。これらの星は銀河進化初期、すなわち s プロセスの元素合成が行われる以前に形成されたと考えられる星であるため、s プロセスではこれらの星における Sr の過剰を説明することはできない。

しかし最近 Wanajo, Janka, Müller (2011,2013) によって、超新星爆発に至る流体力学を考慮した元素合成モデルを用いて、8-10 M_{\odot} 程度の比較的低質量の星では「電子捕獲型超新星爆発」によって Zn から Zr (原子番号 3040 程度) までの元素が十分に合成できることが示された。そこで本研究で開発した三次元非一様化学進化モデルを用いて、Sr の相対組成比の頻度分布を予測する。その結果を観測データと比較し、さらに先の学会で発表した Zn の起源についての議論との整合性を考慮した上で、電子捕獲型超新星爆発が Sr の起源となり得るかを検討する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

R38a 化学進化からみる矮小銀河の形態と進化過程の違い

深川奈桜、石丸友里（国際基督教大学）

矮小銀河は、主に矮小楕円体銀河と矮小不規則銀河に分類されるが、矮小銀河の形態がなぜ異なるかは明らかではない。一方、矮小銀河の観測的特徴として、形態によらず銀河質量と金属量の間に関連関係が見られる。この質量-金属量関係を説明できる仮説として、銀河の質量による星間ガスの流出率 (Kirby et al. 2013) や初期質量関数 (Köppen et al. 2007) の違いなどが挙げられている。矮小銀河の進化過程を決める主たる物理量を特定するためには、金属量分布や星の元素組成比も考慮しなければならないはずである。

本研究では、質量-金属量関係に加え、1. 金属量分布、2. 星と星間ガスの質量比、3. 鉄に対する α 元素の元素組成比 $[\alpha/\text{Fe}]$ を考慮に入れ、矮小銀河の進化過程について議論した。具体的には、孤立系、星間ガスの降着あるいは流出がある系についての3種類の化学進化モデルを用いた。これらのモデルにおいて銀河の進化過程を決める物理量は、星形成率、星間ガスの降着あるいは流出率、初期質量関数である。モデルによる予測と観測データとの比較を行い、局所銀河群の個々の矮小銀河について、観測結果を再現できるような物理量の範囲を特定した。矮小楕円体銀河と矮小不規則銀河で、モデルや物理量の範囲に違いがあるかを検討した。また、質量-金属量関係を用い、質量とモデルパラメータの振る舞いが形態や質量により異なるかどうかを調べた。結果として、少なくとも矮小楕円体銀河については、質量が大きいほど、星間ガスの流出率が低い、星形成効率が低い、大質量星が形成されやすい可能性があることが示唆された。矮小不規則銀河については、現在も星間ガスが銀河に存在するため、星形成効率が低い必要があることが分かった。矮小銀河の形態とモデルパラメータについて議論する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

R39a 星生成史に従ってモデル計算した矮小楕円体銀河の化学進化

本間英智, 村山卓 (東北大学), 小林正和, 谷口義明 (愛媛大学)

大型望遠鏡による矮小楕円体銀河 (dSph) の分光観測により、dSph を構成する星の元素組成や金属量分布が測定できるようになってきた。これらの結果を用いた dSph の化学進化に関する研究が盛んに行われているが、化学進化モデルからは 1 Gyr 程度という比較的短い星生成期間が得られている (Kirby et al. 2011; 以下、K11)。一方、dSph の測光観測で得られた色等級図からは、数 Gyr 以上の星生成期間が導かれており、化学進化モデルの結果と矛盾する。そこで我々は、色等級図と無矛盾な化学進化を導くことを目的に、色等級図から推定される星生成史に従って化学進化を計算し、金属量分布と比較するモデルを新たに構築した (Homma et al., in prep.)。

このモデルを用いて、色等級図と金属量分布の両方が得られている Fornax、Sculptor、Leo II、Sextans について解析を行った結果、Sextans を除く 3 天体で色等級図から得られた星生成史を用いて金属量分布を再現することができた。我々のモデルから得られたガスの流出効率は、K11 モデルの値と同程度になった。また、星生成効率は、K11 モデルの値より低く、現在星生成している矮小不規則銀河と同程度の値となった。星生成から Ia 型超新星が発生し始めるまでの遅延時間に対しては、銀河サーベイ観測や理論研究から推定されている遅延時間 (約 0.1 Gyr) では観測された元素組成比を過小評価してしまうため、より長い遅延時間 (約 0.5 Gyr) が必要となることが分かった。この遅延時間の違いが生じる原因としては、低金属量環境における Ia 型超新星の形成条件や、星間ガスの混合時間などが考えられる。本講演では、測光観測による色等級図と、分光観測による化学的性質の両方を同時に扱う我々のモデルによって明かになった、dSph の化学進化のこれらの特徴について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

R40a SSA22 領域における Ly 輝線の EW が大きい LAEs

大塚拓也, 山田亨 (東北大学), 松田有一 (国立天文台), 林野友紀 (東北大学)

近年高赤方偏移で、Ly 輝線における Equivalent Width(EW) の値が近傍の銀河の性質では説明できないほど大きな値を示している Lyman Alpha Emitters(LAEs) が見つかっている (e.g. Malhotra & Rhoads 2002, Kashikawa et al. 2012, Zheng et al. 2013)。これらの LAEs がこれほど大きな EW を示す要因の候補として主に、高温の星または AGN による光電離、ガスの重力収縮に伴う冷却放射による衝突励起、スターバーストで引き起こされる銀河風による衝突励起・電離があげられるが、未だどの要因によるものかは明確にはわかっておらず、これを解明することは銀河の進化や宇宙史を理解する上で非常に重要なことである。

この問題を解明するために、本研究では特に $z=3.1$ の高密度領域である SSA22 領域における LAEs に着目して研究を行っている。この領域の LAEs は、狭帯域撮像データを用いて輝線の広がりを考慮した測光アパーチャを使い EW を求めた場合、 250\AA 以上の EW を示す銀河の割合が全体の 22 % であり、同じ赤方偏移の一般領域の割合である 4 % よりも大きな値を示していることから、Ly 輝線の EW が一般領域よりも大きいことが言える。

SSA22 領域の LAEs がなぜ大きな EW を示すのかを解明するために Keck/DEIMOS による、それら LAEs の静止系紫外線波長域を狙った分光観測を行った。本研究ではこのデータの解析を行った。その結果、金属量がゼロである天体が含まれている可能性を示す HeII 輝線や AGN であるならば観測されるはずであろう NV 輝線と CIV 輝線が検出されなかった。またこれらの Ly 輝線の輝線幅は非常に狭いことが確認できた。

この結果から、SSA22 領域の LAEs の Ly 輝線における EW を大きくしている要因は、AGN による光電離である可能性が低いことが明らかになった。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

R41a 赤方偏移4の星形成銀河のスペクトルスロープ と空間相関

山中郷史、山田亨（東北大学）

星形成銀河の物理的性質を評価するパラメーターの一つに静止系紫外線波長域のスペクトルスロープ β と呼ばれるものがある。 β とは銀河の紫外線波長域における単位波長あたりのフラックスを近似的に $f_\lambda \propto \lambda^\beta$ と表した際の指数を指す。これまでの研究では赤方偏移4程度の Lyman Break 銀河は $\beta \sim -1.7$ の値を持ち高赤方偏移ほど負に大きい値をもつことがわかっている (e.g., Bouwens et al.2012,2013, Finkelstein et al.2012)。一般に β は銀河のダスト減光量、年齢、金属量を反映し、負に大きい (=青い) 銀河ほどダスト減光が少ない、若い、金属量の低い性質を持つと考えられている。よって β の値が負に大きい青い銀河とはその年代では比較的に進化の遅い系であり、宇宙初期の状態を残した系であるとも考えられる。そこで本研究ではこの β と空間相関に初めて着目して、SXDS 領域の比較的明るい ($M_{UV,AB} \sim -21$) 星形成銀河について解析を行った。解析には既存の Subaru/BVRi'-band の撮像データ (Furusawa et al.2008) に加え、新しい Subaru/z'-band (Furusawa et al.)、UKIRT/JHK-band (UKIDSS-DR10) の撮像データを主に用いた。星形成銀河としては赤方偏移4の Lyman Break 銀河を選び出している。

選び出した銀河の β と絶対光度を調べると、先行研究と同様に暗い銀河ほど β は負に大きく青い傾向を示すことがわかった。この上で β の値でサンプルをいくつかに分け、それぞれ角自己相関関数を求め空間相関を評価した。この結果大きいスケール ($\theta > 30''$) では β の値による相関の違いは有意に見られなかった。サンプルごとに個々の銀河の物理的性質を比べると、ダスト減光量以外に明確な違いが見られないことがわかった。よって今回の結果は、若く金属量の低い性質を持った十分に β の青い銀河を選び出せていないことが原因と考えられる。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

R42c

Scientific Prospects and photo-z simulation of the SWIMS-18 survey

山元萌黄 (総合研究大学院大学), 児玉忠恭, 但木謙一, 林将夫 (国立天文台), 小山祐世 (JAXA), 嶋川里澄, 鈴木智子 (総合研究大学院大学), 本原顕太郎 (東京大学天文センター), 他 SWIMS-18 プロジェクトメンバー

これまで我々のグループでは、銀河形成最盛期 ($0.4 < z < 2.5$) において銀河団とフィールドの両方を観測対象とし、それぞれにおいて星形成やブラックホールの成長、フィードバック、形態獲得がどの時代に、どのような環境下でどのように起きたのか、そしてそれらの相互の関連性について研究を行ってきた。しかしながら、フィールド銀河の探査領域がまだ狭領域 (約 200 平方分領域) かつ $z = 2$ 付近に限られ、銀河団領域は特に明るい原子銀河団に限られている等、cosmic variance や、サンプルの偏りによる一般化の困難が問題になっている。そのため、さらに広い 1 平方度規模の無バイアスなサーベイが必要になってくる。

そして、現在 SWIMS-18 サーベイというプロジェクトを計画し推進している。これは TAO 望遠鏡に載せる SWIMS という近赤外線撮像分光装置をすばる望遠鏡に搭載し、 $1.5 < z < 5$ の時代を時間と環境軸で網羅し、18 枚のフィルターにより超多色の大規模銀河サーベイを行おうというものである。特に大きな特長として、マゼラン望遠鏡で行われている同種の ZFOURGE プロジェクトが 5 枚の medium-band filter を使っていたのに対し、SWIMS-18 では 9 枚の medium-band filter を用いることで、より photo-z の精度を高め、かつ $z \sim 5$ までの銀河の観測が可能になる。また、遠方銀河で特に強い $H\alpha$ 輝線と [OIII] の輝線を共に捕らえる 4 組のペアをなす計 6 枚の narrow-band filter を用いることで、high-z における確実でかつユニークな輝線銀河サンプルを構築することができる。現在、上で述べた medium-band のデータを用いた photo-z simulation を行っている。今回は主にその結果を報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

【S. 活動銀河核】

9月12日(金)午後(13:30-15:30) [H会場]

S01a	13:30	ALMA で探る活動銀河核コロナ加熱機構 井上芳幸 (宇宙航空研究開発機構)
S02a	13:42	Ultra Fast Outflow のラインフォース駆動型円盤風モデル I; 流体シミュレーション 野村真理子 (国立天文台)
S03a	13:54	Ultra Fast Outflow のラインフォース駆動型円盤風モデル II; スペクトル合成 吉田鉄生 (国立天文台)
S04a	14:06	相対論的アウトフローの放射流体モデル II 中田めぐみ (日本大学)
S05a	14:18	ボルツマン方程式による一般相対論的輻射輸送シミュレーション 高橋芳太 (苫小牧工業高等専門学校)
S06a	14:30	降着流中での乱流加速と宇宙線陽子・ニュートリノ生成 木村成生 (大阪大学)
S07b	14:42	「あかり」赤外線全天サーベイカタログと MAXI 全天 X 線カタログを用いた近傍活動銀河核の調査 磯部直樹 (宇宙航空研究開発機構)
S08b	14:42	母銀河からの赤外線放射の影響を考慮した活動銀河核ダストトラスの赤方偏移依存性の検証 鳥羽儀樹 (愛媛大学)
S09b	14:42	高赤方偏移クェーサー光度関数の正確な測定に向けた BOSS クェーサースペクトルの光度依存性の調査 仁井田真奈 (愛媛大学)
S10c		MAXI によるセイファート銀河 X 線時間変動のパワースペクトル推定 上野史郎 (宇宙航空研究開発機構)
S11b	14:54	「すざく」で観測された PG クェーサー X 線スペクトルの主成分分析 鮫島寛明 (宇宙航空研究開発機構)
S12b	14:54	MAXI によるセイファート銀河の X 線食現象の探査 杉本樹梨 (理化学研究所/立教大学)
S13b	14:54	No Microwave Flare of Sgr A* around the G2 Periastron Passing Masato Tsuboi (宇宙航空研究開発機構)
S14b	15:06	狭輝線 1 型セイファート銀河 PG1244+026 の X 線時間変動解析 桑原啓介 (首都大学東京)
S15b	15:06	すざく衛星による radio-loud な狭輝線セイファート 1 型銀河 1H 0323+342 の X 線観測 白川裕章 (広島大学)
S16b	15:06	ブレーザーの光度変動と降着円盤の関係性の調査 笹田真人 (京都大学)
S17b	15:18	ブレーザー OJ 287 のガンマ線増光と新ジェット成分生成の関係 澤田-佐藤 聡子 (国立天文台)
S18b	15:18	ALMA による kpc ジェットからのミリ波サブミリ波放射の検出 永井 洋 (国立天文台)
S19b	15:18	電子・陽電子対プラズマの相対論的アウトフロー (放射流体モデル) 岩本弘一 (日本大学)

9月13日(土)午前(09:30-11:18) [H会場]

S20a	09:30	Ultra-high-frequency-peaked BL Lac object の超高エネルギー陽子起源放射モデル 井上 進 (Max-Planck-Institut für Physik、東京大学宇宙線研究所)
S21a	09:42	M87 ジェット最深部のサブミリ波放射領域における磁場強度 紀 基樹 (KASI)
S22a	09:54	GeV ガンマ線短時間変動に基づくブレーザージェットの放射機構の探査 斉藤新也 (宇宙航空研究開発機構)
S23a	10:06	かなた望遠鏡による活動銀河核の可視光・X 線・ガンマ線での相関の探査 河口賢至 (広島大学)
S24a	10:18	GENJI プログラム: VLBI モニター観測による電波銀河 3C 84 の sub-pc スケールジェットの運動 日浦皓一郎 (北海道大学)

(次頁に続く)

【S. 活動銀河核】

S25a	10:30	Suzaku By-Week Monitoring of the Galactic Center Sgr A* in X-rays (II)	前田良知 (宇宙航空研究開発機構)
S26a	10:42	すざく衛星による活動銀河核の硬 X 線軟ガンマ線スペクトルの時間変動	深沢泰司 (広島大学)
S27a	10:54	すざく衛星による Centaurus A Northern Lobe の X 線観測	田中康之 (広島大学)
S28a	11:06	相対論的ジェットに付随するコクーンの内部構造	水田 晃 (理化学研究所)
9月13日(土)午後(13:30-15:18) [H会場]			
S29a	13:30	セイファート NGC 3227 が示す巨大ブラックホールへの降着流の状態遷移	野田博文 (理化学研究所)
S30a	13:42	クエーサー紫外-可視域スペクトル変動データから得られる Inhomogeneous Accretion Disk Model への制限	小久保充 (東京大学)
S31a	13:54	部分吸収モデルを用いた狭輝線 1 型セイファート銀河の X 線解析	山崎廣樹 (東京大学/宇宙航空研究開発機構)
S32a	14:06	反射成分が卓越した活動銀河核 NGC6552 の「すざく」による観測	河野貴文 (広島大学)
S33a	14:18	フレームワーク MONACO を用いた活動銀河核トラスの X 線スペクトルシミュレーション	古井俊也 (広島大学)
S34a	14:30	活動的銀河における高励起分子ガスと高温ダストとの分布の違い	中川貴雄 (宇宙航空研究開発機構)
S35a	14:42	高赤方偏移クエーサーのダストトラス進化	大藪進喜 (名古屋大学)
S36a	14:54	ダスト減光効果を考慮した準解析的モデルによるクエーサー光度関数の研究	白方 光 (北海道大学)
S37a	15:06	ダストに隠された活動銀河核に適用可能なブラックホール質量測定法	峰崎岳夫 (東京大学)

S01a ALMA で探る活動銀河核コロナ加熱機構

井上芳幸, 土居明広 (宇宙科学研究所)

活動銀河核には高温コロナが存在することが知られているが、その加熱機構は未解明である。有力な説として磁気リコネクション加熱説が提唱されているが、コロナの磁場強度は測定されておらず、具体的なことはわかっていない。本講演では、近傍 AGN のサブミリ波観測によりコロナの磁場を探る手法を紹介する。コロナには多量の高温電子と少量の非熱的電子が存在すると考えられている。したがって、コロナの磁場強度が十分強ければ、シンクロトロン放射が期待できる。しかし、同時にシンクロトロン自己吸収の影響によりほとんどの放射が吸収されてしまう可能性もある。ここで、サブミリ波帯域に表れるシンクロトロン放射の高周波側は吸収の影響が弱いため、自己吸収の影響を受けずにコロナから脱出できる。熱的電子のみがコロナに存在する場合は、ALMA でも観測は難しいが、ごく少数の非熱的電子が存在すれば、ALMA でも十分観測可能である。このような非熱的電子は磁気リコネクションが起こっていれば存在しているはずであり、また宇宙 MeV ガンマ線背景放射を活動銀河核で説明できる可能性がある。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

S02a Ultra Fast Outflow のラインフォース駆動型円盤風モデル I; 流体シミュレーション

野村真理子 (NAOJ), 大須賀健 (NAOJ/総研大), 高橋博之 (NAOJ), 和田桂一 (鹿児島大学)

活動銀河核 (AGN) の輻射スペクトルに青方偏移した吸収線が発見され、ジェットとは異なるアウトフローがあることがわかってきた。特に Ultra Fast Outflow (UFO) と呼ばれるアウトフローは Seyfert 銀河の約半数で観測されており、速度や質量放出率が大きいことから巨大ブラックホールの成長過程や、母銀河の星形成にも影響している可能性がある (e.g., Tombesi et al. 2010)。アウトフローの正体は降着円盤表面から噴出する円盤風であると考えられているが、その噴出メカニズムや構造は不明である。

我々は有力なモデルの一つであるラインフォース駆動型円盤風 (Proga et al. 2000, 2004, Risaliti & Elvis 2010) の輻射流体シミュレーションを行った。この円盤風は中間電離状態の金属元素が UV 光子を束縛-束縛遷移で吸収する際に受ける力 (ラインフォース) によって加速される。計算の結果、開口角 $\sim 60^\circ$ 、速度が光速の 10 – 30% の円盤風が噴出し、電離度や速度、柱密度がおおよそ UFO の X 線観測から示唆される値と一致した (2014 年春季年会)。本講演ではこれまで得られた結果と共に、Narrow-line Seyfert 1 のようなブラックホール質量が小さく X 線が強い AGN にモデルを適用した場合や、円盤表面の状態 (密度等) が変わった場合について、円盤風の構造と UFO の検出の有無について調査した結果を報告する。またこのシミュレーション結果を元にした輻射スペクトルについては吉田鉄生氏の講演で示す。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

S03a Ultra Fast Outflow のラインフォース駆動型円盤風モデル II; スペクトル合成

吉田鉄生, 野村真理子 (NAOJ), 大須賀健 (NAOJ/総研大), 海老沢研, 辻本匡弘, 中川友進 (ISAS)

活動銀河核や X 線連星を構成するブラックホールなどのコンパクト星は、質量降着を通して重力エネルギーを解放することで輝いている。近年の理論的研究によって、コンパクト星への降着現象には多くの場合 outflow を伴うことが明らかになってきた。実際、青方偏移した重元素の吸収線や吸収端が活動銀河核等から検出されており、これは「我々の方向に向かって動いている電離吸収体 (すなわち outflow) の存在」を示していると考えられる。将来的には、2015 年打ち上げ予定の Astro-H に搭載される X 線マイクロカロリメータ (6 keV 付近で分解能 $E/\Delta E \sim 1000$) によって、outflow の情報を含んだ非常に詳細なプロファイルが観測されるだろう。

しかし Astro-H で検出されるであろう吸収線/吸収端プロファイルは複雑すぎるため、解釈が容易ではない。なぜならば、降着現象に outflow が伴う系では輻射力が力学を支配するので流体計算と輻射輸送を“同時に”解く必要があるが、これは現在の計算機的能力上不可能であるからだ。そこで我々は、流体計算結果がすでに与えられたものとして、それに基づいて輻射輸送を解き、スペクトル合成を行うというアプローチを採用した。すなわち、前講演 (野村ら) の流体シミュレーションで得られた極座標 (r, θ) における outflow の密度分布/速度分布を基に、輻射輸送計算コード “Cloudy” を用いることで r 方向に積分したスペクトルを計算した。本講演では、スペクトル計算によって得られた吸収線/吸収端プロファイル、および各 θ 方向から観測されるスペクトルの違いについて報告する。また、Astro-H によって得られるであろう予想観測スペクトルも提示する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

S04a 相対論的アウトフローの放射流体モデルⅡ

中田めぐみ, 岩本弘一 (日本大学)

活動銀河核 (AGN) やガンマ線バースト (GRB) など多くの天体現象で相対論的アウトフロー (プラズマの噴出流) が存在することが知られている。本研究では, AGN を想定し, ブラックホール近傍から噴出するガスと放射からなる定常的なアウトフローを, Schwarzschild 時空における放射流体の式に基づいて考察する。このようなアウトフロー解は, ガス圧を無視した場合に, 速度に依存する Eddington 因子を用いて, Akizuki & Fukue (2009) [1] により求められている。また, Nakada & Iwamoto (2014)[2] は, ガス圧も考慮して同様な一般相対論的放射流体の式を解いて, 音速がある程度大きい (ガス温度が高い) 場合に $\Gamma \sim 10$ 程度まで加速される光学的に厚いアウトフロー解を求めた。本研究では, Nakada & Iwamoto (2014)[2] と同じく, アウトフローの開き角が一定の球対称定常な流れを考え, アウトフローの開始点付近が光学的に厚いと仮定した。また, 光球付近より外側の光学的に薄い部分では放射輸送方程式の解を考慮し, アウトフローの終端速度を計算した。ローレンツ因子が $\Gamma \sim 10$ 程度まで加速される流れを考えるため, アウトフローの速度が $\beta = c/\sqrt{3}$ (c は光速) となる臨界点で, 低速部分と高速部分を接続し, 全体のアウトフロー解を求めた。そして, ブラックホールの質量 M_{BH} , アウトフローの質量放出率 \dot{M} , 臨界点付近でのガスの音速 c_s (温度), アウトフローの先端における終端ローレンツ因子 Γ_∞ の関係を求めた。今回はとくに, パラメータサーベイを広範囲で行った結果や, アウトフローの速度分布や終端ローレンツ因子がプラズマの種類にどのように依存するかを調べた結果について報告する。

References [1] Akizuki & Fukue, PASJ 61, 543, 2009, [2] Nakada & Iwamoto, ASJ meeting in March of 2014

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

S05a **ボルツマン方程式による一般相対論的輻射輸送シミュレーション**

高橋 芳太 (苫小牧高専), 梅村 雅之 (筑波大)

本研究では光子ボルツマン方程式(輻射輸送方程式)を直接数値計算することにより、ブラックホール時空中での一般相対論的な光子輻射場を計算した。このために位相空間(位置空間と運動量空間)で定義される不変輝度(invariant intensity)を直接数値計算した。計算は位相空間を全て満たすように張られたメッシュを用いて行い、このメッシュ上でボルツマン方程式(輻射輸送方程式)を数値的に解いた。この際、ブラックホール時空中での光の測地線を計算する必要があるが、測地線に沿った積分の定数が数値計算の精度の範囲内で一定に保たれているものを用いた。次に、直接、数値的に計算した不変輝度を運動量空間で積分(つまり、エネルギー積分と方向積分)することにより、輻射輸送テンソルの全成分を計算した。つまり、今回の計算では過去の輻射輸送計算で用いられているような closure relation を仮定する必要がない。

以上の数値コードを用い、複数のテスト計算を行った。計算はすべて回転ブラックホール時空中で行った。ブラックホール時空として定常回転ブラックホールであるカー時空を仮定し、ホライズンに座標特異性のないカー・シルド座標を用いた。ブラックホールの背景から来る光子場の伝搬を解く問題(シャドウ・テスト)、光子波面の伝搬を追う問題、ブラックホールを中心に周回するホット・スポットからの光子場を解く問題などを解いた。光子波面伝搬の問題は過去の ray-tracing 計算 (Hanni 1997, Takahashi et al. 1990) で解かれている問題であり、ブラックホール時空中での光の湾曲、厳密に光速での波面の伝搬や輻射の衝突などをテストできる問題である。今回のシミュレーションでは ray-tracing 計算の結果を再現することができ、全て問題なく解くことができた。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

S06a 降着流中での乱流加速と宇宙線陽子・ニュートリノ生成

木村成生 (大阪大学), 當真賢二 (東北大学), 村瀬孔大 (プリンストン高等研究所)

移流優勢降着流中ではプラズマは無衝突となり、乱流加速が起こると考えられている。加速された陽子の逃走や熱的陽子や光子と加速陽子の反応により降着流から高エネルギー宇宙線陽子やニュートリノが放出されると期待される。これまでの研究では、高エネルギー粒子の放出によるエネルギー損失を考慮に入れて降着流の構造を解いた結果、高エネルギー粒子によって降着流のダイナミクスは大きく変化しないことが示唆された (Kimura, Toma, & Takahara, ApJ submitted)。降着流から逃走する粒子の光度は典型的には降着光度の 10^{-4} から 10^{-3} 程度であると見積もられたが、上記の研究ではエネルギースペクトルを考慮していない。そこで、本研究では降着流中で乱流加速が起こった場合にどのような陽子のスペクトルが降着流内で実現し、宇宙線陽子やニュートリノの観測結果とどう関係するのかを調べる。降着流を一様近似し、解放した重力エネルギーのある割合が磁場や光子場のエネルギーとなると仮定し、運動量空間の拡散方程式を解き、高エネルギー陽子の分布関数を求めた。その際、乱れた磁場との相互作用による加速、光子や熱的陽子との相互作用によるエネルギー損失、拡散による逃走、中心ブラックホールへの落下を考慮に入れた。その結果、陽子は 10^9 GeV 程度のエネルギーまで加速されることがわかった。冷却と加速が釣り合う 10^9 GeV 付近で陽子スペクトルはピークを持ち、そのエネルギーに対応するニュートリノや宇宙線陽子を多く放出することが示唆された。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

S07b 「あかり」赤外線全天サーベイカタログと MAXI 全天 X 線カタログを用いた近傍活動銀河核の調査

磯部 直樹, 中川 貴雄, 矢野 健一, 馬場 俊介 (ISAS/JAXA), 大藪 進喜 (名古屋大), 鳥羽 儀樹 (愛媛大), 上田 佳宏, 川室 太希 (京都大学)

活動銀河核の特徴を調べる上で、X 線と赤外線の観測は非常に重要な役割を果たす。活動銀河核の X 線放射は、中心にある巨大ブラックホールの周りの降着円盤が放出した光子が降着円盤の上の熱いコロナでコンプトン散乱されたものであると考えられている。したがって、巨大ブラックホールの近傍を探るための良いプローブである。一方、中心核近傍からの放射がダストトラスなどで吸収され、赤外線帯域に再放出される。活動銀河核の吸収を補正した X 線光度と赤外線光度には、吸収の大きさによらず良い相関があることが報告されており、それをもとにトラスの構造に関する示唆が得られている。

このような研究をより発展させるには、できる限りバイアスのない活動銀河核のサンプルが必要となる。そこで我々は、全天 X 線監視装置 MAXI による 37 ヶ月カタログ (Hiroi et al. 2013) と「あかり」による赤外線全天サーベイカタログに着目した。MAXI 37 ヶ月カタログには、100 個の Seyfert 銀河がリストアップされている。そのうち、約 70 個が $9 \mu\text{m}$, $18 \mu\text{m}$ または $90 \mu\text{m}$ のいずれかに「あかり」で検出された赤外線対応天体を持つことが分かった。対応のあった Seyfert 銀河に対して、観測された 4–10 keV の X 線強度と赤外線強度には相関が見られた。一方、同じ赤外線強度に対する 3–4 keV の X 線強度は、II 型 Seyfert 銀河の方が I 型よりも小さい値を示した。これは、II 型 Seyfert 銀河の方が吸収が大きく 3–4 keV の X 線が弱まるためだと、自然に解釈できる。さらに X 線ハードネスや赤外線カラーの情報を組み合わせて、これらの Seyfert 銀河の特徴を議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

S08b 母銀河からの赤外線放射の影響を考慮した活動銀河核ダストトラスの赤方偏移依存性の検証

鳥羽 儀樹 (愛媛大学), 大藪 進喜 (名古屋大学), 松原 英雄, 中川 貴雄, 磯部 直樹, 大井 渚, 瀧田 怜 (ISAS/JAXA), Poshak Gandhi (ダラム大学), Matt Malkan (UCLA), 白旗 麻衣 (国立天文台), 大山 陽一 (ASIAA), 山内 千里 (みさと天文台), 矢野 健一 (東大理, ISAS/JAXA)

活動銀河核 (AGN) とは、超大質量ブラックホールの周辺にダストがトラス状に存在する構造を持つと考えられている。このダストトラスを特徴づける物理量の一つとして、カバーリングファクター (CF) がある。CF とはトラスによって中心核が隠されている割合のことであり、全 AGN に対する 2 型 AGN の割合と等価な量として解釈できる。近年、このダストトラスの CF が AGN の赤方偏移に依存するという報告がなされている (e.g. Hasinger 2008)。その一方で依存性はない、または選択効果による見かけ上の依存性であるという報告もあり (e.g. Dwelly et al. 2006)、CF の赤方偏移依存性については明確な結論が得られていないのが現状である。

そこで我々は、中間赤外線 (MIR) に着目した統計的手法を用いて上記の問題の解決を試みた。まず WISE と SDSS 分光カタログを用いて 4683 個の AGN を同定した。次に母銀河からの MIR 放射が全 MIR 強度に効いている AGN を WISE のフラックスから作成した 2 色図を用いて取り除き、トラスからの MIR 放射が優勢な 2597 個の AGN のみを抽出した。さらに抽出した AGN に対して光度関数を作成し、赤方偏移ビン $\Delta z=0.05$ で分けたサブサンプルごとに CF と MIR 光度の関係を調べることで CF の赤方偏移依存性を検証した。その結果、赤方偏移 $z < 0.2$ の近傍宇宙において、CF は赤方偏移には有意には依存しないことが分かった (Toba et al. 2014)。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

S09b 高赤方偏移クエーサー光度関数の正確な測定に向けた BOSS クエーサー
スペクトルの光度依存性の調査

仁井田真奈, 長尾透 (愛媛大学), 池田浩之 (愛媛大学/ASIAA), 松岡健太 (京都大学/ソウル大学),
小林正和, 谷口義明 (愛媛大学)

超巨大ブラックホールの形成・進化を明らかにするためには、各時代におけるクエーサーの光度関数を求めることが重要である。これまでの研究により各時代での様々な光度のクエーサーの光度関数が導出され、クエーサーの個数密度の光度ごとの進化が明らかになってきた (e.g., Ikeda et al. 2011, 2012)。しかし、高赤方偏移のクエーサーの個数密度は観測の難しさからまだ不確定な点も多い。また、光度関数をより正確に求めるためにはコンプライトネス (実際のクエーサーを候補天体の中から二色図上で選出できる割合) が重要となるが、従来の方法では光度に依らず輝線の等価幅を固定したスペクトルエネルギー分布のクエーサースペクトルを用いて、コンプライトネスの計算が行なわれてきた。しかし、クエーサースペクトルには光度が高いほど輝線の等価幅が小さいという光度依存性がある (e.g., Baldwin 1977)。この光度依存性を考慮すると、同じ赤方偏移のクエーサーでも光度によって二色図上での選出条件に対するカラーの振る舞いが異なるので、コンプライトネスも光度ごとに異なることが予想される。そこで我々は、高赤方偏移のクエーサーの光度関数を正確に求めるため、クエーサースペクトルの光度依存性を考慮してコンプライトネスの評価を行っている。その第一歩として、Baryon Oscillation Spectroscopic Survey (BOSS) クエーサーカタログ (Paris et al. 2012) から 43860 個のスペクトルを用いて広い光度範囲で光度ごとにモデルスペクトルを作成し、二色図上での $z = 4, 5$ のクエーサーの選出条件に対するカラーの振る舞いを調べた。その結果、低光度のクエーサーほどカラーが選出領域に入りやすいことが明らかになった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

S10c

MAXIによるセイファート銀河X線時間変動のパワースペクトル推定

上野史郎 (JAXA), 佐藤良祐, 上田佳宏, 廣井和雄, 林田将明, 志達めぐみ, 川室太希 (京都大学), 磯部直樹 (JAXA), 三原建弘 (理研), 杉本樹梨 (理研/立教大学), 河合誠之 (東工大), MAXI チーム

活動銀河核 (AGN) の X 線時間変動のパワースペクトル密度 (PSD) は、一般に、折れ曲がりを持つ 2 つのべき関数で表される。折れ曲がりの位置 (時間周波数) と超巨大ブラックホールの質量には相関があることが知られている。折れ曲がりの位置を AGN で特定するには、長いタイムスケール (数か月 ~ 数年) 領域で PSD を推定する必要がある。先行研究では RXTE 全天 X 線モニタのデータやポインティング衛星で計画的に取得した間欠データが推定に用いられた。我々は新たに全天 X 線監視装置 (MAXI) を用いて、長いタイムスケール領域の PSD を推定した。2013 年の秋季年会で、我々は MAXI で得た活動銀河核の光度曲線とピリオドグラムを示し、1 型セイファート銀河 26 個中 21 個と、2 型セイファート銀河 12 個中 12 個が有意な時間変動を示すことを報告した。本ポスターでは、その後詳細に実施したピリオドグラムの誤差評価、モデルフィットによる PSD 推定、先行研究との比較を報告する。MAXI で作成したピリオドグラムのうち、少なくとも、4 つの 1 型と 4 つの 2 型セイファートで、ポアソンレベルを有意に上回るレッドノイズ型成分を検出した。明るい NGC 4151、IC 4329A、Cen A、NGC 2110 のピリオドグラムの 10^{-8} から 2×10^{-7} Hz の領域 (2 か月から 3 年に相当) を、Unbroken single power-law モデルでフィットし PSD を推定した。NGC 2110 を除く 3 天体で「時間周波数 vs. PSD \times 時間周波数」プロットの傾きがほぼゼロであるという先行研究と矛盾しない結果を得た (68% confidence region が傾きゼロを含む)。NGC 2110 は MAXI でモニタ中に大きくゆっくりとした時間変動を示した。その結果、PSD の低周波に超過が見られた。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

S11b 「すざく」で観測された PG ケーサー X 線スペクトルの主成分分析

鮫島寛明, 海老沢研 (ISAS/JAXA)

これまでに打ち上げられた X 線天文衛星による数多くの観測の結果、ケーサーの X 線領域スペクトルは、主に (i) 降着円盤付近のコロナによる逆コンプトン散乱起源と考えられる冪関数状成分 (2-10 keV)、(ii) 6.4 keV 付近に見られる鉄輝線、(iii) ダストトラスによる反射と考えられる硬 X 線成分 (>10 keV)、(iv) 正体がほとんど分かっていない隆起状の軟 X 線超過成分 (<2 keV) の 4 成分からなることが分かってきた。これらの成分の強度や形状は天体によって、さらには同じ天体でも時間変動の激しいものは観測時期によって、大きく異なっていることが知られている。このようなスペクトル形状の違いの原因を探ることは、ケーサーの中心に位置する超大質量ブラックホールやその周辺のガスの性質、幾何配置などを解明するための極めて重要な糸口となる。

そこで我々は PG ケーサー (cf. Schmidt & Green 1983) と呼ばれる可視光で選択された典型的な明るいケーサーに着目し、X 線天文衛星「すざく」のアーカイブから我々が観測提案した 2 天体を含む PG ケーサー 12 天体の X 線スペクトルを取得し、解析を行った。このようにして得られた冪関数の指数や反射成分の強度といった X 線に関する情報のほか、可視光スペクトルからブラックホール質量やエディントン比といった情報を加え、主成分分析の手法を用いてパラメータ間の相関関係を調査した。講演では主成分分析の結果と、それから示唆されるケーサーの描像について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

S12b **MAXIによるセイファート銀河のX線食現象の探査**

杉本樹梨(理研/立教大), 三原建弘(理研), 北本俊二(立教大), Matteo Guainazzi(ESAC/ESA), 他
MAXI チーム

全天X線監視装置MAXIは、2009年8月から現在まで全天のX線天体のモニタリング観測を行っており、長期変化を追うのに適している。MAXIの観測データから、10個のセイファート銀河の長期光度曲線の解析とスペクトル解析を行った。その結果、Centaurus Aでは、55430–55620 MJDの期間で N_{H} が $6.9 \times 10^{22} \text{ cm}^{-2}$ から $10.8 \times 10^{22} \text{ cm}^{-2}$ に増加していることを確認した(RXTE衛星によるMarkowitz et al. 2014の結果を確認)。NGC 3783では、55450–55850 MJDでハードネス比が大きくなっており、 N_{H} で $1 \times 10^{22} \text{ cm}^{-2}$ から $6 \times 10^{22} \text{ cm}^{-2}$ 程度の変化が見られた。MAXIの観測では、RXTEの観測がないところでも、同様の食現象の気配が見られる。

活動銀河核の一種であるセイファート銀河のX線吸収量が変化することは、Ives et al. (1976)において、最初にNGC 4151から報告された。Malizia et al. (1997)は、23個中17個のセイファートI型、II型銀河の吸収量が3倍以上変化したことを報告しており、水素柱密度 10^{21} cm^{-2} 程度の吸収量の変化はめずらしくない現象である。今世紀になって、吸収量が一旦増えてからまた元に戻る「食(eclipse)」という現象が、Lamer et al. (2003)でNGC 3227から発見された。これは、広輝線領域の外側からトラス内側あたりに存在する電離吸収体の雲が視線を横切ったために起こったと考えられている。Markowitz et al. (2014)では、RXTE衛星による数十天体の観測のうち、8天体から12例の食現象を発見した。吸収体の密度一定を仮定することで、 N_{H} の変化量と吸収体の通過時間から、吸収体の大きさ、密度、質量が推定できる。ただし、ブラックホール質量は別観測から求められている値を用いる。ここでは、食現象に対するMAXIのアプローチを発表する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

S13b **No Microwave Flare of Sgr A* around the G2 Periastron Passing**

M. Tsuboi, Y. Asaki (ISAS/JAXA), Y. Yonekura, Y. Miyamoto (Ibaraki Univ.), H. Kaneko, M. Seta, N. Nakai (Univ. of Tsukuba), O. Kameya, M. Miyoshi (NAOJ), H. Takaba, K. Wakamatsu (Gifu Univ.), Y. Fukuzaki (GSI), K. Uehara (Univ. of Tokyo), and M. Sekido (NICT)

Recently IR observations found that a small gas cloud is approaching the Galactic center BH (GCBH), or Sagittarius A* (Sgr A*) (Gillessen et al. 2012). The cloud, called “G2”, has the estimated mass of $3M_E$ and will approach until the periastron distance of about $2000R_s$ in the spring of 2014 (Gillessen et al. 2013, Phifer et al. 2013). Although the nature of the G2 is still in controversy, this cloud may give some perturbation to the accretion disk around the GCBH because the cloud is somewhat extended. If any unusual increase of Sgr A* begins, it is very important for study of the mechanism of the event to observe the initial raising phase by ourselves and to alert world-wide community to observe it. Then we have been daily monitoring Sgr A* at 22 GHz since February 2013 with a sub-array of Japanese VLBI Network (JVN) in order to explore the flux density variability with the G2 approaching. The sub-array consists of Mizusawa 10-m RT, Takahagi/Hitachi 32-m RT, and Gifu 11-m RT. Tsukuba 32-m RT and Kashima 34-m RT have joined it sometimes. The average flux density of Sgr A* in $DOY = 40 - 505$ is $S_\nu = 1.17 \pm 0.30$ Jy. The average and the data scattering are still consistent with previously observed values (e.g. Herrnstein et al. 2004). We have observed no strong microwave flare of Sgr A* by May 31 2014 although the G2 already passed the expected periastron.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

S14b 狭輝線 1 型セイファート銀河 PG1244+026 の X 線時間変動解析

桑原啓介、山田真也、大橋隆哉 (首都大学東京)、野田博文 (理研)

AGN の中でも、Narrow-Line Seyfert 1 型 (NLSy1) は非常に高い質量降着率と狭い輝線を持つ。NLSy1 についてはスペクトル成分の個数や形状、時間変動の特徴などわかっていないことが多く、他セイファート銀河と比べて激しい時間変動を持つことや、エネルギースペクトルの軟 X 線帯域に強い超過成分がみられることが知られているが、それらの起源ははっきりとはわかっていない。過去の時間平均したエネルギースペクトルに着目した解析では、特徴的な構造が少ないため複数のモデルや解釈が縮退しやすく、一意的な解を得るのが困難であった。

この現状を打開するには、エネルギースペクトルと時間変動の情報を融合させてデータを解釈することが重要である。先行研究には、周波数空間での変動のパワーとそのエネルギー依存性を調べた研究 (Jin et al. 2013) があるが、時間空間でのアプローチの方が、時々刻々の変動を追跡できる点で優位性があると考えられている。そこで、我々は XMM-Newton 衛星が長期 (約 120 ks) 観測した NLSy1 PG1244+026 のデータの解析を行った。

本研究ではライトカーブの明暗を長いタイムスケール ($\gtrsim 10$ ks) と短いタイムスケール ($\lesssim 10$ ks) で判定し、それぞれの時間帯で集積したエネルギースペクトルを比較した。その結果、いずれのスケールでも、明るくなるとエネルギースペクトルがわずかに軟 X 線側に傾くことがわかった。また、明暗それぞれの時間帯でエネルギーの低い X 線 ($0.3 \sim 1$ keV) と高い X 線 ($2 \sim 10$ keV) のカウント比をとると、長期のタイムスケールの変動のほうで $(5.99 \pm 0.05) \times 10^{-2}$ から $(6.41 \pm 0.05) \times 10^{-2}$ と有意な変化が確認できた。長いタイムスケールで軟 X 線は硬 X 線に比べて大きく変動していると考えられ、これをスペクトル解析と合わせて解釈することで、長期の変動において円盤放射の方がベキ乗成分より大きく変動していることがわかった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

S15b すざく衛星による radio-loud な狭輝線セイファート1型銀河 1H 0323+342 の X 線観測

白川裕章、深沢泰司、田中康之、伊藤亮介、河口賢至 (広島大学)

狭輝線セイファート1型銀河 (NLS1) は小さめの質量のブラックホールに対して Eddington 限界に近いほどの高い質量降着率を持つ部類の活動銀河核である。NLS1 の中でも電波領域での放射も強い radio-loud な NLS1 (RL-NLS1) はフェルミ衛星の観測により、新しいガンマ線天体種族であることがわかった。

これまでの観測から RL-NLS1 は可視領域はシンクロトロン、ガンマ線領域はトーラスまたは降着円盤からの光子が逆コンプトン散乱されたことによる放射で説明できると考えられている。X 線領域においてはジェットと、トーラスや降着円盤からの放射が見えていると考えられているが、このほかにもうまく説明できるモデルがあるため、その放射機構について詳細はわかっていない。

そこで今まで観測された RL-NLS1 の中で X 線で最も明るい 1H 0323+342 について 2009 年にすざくで観測されたデータ (80 ksec) と 2013 年に我々がすざくで観測したデータ (100 ksec) を解析し X 線帯域での放射機構の解明を試みた。エネルギーごとの時間変動に相関を調べると X 線帯域の中でも低エネルギー側と高エネルギー側が中間エネルギーと異なる時間変動を示しており、X 線帯域の放射は少なくとも 3 成分から構成されていると考えることができた。またスペクトルフィットの結果から降着円盤による Fe-K line の相対論的反射成分と思われるスペクトル構造の兆候がみられ、RL-NLS1 の高い質量降着率と関連した興味深い結果を得ることができた。講演では、ガンマ線や可視光モニター観測との関連も議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

S16b ブレーザーの光度変動と降着円盤の関係性の調査

笹田真人、嶺重慎(京都大学)、松岡健太(京都大学/ソウル大学)

活動銀河核からのジェットは、中心ブラックホールに降着するガスが作る降着円盤で解放される重力エネルギーによって噴出していると考えられている。そのためジェットと降着円盤の関係を探ることは、ジェットのメカニズム解明に迫る鍵となる。両者の関係は、これまで電波銀河を使って研究されてきた。しかし、電波銀河で観測されているジェットは中心エンジンから離れた成分であり、降着円盤の状態がジェットを生成したときの状態と同一であるかについて不定性が残る。ブレーザーはジェットを真正面に受けて観測している天体であり、ジェットの根本領域の放射を観測している。このブレーザーの観測的特徴として激しい光度変動があげられる。われわれはこの光度変動の起源が、ジェットの幾何構造の変化によるのか、それともジェット内の電子のエネルギー分布の変化によるものなのかを切り分けるために、SDSSとCRTS(Catalina Real-Time Transient Survey)の両サーベイで検出されたブレーザーについて、降着円盤放射とジェットの変動の関係について調べた。ブレーザーの連続光成分はジェット放射と降着円盤放射成分が混在するため、われわれは輝線フラックスと速度幅を用いてブラックホール質量及び降着円盤放射成分を見積りエディントン比を推定した。またCRTSによる数年間の光度曲線を用いることでブレーザーの変動を正確に見積もった。輝線から見積もられるエディントン比とジェットの光度変動の激しさの指標である modulation index の相関を調べた結果、エディントン比が高い降着円盤を持つブレーザーの変動性は小さいことがわかった。これは光度変動が見かけの明るさの変化によるものではなく、エネルギー源である降着円盤に起因して引き起こされることを示唆すると考えられる。本講演では今回得られたブレーザーの降着円盤とジェットの光度変動の関係性について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

S17b ブレーザー OJ 287 のガンマ線増光と新ジェット成分生成の関係

澤田-佐藤 聡子, 永井洋 (国立天文台), 秋山和徳 (東京大学), 新沼浩太郎 (山口大学), 紀基樹 (韓国天文研究院), Filippo D'Ammando, 秦和弘, Monica Orienti (INAF), 小山翔子 (MPIfR), 他 GENJI プログラムメンバー

ブレーザー天体 OJ 287 は電波からガンマ線に到る広い観測波長領域において頻繁な時間変動が知られている。最近の Fermi ガンマ線望遠鏡によるモニター観測により、OJ 287 では 2009 年頃からしばしばガンマ線の増光が報告されている。ジェットにおける高エネルギー粒子加速機構の解明にはガンマ線放射領域の特定が重要であり、VLBI による高頻度モニター観測はガンマ線放射領域のサイズに肉薄する高角分解能でこの命題に取り組むことが出来る。我々は VERA を用いたガンマ線活動銀河核のモニター観測 GENJI プログラムにより 2010 年 11 月から OJ 287 を 1ヶ月に 1, 2 回の頻度で観測してきた。その結果、電波 22 GHz 帯において 2011 年 10 月頃と 2012 年 3 月頃にフレアが検出されると共に、OJ 287 のジェット成分の相対的逆行運動が観測された (2013 年秋季年会 S17b)。本講演では更に、2010 年 11 月から 2012 年 10 月までの Fermi ガンマ線望遠鏡による OJ 287 のガンマ線観測データと、2011 年 7 月から 2012 年 12 月までの VLBA による 43 GHz 帯 VLBI 観測データの解析結果との比較を報告する。22 GHz 帯 GENJI/VERA にてジェット成分の相対的逆行運動が見られた同時期、これより 4 倍の高分解を持つ 43 GHz 帯 VLBA 観測データでは、中心から新しいジェット成分が中心のコア成分から分離していく様子が観測された。そしてこの新ジェット成分の登場とほぼ同時にガンマ線増光が発生した。この結果は、活動銀河核のごく中心領域の新ジェット成分の生成とガンマ線放射の間に密接な関係があることを示唆するものである。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

S18b ALMA による kpc ジェットからのミリ波サブミリ波放射の検出

永井洋 (国立天文台), 紀基樹 (KASI), 小山翔子 (MPIfR), Elisabetta Liuzzo (INAF-IRA)

電波で明るいくエーサーは活発なジェット噴出を伴い、ジェットの全長は100 kpc 程度にも及ぶ。kpc スケールのジェットでは電波から可視光・X 線にわたる多波長放射が確認されているが、ジェットの根元 (ブレーザー領域) に比べて多波長放射の起源についての理解は進んでいない。そもそも kpc スケールのジェットからの放射は暗く、検出可能な望遠鏡が限定的であり、周波数方向に十分なデータがないためにいくつものモデルで説明ができてしまうという問題点があった。ミリ波サブミリ波帯においても従来の望遠鏡ではほとんど kpc スケールジェットの研究は行われてこなかったが、ALMA によって高感度・高分解能のミリ波サブミリ波データが手に入る時代が到来した。我々は ALMA アーカイブデータを用いて、クエーサーの kpc スケールジェットの調査を行っている。これまでに、3C 279, PKS0637-752, PKS0521-365 の3天体において、kpc スケールジェットからのミリ波サブミリ波放射を初検出した。いずれの場合も、センチ波フラックスを冪乗則で外挿することで説明可能か、それよりもやや暗い傾向にあることから、ミリ波サブミリ波放射はシンクロトロン放射が起源と考えられる。ブラックホールから遠く離れた場所でもミリ波・サブミリ波放射が確認されたことから、比較的エネルギーの高い電子が“その場”で加速されていることを示唆する。特に PKS0637-752 では、3mm 帯、1.3mm 帯、0.8mm 帯の多波長でジェットが観測され、詳細なミリ波サブミリ波スペクトルを得ることに成功した。過去に観測されたセンチ波のフラックスからは折れ曲がりを含む冪乗則で接続できるが、赤外線・可視光データは超過成分が必要であることがわかった。このことは電波から X 線に至る多波長スペクトルが、従来考えられてきたシンクロトロン放射と外部光子のコンプトン散乱の重ね合わせでは説明できないことを示唆している。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

S19b 電子・陽電子対プラズマの相対論的アウトフロー（放射流体モデル）

岩本弘一，中田めぐみ，久保亮太，齋藤陽香（日本大学）

多くの活動銀河核 (AGN) で，ローレンツ因子が 10 程度に達する相対論的なプラズマのアウトフロー（噴出流）が，電波や X 線観測により発見されている．このようなアウトフローが，通常の電子・陽子プラズマか電子・陽電子対プラズマであるかは長いあいだ議論的となっているが，いくつかの電波銀河のジェットに対し，電波ローブの偏光観測などから，対プラズマが支持されている．理論的には，S.Iwamoto & F.Takahara(2002, I+T2002) などにより，対プラズマのアウトフローが加速される定常解が得られている．前回の年会で，我々はアウトフローの速度が音速に等しくなる臨界点付近の解を考慮し，ブラックホールの質量や流れの開始点での対プラズマの温度や密度などと，ジェットの先端における終端ローレンツ因子の関係を考察した (Makinodan et al.2014) ．

本研究では，I+T2002 および Makinodan et al. (2014) に従い，ブラックホールや降着円盤内縁の近傍で発生した対プラズマが Wien 分布をもつ光子と平衡にあるアウトフローについて考察する．一般相対論的な放射流体力学の方程式を解いて，光学的に厚い領域から薄い領域へなめらかに遷移するアウトフロー解を求めた．アウトフローの開き角は一定であるとし，球対称定常な流れを考える．そして，ブラックホールの質量や流れの開始点での対プラズマの温度や密度などと，ジェットの先端における終端ローレンツ因子の関係を求めた．これらの結果をもとに，降着円盤の構造などについて考察する．

References [1] Iwamoto,S. & Takahara,F., ApJ 565, 163, 2002

[2] Makinodan,N., Nakada,M., Kubo,R., Iwamoto,K., ASJ meeting in March of 2014

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

S20a **Ultra-high-frequency-peaked BL Lac object の超高エネルギー陽子起源放射モデル**

井上 進 (Max-Planck-Institut für Physik、東大宇宙線研), Matteo Cerruti (Harvard CfA), Andreas Zech, Catherine Boisson (Observatoire de Paris)

ブレイザー天体の電波からガンマ線に及ぶ多波長放射は、活動銀河ジェットの内側で加速された高エネルギー電子・陽電子によるシンクロトロン及び逆コンプトン放射でおおよそ説明できる場合が多い。一方で、近年の観測から、Ultra-High-frequency-peaked BL Lac object (UHBL) と呼ばれ、TeV ガンマ線領域で極めてハードなスペクトルを持つ、特殊なブレイザーの存在が明らかになってきたが、これらのガンマ放射は、一般的な電子起源放射モデルでは容易に説明できないことがわかっている。

そこで我々は、ジェット内部で電子とともに加速されると考えられる、超高エネルギー陽子に起因する放射過程が、UHBL のガンマ線放射にとって重要である可能性を検討した。電子による放射過程に加え、陽子シンクロトロン放射や、陽子-光子相互作用に起因する電子陽電子カスケード放射などの過程を詳細に扱う放射モデルを構築し、いくつかの UHBL 天体 (1ES 0229+200、1ES 11010232 など) の多波長観測データと比較した。その結果、放射領域の磁場の強度に依っては、陽子シンクロトロン放射、もしくは陽子起源カスケード放射によって、UHBL のガンマ線放射を無理なく説明できる場合があることがわかった。本講演では、このような放射モデルの物理的整合性ととも、将来観測による検証方法などを議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

S21a M87 ジェット最深部のサブミリ波放射領域における磁場強度

紀基樹 (KASI), 高原文郎 (阪大理), 秦和弘, 秋山和徳, 永井洋 (NAOJ), B.W. Sohn (KASI)

活動銀河中心核から噴き出す相対論的ジェットの形成メカニズムは未だ謎である。この謎の解明に向けて、ジェット根元でのエネルギー収支を明らかにすることが重要課題となっている。M87 ジェットは、宇宙最重量級の中心ブラックホールをもつ最も近い活動銀河核ジェットとして知られ、ジェット根元の物理状態を探る最適な天体として注目されている。2013年秋季年会では、ジェット根元での磁場強度と相対論的電子の量を求める新しい手法および、VLBA (43 GHz) による実際の M87 ジェット観測データ (Hada et al. 2013, ApJ) へ適用した結果 (Kino et al. 2014, ApJ) を紹介した。

今回はさらに、サブミリ波 (230 GHz) におけるイベントホライズン望遠鏡 (Event Horizon Telescope) の M87 観測によって検出されたジェット最深部の 40 マイクロ秒角サイズのサブミリ波放射領域 (Doeleman et al. 2012, Science) に対してほぼ同様の手法を適用した。その結果、ジェット最深部において (1) ジェットの磁場光度が全光度 ($\sim a \text{ few} \times 10^{44} \text{ erg s}^{-1}$) を超えないためには磁場強度の上限値はおおよそ数 10 ガウスに制限される、(2) エネルギー密度に関しては磁場優勢と電子優勢の両ケースが生き残る、ということが明らかになった。また、ジェット中のプラズマ組成の違いで生じる結果への影響についても議論する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

S22a

GeV ガンマ線短時間変動に基づくブレーザージェットの放射機構の探査

斉藤新也, Lukasz Stawarz, 高橋忠幸 (ISAS/JAXA), 田中康之 (広大理), on behalf of the Fermi-LAT Collaboration

活動銀河核のおよそ10%ほどで、光速近い速度で中心から噴出するジェットが観測されている。莫大なエネルギーを中心ブラックホールから持ち去るジェットのエネルギー源は、中心の大質量ブラックホールで解放される重力エネルギーと考えられている。しかし、中心ブラックホールから輸送されるエネルギーが、ジェットのどこで粒子加速に消費され、放射に変換されるかは依然未解明のままである。

そこで我々は、ジェットからの大部分の放射エネルギーを担うガンマ線帯域において、統計の許す限り時間分解したデータ解析と変動のモデル化という新しい手法でジェットの放射機構の解明に迫った。激しい時間変動を特徴とするジェットの放射に関して、従来の長時間平均された多波長データに基づく解釈は十分でないためである。

はじめに、フェルミガンマ線宇宙望遠鏡が過去5年の全天観測で検出した800天体以上のブレーザーのデータから、最もフラックスの高い期間を10期間抽出した。解析の結果、細かく時間分解するに従って、単一フレアに見える事象がいくつものフレアの重ね合わせに分解され、1時間程度の時間スケールでフラックスが急激に変動していることが明らかになった (e.g. PKS 1510-089; Saito et al. 2013 ApJL)。

次に、本解析で発見されたガンマ線フレアの短時間変動を内部衝撃波モデル (Moderski et al. 2003) に基づいてモデル化したところ、解析したいずれのフレアについても、ジェットからの放射が、中心ブラックホールから 10^{18} cm 程度の位置で発生していることを示唆する結果を得た。

本講演では、ジェットにおける放射領域について、他波長の観測結果とも絡めて議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

S23a かなた望遠鏡による活動銀河核の可視光・X線・ガンマ線での相関の探査

河口賢至、深沢泰司、田中康之、伊藤亮介、川端弘治、植村誠、秋田谷洋、神田優花（広島大学）、峰崎岳夫（東京大学）、野田博文（理研）、かなたチーム

活動銀河核の多波長スペクトルは電波からガンマ線までの幅広い帯域に渡り、その放射は複数成分からの寄与が入り交じるため複雑となっている。これら放射成分の解明には複数波長域における同時観測が重要となる。

今回我々はセイファート銀河、電波銀河、radio-loud Narrow-Line Seyfert 1(RL-NLSy1)を対象に、かなた望遠鏡による長期モニター観測を実施し、活動銀河核の可視光帯域とX線・ガンマ線帯域との相関の探査を行った。

セイファート銀河と電波銀河では、X線で明るい天体である3C120、3C111、NGC1275、NGC4151、NGC3516、NGC3227を対象に、MAXI、swift-BAT検出器を用いた、系統的な可視光・X線相関の探査を行った。X線帯域は降着円盤からの放射を種光子としてブラックホール近傍の高温コロナで逆コンプトン散乱された光子を見ていると考えられており、降着円盤からの放射が卓越していると考えられる可視光帯域との相関を調べたが、一部の天体のみが相関する結果となった。

RL-NLSy1は近年ガンマ線望遠鏡フェルミ衛星でガンマ線が検出された天体であり、ブレイザー天体のように相対論的ジェットが我々の視線方向近くを向いていると考えられている。もしブレイザー天体と類似した性質を持つのであれば、その放射はシンクロトロン放射+逆コンプトン散乱で説明され、それぞれの放射が卓越する可視光帯域・ガンマ線帯域での光度相関、及び可視光帯域での高偏光度が期待される。ガンマ線で明るいRL-NLSy1としてよく知られる1H0323+342、PMNJ0948+0022を対象として可視測光及び偏光・ガンマ線での長期モニター観測を行った。講演では、これらの結果について報告するとともに、可視光の放射機構について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

S24a

GENJI プログラム : VLBI モニター観測による電波銀河 3C 84 の sub-pc スケールジェット運動

日浦皓一郎 (北海道大学), 永井洋 (国立天文台), 徂徠和夫 (北海道大学), 紀基樹 (KASI), 秋山和徳 (東京大学), 千田華 (東海大学), ほか GENJI プログラムメンバー

電波銀河はジェットの軸が我々の視線方向から逸れている活動銀河核であり、ジェットの詳細な構造を実際に空間分解してその物理を探れる天体である。近傍の電波銀河 3C 84 ($z=0.0176$) は再帰的なジェットの活動性をもち、さらに 2005 年以降新たに電波帯で増光し始めたため、再帰的な活動性をもち活動銀河核の描像を VLBI の高空間分解能を活かして探れる理想的な天体である。VLBI を用いた電波ジェットのモニター観測によって、近年の電波帯の活動は中心 1 pc 以内の電波増光に起因し、以前から存在していた成分に加えて新成分 (以下 C3) の噴出を伴うものであることがわかった (Nagai et al. 2010)。その後、Suzuki et al. (2012) による VLBA の観測データに基づく研究によって、C3 成分は電波コア成分に対して、直線ではなく曲がった軌跡をもつことが明らかになった。

我々は国立天文台の VERA の 22 GHz 帯を用いた高頻度 AGN モニター観測「GENJI プログラム」における最近の観測データも新たに加え、2007 年から 2013 年の 6 年間、全 79 エポックにおよぶ C3 成分の運動の詳細を調査した。その結果、C3 成分が時間経過とともに東西方向にわずかにふらつきながら南方向へ運動していく傾向が見られた。そこでこの 6 年間の C3 成分の運動をさらに定量的に評価するために、直線運動、放物運動、周期運動の 3 つのモデルで最小 2 乗法でフィットし、その結果に基づいて複数の情報統計基準でモデル選択を行った。その結果、22 GHz 帯において計測した運動の軌跡は、周期運動によるフィットが尤もらしいという示唆を得たので報告する。最後に、このふらつきを説明するいくつかの可能性について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

S25a **Suzaku By-Week Monitoring of the Galactic Center Sgr A* in X-rays (II)**

Yoshitomo Maeda, Takayuki Hayashi , Ryo Iizuka (ISAS/JAXA), Hiroshi Murakami (Tohoku Gakuin University), Masayoshi Nobukawa (Kyoto University), Takayuki Saitoh (Tokyo Institute of Technology) , Sho Kurashima (Tokyo Metropolitan University) 他 the Suzaku Sgr A* collaborations

A small gas cloud, G2, was on an orbit almost straight into the supermassive blackhole Sgr A* by spring 2014. This event gives us a rare opportunity to test the mass feeding onto the blackhole by a gas. To catch a possible rise of the mass accretion from the cloud, we have been performing the bi-week monitoring of Sgr A* in autumn and spring in the 2013 and 2014 fiscal year.

The key feature of Suzaku is the high-sensitivity wide-band X-ray spectroscopy all in one observatory. It is characterized by a large effective area combined with low background and good energy resolution, in particular a good line spread function in the low-energy range. Since the desired flare events associated with the G2 approach are transient, the large effective area are critical and powerful tools to hunt them.

The X-rays from Sgr A* and its nearby emission were clearly resolved from the bright transient source AX J1745.6-2901. No very large flare from Sgr A* was found during the monitoring of the 2013 fiscal year. The neutron star binary AX J1745.6-2901, a magnetar SGR J1745-29 and a bursting pulsar GRO J1744-28 were appeared in the field of view. The third monitoring will be made in September 2014. We may comment on it.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

S26a すざく衛星による活動銀河核の硬 X 線軟ガンマ線スペクトルの時間変動

深沢泰司、平木一至（広大理）

すざく衛星搭載硬 X 線検出器 (HXD) の PIN 半導体検出器は、これまで多くの活動銀河核から 10keV-70keV の帯域でスペクトル観測を行っており、XIS と合わせて反射成分や吸収量などに強い制限を与えている。加えて、明るい活動銀河核 10 天体ほどについては GSO シンチレタにより 70keV 以上で検出されており、高温コロナの物理に迫るデータを提供している。ブレーザー天体を除いては、活動銀河核の X 線スペクトルは数 100keV のあたりでカットオフを持つと言われているが、個々の天体で精度良く測定された例はほとんどない。これに対して、すざく衛星は、約 1 日の観測で明るい活動銀河核について 0.5-200keV の広帯域でスペクトルを取得できるため、複数観測によってスペクトル変動、特にべき指数やカットオフエネルギーの変化を調べることができる。

本研究では、これまですざくで 5 回ほど観測されて、100keV 以上まで検出されている明るい活動銀河核 Cen A, NGC4151, NGC4945, IC4329A について、スペクトルのべき指数やカットオフエネルギーの変化を調べることを目的とする。他のセイファート銀河と同様、X 線スペクトルは単なる吸収を受けた cut-off power-law だけではなく、反射成分や部分吸収などの寄与のために、スペクトル解析には注意を要する。すざく衛星では、XIS と HXD を合わせることで、これらの寄与を従来の観測衛星に比べて詳細に制限でき、より正確に power-law 成分のべき指数とカットオフエネルギーを制限できている。その結果、Cen A では、はっきりしたカットオフが見られずジェット成分と思われる成分が示唆されること、NGC4151 では明るさによらず、べき指数とカットオフエネルギーが大きく変化しないこと、NGC4945 は短期間にカットオフエネルギーが激しく変動することなどがわかった。こうした研究は、ASTRO-H SGD により発展が期待される。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

S27a **すざく衛星による Centaurus A Northern Lobe の X 線観測**

田中康之、深沢泰司 (広島大学)、L. Stawarz、高橋忠幸 (ISAS/JAXA)、片岡淳 (早稲田大学)、S. P. O'Sullivan (Univ. of Sydney)、C. C. Cheung (NRL)

Centaurus A は、3.7 Mpc の最も近傍に位置する電波銀河である。活動銀河核の南北には、600 kpc にも亘る巨大なローブ構造が電波によって観測されている (e.g., Feain et al. 2011)。また、フェルミ衛星によってローブ領域からの MeV/GeV ガンマ線放射も検出されており、非熱的高エネルギー電子がローブを満たしていることが広く認識されている (Abdo et al. 2010)。我々はすざく衛星を用いて、このような非熱的放射だけでなく、ローブに付随する広がった熱的 X 線放射の探索を行ってきており、Southern lobe からローブに付随すると考えられる熱的放射を検出している (Stawarz, Tanaka et al. 2013)。

今回我々は、すざく衛星を用いて、Northern lobe においても 80 ks の観測を 3 ポインティング行ったので、その結果を報告する。バックグラウンドの精密な評価のために、ローブの外側の領域を、20 ks、2 ポインティングの観測も行った。現在までの解析では、バックグラウンド領域と比較して、北側電波ローブに付随する thermal diffuse 放射は有意には見えていない。本講演では熱的成分の精密な評価だけでなく、XIS と HXD/PIN データを用いて非熱的放射についても詳細な解析結果を報告する。また、すざくの結果とともに多波長データを用いて、ローブにおける磁場強度、熱的電子 / 非熱的電子 / 磁場のエネルギー分配、南北ローブにおけるそれらの違いなどを議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

S28a 相対論的ジェットに付随するコクーンの内部構造

水田晃 (理化学研究所)、紀基樹 (KASI)、長倉洋樹 (京都大学)

活動銀河核ジェットが星間ガス、銀河間ガス中を伝搬すると周りのガスとの相互作用によってジェット先端で散逸されたガスから成るコクーンがジェットの周りに形成され、電波ローブとして観測される。電波ローブの内部構造はジェットによって異なり、ジェットの伝搬に関する数値シミュレーションによってもジェットパラメータによってコクーン内部の構造が大きく異なることが報告されている。特にジェットと周りのガスの密度比 (η)、および、ジェットのバルク速度 (相対論的ジェットの場合はローレンツ因子 (Γ_j)) に強く依存し、より密度の低いジェット、より低速のジェットほど横方向に広がり、複雑な構造を内部に持つコクーンとなる。

η, Γ_j の広いパラメータ空間に対して数値シミュレーションを行うことにより、ジェット先端のホットスポットからコクーンへ生じるバックフローのタイプが2種類に分類できることを示す。バックフローがジェットとほぼ反平行流となる「準直線的バックフロー」と、横方向に広がり、大きな渦を形成しながら後方へ流れる「蛇行するバックフロー」である。前者の場合、シアー流によってKHI由来の小さい渦が生じるが、後者の場合、自然に大きな渦が現れコクーンに複雑な内部構造を生じさせる。蛇行するバックフローの条件はジェット先端のホットスポットの音速 (c_{sHS}) とジェット先端の伝搬速度 (v_h) の関係式 $v_h \lesssim 0.55c_{sHS}$ で与えられる。高圧となったホットスポットからバックフローが音速程度で吹き出すのに対し、ホットスポット静止系ではジェットの伝搬速度程度でバウ衝撃波によって圧縮された周りの物質がぶつかり合い、バックフローの吹き出す方向が決まるためである。相対論的な速度の場合、基本的な量の関係式 $\eta \lesssim 0.5\Gamma_j^{-2}$ と同等であることを示す。近年コア付近での活動が見られる3C84に応用し電波ローブのホットスポット近くの構造からジェットパラメータを類推できるかを議論する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

S29a セイファート NGC 3227 が示す巨大ブラックホールへの降着流の状態遷移

野田博文 (理研)、牧島一夫 (東大理/理研)、山田真也 (首都大)、中澤知洋、三宅克馬 (東大理)

活動銀河核 (AGN) からの一次 X 線は、超巨大ブラックホール (BH) の近傍に形成された「セントラルエンジン」における逆コンプトン過程で生じると考えられる。我々はこれまで、異なるエネルギーバンド間の時間変動の相関を利用したスペクトル分解手法 (野田他 2011, 2013) により、セイファート銀河の X 線に異なる一次 X 線が混在することを明らかにし、エンジンが複数のコロナで構成されるハイブリッド型であることを突き止めた (野田他 2013)。さらにエディントン比 η の大きさに応じて、それぞれのコロナの働く度合いが変わる、いわば「AGN の状態遷移」を世界で初めて提案した (2013 年秋季年会 S29a)。

我々は、一つの天体の中で状態遷移を捉えるため、2008 年 10 月から 12 月にかけて一週間おきに 50 ksec ずつ 6 回観測された NGC 3227 の「すざく」データに着目した。6 個のデータを合わせて、2–3 keV と 3–10 keV の 10 ksec ビンのカウントレートを横軸と縦軸に取った Count-Count Plot (CCP) を作成したところ、データ分布に折れ曲がりを見出し、その前後で 2 つのフェーズに分けられることがわかった。2 つのフェーズのそれぞれに野田他 (2013) の手法を適用し、2–45 keV スペクトルを成分に分解したところ、CCP の折れ曲がりより明るい時間帯には (1) ソフトな一次 X 線 (PL 型; $\Gamma \sim 2.3$) と (2) ハードな一次 X 線 (PL 型; $\Gamma \sim 1.6$)、および (3) BH 遠方からの反射成分という 3 つの成分からなるのに対し、暗いフェーズのスペクトルは、成分 (2) と (3) のみで構成されることが分かった。このことから、 η が大きく明るい時間帯にのみ現れる成分 (1) は標準降着円盤に起因して生成される一方、 η が小さく暗い時間帯で卓越する成分 (2) は放射非効率降着流 (RIAF) 状の領域から放射され、CCP の折れ曲がりには標準円盤と RIAF の間の状態遷移に相当する可能性が見えてきた。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

S30a クエーサー紫外-可視域スペクトル変動データから得られる Inhomogeneous Accretion Disk Model への制限

小久保充 (東京大学)

クエーサー中心核放射の特徴的性質である光度時間変動現象、特に可視紫外域光度変動のメカニズムの解明は、クエーサー降着円盤の物理を理解する上で重要な鍵になると考えられている。しかし、Sloan Digital Sky Survey (SDSS; Stripe 82 領域) などのサーベイによって大規模なクエーサー光度変動データサンプルが蓄積されてきたにも関わらず、光度変動の性質を説明できるモデルは未だに存在しない。

近年、クエーサー光度変動や降着円盤有効半径 – 波長関係 (microlense 観測) などの観測的制限を同時に説明するモデルとして “Inhomogeneous Accretion Disk Model” (以下 IAD モデル) が提唱された (Dexter & Agol 2011; Ruan et al. 2014)。このモデルでは、降着円盤表面領域を多数のセルに分け、各セルに対して局所的な温度摂動 (不均一性) を確率過程として与えることで生じるフレアの重ね合わせを観測する、ということになる。

しかし、IAD モデルのようにフレアの重ね合わせによって光度変動を説明しようとするモデルでは、波長の異なる 2 バンドのライトカーブ間の相関が非常に弱くなると考えられる。このような 2 バンド相関の強弱は「flux-flux plot 上の scatter」の大小に反映されるが、観測される 2 バンド相関は強い線形相関を持っており、flux-flux plot 上の scatter は非常に小さいことが知られている (e.g., Sakata et al. 2010)。このように、2 バンド相関の強弱に着目すると、少なくとも定性的には IAD モデル では観測を説明できないように思われる。本講演では、SDSS Stripe 82 領域の光度変動データを用いて、2 バンド間相関の強弱を「flux-flux plot 上の scatter」として定量化し、モデル予言値と比較することで、観測値と IAD モデル との不一致を定量的に評価した結果を示す。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

S31a 部分吸収モデルを用いた狭輝線1型セイファート銀河のX線解析

山崎廣樹 (東京大学,ISAS/JAXA), 海老沢研 (ISAS/JAXA), 鮫島寛明 (ISAS/JAXA), 水本岬希 (東京大学,ISAS/JAXA)

セイファート銀河は活動銀河核の一種で、中心に超巨大ブラックホール (SMBH) があり、その周りに降着円盤と外側にトラス状の吸収体が存在する構造をしていると考えられている。この SMBH が存在する証拠の候補として、X線天文衛星「あすか」はセイファート銀河 MCG-6-30-15 の X線スペクトルから一般相対論的な効果を受けて広がった降着円盤からの鉄輝線と解釈できる構造を検出した。その後、広がったように見える鉄輝線構造を持つセイファート銀河が見つかった。しかし、広がった鉄輝線スペクトルの形状は、連続成分のモデルに大きく依存し、光電離した複雑な吸収成分も考慮しなければならない。そこで Miyakawa et al. (2012) は、吸収体が X線源を覆う割合の変化のみで X線スペクトルの強度変化と時間変動を説明する Variable Partial Covering (VPC) モデルを MCG-6-30-15 に適用し、スペクトル時間変動を説明するのに成功した。この結果を受け、我々は広がったように見える鉄輝線構造を持つセイファート銀河の中で鉄の K, L 殻由来の吸収端構造が強く見られる狭輝線1型セイファート銀河 1H0707-495 のスペクトル時間変動に対して VPC モデルを適用した。その結果、この VPC モデルでスペクトル時間変動を説明するのに成功した (水本 2013 年秋季年会 S30a)。

今回、我々は 1H0707-495 に似ており、すざくや XMM-Newton で観測された鉄の K, L 殻由来の吸収端構造が強く見られる狭輝線1型セイファート銀河 IRAS 13224-3809、PG 1402+261、Mrk 335 の3天体について VPC モデルを適用した。本講演では広がったように見える鉄輝線構造を必要とせずに、3天体のスペクトル時間変動を説明した結果について発表する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

S32a 反射成分が卓越した活動銀河核 NGC6552 の「すざく」による観測

河野貴文、深沢泰司、古井 俊也 (広島大)、小高裕和 (ISAS/JAXA)

活動銀河核の一種であるセイファート2型銀河は、活動銀河核中心部分は周囲のトラスに隠され、直接成分は見えおらず、Compton-thick なセイファート2型銀河では10 keV以下で反射成分が放射の大部分を占めていると考えられている。Compton-thick なセイファート2型銀河からは軟X線側に熱的プラズマ起源と思われる電離輝線と、硬X線側に反射成分起源と思われる電離輝線の両方が観測されているが、Fe以外の多数の蛍光X線が確認できる特徴を持つセイファート2型の銀河は数少なく、銀河中の重元素は銀河中の恒星の内部で合成され、星風や超新星爆発によって星間空間に放出される為、銀河の進化は超新星を伴う星生成活動と密接な関連がある。重元素の組成比を詳細に観測することで、星形成、その銀河自体の形成過程や進化のメカニズムを解明できると考えられているので、輝線を精度よく観測することで活動銀河核の化学進化を知る手がかりになると期待されている。

今回報告するのは、セイファート2型銀河であるNGC 6552の「すざく」による観測結果である。NGC 6552はセイファート2型のAGNであり、ASCAのNEP region surveyで発見された天体である。ASCAの観測から、周囲の反射物質に隠され直接成分は強く吸収されて見えおらず、反射成分が放射の大部分を占めているCompton-thick なセイファート銀河だと考えられており、Feの他にSi, S, Ar, Ca等の多くの蛍光X線が示唆されていた。しかし、今回の「すざく」衛星の100 ksecの観測では、 3σ 以上の有意度で観測された輝線はFeのみであり、Feに対する他の輝線の強度比は他のCompton-thick なセイファート2型銀河と大きな差が無いことが分かった。また、シミュレーションとの比較から概ねの銀河はSolar abundanceと無矛盾であることが分かった。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

S33a フレームワーク MONACO を用いた活動銀河核トーラスの X 線スペクトルシミュレーション

古井俊也, 深沢泰司 (広大理), 小高裕和 (ISAS/JAXA), 川口俊宏 (国立天文台)

活動銀河核 (AGN) の中心のブラックホールや降着円盤を取り囲むように密度の濃いガス雲群が分布しており、トーラスと呼ばれている。AGN からの X 線領域の放射は、降着円盤高温コロナからと思われる直接成分と、周辺物質により吸収、散乱を受けた成分が混ざり合って観測される。反射、吸収成分にはトーラスに起因する蛍光 X 線や吸収量といった情報が含まれており、AGN のブラックホール周辺の状態を調べるために重要である。しかし、一様密度、速度分散無しと単純化したトーラスによる反射成分モデルは存在するが、近年赤外線領域で得られたつつあるトーラスの描像を反映した反射成分モデルは存在しない。

ASTRO-H では鉄の K ラインの形状や吸収端の精密分光が史上初めて可能となり、トーラス物質の密度分布、電離度、速度分散などの周辺状態を探る事ができると期待される。そのため、我々は MONACO フレームワークを用いて、トーラスの X 線透過・反射スペクトルのモンテカルロシミュレーターを開発した。MONACO は 3 次元的に配置されたガスにおける、光電吸収、コンプトン散乱、ラマン散乱、レイリー散乱の物理プロセスを計算しながら、光子の追跡を行う。まず物質が smooth に分布したドーナツ状のトーラスジオメトリを作り、シミュレーションを行った。これは既存のモデル (Murphy & Yaqoob et al. 2009) と同様のジオメトリであり、両者のスペクトルを比較して、結果がほぼ一致する事を確認した。一方で、周辺状態を知るための強力な手段であるコンプトンショルダーの形状は、我々の結果では束縛電子による効果を確認する事が出来た。講演では、トーラスの構造を clumpy にした場合の結果についても紹介しながら議論を行う。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

S34a 活動的銀河における高励起分子ガスと高温ダストとの分布の違い

中川貴雄 (ISAS/JAXA)、白旗麻衣、臼田知史 (国立天文台)

赤外線による高励起分子ガスの輝線と吸収線の観測から、活動的銀河核の周りの「高励起分子ガスの分布」と「高温ダストの分布」が、銀河により異なることが示唆されたことを報告する。

我々は、活動的銀河核の周りの高励起分子ガスの物理状態を調べるために、「あかり」と「すばる」を用いて、一酸化炭素分子の基本振動回転遷移 ($4.6\mu\text{m}$) の吸収線観測を行ってきた。その結果、活動的銀河のサンプルの一部から、高温にある一酸化炭素の吸収線を検出した (e.g. IRAS08572+3915, Shirahata et al. 2013)。

一方、最近の Herschel の観測により、一酸化炭素分子の高励起回転遷移線が、遠赤外線領域において、輝線として観測された。この輝線観測からも、高励起の分子ガスの存在が示されている。

ただし、一酸化炭素の回転遷移輝線が強く観測された銀河が、近赤外線の振動回転遷移吸収線を必ずしも示すわけではなかった。最も顕著な例は、Mrk 231 である。Mrk 231 は、強い回転遷移輝線が Herschel で観測されたが、「あかり」の観測も「すばる」の観測でも振動回転遷移の吸収線は全く見られなかった。

吸収線が観測されるためには、連続波源 (高温ダスト) が、高励起分子ガスの背後に存在する必要がある。したがって、銀河による輝線、吸収線の観測の有無の差は、「高励起分子ガスの分布」と「高温ダストの分布」の分布が銀河により異なるということを示す。すなわち、(1) 「輝線と吸収線の両者が見られる銀河」では、近赤外線でのダスト連続波が光学的に厚くなる領域が、高励起分子ガスの存在領域よりも内側にあるが、(2) Mrk 231 のように、「輝線のみが見られ、吸収線が見られない銀河」では、この関係が逆転していることとなる。この分布の差を生んだ原因を議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

S35a 高赤方偏移クェーサーのダストトーラス進化

大藪進喜 (名古屋大学)

クェーサーとは中心に存在する超巨大ブラックホールに質量降着することで、その膨大な重力エネルギーを解放している天体である。このクェーサーはその状況証拠から、ダストトーラスの存在が示唆されているが、その形成と進化については、今だ明らかになっていない。そこで我々は高赤方偏移クェーサーを観測することで、その形成・進化に迫る研究を進めている。前回の年回(14-S22a)で、赤外線天文衛星「あかり」の観測から、高赤方偏移($z=4-5$)における輝線幅の小さな高光度クェーサー($3000-4000 \text{ km s}^{-1}$)で、そのダストトーラスの温度(1000 K以下)が低い傾向を示す天体を見つけたことを報告した。このようなクェーサーの解釈として、 $\text{H}\alpha$ 輝線放射領域とダストトーラスの内径が、従来の高光度クェーサーよりその中心核から遠方に広がっていることを示唆している。

今回の講演では、これらの高赤方偏移クェーサーのダストトーラスの内径が広がっている原因について考察する。今回見つけられたクェーサーが観測される直前まで活発であり、その高光度な放射で輝線放射領域およびトーラスの内径が押し広げられていた天体を見た可能性、輝線放射領域外縁部の高密度ガスがダストに変わっていくダストの形成過程の現場を見ている可能性、また形成途中のクェーサーであるためにその構成物質の降着が釣り合うところまで来ていない可能性について議論する。またこれらのダストトーラス進化の過程とクェーサー進化におけるつながりについても議論したい。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

S36a **ダスト減光効果を考慮した準解析的モデルによるクェーサー光度関数の研究**

白方 光, 岡本 崇 (北海道大学), 榎 基宏 (東京経済大学), 長島 雅裕 (文教大学), 小林 正和 (愛媛大学)

我々は、準解析的銀河形成モデル Numerical Galaxy Catalogue (ν GC; Nagashima et al. 2005) に Enoki et al. (2003) のクェーサーモデル (以下、E03 モデル) を導入したものをを用いて得られたクェーサーの光度関数を観測と比較した。我々のモデルは、赤方偏移 $z = 0 - 3$ の銀河の光度関数およびバルジ質量-ブラックホール質量関係の観測結果と矛盾しない。一方、E03 モデルはクェーサーのダスト減光効果が陽に取り入れられておらず、放射効率パラメータに内包されているという問題があった。そこで本研究では、銀河の星からの放射の減光に寄与するダストは銀河中心のクェーサーからの放射にも影響を及ぼすはずである、との予想に基づき、ダスト減光を放射効率とは独立に取り扱う形への拡張を行った。減光曲線は Calzetti et al. (2000) に従うとした。E03 モデルでは、爆発的星形成を誘起する銀河の major merger が起こった際には、ブラックホールにガスが即時的に降着してクェーサー活動が起こると仮定していた。しかしこの仮定ではダスト減光が効きすぎるため、クェーサーの光度関数を再現するためには、クェーサーの放射効率が SED から予想される値の範囲の上限近くである必要があり、現実的ではない。そこで新たに、major merger からガス降着までに遅れが生じるモデルを作った。その結果、銀河の力学時間程度の遅れを仮定すればクェーサーの光度関数を現実的な放射効率で再現出来ることが分かった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

S37a

ダストに隠された活動銀河核に適用可能なブラックホール質量測定法

峰崎岳夫（東京大学天文学教育研究センター）、松下恭子（東京理科大学）

ダストに隠された活動銀河核にも適用可能な新しいブラックホール質量測定法を提案する。本手法では、活動銀河核の X 線スペクトルに見られる中性 FeK α 輝線のコア成分がダストトラス内縁部を起源とするという予想のもと、その放射領域半径（= 中心光源からの距離）が活動銀河核光度のおよそ 0.5 乗に比例すると考え、活動銀河核光度から求めた中性 FeK α 輝線コア成分の放射領域半径とその線幅からブラックホール質量を見積もる。ダストによる減光の影響が小さい活動銀河核光度の指標を使えば、ダストに隠された活動銀河核についても本手法を使って中心ブラックホールの質量を評価できる。

Chandra HETG で中性 FeK α 輝線コアの線幅が高精度で得られている 1 型活動銀河核について可視 broad H β 輝線と中性 FeK α 輝線コアの線幅の比からピリアル関係を仮定すると、中性 FeK α 輝線コア成分の放射領域半径は broad H β 輝線の reverberation 半径と dust reverberation 半径 (Koshida et al. 2014) のあいだとなった。これは中性 FeK α 輝線コア成分の放射領域をダストトラス内縁部とする予想に合致し、これをもとにその半径の [OIV] $\lambda 25.89 \mu\text{m}$ 輝線光度依存性を得た。次に [OIV] 輝線光度から中性 FeK α 輝線コアの放射領域半径を求め、その速度幅からブラックホール質量を見積もった ($M_{\text{BH,FeK}\alpha}$)。これを 1 型活動銀河核については broad H β 輝線の reverberation 観測による値 ($M_{\text{BH,rev}}$) と、2 型活動銀河核については偏光 broad Balmer 輝線幅および H $_2$ O メーカーによる値 ($M_{\text{BH,pol}}$, $M_{\text{BH,H}_2\text{O}}$) と比較した。 $M_{\text{BH,FeK}\alpha}$ と $M_{\text{BH,pol}}$, $M_{\text{BH,H}_2\text{O}}$ には有意な相関が見られ、また $M_{\text{BH,FeK}\alpha}$ は $M_{\text{BH,rev}}$, $M_{\text{BH,pol}}$ とおよそ一致したが、 $M_{\text{BH,FeK}\alpha}$ は $M_{\text{BH,H}_2\text{O}}$ よりも系統的に ~ 5 倍大きかった。講演ではこの原因について考察するとともに *ASTRO-H* 衛星を用いた将来研究の展望を述べる。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

【T. 銀河団】

9月11日(木) 午前(11:00-13:00) [A会場]

T01a	11:00	種族合成モデルを用いた銀河団同定法の開発 大栗真宗(東京大学)
T02a	11:12	「すざく」による近傍 Fossil システム候補天体の系統的観測 佐藤真柚(首都大学東京)
T03a	11:24	弾丸銀河団における銀河団ガスの熱的進化 永吉賢一郎(宇宙航空研究開発機構)
T04a	11:36	X線鉄輝線共鳴散乱を用いた銀河団内高温プラズマでの乱流の大きさの制限 枝廣育実(広島大学)
T05a	11:48	すざく衛星による低表面輝度銀河団 A1631 のエントロピー分布の研究 新郷沙耶(奈良女子大学)
T06a	12:00	銀河団外縁部のエントロピー異常の原因の検証 栗山 翼(東京理科大学)
T07a	12:12	かみのけ座銀河団に見つかったサブハローの「すざく」による観測 佐々木 亨(東京理科大学)
T08a	12:24	0.16 z_i 0.33 における銀河団内の Luminous Red Galaxy の分布 星野華子(名古屋大学)
T09a	12:36	ペルセウス銀河団からの暗黒物質 X線の探査 田村隆幸(宇宙航空研究開発機構)
T10b	12:48	銀河団の高エネルギー分光観測における重力赤方偏移の影響 北本俊二(立教大学)
T11b	12:48	「すざく」による Zone of Avoidance 領域銀河団の X線撮像分光観測 森 英之(名古屋大学)
T12b	12:48	すざく衛星を用いた銀河団プラズマ中の電離非平衡状態の系統的探査 井上翔太(大阪大学)

9月11日(木) 午後(15:00-16:12) [A会場]

T13a	15:00	衝突銀河団 Abell 2256 の JVLA 偏波観測結果 小澤武揚(鹿児島大学)
T14a	15:12	銀河団に付随する電波放射領域(電波レリック)の X線観測の現状 赤松弘規(SRON Netherlands Institute for Space Research)
T15a	15:24	電波レリックを持つ銀河団 1RXS J0603.3+4214 の衝撃波候補領域の解析 板花まどか(山形大学)
T16a	15:36	「すざく」による衝突銀河団 Abell 548W の観測 中澤知洋(東京大学)
T17a	15:48	X線天文衛星すざくを用いた衝突銀河群探査 三石郁之(名古屋大学)
T18a	16:00	衝突初期の銀河団 CIZA J1358-4750 における衝撃波の観測的研究 加藤佑一(東京大学)

T01a 種族合成モデルを用いた銀河団同定法の開発

大栗真宗 (東京大学)

広視野の光赤外サーベイ計画が世界各地で進められており、日本でもすばる望遠鏡に取り付けられた超広視野カメラ Hyper Suprime-Cam (HSC) を用いた戦略的サーベイが始まったところである。このようなサーベイデータの解析において、銀河団は宇宙論及び銀河進化の研究において非常に重要な役割を果たすが、銀河団を活用するためにはまずサーベイデータ内で銀河団を同定する必要がある。

銀河団のメンバ銀河は、特に中心部で楕円銀河が卓越しており、これら楕円銀河はタイトな色等級関係 (いわゆる red-sequence) を示すことが知られている。本研究では、この red-sequence 銀河の SED を再現する星の種族合成モデル (Bruzual & Charlot 2003 に基づく) を構築し、サーベイで観測される銀河の任意バンドの等級をこのモデルに対してフィッティングすることで銀河団メンバ銀河数分布の三次元的なマップを作成し、そのピークから銀河団を同定するという方法を開発した。

この手法をスローンデジタルスカイサーベイ (SDSS) の DR8 撮像データに適用し、およそ7万個の銀河団サンプルを構築した。X線銀河団サンプルとの比較により、銀河団の測光的赤方偏移の精確性や銀河団メンバ銀河数とX線温度、光度との強い相関、銀河団サンプルの高い完全性などを確認した。また公開されている CFHTLenS カタログを用いて弱い重力レンズのスタック解析を行い、銀河団メンバ銀河数と銀河団質量のスケーリング則を求めた。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

T02a 「すざく」による近傍 Fossil システム候補天体の系統的観測

佐藤真柚 (首都大学東京), 三石郁之 (名古屋大学), Eric D. Miller (MIT), 大橋隆哉 (首都大学東京)

Fossil 銀河群/銀河団とは、可視光で見ると中心の巨大楕円銀河が支配的 ($0.5r_{200}$ 内で最も明るい銀河と 2 番目に明るい銀河の等級差が 2 等級) であるにも関わらず、銀河群/銀河団と同程度に広がった X 線ハロー ($L_X > 10^{42}$ erg s $^{-1}$) を有するシステムを指す (e.g. Jones et al. 2003)。これらのシステムの多くは孤立系ではあるが、内部で銀河同士の衝突合体を何度も経て一つの巨大楕円銀河へ成長していった中で、X 線ハローが取り残された、いわば進化の最終形態にある天体だと考えられている。またその性質は、通常の銀河群・銀河団で知られている X 線と可視光のスケーリング則からの逸脱も示唆されており (e.g. Khosroshahi et al. 2007)、未だその成り立ちと性質には未知の部分が多い。

そこで X 線天文衛星「すざく」で、fossil 銀河群/銀河団サンプル (Miller et al. 2012) をもとに、特に中心楕円銀河光度の小さなシステムの X 線の性質を系統的に調べる観測を行った。サンプルは MaxBCG 銀河団カタログ (Koester et al. 2007) に掲載されている近傍 ($z \sim 0.14$) にある 5 天体を選定した。これらは可視光観測から fossil システムの候補と考えられている。イメージおよびエネルギースペクトルの解析から、これら全ての天体からバックグラウンドと比較し有意な超過成分が検出され、その起源として熱的プラズマを仮定した場合、5 天体とも $kT > 1$ keV, $L_X > 10^{42}$ erg s $^{-1}$ となった。特に明るく温度の高いもの (SDSS J0854+3524) は、 $kT \sim 2.9$ keV, アバundance 0.2 ± 0.1 solar, $L_X \sim 10^{44}$ erg s $^{-1}$ を示し、fossil 銀河団であると考えられる。本講演ではこれら 5 天体の詳細な解析結果を述べ、中心楕円銀河光度の異なるサンプルとの比較を行っていく。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

T03a 弾丸銀河団における銀河団ガスの熱的進化

永吉賢一郎，川原田円，満田和久（ISAS/JAXA）

弾丸銀河団 ($z = 0.296$) は衝突銀河団の中でも最も特徴的な銀河団の一つである。Chandra 衛星による X 線観測は、小さな sub cluster が動圧によってその銀河団ガス (ICM) をはぎ取られながら main cluster の中心付近を突き抜けている様子を明らかにし、複雑な温度分布や衝撃波構造、20 keV を超える超高温ガスの存在を指摘した (Markevitch et al. 2002, 2004)。しかし、これらの観測は半径 5' 以内の明るい領域に限られている。弾丸銀河団の ICM の平均温度が約 13 keV であることを考えると、銀河団は半径 10' 以上に広がっていることが予想される。衝突によるガス加熱の仕組みを理解するためには、銀河団の外側に薄く広がって存在する、未観測の大量の高温ガスの物理状態を調べるのが重要である。我々は、低く安定したバックグラウンドを誇るすざく衛星を用いて、弾丸銀河団の北東と北西の半径 18' までの領域をカバーする観測を行った。同時に観測したオフセット領域を用いて銀河団外縁部の X 線バックグラウンドを慎重に推定し、中心から外側までの半径方向の X 線強度を調べたところ、10' - 14' の領域において初めて有意な X 線シグナルを検出した (5.3σ , 0.5 - 2.0 keV)。また、衝突の前方 (西方向) の ICM は半径 6' から 18' までの外側に向かって 9.5 keV から 4 keV まで温度が下がるのに対し、衝突の後方 (東方向) では 5.5 keV から 10 keV まで温度が上昇しているという結果を得た。銀河の数密度から推定される大規模フィラメント構造は銀河団の南北方向であることから、我々はこの銀河団外縁部の ICM の温度構造は質量膠着によるガス加熱とは異なる、銀河団ガスのダイナミクスによって引き起こされていると考えている。本講演では、弾丸銀河団の外縁部のガス加熱と ICM の熱的進化について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

T04a X線鉄輝線共鳴散乱を用いた銀河団内高温プラズマでの乱流の大きさの制限

枝廣育実, 深沢泰司 (広島大学)

銀河団は宇宙で最大の自己重力系で、銀河団同士の合体や衝突を繰り返して進化をしてきた。進化の過程で銀河団内高温プラズマ (ICM) では乱流が生じていることが示唆されており、乱流を調べることで銀河団の形成の歴史や銀河団内の質量構成により強い制限をつけることができる。乱流の大きさは重元素イオンからの X 線輝線放射のドップラー幅を用いて調べることができるが、従来の検出器では分解能が悪く、よく調べられていない。さらにドップラー幅の情報に加えて乱流の情報を引き出すのに有効なものが、ラインの共鳴散乱の様子を探ることである。同じ重元素イオンの出す、共鳴散乱断面積の異なる複数の Fe-K 輝線の強度比を観測から求め、乱流を考慮した共鳴散乱シミュレーション結果との比較を行うことで、乱流の大きさに制限をつけることができる。

我々は ASTRO-H による鉄ラインの精密分光観測に向けて Geant4 ツールキットを用いた共鳴散乱シミュレーションを構築しつつある。ASTRO-H ではこれまで分離できなかった、共鳴散乱の度合いの異なるラインを分離することができると期待されている。ASTRO-H のエネルギー分解能を考慮してシミュレーションを行った結果、乱流が大きくなると共鳴散乱の効果が小さくなることを用い、乱流の制限に繋がることが確かめられた。また、Suzaku-XIS によるペルセウス銀河団 824ks データ解析により、中心 1 分角以内での Ni を含む Fe の 6.7, 7.0, 7.8, 8.2keV ラインの強度比を求めた。温度を考慮してプラズマ放射モデルと比較した結果、共鳴散乱断面積の大きい輝線が弱くなっている兆候がみられたため、シミュレーションとの比較を行ない、乱流の制限を試みた。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

T05a すざく衛星による低表面輝度銀河団 A1631 のエントロピー分布の研究

新郷沙耶, 太田直美 (奈良女子大学), H. Böhringer, G. Chon (MPE), G.W. Pratt (CEA/Saclay)

銀河団の進化の観測的な指標として、X線表面輝度とエントロピーがある。銀河団の進化に伴い、高温ガスは重力ポテンシャルに落ち込んで中心に集中していくため、進化した銀河団ほどX線表面輝度・エントロピーとも高くなることが予想される。しかし過去のROSAT衛星などによる観測から、表面輝度が非常に低い一方で、エントロピーが高い傾向を持つ銀河団が数個見つかっている。実際に「すざく」衛星で観測された低表面輝度銀河団A76は、中心で $\sim 400 \text{ keV cm}^2$ と他の銀河団よりも高いエントロピー値を持つことが示された (Ota et al. 2013)。これは、重力加熱やAGN加熱のみでは説明が難しい。

さらに低輝度銀河団の進化過程にせまるため、ROSATサンプルのなかで最もX線輝度の低い近傍銀河団であるA1631 ($z = 0.046$) に注目した。「すざく」衛星の高い感度を活かし、半径0.8 Mpc (ビリアル半径の約0.8倍に相当) までのX線スペクトル解析を行った。その結果、A1631の平均ガス温度は2.3 keVと求まり、エントロピー半径分布は平坦で、中心値が $\sim 460 \text{ keV cm}^2$ であることがわかった。この値はREXCESSサンプル (Pratt et al. 2010) と比べても高く、近傍銀河団の温度・エントロピー関係に対して温度の割に高い方にずれている。加えて、中心のガス密度が $\sim 6 \times 10^{-4} \text{ cm}^{-3}$ と極めて低いことから、ガスの中心集中が進んでいない力学的に若い系であると考えられる。これらの性質は、A76で見られた傾向と類似している。本講演では、A1631のX線スペクトル解析結果を報告し、A76との比較から低輝度銀河団のガス加熱の過程や進化について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

T06a 銀河団外縁部のエントロピー異常の原因の検証

栗山翼, 佐藤浩介, 松下恭子 (東京理科大学), 赤松弘規 (SRON), 大橋隆哉 (首都大学東京), 藤田裕 (大阪大学), 川原田円, 田村隆幸 (ISAS/JAXA), 中澤知洋 (東京大学), 岡部信広 (IPMU), 太田直美 (奈良女子大学), 滝沢元和 (山形大学)

銀河団は大規模構造からの質量降着によって現在も成長していると考えられている。宇宙論的シミュレーションでは、質量降着時の衝撃波によってエントロピーは半径の 1.1 乗に比例して上昇すると考えられていた。しかし「すざく」衛星による銀河団外縁部までの観測からエントロピーは r_{500} までしか上昇せず、以降はほぼ一定の値となることが確認された (e.g., Sato et al. 2012)。異常の原因の一つとして外縁部の高温ガスの密度むらによって密度を過大評価していることが挙げられている (Simionescu et al. 2011)。降着してきたガス塊が銀河団ガスと十分混ざっていない場合外縁部のガス密度にはむらが生じる。そのためガス塊の存在が確認出来れば密度が受ける影響を評価し得る。ガス塊が十分大きく明るい場合周囲よりも明るい X 線源として観測出来る可能性がある。

近傍の中規模銀河団 Abell 2199 ($z=0.03$, $kT=4$ keV) は南北に延びるフィラメント上に位置しており、外縁部でのエントロピー異常を我々は既に報告した (佐藤他、2012 年春季年会)。今回、Abell 2199 銀河団の外縁部について「すざく」衛星によるピリアル半径付近までのマッピング観測に加えて「XMM-Newton」衛星でフィラメント方向を含む 2 領域を新たに観測した。銀河団外縁部での X 線点源数 ($\log N$ - $\log S$ 関係) を Lockman hole, COSMOS 領域など、明るい天体のいない領域と比較したところ両者と良く一致した。ただし、検出された X 線源について詳細なスペクトル解析を行ったところ、少数ながら 1-3 keV の熱的プラズマからのスペクトルを示す X 線源が存在した。本講演ではガス塊による密度むらがエントロピーにどれだけ影響し得るかについて議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

T07a かみのけ座銀河団に見つかったサブハローの「すざく」による観測

佐々木亨、松下恭子、佐藤浩介(東京理科大学)、岡部信広(東京大学/Kavli IPMU)

銀河団は宇宙最大の自己重力天体であり、重力によって加熱された高温ガスが X 線を放射している。冷たい暗黒物質モデルによると、銀河団は小さな構造から衝突合体を繰り返し大きな構造へと進化したと考えられる。銀河団は宇宙年齢をかけて成長した天体であるため、衝突合体の名残である質量構造(サブハロー)が現在まで残っていると期待される。

Okabe et al. (2014) では Subaru/Suprime-Cam を用いて、かみのけ座銀河団の弱い重力レンズサーベイを行い、銀河団のサブハローの質量を直接測定した。その結果、かみのけ座銀河団のビリアル質量の1%以上 ($> 1 \times 10^{13} M_{\odot}$) のサブハローが r_{500} から r_{vir} の間に3つ存在することがわかった。このうち1つはかみのけ座銀河団に落下中の NGC 4839 銀河群であり、「すざく」ですでに観測されている (Akamatsu et al. 2013)。

今回、我々は Okabe et al. (2014) で見つかったかみのけ座銀河団のビリアル質量の1%以上のサブハローのうち、まだ観測がなかった2つのサブハローを「すざく」で観測した。観測されたサブハローから有意に X 線放射が検出され、周囲の高温ガスより温度が低かった。サブハローの一つは X 線輝度分布のピークの中心位置が質量分布中心からずれて非対称だったのに対し、もう一方は中心のずれが小さく対称的な分布を保っていた。また、サブハローの質量に対するガスの質量の割合が他の銀河団のガスフラクションより一桁小さい結果となった。これらの結果から、サブハローに付随する高温ガスがかみのけ座銀河団の高温ガスと相互作用して剥ぎ取られたと考えられる。本講演では、サブハローが遠方銀河団の外縁部の観測に与える影響について評価も行う。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

T08a **0.16z0.33** における銀河団内の Luminous Red Galaxy の分布

星野華子, Alexie Leauthaud (東京大学/IPMU), 日影千秋 (名古屋大学), Claire Lackner (東京大学/IPMU), Eli Rykoff (Stanford University), Eduardo Rozo (Stanford University), Rachel Mandelbaum (Carnegie Mellon University)

銀河団の中心 (重力ポテンシャルの底) には非常に明るく大きい銀河が存在すると考えられている。この中心銀河を選定することは、銀河団を取り巻くダークマターハローの質量の正しい見積もりなど、宇宙の構造形成の理解に重要な役割を果たす。

多くの先行研究は、その中心銀河が Luminous Red Galaxy (LRG) のような古い銀河であるという仮定のもとで進められていた。この仮定の正当性を確かめるため、本研究では SDSS DR8 から作られた RedMaPPer 銀河団カタログを用いて 7191 個の銀河団を解析し、中心銀河と LRG を比較した。その結果、中心に LRG を持つ銀河団は全体の 76% であり、一つ以上の LRG を含む銀河団に対しては中心に LRG を持つものは 86% であった。さらに、重い銀河団ほど中心銀河が LRG である傾向が強くなるにも関わらず、それが常に銀河団内で最も明るい LRG とは限らないということが分かった。

また、銀河団内の LRG 分布を調べるため、LRG の Halo Occupation Distribution (HOD) を測定した。その結果、重い銀河団ほど LRG を多く持つが中心銀河が LRG である確率は最大でも 95% 程度であることが確かめられた。このように、LRG は銀河団中心を探るにあたって十分な指標にはならないということが分かった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

T09a ペルセウス銀河団からの暗黒物質 X 線の探査

田村隆幸

暗黒物質の正体を探ることは、現代物理学の中でも最大の課題である。現在、冷たい粒子が有力候補とされているが、直接探査実験や加速器実験でもその証拠が見つかっていない。また、宇宙における銀河スケール以下での暗黒物質の分布は、冷たい粒子だけでは説明できない。これらから、より軽い粒子が「暖かい暗黒物質」として検討されている。この暗黒物質が、keV 程度の質量を持っていると、X 線を放射する可能性がある。例えば、sterile neutrino がその候補の一つである。これらの粒子は、相互作用が非常に弱く、地上での検出は困難を極める。唯一の検証方法が、宇宙の暗黒物質からの放射である。最近、二つのグループが独立に、ペルセウス銀河団とアンドロメダ銀河から、原子起源では説明ができないライン X 線放射をほぼ同じエネルギー（約 3.5keV）に検出した (Bulbul et al. 2014; Boyarsky et al. 2014)。彼らは、これらが Sterile Neutrino からの X 線であることを検討している。ただし、この X 線放射は非常に弱く、検出器起源の可能性も否定できない。我々は、このライン X 線の起源を確かめるため、「すざく」衛星によるペルセウス銀河団の長時間およびマッピング観測データを用いた。初期的な解析では、3.5keV ラインは見えていない。ラインが見えない場合にも、暗黒物質の性質についてのユニークな制限ができる。これらの結果について、報告する。また、ASTRO-H による観測についても検討している。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

T10b 銀河団の高エネルギー分光観測における重力赤方偏移の影響

北本俊二, 津村大樹 (立教大理), 林祐 (JAXA/ISAS)

ASTRO-H 衛星による観測が始まる事で、超高エネルギー分解能で広がった天体の X 線観測ができる時代が始まる。エネルギー分解能があがる事で、イオン化状態の違いによる見かけ上の中心エネルギーの変化という不確定性がなくなり輝線のエネルギー偏移を純粹に測定できる事が観測の質を一変する事に成る。そして、銀河団中の高温ガスの運動、乱流状態やマーキングの結果生じる速度分布等の観測が可能になる。

超高エネルギー分解能で観測すると、銀河団重力による重力赤方偏移の影響を多かれ少なかれ受ける。この影響を定量的に押さえて、ガスの運動の観測を確実なものにする事が重要である。あるいは、逆にこの影響を調べる事で、銀河団の重力分布、従って暗黒物質の分布を直接測定できる可能性もある。

我々は、シミュレーションにより銀河団内での輝線放射の赤方偏移の測定可能性を調べた。まず、近傍で明るいペルセウス座銀河団のこれまでの観測で推定されている半径方向のガス密度分布とダークマターを含めた質量分布を仮定して、鉄の K 輝線の観測データをシミュレーションした。温度分布は一定と仮定した。期待される重力赤方偏移は 0.5eV 程度で、他の影響がなければ、ASTRO-H 衛星の SXS でおよそ 100k 秒の観測で検出可能である事がわかった。従って、ガスの運動を観測結果の解釈には、この重力赤方偏移の効果にも注意を払う必要がある。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

T11b 「すざく」による Zone of Avoidance 領域銀河団の X 線撮像分光観測

森 英之 (名大 KMI), 前田 良知 (宇宙航空研究開発機構), 上田 佳宏 (京大), 田原 譲 (名大理)

X 線天文衛星「すざく」により、銀河系バルジ方向の X 線源 1RXS J170047.8–314442 の撮像分光観測を行ったので報告する。我々は、ROSAT 全天サーベイのデータから抽出した銀河系バルジの未同定 X 線源の同定を進めており、今回 1RXS J170047.8–314442 の 2 keV 以上の X 線スペクトルを取得すべく「すざく」を用いた追観測を実施した。「すざく」の X 線イメージからは、視野中心に半径 3′ 程度に広がったやや楕円状の X 線放射が見つかった。輝度分布は非対称であり、ピークは中心から約 1′ 北西に離れた位置にあった。

1RXS J170047.8–314442 の X 線放射に対し、我々はまず輝度分布の半径依存性を調べ、これを自己重力系に対してよく使用される β モデルで再現することを試みた。「すざく」搭載 X 線望遠鏡の Point Spread Function による像の広がり効果を考慮して、 β モデルのコア半径と冪をそれぞれ 1.51, 1.02 と見積もった。X 線放射全体から抽出したスペクトルからは、6 keV 付近に強い輝線が見つかった。これを He 状に電離した鉄からの $K\alpha$ 輝線と仮定すると、赤方偏移は $z = 0.17$ となり、銀河系外の天体であることが示唆された。さらに X 線スペクトルは、温度 $kT_e = 6.9$ keV の光学的に薄いプラズマからの放射で説明できた。一方で ~ 1 keV 以下のスペクトルの形は近傍の吸収体による減衰で説明でき、水素柱密度は $N_H = 2.1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-2}$ と求められた。

Kocevski et al. (2007) は、ROSAT の X 線データと R-band のイメージから、強い吸収を受ける低銀緯領域 (Zone of Avoidance) の銀河団候補サンプルを構築しており、1RXS J170047.8–314442 は CIZA J1700.8–3144 としてリストされている。「すざく」の追観測結果は、この天体が実際に銀河団であることを明確に示唆している。本講演では、銀河団ガスの諸特性に加えて、スポット状に輝く北西の輝度ピークについても触れる。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

T12b すざく衛星を用いた銀河団プラズマ中の電離非平衡状態の系統的探査

井上翔太, 林田清, 上田周太郎, 薙野綾, 常深博, 上司文善 (大阪大学), 小山勝二 (大阪大学, 京都大学)

銀河団高温プラズマ (Intracluster Medium; ICM) では、電離平衡状態であることが仮定されている。これは、銀河団形成のタイムスケールに比べて、非平衡プラズマの電離平衡状態に達するタイムスケールが非常に小さいため、relaxした銀河団では電離平衡状態に達していると考えられているからである。実際、電離非平衡状態にある銀河団 ICM の報告はない。しかし、衝突している銀河団の場合、そのタイムスケールが 10^8 年だとすると、電離非平衡の条件 $n_e t < 10^{13} \text{ s cc}^{-1}$ を満たす。事実、数値シミュレーションによって、銀河団の衝突のあるフェイズ、場所によって電離非平衡状態になることが予言されている (e.g. Takizawa 1999, ApJ, 520, 514, Akahori & Yoshikawa 2010, PASJ, 62, 335)。衝突銀河団中の電離非平衡プラズマを検出することで、銀河団衝突のフェイズを定量的に見積ることができる。我々は電離非平衡状態の探索が、銀河団形成過程の研究における重要なプローブであると考えており、これの初の検出を目指している。感度高い観測は ASTRO-H の打上げを待たなければならないが、それまでに上限値を求めておくだけでも十分意味がある。

我々は、安定したバックグラウンドの元で観測できるすざく衛星の銀河団データを用いて、銀河団 ICM 中の電離非平衡状態を探索した。Akahori & Yoshikawa 2010 によると、衝突銀河団の衝撃波面では、ICM 温度が 20 keV 程度まで達し、Fe XXV 輝線と Fe XXVI 輝線の強度比が電離平衡状態のそれに比べて 2 倍程度ずれる。我々はこれに着目し、衝撃波付近の Fe XXV と Fe XXVI の K_α 輝線を重点的に調べ、その輝線強度比から電離パラメータを見積った。この結果から、銀河団 ICM 中の電離非平衡状態と衝突のフェイズについて議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

T13a 衝突銀河団 Abell 2256 の JVLA 偏波観測結果

小澤武揚, 中西裕之, 安楽健太 (鹿児島大学), 赤堀卓也 (シドニー大学), 滝沢元和, 高橋育美 (山形大学), 小野寺幸子, 津田裕也 (明星大学), 祖父江義明 (東京大学)

銀河団は X 線の輝度分布から不規則型、規則型、クールコア型の 3 形態に分類できる。我々は、この X 線の形態の違いが銀河団進化の異なる局面を表していると考え、X 線形態分類は銀河団の乱流と磁場の進化を探る手がかりになると着目した。そこで各形態での磁場の性質を比較するため、X 線形態分類がなされている近傍銀河団 6 天体の偏波観測を JVLA に申請し実施した。本講演ではその観測の内、不規則銀河団に分類される衝突銀河団 Abell 2256 の解析結果を報告する。

JVLA による観測は、C アレイ構成で S 帯 (2-4 GHz) 及び X 帯 (8-10 GHz) で行われ、両偏波観測により Stokes I、Q、U のイメージを取得した。S 帯 X 帯共に、128 MHz ごとの帯域に分けられた 16 の周波数でイメージを得ることができた。解析の結果、先行研究の L 帯 (1.3-1.7 GHz) で分かっている電波レリックを、今回はじめて S 帯においても検出することができた。電波レリックはこれまでの観測からそのファラデー回転測度の分散が $7 \text{ rad} \cdot \text{m}^{-2}$ と、銀河団の値としては非常に低い分散が見積もられていたが、本観測においても同様の低い分散が確認された。これは電波レリックが銀河団手前側にあるという説を支持するものである。講演ではスペクトル指数や偏波率の特徴なども報告する予定である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

T14a 銀河団に付随する電波放射領域 (電波レリック) の X 線観測の現状

赤松弘規 (SRON), 河原創 (東大), 石崎欣尚 (首都大), 大橋隆哉 (首都大)

近年の低周波電波帯域の観測技術の向上により, 銀河団周辺部に存在する電波放射 (電波レリック) の報告が相次いで行われてきた (例えば, Feretti et al. 2012 によるレビューを参照). 電波レリックは, 典型的に銀河団の外縁部に存在し ($r > \text{Mpc}$), 円弧上の形状を示し, 強い偏光度を持つという特徴がある. 衝突銀河団中でよく見られること, 他に対応する電波源が存在しないことから, 銀河団衝突によって発生した衝撃波により加速された電子が磁場に巻き付き, シンクロトロン放射によって電波で輝いているものと考えられてきた. しかしながら, 電波レリックの位置する領域では, 銀河団プラズマの密度が低下し, X 線強度が中心部に比べ $10^{-3} - 10^{-4}$ 程度まで落ち込んでしまう. その為, 十分な X 線観測が行われておらず, その理解が十分に行われていなかったのが現状である.

我々は, このような状況を打破するために, 既存の X 線衛星の中で最も適した「すざく」衛星を用いて研究を進めてきた. これまでに, 4 天体, 7 電波レリックにおいて銀河団プラズマの温度, 密度の低下を確認している (e.g., Akamatsu&Kawahara 2013). これらの結果は, 電波レリックと衝撃波の関係を明らかにしたものであるとともに, 先に述べた電波レリックが衝撃波加速によって形成されている, という描像を支持するものである.

このような我々の系統的な電波レリックの X 線観測研究は, 以下に述べる新たな問題点を暴き出した:

- (1) X 線と電波観測で独立に求めた衝撃波の特性が一致しない
- (2) 観測されたような低マッハ数の衝撃波による加速では, 観測された電波放射の強度を説明できない

本講演では, これまでに得られた結果のまとめとともに, 残された問題点に対し, どのように取り組んでいるのか, またその最新の成果を報告する.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

T15a 電波レリックを持つ銀河団 1RXS J0603.3+4214 の衝撃波候補領域の解析
板花まどか (山形大), 滝沢元和 (山形大), 赤松弘規 (SRON), 大橋隆哉 (首都大), 石崎欣尚 (首都大), 河原創 (東京大)

銀河団 1RXS J0603.3+4214 は、電波レリックを持つ衝突銀河団であり、電波レリックは曲率を持たず、線形に近い特殊な形状をしているため、“Toothbrush” の愛称で知られている。電波観測から、電波レリックの縁での電波スペクトルのベキは $\alpha \simeq 0.6$ であり、単純な衝撃波粒子加速の理論をあてはめると、そこから求められる衝撃波のマッハ数は $M \sim 4.5$ に達する。また、XMM-Newton での表面輝度解析より電波レリックから西に伸びた衝撃波の存在が示唆されている。

我々はすざく衛星を用いて電波レリックを中心とした 1RXS J0603.3+4214 周辺を観測した。XMM-Newton の結果から XIS の視野内の点源を引き抜き、電波レリック外縁に衝撃波が存在する (Relic shock) と仮定した電波レリックの外側 (pre shock) と内側 (post shock) の領域、電波レリックより西側に伸びている衝撃波候補 (West shock) の pre, post shock 領域、それぞれについてスペクトル解析を行った。Relic, West shock の各領域から得られた温度差に形式的にランキン-ユゴニオの関係式を適用し衝撃波のマッハ数を求めると、 $M = 1.6_{-0.3}^{+0.4}$, $M = 1.8_{-0.3}^{+0.4}$ を得た。Relic shock のマッハ数は、電波による結果と明確な食い違いがある。これは、単純な衝撃波粒子加速理論が成り立たないことを示唆する。West shock のマッハ数は、XMM-Newton の結果と誤差の範囲内で一致するが、我々の結果の方が、密度分布モデルの仮定による影響や投影効果による不定性が少ない。また、CXB の空間揺らぎによる系統誤差の評価を行った結果、最も強く影響を受ける pre shock 領域においても統計誤差を下回る結果となった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

T16a 「すざく」による衝突銀河団 Abell 548W の観測

中澤知洋、加藤佑一、Liyi Gu (東大理)、川原田円 (ISAS/JAXA)、滝沢元知 (山形大理)

銀河団衝突は、宇宙最大のエネルギーを解放をするイベントである。衝突の現場では、銀河団ガス (ICM) の加熱が起きると同時に、衝突銀河団で多く観測される Mpc スケールに広がった電波源の存在が示すように、衝撃波や乱流などによって粒子加速がおきる。すなわち、Relic のある領域は ICM の衝突によって加熱され、かき混ぜられていると考えられ、ICM が周囲の領域より高温になっているはずである。

Abell 548W は、 $z = 0.0424$ に位置する小型の衝突銀河団である。北および北西に 7–12' 離れたところに、直径 4–5' 分角の広がった電波源が 2 つあり、Relic と考えられている (Feretti et al. 2006)。この天体の X 線光度は $2.5 \times 10^{43} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ 程で、良く知られる $kT-L_X$ 関係では ICM 温度は 1.5–2.5 keV と期待されるが、実際の平均温度は ~ 3.5 keV と高く、衝突によって高温になっていると考えられる。*XMM-Newton* は、中心から 10' までしか ICM を検出できず、Relic の外側まで届いていない。Relic よりも内側の領域で ICM が高温になっており、そこに衝撃波が存在する主張しており (Solovyeva et al. 2008)、一般的な描像と合わない。Relic の正体を探るには、より外側の ICM 観測が重要なため、我々は「すざく」を用いて 84 ks の観測を行った。

「すざく」は Relic の外側、銀河団中心から 16' までの領域で ICM 放射を捉えた。ICM の温度は、中心付近で 3.5 keV で外に行くほどやや低温になる。これは多くの銀河団で見られる温度プロファイルに一致する。北西 Relic 内で内側から外側へ向かって、 $kT = 2.57_{-0.28}^{+0.34}$ keV から $3.24_{-0.73}^{+1.16}$ keV へやや温度が上昇し、Relic の外で $1.56_{-0.33}^{+0.55}$ keV に低下した。Relic が衝突の衝撃波で形成されていた場合は、高温の成分が見られるはずで、「すざく」はその放射を捉えたと解釈できる。*XMM-Newton* が報告した高温成分は「すざく」では検出されなかった。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

T17a X 線天文衛星すざくを用いた衝突銀河群探査

三石郁之, 前島将人, 馬場崎康敬, 小林洋明, 松本浩典, 田原謙 (名古屋大学), 佐々木伸 (首都大学東京), 関谷典央, 山崎典子 (ISAS/JAXA), Thierry Sousbie (IAP), 土居明広 (ISAS/JAXA), 林隆之 (国立天文台)

銀河・銀河群・銀河団を経て大規模構造形成にいたる宇宙の力学進化史において、衝突現象は重要な役割を担う。銀河団衝突はその規模・明るさからこれまでさかんに研究が進められてきたが、相対的に暗い銀河群の衝突は検出が難しく、観測サンプルが限られている。一方、銀河群スケールの衝突は銀河団形成を論じる上で必要不可欠な現象であり、その観測意義は大きい。

そこで我々は、広がった低輝度 X 線に高い感度を持つすざく衛星を用いて、(1) SDSS 3 次元分光銀河分布から大規模構造銀河フィラメントを可視化し、特に活発な構造形成が期待できる銀河フィラメントの交差点近傍領域、また (2) 可視光で銀河群と同定されており、かつ中心に位置する銀河同士の相互作用が示唆されている銀河群を観測した。上記の領域選定クライテリアについては、これまでの結果から効率的に衝突現象を伴った銀河群スケールの X 線ハローの検出が実証されている (Kawahara et al. (2011) & Mitsuishi et al. (2014)、河原他 2011 年春季年会、関谷他 2012 年春季年会、三石他 2013 年春季年会)。

結果として両領域から初めて >500 kpc スケールの X 線ハローが検出され、分光解析から ~ 0.9 keV, ~ 1.2 keV 程度の銀河群に伴うハロー起源であることが分かった。特に (1) の領域から検出された X 線ハローは複雑な morphology を示し、衝突銀河群と考えられる。さらには中心銀河から >500 kpc の電波ローブ様の広がった構造も検出された。本講演では多波長観測を用いた詳細な解析結果を報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

T18a 衝突初期の銀河団 CIZA J1358-4750 における衝撃波の観測的研究

加藤佑一、中澤知洋、Gu Lyli (東大理)、牧島一夫 (東大理、理研)

銀河団の衝突の際には衝撃波が発生し、その結果として高温プラズマが加熱されるとともに、乱流が励起される。衝撃波と乱流は、粒子を相対論的なエネルギーまで加速し、また磁場増幅を引き起こす。しかし、乱流、粒子加速、磁場増幅といった「非熱的エネルギー」のどれにどれだけの重力エネルギーが付き込まれるかは、よく分かっていない。2つの銀河団が互いの中心を通り過ぎる前の衝突初期であれば、ジオメトリが簡単であり、衝突速度や元の銀河団の質量を容易に求められるために有利である。ところが、衝突が始まったばかりの例はほとんど知られておらず、さらに明白な衝撃波を伴う天体は見つかっていなかった。

我々は CIZA(Clusters in Zone of Avoidance) カタログに着目し、そのような重要かつ稀な系である CIZA J1358.8-4750 を見つけた。この天体は銀河座標 (314.48, 13.52)、赤方偏移 0.07 と近傍に位置し ROSAT の軟 X 画像では $\sim 14'$ ($\sim 1.3\text{Mpc}$) 離れた 2 の銀河団に加え、その間を結ぶ明るい“ブリッジ”構造を持つ。我々は「すざく」で 2013 年に 61 ksec の観測をした (2013 秋 T02 報告)。今回、このデータを 24 個に領域分割して詳細に解析し、さらに 2004 年の XMM-Newton の公開データ 4.8 ksec も用いた。

「すざく」の観測により、2つの銀河団の温度は 5.6 ± 0.2 keV、 4.6 ± 0.2 keV、“ブリッジ”領域では 8 keV 以上の高温が幅広く分布し、最大で $9.2^{+1.5}_{-1.3}$ keV に達していることが明らかになった。XMM-Newton のデータを解析したところ、「すざく」で急激に温度が変化する位置に明らかな輝度のジャンプが見られた。これらの結果は衝撃波の明白な証拠であり、そのマッハ数は 1.3 と推定される。2つの銀河団に所属する銀河の平均赤方偏移から求めた視線方向の速度差は 480 km s^{-1} と小さく、衝突はほぼ天球面上で起きていると考えられる。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

【U. 宇宙論】

9月12日(金)午後(13:30-15:30) [F会場]

U01a	13:30	一般相対論的な三体問題に対する三角解の線形安定性	山田慧生(弘前大学)		
U02a	13:42	宇宙論的な位相欠陥に起因する初期磁場	堀口晃一郎(名古屋大学)		
U03a	13:54	宇宙ガンマ線背景放射にみるCP対称性の破れの兆候	田代寛之(名古屋大学)		
U04a	14:06	宇宙背景放射と背景原初磁場-原初磁場効果の修正-	山崎大(国立天文台)		
U05a	14:18	磁場と重力波観測の将来観測からの電子と陽子の電荷の非対称性への制限	青山尚平(名古屋大学)		
U06a	14:30	宇宙マイクロ波背景放射偏光観測実験POLARBEARによるB-mode偏光観測と解析の現状	茅根裕司(高エネルギー加速器研究機構)		
U07a	14:42	CMB偏光地図のパッチワークを使った重力レンズ再構築	永田竜(高エネルギー加速器研究機構)		
U08a	14:54	宇宙膨張論の検証X X I I I	空間膨張宇宙ならば(4)距離が三種類ある	阿武靖彦	電子版予稿なし
U09a	15:06	宇宙の素粒子の必要条件を満たす「超微粒子論」	小堀しづ	電子版予稿なし	
U10b	15:18	Lagrange的摂動論の5次摂動方程式導出とfitting formulaの構築	立川崇之(福井大学)		
U11b	15:18	ビッグバンの点と宇宙の中心のブラックホールの点と地球の点	小堀しづ	電子版予稿なし	
U12c		宇宙の泡構造とフィラメント構造	小堀しづ	電子版予稿なし	

9月13日(土)午前(09:30-12:06) [F会場]

U13a	09:30	21cm線輝度温度場のパワースペクトルの評価	島袋隼士(名古屋大学)
U14a	09:42	再電離期21cm線bispectrumの観測について	吉浦伸太郎(熊本大学)
U15a	09:54	修正重力理論における宇宙論的パワースペクトルおよび2点相関関数	樽家篤史(京都大学)
U16a	10:06	赤方偏移空間におけるダークマターの非線形成長へのラグランジアン摂動論の適用	杉山尚徳(東京大学)
U17a	10:18	3.5 keV X線輝線とMixed Dark MatterモデルでのSubstructure問題	原田了(東京大学)
U18a	10:30	弱重力レンズによるフィラメントの統計的性質	樋口祐一(国立天文台)
U19a	10:42	ガンマ線背景放射と弱重力レンズの相関解析による暗黒物質対消滅の制限	白崎正人(東京大学)
U20a	10:54	重力レンズ効果に対するバリオンの影響	大里健(東京大学)
U21a	11:06	FastSound計画:サーベイ進展状況の報告	舎川元成(東京大学)
U22a	11:18	FastSound計画:検出された輝線銀河の性質	岡田裕行(東京大学)
U23a	11:30	銀河分布の赤方偏移変形を用いた宇宙大構造の成長率と銀河速度分散の制限	日影千秋(名古屋大学)
U24a	11:42	赤方偏移変形の色依存性から探る銀河とサブハローの対応関係	山本幹人(名古屋大学)
U25a	11:54	近接クエーサー対の環境について	加用一者(東京工科大学)
U26c		近傍宇宙の銀河計数にもとづく密度パラメータの制限	藤井宏和(東京大学)
U27c		GRAMORsを用いた宇宙論パラメータの制限	森岡真代(東北大学)
U28c		Logicalization of Quantum Probabilities on Quantization Topology	中山薫二(龍谷大学)

U01a 一般相対論的な三体問題に対する三角解の線形安定性

山田慧生, 浅田秀樹 (弘前大学), 土屋拓也 (早稲田大学)

我々は, 一般相対論的な任意質量の三体問題に対する三角解の線形安定性を議論する.

現在, 日本の KAGRA をはじめとして世界中で次世代の地上重力波検出計画が盛んである. これらの重力波検出器では, 重力波の波形を予測していなければ検出が困難であり, 実際, 有望な重力波源である連星ブラックホール等の軌道運動や合体によって放出される重力波の理論予測が活発に行われている.

他方で, 一般相対論的な三体系ダイナミクスの理解の重要性が増している. 最近, 重力波源となり得る一般相対論的な三体系が発見され (Ransom *et al.* 2014), また, 連星の外側に第三体が存在する場合, それによる三体相互作用が連星のダイナミクスや重力波放出に強く影響することが指摘されている (Wen 2003; Seto 2013).

本研究では, Newton 重力における Lagrange の正三角解に対応する, 一般相対論的な任意質量の三体問題に対する三角解 (Yamada & Asada 2012) の線形安定性を調べた. 今回, 三体のうち一つを質量ゼロのテスト粒子とする制限三体問題における先行研究 (Douskos & Perdios 2002) と比較し, 一般相対論的な三体相互作用がこの安定性に如何に影響するかを議論する.

参考文献:

- [1] S. M. Ransom *et al.*, *Nature* **505**, 520 (2014).
- [2] L. Wen, *ApJ* **598**, 419 (2003); N. Seto, *PRL* **111**, 061106 (2013).
- [3] K. Yamada & H. Asada, *PRD* **86**, 124029 (2012).
- [4] C. N. Douskos & E. A. Perdios, *Celest. Mech. Dyn. Astron.* **82**, 317 (2002).

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

U02a 宇宙論的な位相欠陥に起因する初期磁場

堀口晃一郎, 市來淨與 (名古屋大), 関口豊和 (ヘルシンキ大), 杉山直 (名古屋大)

宇宙はこれまでに力の分離やインフレーションの終了などの様々な相転移を経験してきたと考えられている。これらの相転移は加速器実験や宇宙背景放射などの宇宙論的な観測などから示唆されている。これに加えて、素粒子の標準理論を自然に拡張することで大統一理論から様々なスカラー場が示唆されており、これらのスカラー場の大半が自発的に対称性を破り相転移したと考えられている。相転移を起こしたスカラー場には、その個数に応じて対称性を回復する領域（位相欠陥）が現れる。スカラー場が二つのときは宇宙ひも、四つ以上のときはテクスチャーという位相欠陥が形成される。相転移の結果、宇宙に現れる位相欠陥を調べる手法として天文学的な観測が注目されており、位相欠陥が観測量に与える影響を見積り、実際の観測と比較し宇宙の相転移の歴史を探ることは重要である。

本研究では、位相欠陥がその特有のシグナルとして生成する初期磁場に着目する。初期宇宙ではトムソン散乱とクーロン力により、光子とバリオンが強く結びついて運動しているが、位相欠陥は光子の非等方圧力を通してこの状態の光子とバリオンに相対速度を生み出すことで初期宇宙に磁場を生成する。本研究では位相欠陥の一つであるテクスチャーに起因する初期磁場を解析的計算、数値シミュレーションの双方を用いて求めた。スカラー場について二次、強結合近似について三次まで摂動展開を用いて計算を行った。これにより位相欠陥のエネルギーが 10^{16} GeV のときテクスチャーから生成された磁場は現在 Mpc スケールで 10^{-20} ガウス程度であることがわかった。発表では、生成される磁場のスペクトルや時間発展などについても議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

U03a 宇宙ガンマ線背景放射にみる CP 対称性の破れの兆候

田代寛之 (名古屋大学)

現在の宇宙で反物質の量が物質のそれと比べてごくわずかであることの説明として、宇宙初期での荷電 (C) 対称性とパリティ (P) 対称性の破れを伴う物理現象が挙げられる。この物理現象の帰結として、物質と反物質の量に差が生じるだけでなく、ヘリシティをもった宇宙論的磁場も同時に生成されることが知られている。そこで本講演では、宇宙ガンマ線背景放射を用いた宇宙論的磁場のヘリシティ検出方法の研究について発表する。具体的には、ガンマ線背景放射の検出方向に関連する、CP 変換に対して奇な統計量を導入する。この統計量は、背景放射が一様であるならゼロとなるが、背景放射が磁場のヘリシティの影響を受けているなら非ゼロとなり、宇宙論的磁場のヘリシティと密接に関連していることを示す。

また、この統計量をフェルミ衛星のガンマ線背景放射の観測データに応用した結果を報告する。この解析の結果、観測された統計量は、ガンマ線背景放射が一様であると仮定したシミュレーションの結果から 2 シグマ以上でずれていることがわかった。この結果は、 10^{-14} Gauss の強さを持った左手巻きの磁場が宇宙論的に広がって存在することを示唆している。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

U04a 宇宙背景放射と背景原初磁場 -原初磁場効果の修正-

山崎大 (国立天文台)

現代天体物理学において、磁場の影響の研究は必要不可欠である。現代宇宙論においても、磁場の影響は精力的に研究されている。磁場は、ビッグバン元素合成、宇宙背景放射、および物質密度場に影響する。故に、宇宙の成り立ちや現在までの進化を正しく知るためには、磁場の初期宇宙における物理的役割の正しい理解や、精密な制限が必要となる。

宇宙背景放射温度揺らぎの最初のピークと位置と振幅から、光子とバリオンが一流体とみなせる時代の音速やポテンシャルの変化の情報を引き出すことができる。磁場があると流体の音速が増加し、ポテンシャルの時間進化にも影響を与えるため、宇宙背景放射の最初のピーク付近の観測データからも磁場の情報を得ることができる。当研究では、いままで見落とされていた背景原初磁場が宇宙背景放射に及ぼす影響を初めて解析した。その結果、背景原初磁場を正しく考慮した場合、宇宙背景放射温度揺らぎの最初のピークの位置を大きいスケールの方へずらし、振幅を小さくすることがわかった。これから、背景原初磁場とバリオン密度の関係は正相関であり、ダークマターとは負相関であることがわかった。さらに、宇宙背景放射と理論計算との比較から、原初磁場の生成過程の情報を取り出すことや、原初磁場の非線形領域の時間進化モデルの検証が可能であることを示した

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

U05a 磁場と重力波観測の将来観測からの電子と陽子の電荷の非対称性への制限

青山尚平, 新田大輔

陽子と電子の電荷の大きさ、各々 q_p , $-q_e$ が同じであることは現在の素粒子標準模型 (SM) の重要な帰結であり、これは数々の物性実験や連星パルサー PSR B1913+16 の自転周期の変化の観測結果から $|q_p + q_e|/q_p \lesssim 10^{-21}$ という制限が得られている。もしこの対称性の破れ $q_p + q_e \neq 0$ を発見できた場合、素粒子標準模型を越えた新物理に対する強い示唆を与える。

本研究ではこの対称性の破れがブラックホールに与える有限の電磁氣的電荷 (U(1) charge) に注目する。有限の U(1) charge を帯びたブラックホールは Reissner-Nordström ブラックホール (RN-BH) と呼ばれ、一般相対性理論の解の1つである。RN-BH 同士が合体するときには、 $|q_p + q_e|/q_p \ll 10^{-21}$ の場合でも強力な磁場が生成され、銀河団間 (ICM) に存在するプラズマの広大な領域に刻み込まれる。ICM における磁場の拡散の時間スケールは現在の宇宙年齢より充分長いことから、地平線の内部で起こった RN-BH 連星系の合体起源の磁場はすべて ICM に刻み込まれていることになる。

ここで実際に観測される磁場の分散 σ_B^2 に関しては高エネルギーガンマ線スペクトラムの観測により銀河間空間に存在できる磁場の上限に関し概ね $\sigma_B \lesssim 10^{-14}$ Gauss 未満という上限が得られている。また磁場を生成する RN-BH 連星系の合体率は近い将来の重力波観測計画 aLIGO や KAGRA により観測的に明らかになると考えられている。先行研究の数値計算で求められているブラックホール連星系の合体率の典型的な値を採用すると、RN-BH 連星系の作る磁場に注目した陽子と電子の電荷の対称性への制限は先行研究と比べても有意なものになることを発表する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

U06a 宇宙マイクロ波背景放射偏光観測実験 POLARBEAR による *B*-mode 偏光観測と解析の現状

茅根裕司 (KEK 素核研), 高倉理 (阪大理学部), 田島治 (KEK 素核研), 都丸隆行 (KEK 低温セ), 羽澄昌史 (KEK 素核研), 長谷川雅也 (KEK 素核研), 西野玄記 (Kavli IPMU), 松村知岳 (KEK 素核研), ほか POLARBEAR collaboration

POLARBEAR 実験は南米チリのアタカマ砂漠標高 5,200m で、2012 年初頭から 150 GHz 帯での CMB 偏光の観測を行っている。POLARBEAR 実験は、超高感度な 1274 個の TES (transition-edge sensor) bolometer と 3.5 m の専用望遠鏡を用いることで、世界最高感度での原始重力波起源 *B*-mode 偏光 (大角度スケール)、および重力レンズ起源 *B*-mode 偏光 (小角度スケール) の両方を測定することが可能なユニークな実験である。初年度からの観測では小角度スケールに特化した deep survey 観測と解析を行い、世界で初めての重力レンズ起源 *B*-mode 偏光の自己相関スペクトルを、2014 年春季年会に於いて報告した。現在我々は原始重力波起源 *B*-mode 偏光の測定を目指し、wide survey 観測を実施している。本発表ではこの wide survey 観測とその解析の現状を報告する。また、近い将来に達成可能な精度についてもまとめる。

[セッションのトップに戻る](#)
[スケジュールに戻る](#)

U07a CMB 偏光地図のパッチワークを使った重力レンズ再構築

並河俊弥（京都大学）、永田竜（高エネルギー加速器研究機構）

マイクロ波背景輻射（CMB）偏光地図の重力レンズ効果は昨今の地上実験により検出が始まっており、近い将来、宇宙論の豊かな情報源となることが約束されている。

CMBの広域地図を作製するにあたっては、一般に観測装置や環境に由来する低周波の雑音が障害となることが知られており、これは地上観測においてコヒーレントな観測を実現できる領域のサイズを制限する主要因となっている。今回の講演では、地上実験において個別に観測された小さな偏光地図を繋ぎ合わせて作る大きな偏光地図から、重力レンズポテンシャルを再構築する解析について紹介する。再構築された重力レンズポテンシャルが保持する宇宙論的な情報や、delensing に適用した際の有効性についても議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

U10b Lagrange 的摂動論の 5 次摂動方程式導出と fitting formula の構築

立川崇之 (福井大学総合情報基盤センター), 水野俊太郎 (早稲田大学高等研究所)

将来の深宇宙における大規模構造の探査を行い、進化の過程を詳細に解析する事により、ダークマター、ダークエネルギー問題などに対して新たな知見が得られると考えられる。このためには、宇宙の大規模構造の進化を記述する予言の精密化が求められる。

宇宙の大規模構造を形成する理論として、物質の一様分布からの変位を摂動としてみならず Lagrange 的摂動論が、準非線形段階の成長をよく記述できると考えられてきた。最近はさらに resummation の方法を応用して、より精度の高い計算が出来ることが示されているまた、宇宙論的 N 体シミュレーションの初期条件として、Lagrange 的摂動論の 1 次摂動が長年用いられてきたが、近年は 2 次以上の摂動を用いた場合の効果が議論されている (Crocco, Puelbas, Scoccimarro (2006); Tatekawa and Mizuno (2007); Tatekawa (2014))。このように近年では、Lagrange 的摂動論の高次解の重要性が見直されている。

本発表では Lagrange 的摂動論の 5 次の摂動方程式を導出したことを報告する。1 次の摂動では divergence free の transverse mode に成長解が存在しないことから、1 次の摂動では rotation free の longitudinal mode のみに着目する。この仮定のもとで Rampf and Buchert (2012) のアプローチを用いると、5 次の摂動においては source term の違いにより 26 のモードが現れる事が分かった。

Lagrange 的摂動は、物質を圧力が無視出来るダストとみなした場合には、時間成分と空間成分に変数分離できる。Peebles (1984), Bouchet et al. (1995) により時間成分の fitting formula が 3 次までの摂動に対して示されている。我々はさらに精度の高い fitting formula の構築に取り組み、5 次までの fitting formula を提案する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

U13a 21cm 線輝度温度場のバイスペクトルの評価

島袋隼士（名古屋大学）、吉浦伸太郎（熊本大）、高橋慶太郎（熊本大）、市來淨與（名古屋大）

インフレーションで始まった宇宙は構造形成が進むにつれて、初期天体や、初期銀河を形成する。これら宇宙初期の天体、銀河によって、中性だった宇宙は再び電離した。この時期のことを宇宙再電離期（Epoch of Reionization, EoR）と呼ぶ。

宇宙再電離期の銀河間ガスの温度や、水素のイオン化率などの天文学的情報をを探る手法として、中性水素の微細構造由来の 21cm 線放射があり、一般的には、21cm 線輝度温度場のパワースペクトルが統計量として広く用いられている。しかし、輝度温度場の分布は、一般に、宇宙論でよく見られる様なガウス分布ではなく、天文学的效果による非ガウス性があると予想されるため、パワースペクトルだけではなく、より高次の統計量を考えることが有効である。本発表では、21cm 線輝度温度場のバイスペクトルや 1 点相関、歪度など様々な統計量の計算結果についての発表を行う。また、その振る舞いや、EoR を特徴付けるパラメータの依存性、パワースペクトルから得られる情報との比較について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

U14a 再電離期 21cm 線 bispectrum の観測について

吉浦伸太郎 (熊本大学), 島袋隼士 (名古屋大学), 高橋慶太郎 (熊本大学), 市來淨與 (名古屋大学)

再電離期は宇宙が天体からの寄与を受けて強く非線形的に進化した時代である。再電離期の 21cm 線は密度進化や天体の放射に伴う中性水素のイオン化などの情報を持つ。21cm 線の power spectrum や bispectrum をみることで、比較的初期の宇宙の非ガウスの情報 (例えば初期の天体・銀河形成) を取り出すことが可能である。

再電離期の 21cm 線は遠方宇宙から来る電波であり、その観測は電波干渉計で行われる。観測に伴うノイズが、spectrum 検出には大きく関わってくる。シミュレーションによってどのスケールのどの時期にどのような情報が関わってくるのかを予測し、それを確かめる必要がある。しかし、宇宙再電離は様々なスケールと時代に重要な情報を持っていて、観測する領域を限定しなくてはならないこともある。現在 SKA という大型電波望遠鏡が建設予定であり、21cm 線の観測はこれからますます活発になっていく。そのため、望遠鏡の配置とそこから得られるノイズの関係はかなり重要な問題である。今回は SKA のような電波干渉計を想定し、アンテナの配置から観測誤差を求めた。さらにそこから、将来の観測で spectrum から得られる情報を推定した。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

U15a 修正重力理論における宇宙論的パワースペクトルおよび2点相関関数

樽家篤史, 平松尚志 (京都大学), 西道啓博, Francis Bernardeau (パリ天体物理学研究所)

宇宙の加速膨張は宇宙論における大きな謎である。加速膨張は、宇宙のエネルギー組成の約7割を占める暗黒エネルギーを示唆する以外に、重力理論が一般相対論からずれている可能性を示唆している。一般相対論からのずれは太陽系スケールでの実験で強く制限されているとはいえ、カメレオンなどの重力の遮蔽メカニズムにより、巧みにその制限を逃れ、宇宙論的スケールで一般相対論からのずれを示す修正重力理論が知られてる。

果たして、重力理論は一般相対論からずれているのか？ その検証には、大スケールにおける構造成長と宇宙膨張の精密測定が重要である。鍵は銀河サーベイから得られる非等方な銀河クラスタリングである。パワースペクトルあるいは2点相関関数に現れる非等方性を測れば、バリオン音響振動と赤方偏移ゆがみから、幾何学的距離指標と構造成長率を同時決定できるのである。すでにSDSSの観測データなどから非等方性の測定が行われており、将来さらに強い観測的制限が得られると期待されている。

本講演では、非等方クラスタリングの観測から宇宙論的スケールの重力理論検証に不可欠なパワースペクトル・2点相関関数の理論テンプレートの構築について報告する。今まで摂動論にもとづく解析計算から高精度理論テンプレートの構築が行われてきたが、そのほとんどは一般相対論がベースで、修正重力理論の影響は考慮されていなかった。修正重力理論における摂動計算は講演者らが過去に定式化を進めてはいたが、標準的な摂動計算によるもので、2点相関関数を計算できないなどの限界があった。今回、ガンマ展開と呼ばれる摂動再和法にもとづきこの限界を克服、 $f(R)$ 重力理論と呼ばれる修正重力理論で N 体シミュレーションと比較、パワースペクトル・2点相関関数ともにより一致が得られたことを紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

U16a 赤方偏移空間におけるダークマターの非線形性成長へのラグランジアン摂動論の適用

杉山尚徳 (東京大学宇宙理論研究室)

近年、様々な大規模銀河サーベイの計画が立てられているという現状の中で、ダークマター粒子の非線形進化への理論的理解はますます重要となっている。特に、我々が実際に観測する物理量は赤方偏移空間であるため、赤方偏移空間におけるダークマターの進化を記述する必要がある。標準摂動論は、実空間において高赤方偏移では非常によくダークマター粒子の進化を再現するが、赤方偏移空間ではうまく作用しないことが知られている。本研究では、ラグランジアン摂動論を用いて、赤方偏移空間におけるダークマターのパワースペクトル、および二点相関関数を記述する。ラグランジアン摂動論は、ダークマター粒子の数密度の保存則を摂動論を使うことなく自然に満たす理論である。実空間から赤方偏移空間への移り変わりは単なる座標変換として表されるため、その変換のもとで数密度を定義的に最初から満たし続けているラグランジアン摂動論は有利である。実際に、ラグランジアン摂動論の解は、実空間においてその解が妥当なスケールまでなら、赤方偏移空間においても同等のスケールまでダークマター粒子の非線形性をよく再現し、フリーパラメータを使わない理論ならば現状もっとも成功した理論予言の一つであることを示した。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

U17a **3.5 keV X線輝線と Mixed Dark Matter モデルでの Substructure 問題**

原田了 (東京大学), 鎌田歩樹 (UC Riverside), 吉田直紀 (東京大学)

Λ CDM モデルは銀河団程度以上の大規模構造の観測結果を説明するが、銀河程度以下の小規模構造の観測との間には矛盾が生じている。具体的には、天の川銀河サイズの銀河周辺に存在する矮小銀河の最大回転速度 V_{\max} に対する分布が一致しない Substructure 問題や、中心密度が一致しない Too Big To Fail 問題が知られている。

これを Warm Dark Matter (WDM) の自由流減衰により小規模構造を均すことで解決しようとする、Lyman- α 吸収線の観測から加わる WDM モデルへの制限と矛盾する。ところが、WDM と CDM を混ぜた Mixed Dark Matter (MDM) モデルならこの制限を緩和し、矛盾を解消できる可能性がある。また、最近 Andromeda 銀河や Perseus 銀河団等の複数の銀河団から起源不明な 3.5 keV の X 線輝線が検出された。これは Dark Matter 粒子が崩壊した信号の可能性がある。我々は、この信号と CMB 観測等で調べられた宇宙の全物質密度を共に説明できる素粒子モデルは MDM モデルとなることに注目した。

我々は、この 3.5 keV 輝線を説明できる MDM モデルでの構造形成を調べた。 N 体シミュレーションを行って質量関数を作ると、MDM モデルで質量が $\sim 10^{10} M_{\odot}$ 以下となるハローの数が CDM モデルの場合より少なくなり、 $\sim 10^9 M_{\odot}$ の質量では $\sim 25\text{--}35\%$ 少なくなった。天の川銀河サイズ ($\sim 10^{12} M_{\odot}$) のハロー中のサブハローの数も $\sim 30\text{--}50\%$ 減少した。 $V_{\max} \geq 9 \text{ km/s}$ のサブハローの最大回転速度に対する分布を調べると、MDM モデルは CDM モデルよりも観測をよく説明し、Substructure 問題の解決に近づく。即ち、この MDM モデルは 3.5 keV 輝線と Substructure 問題を共に説明できる。将来、解像度を更に上げたシミュレーションで Too Big To Fail 問題を調べることで、この MDM モデルの妥当性をより多面的に検証できる。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

U18a 弱重力レンズによるフィラメントの統計的性質

樋口祐一 (国立天文台), 大栗真宗 (東京大学 IPMU), 白崎正人 (東京大学)

Λ CDM モデルは様々な統計的な検証に対し、ある程度成功を収めてきた。一方で大規模構造の直接観測はこのような統計的な検証を補完し、 Λ CDM モデルを異なる角度から検証する手段の1つとなる。 Λ CDM モデルを仮定したシミュレーションでは、大規模構造の構成要素の1つであるフィラメントを多数確認することができる。その一方で重力レンズ効果を用いた実際の観測では、現在まで数例しかフィラメントは検出されていない (Dietrich et al. 2012, Jauzac et al. 2014)。

本講演では、弱重力レンズ効果を用いたフィラメントの直接観測可能性について検討を行った結果を発表する。本研究では重力レンズシミュレーションを通して、今後の大規模観測においてハローペア間に存在するフィラメントの直接観測可能性について検討を行った。この結果、全ハローペアのうち1.5%に $S/N \geq 2$ でフィラメントを直接検出することができることがわかった。また、1000平方度程度の観測データに対し stacked lensing を行うことで $S/N \geq 5$ でフィラメントを観測することができる事がわかった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

U19a ガンマ線背景放射と弱重力レンズの相関解析による暗黒物質対消滅の制限

白崎正人, 吉田直紀 (東京大学), 堀内俊作 (カリフォルニア大学 Irvine 校)

銀河系外からくるガンマ線背景放射 (Extragalactic gamma-ray background; EGB) の起源は、未だ明らかにされていない。ブレーザーや星形成銀河といったガンマ線点源のうち、観測により解像できない暗いガンマ線源の重ね合わせとして EGB を説明する試みがこれまで盛んに研究されてきたが、モデル不定性が大きく決定的なモデルは存在しない。EGB を説明するその他の候補として、暗黒物質の対消滅が挙げられる。もし、暗黒物質が対消滅しているならば、暗黒物質それ自身がガンマ線源になると同時に、背景天体の像をゆがめる重力レンズ源にもなりうる。Camera et al. (2013) では、EGB と重力レンズの相関信号を構造形成の解析モデルを利用して調査し、ブレーザーや星形成銀河のモデルを同時に考慮しても、暗黒物質の対消滅からの寄与が卓越する可能性があることを示した。

我々は、Fermi 衛星によるガンマ線データと Canada-France-Hawaii Telescope Lensing Survey による遠方銀河の弱重力レンズ信号の相関解析を世界に先んじて行った。得られた測定結果を Camera et al. (2013) の解析モデルを用いて解釈することにより、暗黒物質の対消滅に関して独立な制限を与えることに成功した。我々の結果は、従来の方法である銀河系近傍の衛星銀河を用いた制限とは異なる宇宙論的なスケールによる制限となっており、今後の広視野銀河撮像観測への応用も期待できる。本講演では、解析結果やモデル不定性、将来観測における相関解析の Forecast を報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

U20a 重力レンズ効果に対するバリオンの影響

大里健, 白崎正人, 吉田直紀 (東京大学)

弱い重力レンズ効果の観測は、直接観測が不可能なダークマターが支配的な大質量天体を探す有力な手段の一つである。宇宙論的 N 体シミュレーションを用いると、観測領域に存在するハローのカタログと、遠方銀河の歪みの収束場 (convergence) のマップの両方を得ることが出来る。この二つを照合することにより、convergence のピークとなる場所に一定の割合でハローが存在することが確かめられてきた。(Hamana et al. '04) したがって、シミュレーションの結果は実際の重力レンズ観測において、ハローの質量関数や宇宙論パラメータといった宇宙論的情報をどれだけの精度で引き出せるかを見積もる指標となる。

これまで、弱い重力レンズ効果の研究に行われてきた N 体シミュレーションではダークマターのみを宇宙の成分とした構造形成が考えられてきた。しかしながら、バリオンは物質のパワースペクトルなどの統計量に無視できない影響を及ぼすことが示唆されてきた。そこで我々の研究では、標準の冷たいダークマターの重力相互作用に加え、バリオンによる断熱的な圧力を考慮した N 体シミュレーションを実行し、convergence のピーク統計にもたらされる影響について実際に結果を得た。最後に、星形成などの影響も議論する。また、ピークとして選び出されたハローについて、バリオンを取り入れたことによるハローの形状 (楕円率、非球対称性) の変化と convergence のピークとの相関および高次統計量 (ミンコフスキー汎関数等) についても議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

U21a FastSound 計画：サーベイ進展状況の報告

○舎川元成, 戸谷友則, 岡田裕行(東京大学), 日影千秋(名古屋大学), 奥村哲平(Kavli IPMU)

FastSound 計画は、すばる望遠鏡の近赤外分光装置 FMOS を用いた宇宙論を目的とした大規模銀河サーベイである。本サーベイは天球上の合計約 30 平方度の領域で、赤方偏移 $z = 1.2\text{--}1.5$ の約 5,000 の星形成銀河を分光観測し、 $H\alpha$ 輝線により赤方偏移を測定することで、銀河の三次元地図を作成する。この銀河三次元分布から赤方偏移空間歪み (RSD) 効果を検出し、大規模構造の形成のスピード $f\sigma_8$ を測定することで、加速膨張の起源の可能性である修正重力理論を観測的に検証することが最大の科学目標である。

本講演では、FastSound 計画の進展状況を報告する。本計画では、CFHTLS Wide の可視 5 バンドを用いた photometric redshift および $H\alpha$ flux 推定を基にした分光ターゲット選択を行い、35 夜の観測を行った。観測は 2014 年 7 月をもって完了し、FIBRE-pac(Iwamuro et al. 2012), FIELD(Tonegawa et al., 2014) によるデータ処理を行った結果、 $S/N > 4.5$ の輝線天体を約 4,000、 $S/N > 3.0$ の輝線天体を約 6,000 得ることができた。起こりうる系統誤差の可能性を検討し、現在最終的な $f\sigma_8$ 測定結果に向けて精密な統計解析を行っている。本講演では、最終的に得られた輝線銀河カタログの詳細と、パワースペクトルや二点相関関数についての preliminary な解析結果などを報告する予定である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

U22a **FastSound 計画: 検出された輝線銀河の性質**

○岡田裕行, 戸谷友則, 舎川元成 (東京大学), 他 FastSound チーム

FastSound 計画は, すばる望遠鏡 FMOS を用いた大規模銀河赤方偏移サーベイで, $1.2 \lesssim z \lesssim 1.5$ における銀河の 3 次元分布を用いて構造形成の成長率を表す $f(z)\sigma_8(z)$ を測定することで, 重力理論に制限を与えることが最終目標である.

FastSound の分光候補天体は CFHTLS による測光カタログの photo- z , color および輝線フラックスの推定値から適切な条件により選択される (Tonegawa *et al.* 2013). FMOS により分光観測された銀河から, 自動輝線検出ソフト FIELD (Tonegawa *et al.* 2014) によって $H\alpha$ 輝線を検出し, 約 4,000 天体の赤方偏移などの物理量を推定した. 本講演では, こうして得られた銀河カタログから, 観測した銀河の性質 (赤方偏移分布, 星形成率, $H\alpha$ 輝線フラックスと photo- z および SED との関係など) やノイズによる偽輝線の割合について報告する.

また, 複数の輝線が検出されている天体については輝線波長比から $H\alpha$ 輝線の確実な同定が可能であり, カタログの信頼度を検証することができる. 複数輝線天体のカタログから $H\alpha$ 輝線とそれ以外の輝線の割合を推定した結果, 全カタログのうち非 $H\alpha$ 輝線の混入率は 10 % 以下であることがわかった. すなわち $f(z)\sigma_8(z)$ の測定にも 10 % 以下の系統誤差を生じることになるが, これは FastSound 計画の統計誤差に比べて十分に小さいことが示される.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

U23a 銀河分布の赤方偏移変形を用いた宇宙大構造の成長率と銀河速度分散の制限

日影千秋 (名古屋大学)

大規模な銀河赤方変移サーベイの進展により、宇宙大構造の進化の様子を精緻に調べることが可能となった。個々の銀河の特異速度によって、赤方偏移から距離を推定した銀河の空間分布が非等方になる現象は、赤方偏移変形とよばれ、銀河の速度場に関する新たな情報を与えてくれる。宇宙大構造の重力成長に伴う大スケールの銀河速度場による赤方偏移変形は、宇宙大構造の時間成長率の指標となり、重力理論を検証するうえで重要である。一方、ダークマターハロー内の銀河のランダム運動によって生じる非線形な赤方変異変形は、“Fingers-of-God”効果とよばれ、ハロー内の銀河の運動情報を調べることができる。

今回、ハローモデルに基づき、セントラル銀河やサテライト銀河の速度分散を考慮した銀河パワースペクトルの理論モデルを構築した。N体シミュレーションから作成した銀河の模擬カタログのパワースペクトルと比較した結果、非線形スケールの振る舞いまで記述できることがわかった。SDSSの観測に応用し、宇宙大構造の成長率とともに、ハロー内の銀河の速度分散を制限した結果を示す。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

U24a 赤方偏移変形の色依存性から探る銀河とサブハローの対応関係

山本幹人, 正木彰伍, 日影千秋 (名古屋大学)

現在、銀河観測から宇宙の大規模構造の詳細を調べるにより精密な宇宙論解析が可能である。しかし、ダークマター分布と銀河分布の間の不定性が大きな課題であり、ダークマターハローと銀河の関係性を明らかにすることが極めて重要である。そこで、Subhalo Abundance Matching (SHAM) を用いて、ハローの内部構造であるサブハローの性質と銀河の明るさや色などとの関係性が調べられている。Masaki et al. (2013) は、サブハローの年齢と局所的な密度分布を取り入れた SHAM を行い、銀河の色ごとの角度相関を再現した。

本研究では、先行研究 (Masaki et al. 2013) の SHAM を拡張し、赤方偏移変形の色依存性を再現できるか調べた。赤方偏移変形は、銀河の固有運動により赤方偏移空間での銀河分布が非等方に変形する現象である。SDSS の銀河データを用いた研究 (Zehavi et al. 2005) によると赤い銀河の方が青い銀河に比べて、Mpc スケールで視線方向に引き延ばされる Finger-of-God 効果が強いとされている。本講演では SHAM によって色分けした銀河の疑似カタログを SDSS DR7 の色分けされた銀河カタログ (Zehavi et al. 2011) の観測結果と比較した結果を紹介し、SHAM の改善についても議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

U25a 近接クエーサー対の環境について

加用一者（東京工科大学），大栗真宗（東京大学）

我々は，SDSS クエーサーカタログから強い重力レンズ効果を受けたクエーサーを探索する計画 (SQLS: SDSS Quasar Lens Search) を推進している。その過程において，追観測の結果残念ながらレンズではないことがわかったものの，赤方偏移が近い物理的に近接したクエーサー対となっているものを数多く見つけている。これらのクラスタリングを調べると，近いところで 10 kpc 程度のところまで，強いクラスタリングを見せていることを見いだした (Kayo & Oguri 2012)。このクラスタリングの信号を用いると，クエーサー，あるいはクエーサー対の存在環境の統計的情報を得ることができ，クエーサーの点火メカニズム解明への重要なヒントになると期待されている。

現在いくつかのグループが同様の解析を行っており，その結果，通常行われる赤方偏移歪みを取り除いたクラスタリング解析では，クエーサー対が銀河団のような環境にいる場合と，銀河群のような環境にいる場合とを区別出来ないことがわかってきた。本講演ではこれらの状況をレビューするとともに，赤方偏移歪みの情報を積極的に用いた我々の新しい試みを紹介する。我々のクエーサー対のデータは赤方偏移の詳細な情報を含むため，クエーサー対の相対速度を（空間分布情報と切り離して）統計的に知ることができる。その速度が環境の重力ポテンシャルを反映していると考えれば，上記の問題を解くことが可能であろう。我々の結果は，クエーサー対が銀河群の質量スケールの環境にいることを示唆している。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

U26c 近傍宇宙の銀河計数にもとづく密度パラメータの制限

藤井宏和, 吉井謙 (東京大学)

ある赤方偏移 z までに含まれる空間の共動体積 $V(z)$ は宇宙論モデルに強く依存する。近傍宇宙 ($z \lesssim 0.2$) における銀河の衝突合体はゆるやかであり、それにともなう個数進化は十分小さい (e.g., Patton et al. 2002) ため、銀河計数によって体積を測定し、他の手法とは独立に宇宙論モデルを制限することが可能である。

我々は今回、スローン・デジタル・スカイサーベイによって得られた近傍銀河の分光サンプル (Main Galaxy Sample; Strauss et al. 2002) を用いて、Loh & Spillar (1986) の手法にもとづく体積測定を行った。ごく近傍 ($z \lesssim 0.1$) では大規模構造による密度ゆらぎの影響が強いため、これらは解析から取り除いた。その結果、 $0.1 < z < 0.2$ における体積-赤方偏移関係を得ることができ、現在標準とされている Λ CDM モデル ($\Omega_m = 0.3, \Omega_\Lambda = 0.7$) の予測をよく再現することが確認できた。また、Einstein-de Sitter モデル ($\Omega_m = 1, \Omega_\Lambda = 0$) を 2σ で棄却することができた。講演では、非標準宇宙論への適用など今後の展望についても紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

U27c

GRAMORs を用いた宇宙論パラメータの制限

森岡真代, 二間瀬敏史 (東北大学)

重力レンズ効果では、遠方にある天体の光が視線方向にある重力源によって歪められ変形した像が観測される。レンズ効果の強さや発生確率は、レンズ天体の質量分布や宇宙論パラメータの値によって変化する。1990年代後半に、天体の形はほとんど変形していないもののレンズ効果によって非常に強く増光された GRAMORs と呼ばれるイメージの存在が予想・議論された (Futamase et al. 1998)。実際に観測的に確認されたのは、Zitrin&Broadhurst 2009 で議論され MACSJ1149.5+2223 の中心部付近で確認されたイメージが初めて、かつ、現時点では唯一である。しかし、先行研究では Giant luminous arcs と同程度生じている、とする結果が示されており、今後多数の GRAMORs が確認できることが期待されている。

本研究では GRAMORs を対象にレンズ統計を行い、種々のパラメータに対する GRAMORs 発生確率の依存性について調べた。具体的には、一般的に銀河団の質量分布を表すと言われている NFW profile や MACSJ1149.5+2223 の質量分布をレンズモデルとして用いた計算を行い、どのような性質を持つレンズで GRAMORs が生じやすいのかを明らかにした。さらに GRAMORs 発生確率の宇宙論パラメータへの依存性を求め、観測で確認されたイメージから宇宙論パラメータを制限することについて議論した。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

U28c

Logicalization of Quantum Probabilities on Quantization Topology

中山薫二（龍谷大）

トポス理論的量子論は、量子宇宙論や量子重力理論の統合的な基礎として測定概念に依拠しない形式での量子論の再定式化である。しかし勿論測定にかかわる通常の量子論の結果とは整合的であるべきであり、それらはトポス量子論に何らかの形で包摂されなければならない。実際、例えば Döring & Isham (2013) では、量子論的確率を直観主義論理的真理値として解釈できることを示している。ただしこの場合、確率は通常の頻度解釈ではなく、所謂傾向性あるいは潜在性として解釈される。

彼らは、確率 $p \in [0, 1]$ を开区間 $(0, 1)$ 上の開集合 $\{(0, p) | p \in [0, 1]\}$ と同一視することで $(0, 1)$ 上の位相とみなし、この確率位相空間上に、真理値空間が確率位相と Heyting 同型になるような、ある層トポスを導入する。さらに、量子命題を表現するための文脈圏上の前層トポス（量子トポス）において、すべての前層を層とみなせる位相（Alexandroff 位相）を導入し、Alexandroff 位相と確率位相の積位相によって定義される層トポス上で確率を論理化して扱う量子論を構成している。

一方、量子系が古典系の量子化で与えられる場合、量子トポスには Lawvere-Tierney 位相が自然に誘導され、それが定義する層トポス上でトポス量子論が可能であることが筆者によって示されている。しかし量子化層トポス上の理論が前層トポス並みの表現力を持つためには、この上でも確率の論理化が可能でなければならない。

ポスターでは量子化位相を用いても確率の論理化が可能であることを示す。即ち、上記の確率位相から誘導される層トポスを与える Lawvere-Tierney 位相を求め、それと量子化によって誘導される Lawvere-Tierney 位相との積位相によって定義される層トポスを用いることによって、量子論的確率の論理化された量子論が可能になる。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

【V1. 地上観測機器】

9月12日(金)午後(13:30-15:30) [B会場]

V101a	13:30	南極 10 m テラヘルツ望遠鏡制御系の基本設計 永井 誠 (筑波大学)
V102a	13:42	つくば市の冬季における 220 GHz 帯大気透過率の測定 長崎岳人 (筑波大学)
V103a	13:54	南極 30m テラヘルツ望遠鏡計画 1 中井直正 (筑波大学)
V104b	14:06	南極ドームふじ基地の大気透過率の日変化 瀬田益道 (筑波大学)
V105b	14:06	100 GHz 帯直列接合型 SIS 素子の開発: CPW 伸長の効果の検討 中島 拓 (名古屋大学)
V106b	14:06	200 GHz 帯直列接合型 SIS 素子の開発: 直列接合伝送線路の設計 加藤智隼 (名古屋大学)
V107a	14:18	野辺山 45m 鏡搭載 新マルチビーム受信機「FOREST」の開発進捗 8 南谷哲宏 (国立天文台)
V108b	14:30	「FOREST」搭載 IF 広帯域化 100 GHz 帯 SIS ミクサの開発 上月雄人 (大阪府立大学)
V109b	14:30	70GHz 帯 SIS 素子の開発 池谷瑞基 (電気通信大学)
V110b	14:30	強度干渉計実験の量子光学的考察 松尾 宏 (国立天文台)
V111b	14:42	トンネル接合型サブミリ波カメラの開発 河西美穂 (東邦大学)
V112b	14:42	サブミリ波観測装置のための 0.8K 冷凍器の開発 久保大樹 (東邦大学)
V113b	14:42	GLT 搭載用 230GHz 帯両円偏波・両サイドバンド分離受信機の開発 長谷川 豊 (大阪府立大学)
V114b	14:54	POLARBEAR-2 実験に用いる極低温光学チェンバーの冷却試験と性能評価 瀬川優子 (総合研究大学院大学)
V115b	14:54	POLARBEAR-2 におけるミリ波吸収体の開発 井上優貴 (総合研究大学院大学)
V116b	14:54	那須電波観測所における GPU デジタル分光器の開発 青木貴弘 (早稲田大学)
V117c		1.4GHz 帯における赤緯 32.0°-41.5° の掃天観測 貴田寿美子 (早稲田大学)
V118b	15:06	水沢 10m 電波望遠鏡のシステム向上について 亀谷 収 (国立天文台)
V119b	15:06	VERA 搭載用 86 GHz 帯セプタム型円偏波ポーライザーの開発 Soon Kang Lou (茨城大学)
V120b	15:06	1.85m 電波望遠鏡プロジェクトの開発進捗 (VIII) 徳田一起 (大阪府立大学)
V121b	15:18	ミリ波/サブミリ波帯用広帯域コルゲートホーン的设计 杉本正宏 (国立天文台)
V122b	15:18	ALMA 帯域通過特性の性能評価 亀野誠二 (Joint ALMA Observatory)
V123b	15:18	野辺山 45 m 望遠鏡ビーム伝送系改修 (1) 浅山信一郎 (国立天文台)

(次頁に続く)

【V1. 地上観測機器】

9月13日(土)午前(09:30-11:30) [B会場]

V124a	09:30	ALMA の建設 (21) と運用 (5) 井口 聖 (国立天文台)
V125a	09:42	アストロホログラフィー測定による ALMA アンテナの重力変形評価 杉本正宏 (国立天文台)
V126a	09:54	ALMA 偏波観測機能の科学評価活動報告 (5-1) 中西康一郎 (国立天文台)
V127a	10:06	ALMA 偏波観測機能の科学評価活動報告 (5-2) : 3C286 の Science Verification 観測 永井 洋 (国立天文台)
V128a	10:18	ALMA Pipeline – Current Status Hiroko Shinnaga (NAOJ Chile Observatory, East Asian ALMA Regional Center (EA ARC))
V129a	10:30	テラヘルツ低雑音受信機開発に向けた初期検討 Alvaro Gonzalez (国立天文台)
V130a	10:42	ALMA 観測サイトにおけるキャリブレーション用信号源 その5 木内 等 (国立天文台)
V131a	10:54	JVO による ALMA データ配信サービス 川崎 渉 (国立天文台)
V132a	11:06	NANTEN2 望遠鏡における NASCO マルチビーム受信機の開発 伊藤万記生 (名古屋大学)
V133a	11:18	「きゃらばん・サブミリ計画」現状報告 (2014年秋) 三好 真 (国立天文台)

9月13日(土)午後(13:30-15:06) [B会場]

V134a	13:30	ASTE 搭載用多色連続波カメラの開発 (1) 大島 泰 (国立天文台)
V135a	13:42	ASTE 搭載用多色連続波カメラの開発 (2) : 光学系評価 竹腰達哉 (国立天文台)
V136a	13:54	ASTE 搭載用多色連続波カメラの開発 (3) : ノイズ評価とフィルタリング 荒井 均 (国立天文台)
V137a	14:06	野辺山 45m 電波望遠鏡搭載に向けた 220-GHz 帯超伝導カメラの開発 新田冬夢 (国立天文台)
V138a	14:18	野辺山 45m 鏡における 40 GHz 帯偏波計測システム 水野いづみ (鹿児島大学/国立天文台)
V139a	14:30	野辺山 40 GHz 帯偏波システムによるゼーマン効果計測性能評価 亀野誠二 (Joint ALMA Observatory)
V140a	14:42	広帯域フィードの開発 (VII) 氏原秀樹 (情報通信研究機構)
V141a	14:54	野辺山電波ヘリオグラフによる強度干渉計実験 江澤 元 (国立天文台)

【V2. 地上観測機器】

9月11日(木)午前(11:00-13:00) [B会場]

V201a	11:00	都心から探る星のフレア～中央大学後楽園キャンパスに設置した小型望遠鏡 CAT～ 坪井陽子(中央大学)
V202b	11:12	埼玉大学 55cm 望遠鏡観測システムの自動化と性能評価試験 石橋遥子(埼玉大学)
V203c		小口径望遠鏡用分光器 LISA の性能評価 田邊健茲(岡山理科大学)
V204c		ニュージーランド・マウントジョン天文台 61cm B&C 望遠鏡の改良 阿部文雄(名古屋大学)
V205b	11:12	チベットロボット三色撮像カメラ(HinOTORI):仕様評価 内海洋輔(広島大学)
V206b	11:12	東京大学木曾観測所 105cm シュミット望遠鏡のリモート観測・自動観測システムの構築 前原裕之(東京大学)
V207a	11:24	TMT 国際天文台設立 - 計画状況 家 正則(国立天文台)
V208a	11:36	TMT 第一期観測装置 IRIS 撮像系の開発 - IRIS 広視野化 鈴木竜二(国立天文台)
V209a	11:48	SuMIRe-PFS プロジェクトの概要と進捗状況 2014 田村直之(東京大学)
V210a	12:00	RAVEN 試験観測報告 大屋 真(国立天文台)
V211a	12:12	RAVEN の波面センサーを用いた大気揺らぎプロファイルの測定 大野良人(東北大学)
V212a	12:24	極限補償光学装置のための位相振幅同時計測方式波面センサの開発 山本広大(京都大学)
V213a	12:36	小型屈折光学系補償光学装置(CRAO) - 1.3m 荒木望遠鏡におけるファーストライト 北尾栄司(京都産業大学)
V214b	12:48	小型屈折光学系補償光学装置(CRAO) - 両面電極メンブレン型 SATURN DM を用いたループ制御システムの開発 清水 智(京都産業大学/西村製作所)

9月11日(木)午後(15:00-17:00) [B会場]

V215a	15:00	地球型惑星検出のためのすばる赤外線ドップラー分光器 IRD の開発: 8 小谷隆行(国立天文台)
V216a	15:12	WINERED による高分散天文学 小林尚人(東京大学)
V217a	15:24	近赤外高分散分光器 WINERED :「非冷却光学系」の実現 近藤荘平(京都産業大学)
V218a	15:36	岡山天体物理観測所 188cm 望遠鏡の新しい多色撮像カメラ MuSCAT の開発 成田憲保(国立天文台)
V219a	15:48	木曾観測所超広視野 CMOS カメラの開発計画 酒向重行(東京大学)
V220b	16:00	木曾超広視野 CMOS カメラのデータ取得部のシステム設計 菊池勇輝(東京大学)
V221b	16:00	KWFC 銀河面変光天体探査(KISOGP)のデータを用いた突発天体サーベイ 前原裕之(東京大学)
V222b	16:00	可視赤外線同時カメラ HONIR:近赤外線検出器読み出しシステムの開発と評価 宇井崇紘(広島大学)
V223a	16:12	可視赤外線同時カメラ HONIR:直線偏光観測機能の導入と性能評価 秋田谷洋(広島大学)
V224a	16:24	近赤外線で見える天体を観測するための部分減光フィルタの開発 永山貴宏(鹿児島大学)
V225a	16:36	天文観測用画像センサー読み出し IC の試作 中屋秀彦(国立天文台)
V226b	16:48	近赤外多天体分光カメラ SWIMS 検出器読み出しシステムの開発 藤堂颯哉(東京大学)
V227b	16:48	すばる望遠鏡近赤外線撮像分光観測装置 IRCS 用偏光観測モードの開発 渡辺 誠(北海道大学)
V228b	16:48	次世代中間赤外観測装置用イメージライザーの開発 左近 樹(東京大学)

(次頁に続く)

【V2. 地上観測機器】

9月12日(金)午前(09:30-11:18) [B会場]

V229a	09:30	Search of gravitational waves with the KAGRA detector	Raffaele Flaminio (National Astronomical Observatory of Japan)
V230a	09:42	大型低温重力波望遠鏡 KAGRA の補助光学系の開発 IV	阿久津智忠 (国立天文台)
V231c		大型低温重力波望遠鏡 KAGRA の安全管理 II	大石奈緒子 (東京大学/国立天文台)
V232a	09:54	Cherenkov Telescope Array (CTA) 計画: 全体報告 (7)	窪 秀利 (京都大学)
V233a	10:06	CTA 大口径望遠鏡用光電子増倍管の較正試験状況	永吉 勤 (埼玉大学)
V234a	10:18	CTA 大口径望遠鏡読み出し回路の開発及びシミュレーションによる性能評価	増田 周 (京都大学)
V235b	10:30	CTA 大口径望遠鏡用カメラの性能評価と高速パルサー開発	猪目祐介 (甲南大学)
V236b	10:30	太陽可視観測用補償光学装置, 光学ベンチの設計・製作 3	仲谷善一 (京都大学)
V237b	10:30	太陽多層共役補償光学系の開発と上空波面センサの評価	三浦則明 (北見工業大学)
V238a	10:42	太陽補償光学系の開発と補償効果のシミュレーション	三浦則明 (北見工業大学)
V239c		飛騨天文台 SMART の制御系の改修	永田伸一 (京都大学)
V240a	10:54	狭帯域チューナブルフィルター構造設計	木村剛一 (京都大学)
V241b	11:06	赤外マグネトグラフに実装した高速回転波長板偏光変調装置	花岡庸一郎 (国立天文台)
V242b	11:06	太陽フレア望遠鏡赤外ポラリメータ搭載 InGaAs 近赤外カメラ特性調査	森田 諭 (国立天文台)

V101a 南極 10 m テラヘルツ望遠鏡制御系の基本設計

永井誠, 中井直正, 久野成夫, 瀬田益道, 藤田真司, 今田大皓, 金子紘之, 長崎岳人, Dragan SALAK (筑波大学), 石井峻 (東京大学), 荒井均, 新田冬夢 (国立天文台), 宮本祐介 (茨城大学), 関本裕太郎 (国立天文台), ほか (南極天文コンソーシアム)

南極大陸内部のトームふし基地 (標高約 3800 m、平均気温 55°C) は晴天率が高く、水蒸気が極めて少ないため、地上最良の安定したサブミリ波観測サイトと期待されている。冬季には 1 THz を越える周波数帯域でも観測可能である。我々はトームふし基地にサブミリ波銀河の掃天観測を主目的とした口径 10 m のテラヘルツ望遠鏡の設置を計画している (2013 年秋季 V120b)。本講演では本望遠鏡の制御系の基本設計を報告する。

南極 10 m テラヘルツ望遠鏡の制御系には、アンテナを始めとする装置の制御という基本的な機能、遠隔地 (日本など) からの遠隔観測モードに加え、いくつか特有の能力が要求される。まず、アンテナの光学系の形状に影響を与える様々な要因 (気象状況, アンテナ温度, 基礎の不同沈下など) をモニターし、必要ならばフィードバックしなければならない。また、観測サイトの地理的な制約のため、観測基地に滞在するのは最小限の人数に限られ、できるだけ装置の状態をネットワーク経由で診断しトラブルに対処できなくてはならない。一方で、インターネットへの接続は衛星回線に頼らざるを得ず、外部との通信量は強く制限される。特に、多素子電波カメラないしヘテロタイン受信機からの生データをそのまま転送するのは現実的ではない。

これらの要求と制約を満たし、さらにコストと保守性においても現実的な制御系の構築方法として、環境と装置の状態を集約するデータベースと、データ転送を効率的に行う転送用サーバー対を持つシステムを提案する。想定されるハードウェアの下でどのような遠隔観測が可能となるか議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V102a つくば市の冬季における 220 GHz 帯大気透過率の測定

長崎岳人、瀬田益道、中井直正、久野成夫、永井誠 (筑波大学)、石井峻 (東京大学)

我々は南極大陸内陸部の高原地帯において、口径 10m 級テラヘルツ望遠鏡を設置する計画を進めている。性能評価には 220GHz 帯を用いる事を検討しており、平野部に存在する茨城県つくば市において 200GHz 帯の観測が可能であれば、10m 望遠鏡を高地に移設する必要がなくなるため、動作試験に引き続き試験観測を大学構内にて行うことが可能となる。この周波数帯は高地での観測が常識であるが、つくば市の可降水量 (pwv) データと大気モデルを用いて分析したところ、冬季には 220GHz 帯での大気の光学的厚み $\tau_{220} < 0.6$ が期待できると判明した。以上のことから、検証のため筑波大学構内にティッピングラジオメータを設置し、2013 年 12 月上旬から 2014 年 4 月中旬まで 220GHz 帯の大気透過率を測定した。測定場所は地上約 25 m の高さの校舎屋上で、標高は約 60m である。ラジオメータは常温ショットキーミキサを受信機に用いている。測定データのうち、悪天候のため大気的光学的厚みが厚すぎる場合は大気放射の仰角依存性を測定できず、光学的厚みを過小評価してしまう。このようなデータは天頂方向の大気放射強度を参照することによって除去した。結果として 220GHz 帯における光学的厚みは、 $\tau_{220} < 0.5$ は 12 月 13 日から 3 月 29 日までの間の 6 割、 $\tau_{220} < 0.3$ は 12 月 13 日から 3 月 22 日まで間の 2 割であり、冬季のつくばにおいて 200GHz 帯での 10m 望遠鏡の性能評価が可能であることが判明した。また、大気的光学的厚みとつくば市内の高層気象台が実施しているラジオゾンデの測定結果との比較を行った結果、 $\text{pwv} < 10\text{mm}$ のとき $\tau_{220} < 0.6$ となることが分かり、この結果は当初の推定と矛盾が無いことを確認した。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

V103a 南極 30m テラヘルツ望遠鏡計画 1

中井直正, 久野成夫, 瀬田益道, 永井誠, 金子紘之, 長崎岳人, Dragan SALAK, 今田大皓, 藤田真司, 北本翔子, 小林和貴, 朝倉健, 田中伊織 (筑波大学), 関本裕太郎, 野口卓, 松尾宏, 新田冬夢 (国立天文台), 宮本祐介 (茨城大学), 石井峻 (東京大学), ほか南極天文コンソーシアム

南極内陸部の高原地帯は標高 4000m 前後で平均気温が -54 、最低気温が -80 に達する極寒の地である。大気中の水蒸気は極めて少なく、衛星データおよび実測によると可降水量は冬季の $1/2$ が $0.12-0.16\text{mm}$ 以下、 $1/4$ が $0.08-0.11\text{mm}$ 以下である。そのため 1THz 以上のテラヘルツ波帯では地上で唯一観測が可能であり、ミリ波サブミリ波でも地上で最高の大気透過率を示す。さらに大気は極めて安定しており、連続波電波の観測や干渉計観測にも適している。快晴率は 7 割、晴天率は 8-9 割と常に晴れており、風速も平均 5.8m/s (ドームふじ) と強くはなく、 10m/s 以上の風の頻度は非常に少ない。そのため、ミリ波、サブミリ波、テラヘルツ波 (および赤外線) の観測において地上で最高唯一の観測拠点である。

ここで南極天文学を展開するため、 10m 級テラヘルツ望遠鏡計画を推進しているが、さらに次の大型計画として 30m 級テラヘルツ望遠鏡を計画している。望遠鏡は軽量化のためトラス構造とし高床式の台の上に設置される。光学系は主鏡に双曲面を用いたリッチークレチアンとし、視野 1 度を確保して超広域掃天観測を可能とする。観測周波数は $100\text{GHz} \sim 2\text{THz}$ 、ナスミス焦点にヘテロダイン受信機と 10 万画素/度の超伝導電波カメラ (MKID) を搭載する。角分解能は $25'' \sim 1.2''$ である。汎用望遠鏡であるが、南天全体の掃天観測によって遠方宇宙の銀河の探査に特に威力を発揮する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V104b 南極ドームふじ基地の大気透過率の日変化

瀬田益道、中井直正 (筑波大)、石井峻 (東京大)、本山秀明 (極地研)、南極天文コンソーシアム

南極大陸内陸部のドームふじ基地は、寒冷 (平均気温 -55°C) な高地 (標高 3810m) のため、サブミリ波から赤外線電磁波に対して、水蒸気による吸収が少なく、地上最良の観測サイトと期待されている。我々はドームふじへの 10m 級サブミリ波望遠鏡の設置を目指している。2006 -2007 年と 2010 年には、ラジオメータを用いて、220GHz 帯域の南極ドームふじの夏季における天頂方向の大気透過率を測定した。大気透過率は、チリの ALMA サイトとの比較では、同時期の夏に関しては、南極の方が格段に優れており、チリの冬の最良期と同等の透過率 ($\tau=0.045$) であることを示した。約一ヶ月間の測定において、ドームふじの光学的厚み τ の変動の標準偏差は 0.007 と非常に高い安定性を示した。より良い条件が期待できる、冬の大気透過率に関しては、シミュレーションに加え、南極大陸内陸部の実測の報告もあり、ドームふじの観測サイトとしての優位性は揺るぎない。

大気透過率の変動は、サブミリ波観測時の強度較正にも影響するため、今回、220GHz 帯の透過率を詳細に再解析した。その結果、大気透過率は、一日毎の平均値に対して、24 時間周期の、僅かな (2%) 変動があることが判明した。光学的厚みは、昼と夜との比較では、夜間の方が大きい。現地時間の 15 時頃から上昇し、22 時頃の極大値を経て、明け方に向け減少する傾向が見られた。南極の夏は白夜であるため、終日、日は沈まないが、気温や日射量は 24 時間の周期の変動がある。大気透過率の変動の要因として、日射により雪が昇華した可能性等が考えられる。なお、大気透過率の変動は、基本的には気象 (気温、天候等) の変化が支配的である。南極ドームふじ基地は、上空が高気圧で覆われている場合が多く、気象は安定している。今回見いだした、2% 程度の僅かな大気透過率の変動は、気象の変化が起こす 15% 程度の小さな変動に重畳した微小な変化である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V105b 100 GHz 帯直列接合型 SIS 素子の開発：CPW 伸長の効果の検討

中島 拓, 加藤 智隼, 伊藤 万記生, 藤井 由美, 桑原 利尚, 山本 宏昭, 水野 亮 (名古屋大), 小嶋 崇文, 野口 卓, 浅山 信一郎 (国立天文台), 上月 雄人, 小川 英夫 (大阪府大), 酒井 剛 (電通大)

現在我々は、国立天文台 ATC との共同開発研究としてミリ波・サブミリ波帯の直列接合型超伝導 SIS 素子の開発を行っている。100 GHz 帯の SIS 素子は、名古屋大学太陽地球環境研究所が運用する複数の大気微量分子観測装置の他、南米チリの NANTEN2 望遠鏡や野辺山の 45 m 望遠鏡の受信機などで観測に使われている。しかし現在観測に使われている素子は、約 10 年ほど前に製作されたやや雑音性能の悪い直列素子 ($T_{RX}(DSB) \sim 80$ K) か、Gain compression が 10 % 前後とやや大きくリニアリティに難がある PCTJ 素子に限られていた。

我々はこれまでに、Gain compression を 1 % 程度に抑えた低雑音 ($T_{RX}(DSB) \sim 20$ K) の新たなデバイスを目指して直列接合型素子の開発を行い、基礎設計と試験的な製作・評価を進めてきた (井上他 2011 年秋季年会参照)。本設計では、70 Ω のプローブインピーダンスを SIS 接合の最適インピーダンス (25 Ω) に変換するためにマイクロストリップライン (MSL) とコプレーナ導波路 (CPW) を組み合わせた伝送線路を用いているが、MSL と CPW の境界にある不連続面の影響はこれまで考慮していなかった。特に CPW については、Equivalent length extension によって実効長が伸びることが分かっており (e.g. Beilenhoff et al. 1993) 実際に ALMA 受信機用の素子の実験においても伸長の効果によると思われる共振周波数のシフトが確かめられている。

我々は、MSL と CPW の不連続面の構造について電磁界解析手法によるシミュレーションを行うとともに、CPW の長さをパラメータとした複数の種類の素子を実際に製作・評価することで CPW の伸長の効果を検討した。本講演では、解析結果および素子の評価結果について詳細を報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V106b **200 GHz 帯直列接合型 SIS 素子の開発：直列接合伝送線路の設計**

加藤 智隼, 中島 拓, 伊藤 万記生, 藤井 由美, 桑原 利尚, 山本 宏昭, 水野 亮 (名古屋大学), 小嶋 崇文, 野口 卓, 浅山 信一郎 (国立天文台), 上月 雄人, 長谷川 豊, 小川 英夫 (大阪府立大学)

我々は現在、国立天文台 ATC との共同開発研究として、ミリ波・サブミリ波帯の直列接合型超伝導 SIS 素子の開発を行っている。200 GHz 帯の観測は、国内では名古屋大学の地球大気観測装置、NANTEN2 望遠鏡、大阪府立大学の 1.85 m 望遠鏡でしか行われていないため、この周波数帯の SIS 素子の開発はこれまで限定的であり、現状では観測に十分な性能の素子が開発されてはいない。そこで我々は、RF 帯域を CO や O₃ などの主要な分子輝線を含む 190–260 GHz (比帯域 30 %程度)、IF 帯域を 4–12 GHz、受信機雑音を T_{RX}(DSB)~30 K、Gain Compression を 1 %程度という仕様を満たす事を目標にして、新たな 200 GHz 帯 SIS 素子の開発を開始した。

これまでに、100 GHz 帯の素子としてマイクロストリップラインとコプレナーウェーブガイドを組み合わせた伝送線路をインピーダンス整合回路とした直列接合素子開発が進められている (井上他 2011 年秋季年会及び中島他本年会参照)。飽和を引き起こす入力電力は接合数の二乗に比例することから、直列接合数を増やす事で Gain Compression が低減できるため (e.g. ALMA Memo 401)、まずはこの素子の設計をもとに 200 GHz 帯で 5 Junction の直列接合型素子を設計した。その性能をシミュレーションソフト SIS mixer analyzer (SISMA) を用いて解析したところ、RF 帯域が 170–270 GHz の範囲で T_{RX}(DSB)≲30 K となる結果を得た。現在はこの設計が最も性能が良いかどうかを判断するために、他の回路構造についても設計、解析を行っている。

本講演では現在まで行ってきた回路構造の設計や性能のシミュレーション結果を中心に、今後の素子製作や評価・比較実験の見通しについて報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V107a 野辺山 45m 鏡搭載 新マルチビーム受信機「FOREST」の開発進捗 8

南谷哲宏、岩下浩幸、宮澤千栄子、西谷洋之、諸隈佳菜、西村淳、梅本智文、松本尚子、中村文隆、神澤富雄、高野秀路、齋藤正雄 (NAOJ)、石田裕之、長谷川豊、武田美保、高橋諒、木村公洋、村岡和幸、小川英夫 (大阪府立大)、中島拓、服部有祐、鳥居和史、立原研悟 (名大)、金子紘之、久野成夫、Dragan SALAK、長崎岳人、藤田真司 (筑波大)、宮本祐介 (茨城大)、徂徠和夫、梅井迪子、岸田望美 (北大)、松尾光洋 (鹿児島大)、津田裕也、小野寺幸子 (明星大)、原千穂美、加藤裕太、大橋聡、桑原翔 (東大/NAOJ)、濤崎智佳、小林幸典 (上越教育大)

野辺山 45m 電波望遠鏡搭載用 4 ビーム・両偏波・2SB 受信機「FOREST」の、今シーズン (2013-2014) における試験観測等の結果、及び、来シーズン (2014-2015) に向けた取り組みについて報告する。

今シーズンは、2SB ミクサの一部入れ替え、常温 IF 部の改修等を行い (南谷他、石田他、2014 年春季年会)、3 月末から 5 月末にかけて、レガシープロジェクトのメンバーを中心に立ち上げ測定、試験観測を実施した。立ち上げ測定段階では、2014 年春季年会で報告したビームサイズ等の測定に加え、FOREST 受信機の位置調整、及び器差パラメータ変更を行い、45m 鏡のポインティング基準となる H40 受信機とのオフセットは、2 秒角以内となることを確認した。この後、試験観測に移行して、システム雑音温度の IF 周波数依存性や、Baseline ripple、回転ステージの停止などの問題はあったものの、銀河サーベイでは試験的観測を、また、銀河面サーベイでは約 30 平方度 (梅本他本年会) のマッピングを実施することができた。

来シーズンには、上記の問題を解消し、安定した観測が行えるよう、受信機雑音温度の向上、全 IF の 4-12GHz 化、モニタ制御システムの更新を現在進めており、2015-2016 年のシーズンからの共同利用観測を目指している。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V108b 「FOREST」搭載IF広帯域化100 GHz帯SISミキサの開発

上月雄人, 石田裕之, 長谷川豊, 黒岩宏一, 木村公洋, 村岡和幸, 前澤裕之, 大西利和, 小川英夫 (大阪府大), 浅山信一郎, 南谷哲宏, 小嶋崇文, 藤井泰範, 野口卓 (国立天文台), 中島拓, 加藤智隼, 伊藤万記生, 藤井由美, 桑原利尚, 山本宏昭, 水野亮 (名大)

野辺山45m電波望遠鏡に搭載する100 GHz帯受信機「FOREST」は、4ビーム・両偏波・2SBミキサのシステムにより、広視野・高感度・広帯域という高い観測効率の実現を目指している。16系列のIFの帯域は、現在4-8 GHzと4-12 GHzとそれぞれ8系列ずつ用いられているが、次期からは全て4-12 GHzとなる予定である。

今期行った受信機雑音温度測定結果からは、4-12 GHzのIF帯域のうち8 GHz以上の部分について、周波数が高くなるにつれて雑音温度が急激に高くなる傾向があることが明らかになった。この特性劣化は、RF信号の周波数に依存せず、常温IF系にも依存しないことから、ミキサの冷却IF系に主な原因があると考えられる。

我々は、3次元電磁界解析ソフトを用いてFORESTに使用しているSISミキサについてRF・IF信号解析を行った。この結果、RF信号の漏洩防止のために用いられているチョークフィルタでのIF信号の反射が無視できない程度に存在すること、このIF信号の反射は高周波なほどに増大することが分かった。本現象は、IFの広帯域化によってRF帯とIF帯が接近したために、ミキサチップの大きさが無視できなくなったために顕著になった問題だと考えられる。よってSISミキサの広帯域化のためには、IF帯域でのインピーダンス整合をも考慮することが必須であることが分かった。

本講演では、現在用いられているミキサの特性の報告と、新しい回路構成による100 GHz帯SISミキサ開発の進捗について述べる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V109b 70GHz 帯 SIS 素子の開発

池谷瑞基, 酒井剛 (電気通信大学), 藤井由美 (名古屋大学), 野口卓 (国立天文台)

70GHz 帯は重水素化分子の輝線が多数存在し、星形成過程を理解する上でも重要な観測周波数帯である。野辺山 45m 望遠鏡用 70 GHz 帯受信機 (T70) で使用する SIS 素子を新たに設計・製作したので報告する。これまで使用していた SIS 素子の同調回路には、SIS 接合を並列に 2 つ並べたもの (PCTJ) が用いられていたが、今回新たに設計した素子では、SIS 接合を 4 個直列に接続したものを使用する。この素子では、これまでの素子に比べ、以下の三点で改善が期待される。(1) IF 特性: IF の高周波特性には SIS 接合の持つキャパシタンスが影響する。SIS 接合を直列に並べることでキャパシタンスが下がり、IF 特性の改善が期待される。(2) 飽和レベル: 飽和レベルは直列の SIS 接合数に依存する。4 個直列にすることで、飽和レベルの改善が期待される。(3) 安定性: 68-116 GHz において、負性抵抗が生じないようにインピーダンス整合回路を設計した。インピーダンス整合回路はマイクロストリップラインとコプレナーラインで 5 つのセクションに分けて構成した。

この素子を、国立天文台のクリーンルームにて製作し、 $J_c \sim 3.3 \text{ kA/m}^2$ 、 $R_{sg}/R_n \sim 20$ となる素子を作ることができた。さらに、電気通信大学の実験室において、この素子の IF 特性を測定したところ、IF 4-11GHz でフラットな性能が出る事がわかった。今後さらに詳しい性能評価実験を行っていく予定であり、本ポスターではその結果についても報告する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

V110b 強度干渉計実験の量子光学的考察

松尾 宏, 江澤 元, 柴崎清登, 岩井一正, 下条圭美, 篠原徳之, 本間希樹 (国立天文台), 村田泰宏 (宇宙研)

我々は量子光学的手法を用いた光子計数型テラヘルツ干渉計 (PCTI: Photon Counting Terahertz Interferometry) を提案している。今回、原理実証のために野辺山電波ヘリオグラフを用いた強度干渉計実験を行った (江澤ほか、本年会)。本講演では、実験結果の量子光学的な考察を行う。

基本となる原理は、熱放射の揺らぎがボーズアインシュタイン統計に従う、ということである。電波領域の放射を光子の描像で捉えると、熱放射源からの電波光子が塊 (光子バンチ) となって到来し、電磁波の強度に比例した揺らぎとして観測される。この光子バンチは、電磁波の干渉性が保たれる条件 ($S\Omega = \lambda^2$) において干渉性の強度揺らぎを持つことになる。つまり、観測できる視野はヘテロダイン干渉計と同一である。

今回行った実験により、強度揺らぎの測定と相関強度の解析が行われた。その結果、強度相関が電界の相関強度の2乗に比例すること、および、1波長以内での遅延時間測定ができることが示された。本実験結果は、Hanbury-Brown and Twiss (1956) による強度干渉計実験の手法を再確認するとともに、強度信号を用いた複素ビジビリティーが定義でき、天体の画像合成が可能であることを示している。一方で、強度干渉計では非常にダイナミックレンジの高い観測が必要であることも明らかとなった。テラヘルツ帯で高速に動作する光子計数型検出器を開発することにより、高ダイナミックレンジの計測が実現し、強度干渉計を光子計数型テラヘルツ干渉計 (PCTI) に発展させることが可能となる。講演では、本実験結果から明らかになった強度干渉計の長所・短所をヘテロダイン干渉計と比較して議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V111b トンネル接合型サブミリ波カメラの開発

河西美穂, 渡辺動太 (東邦大学), 松尾宏 (国立天文台), 日比康詩 (南京大学), 久保大樹 (東邦大学), 池田博一 (宇宙航空研究開発機構), 藤原幹生 (情報通信研究機構), 有吉誠一郎 (名古屋工業大学)

我々はサブミリ波カメラ開発のため、S I S 光子検出器及び、読み出し回路の検証を進めてきた。読み出し回路には極低温で動作するガリウム砒素半導体を用いた電荷積分型アンプを開発した。また、このアンプからの信号を多重化するためのマルチプレクサとデジタル回路も開発した。電荷積分型アンプ、マルチプレクサ及びデジタル回路を組み合わせた32チャンネルモジュールとS I S 光子検出器の評価試験を行った。

32チャンネルモジュールの評価試験の目的はA D / D A 変換器を使用し、極低温で積分波形を読み出すことと、32チャンネルモジュールのすべてのチャンネルを動作させることである。我々はこの試験で積分波形を読み出すことが出来た。また、今回初めて導入したD A 変換器を使用し制御電圧を変化させながら32チャンネルモジュールを動作させたところ、32チャンネルモジュールのうち29チャンネルの動作を確認できた。これは調整電圧を変化させなかった場合の約2倍である。

この32チャンネルモジュールとS I S 光子検出器を組み合わせ、サブミリ波カメラを作ることが我々の最終的な目的である。先行研究にて交流磁場によって検出器のリーク電流とノイズが大きくなることがわかっている。検出器については交流磁場を遮断するシールドを用いて現在評価を行っている。本講演では32チャンネルモジュール試験から得られたデータの解析結果、S I S 光子検出器の評価試験の進捗について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V112b サブミリ波観測装置のための0.8K冷凍器の開発

久保大樹(東邦大学), 松尾宏, 江澤元(国立天文台), Q.J. Yao(中国紫金山天文台)

我々の研究グループでは、遠方銀河の観測のため超伝導検出器(SIS光子検出器)を用いたサブミリ波カメラ(SISCAM)を開発している。SISCAMは、32素子SIS光子検出器とGaAs-JFETを用いた極低温で作動するAC結合電荷蓄積型積分回路(AC-CTIA)を組み合わせたものである。SIS光子検出器は熱励起による暗電流を抑えるために0.8 K以下に冷却する必要がある。また、低雑音信号読み出しのため32chの読み出し回路の熱負荷($350\mu\text{W}$)でも0.8 K以下に冷却が可能な冷凍器の開発を行う必要がある。そのため、我々は ^4He ガスを用いた吸着式冷凍器を設計した。このタイプの冷凍器を用いる理由は ^4He は ^3He に比べて蒸発潜熱が高いので、従来用いていた ^3He ガス冷凍器よりも冷却能力に優れているからである。

この吸着式冷凍器でガスの放出・吸着を活性炭の温度コントロールにより行い、 ^4He の液化-減圧により0.8 K程度まで冷却する。今回の設計では特に次の2点に留意した。(1) 実験室で8インチ低温冷却装置(クライオスタット)に搭載可能な小型冷凍器であること。(2) オフィスを用いて2.2 K以下の超流動状態の液体ヘリウムの這い上がりを抑制すること。以上を考慮し設計を行った結果、我々が開発した ^4He ガス吸着式冷凍器は32chの熱流入 $350\mu\text{W}@0.8\text{ K}$ の熱流入で1.6時間程度まで0.8 Kを保持できると期待される。また、この冷凍器2台の交互運転により長時間の0.8K冷却が可能になる。本講演ではこの冷凍器の設計の詳細について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V113b GLT 搭載用 230GHz 帯両円偏波・両サイドバンド分離受信機の開発

長谷川 豊, 木村 公洋, 小川 英夫, 大西 利和, 前澤 裕之, 村岡 和幸 (大阪府立大学), 井上 允, Ming-Tang Chen (ASIAA), 落合 啓, 菊池 健一, 笠松 章史 (NICT)

台湾中央研究院 (ASIAA) では、グリーンランドにミリ波・サブミリ波帯 VLBI 用望遠鏡 GLT を建設する計画を進めており、我々はこれに搭載するカートリッジ型 230GHz 帯域用両円偏波超伝導受信機の開発を行った (長谷川他 2013 年秋季年会)。この受信機の要求仕様は次のとおりである。1. DSB 受信, 2. $T_{RX-DSB} < 50K$, 3. IF 周波数: 4-8GHz, 4. RF 周波数: 220-245 GHz, 5. 交差偏波分離度 $> 20dB$ 。この受信機は 2014 年 7 月に ASIAA に輸送され、その後は GLT Dewar に搭載した上での性能試験などが行われる予定である。

これに続いて、我々は更なる観測効率向上を目的とした上記受信機システムのアップグレードを検討している。受信機関連の主な改良内容は次のとおりである。1. 両サイドバンド分離受信, 2. サイドバンド分離比 $> 20dB$, 3. IF 周波数: 4-12GHz (4 系統とも), 4. Local 系 3 逓倍器の冷却。

このうち特に両サイドバンド分離受信については、GLT の主用途が VLBI であり、観測周波数がある程度固定できる観点から、導波管型周波数フィルタを用いて RF の段階で USB, LSB 成分を分離する「2SB フィルタミキサ」(長谷川他 2014 年春季年会) の採用を検討している。一方で、4-12GHz 帯域用の冷却アイソレータはサイズが大きいため、4K ステージ上に 4 系統分を搭載することが困難である。そこで現在は、冷却光学系を再設計して 4K ステージ上のスペースを増やすなど、いくつかの対処法を検討中である。本講演では主に、この新 230GHz 帯両円偏波・両サイドバンド分離受信機の開発状況について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V114b **POLARBEAR-2 実験に用いる極低温光学チェンバーの冷却試験と性能評価**

瀬川優子, 井上優貴 (総研大), 羽澄昌史 (KEK 素核研), 長谷川雅也 (KEK 素核研), 堀泰斗 (KEK 素核研), 都丸隆行 (KEK 低温セ), 高田卓 (核融合研), ほか POLARBEAR-2 コラボレーション

POLARBEAR-2 はインフレーション理論の精密検証を目的とした実験であり、2015年の観測開始を目指して開発を行っている。宇宙マイクロ波背景放射 (Cosmic Microwave Background, CMB) を高精度で測定し、インフレーション重力波から発生するBモードと呼ばれるCMB偏光パターンを見つけようとする地上実験である。観測装置は標高5200 mのチリ・アタカマ高原に設置する。POLARBEAR-2では、7588個のTES(transition edge sensor) ボロメータを搭載し統計感度を向上させるとともに、95 GHz、150 GHzの同時計測により前景放射に強い観測を実現する。これらは世界随一の挑戦であり、加えて、大型の光学系を冷却することにより熱的ノイズを抑制するという特徴も備えている。

CMBの精密測定は極低温で行うため、赤外線からの輻射を抑えることが重要である。7588個のTESを配置するためには大きな窓を設計しなければならないが、窓が大きくなればなるほど窓からの輻射は大きくなる。POLARBEAR-2実験開始に向けて、現在我々は、特に影響の大きい300 K層からの輻射を抑制するという課題に取り組んでいる。十分な検出感度が得られる目標温度まで下げるためには、現状より赤外輻射を低減する必要がある。そのために新しい方式の赤外輻射フィルターを導入し、冷却性能と光学性能を評価した。あらかじめ行った熱計算と感度計算の予測値と、総合冷却試験の結果を照合し、検出器の雑音レベルに与える影響について考察を行った。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V115b POLARBEAR-2 におけるミリ波吸収体の開発

井上優貴, 鈴木有春 (UC Berkeley), 高田卓 (核融合研), 都丸隆行 (KEK 低温セ), 羽澄昌史 (KEK 素核研), 長谷川雅也 (KEK 素核研), 堀泰斗 (KEK 素核研) ほか POLARBEAR-2 コラボレーション

POLARBEAR-2 (PB-2) は宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) の B モード偏光の精密測定を目的とする地上実験である。本実験は 250 mK に冷却した 7588 個の TES ボロメーターを用い、95 GHz と 150 GHz の 2 バンドで観測を行う。PB-2 は CMB 以外の放射を抑制する為に主鏡と副鏡を除く屈折光学系を極低温光学チェンバーに入れて 4 K まで冷却する。

PB-2 は 2 つの周波数の信号を 1 つのピクセルで同時に検出するため、F 値をそろえる為にはアパチャーを用いて同時に異なる周波数のビームを定義する必要がある。また、装置内で反射した光が疑似偏光を生成する事を抑制する為に、極低温光学チェンバーの内面にもミリ波吸収体を設置する必要がある。このとき、アパチャーの温度と吸収率、表面反射率は実験感度に大きく影響を与える。PB-2 が感度を満たす為には、ミリ波吸収体の温度を 7 K 以下に保ちつつ、吸収体の反射率を 5% 以下に抑制する必要がある。

そこで、私たちは要求を満足する黒体として、低誘電率のエポキシを母体としたミリ波吸収体のプロトタイプの開発と評価を行った。本講演ではプロトタイプの光学および冷却試験の結果と極低温光学チェンバーに配置した時の実験感度について発表する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V116b 那須電波観測所における GPU デジタル分光器の開発

青木貴弘, 遊馬邦之, 中尾亮太, 小原正大, 中島啓幾, 坪野公夫, 大師堂経明 (早稲田大学)

早稲田大学、那須電波観測所における Graphic Processing Unit (GPU) を用いたデジタル分光器開発について報告する。この分光器は将来の Fast Radio Burst (FRB) 検出の布石であり、今後これを改良することで本格的な FRB 観測を行う予定である。

デジタル分光器は、フーリエ変換を高速に行う必要性から、GPU を用いたものと Field-Programmable Gate Array (FPGA) を用いたものなどがあるが、那須電波観測所では民生用の GPU を用いて開発を行っている。というのも GPU は CUDA など C/C++ 同様の文法をもつ言語によってプログラムすることができ、習得が難しいハードウェア記述言語や高価なソフトウェアを使用する FPGA と比べて、比較的容易で安価に開発できるためである。また分光の後段に続く信号処理を、同じコンピュータ内で円滑に実行することが可能であり、保守が単純で容易という利点もある。使用した GPU は市販されているビデオゲーム用のグラフィックボード搭載のものであり、基本的には単一のパーソナルコンピュータ内ですべての処理を完結させることができる。

この GPU 分光器の性能を確認するために、フィードホーンを黒体で覆うことによって受信機帯域特性の測定を行い、また銀河系内の中性水素輝線 (21 cm 線) の観測を行った。その結果、銀河系の回転運動に伴う輝線のドップラー遷移を正しく観測することができ、分光器としての性能は果たしていることが確認された。

今後はこの分光器に dedispersion 処理を行う機能を追加し、定常的なパルサーの観測と解析、また FRB の探査を行う予定である。とりわけ FRB は Parkes 64 m 鏡と Arecibo 305 m 鏡でしか発見されておらず、より多くの電波観測所で発見されることが望まれるため、この分光器を用いつつその探査に注力する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V117c 1.4GHz 帯における赤緯 32.0°-41.5° の掃天観測

貴田 寿美子, 遊馬 邦之, 青木 貴弘, 中尾 亮太, 小原 正大, 中島 啓幾, 坪野 公明, 大師堂 経明 (早稲田大学), 新沼 浩太郎 (山口大学)

早稲田大学那須観測所では、2010年にFFTプロセッサを導入した。FFTプロセッサを2素子干渉計モードとして赤緯 32.0°-41.5° の掃天観測を行った。観測からは OP 313 の強度変動が検出されている (Tanaka et al, 2013)。赤緯 0.5° 毎に 8-12 日間の積分を行った結果、約 670 のフリンジが $S/N \geq 9$ で検出された。検出されたフリンジの内、58%は NVSS カタログにおいて 500mJy 以上の対応天体が位置していた。42%は 500mJy 未満の電波源や複数の微弱な電波源が近接に位置したフリンジであった。500mJy 以上の電波源が位置する領域での検出率は 91%であった。この結果は、FFTプロセッサ導入前の 1000mJy 以上の検出率 (Takefuji et al, 2009) と同等である。

500mJy 以上の電波源が位置しているが、フリンジが確認されなかった領域の内、55%はフリンジの検出があるものの $S/N \geq 9$ の条件を満たさないものであった。41%は太陽等の影響によるもの、4%が強度変動により減光を示した可能性が高いものである。CGCG 186-048 は、90年代の NVSS では 637.1mJy、Northern Sky Survey では 695mJy であり、赤緯 35.0° の掃天観測においてビームの中心付近に位置していたが検出されなかった。00年代の観測では 2002年 399mJy、2006年 338mJy (Giovannini et al, 2007) であり 90年代からの減光を示していた。本観測から、2010年以降も引き続き減光若しくは、300mJy 程度で停滞しており新たな増光は起きていないと考えられる。この電波源は、 $z=0.063$ の近傍に位置している電波銀河で superluminal motion によるジェット構造が確認されている。1.4GHz 帯の長期変動情報は、多波長の変動情報と併せてジェット構造の発展解釈に有用されている。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V118b 水沢 10m 電波望遠鏡のシステム向上について

亀谷 收、浅利一善 (国立天文台)

国立天文台水沢 VLBI 観測所にある水沢 10m 電波望遠鏡は、22GHz 帯での水メーザーや連続波のモニター観測を行いながら、近々打ち上げ予定の Nano-JASMINE 衛星のダウンリンク局としての必要性能を満たせるように駆動性能の向上対応を行ってきている。その具体的な状況について報告する。

10m 電波望遠鏡は、22GHz 帯の SgrA* の電波強度モニターとして、2013 年 2 月より、ほぼ毎日 1 回の頻度で国内の大学連携 VLBI にかかわる岐阜局、茨城局、鹿島局、つくば局等と共に VLBI 観測を行ってきた。1 週間程度の期間に渡り完全自動観測が行えるようにシステムを構築し、取得したデータは、ソフト相関処理を行う JAXA に自動転送を行うことで、観測終了後、相関処理が即座に行われてきている。本年 3 月以降は、上記モニターに加えて、3C279 等の強度モニターも岐阜局などと毎日行っている。入力電波強度の取得と secZ がスケジュールに入れて自動にできるようになったことで、強度較正もリアルタイムにできるようになった。

Nano-JASMINE 衛星のダウンリンク局としての駆動性能上昇に向けた取り組みも同時に行っている。アンテナ駆動装置と駆動コンピュータの間の通信のタイミングの向上などにより、高速で移動する Nano-JASMINE 衛星の追尾性能向上を行っている。

最後に、多大なサポートを頂いている VERA グループ、SgrA* モニター観測グループ、Nano-JASMINE グループの皆様に感謝いたします。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V119b **VERA 搭載用 86 GHz 帯セプタム型円偏波ポラライザーの開発**

Soon Kang Lou, 米倉 覚則, 百瀬 宗武 (茨城大学) 長谷川 豊, 木村 公洋, 小川 英夫 (大阪府立大学) 本間 希樹 (国立天文台)

国立天文台 VERA は、水沢局と KVN (Korean VLBI Network) を結び、星間散乱の影響が小さい 86 GHz 帯での活動銀河核や星近傍に付随する SiO メーザーの高空間分解能観測の実現を目指している。この実現に向けて、我々は 86 GHz 帯セプタム型円偏波ポラライザーを開発した。本講演はポラライザーの設計 (2013 年秋季学会 V141b, Soon 他よりポラライザー仕様に変更あり) 及び測定結果を報告する。開発したポラライザーでは、両円偏波を同時に受信可能なセプタム型 (階段形状の薄い金属板) を採用した。前述の対象天体は強度が強く、ポラライザーの性能として損失が -20 dB 程度で十分であるが、加工誤差 (フライス切削では $10 \mu\text{m}$ 程度であり、ポラライザーの開口サイズ 2.11 mm の 0.5% 、セプタム部最小寸法の 2.5% にあたる) による性能劣化が見込まれる。そのため、周波数帯域 $85 - 95 \text{ GHz}$ において、反射損失と交差偏波レベルそれぞれ -25 dB と -30 dB 以下を目標とし、加工誤差によって性能が -20 dB 以上に劣化しないように対策した。特にポラライザーの特性を決定するセプタム部では、加工誤差に相当する $10 \mu\text{m}$ 毎で最適化を行った。目標性能を達成した設計に基づいて、ポラライザーをフライスで製作し、実験室で性能評価を行った。 $85 - 95 \text{ GHz}$ において、反射損失と交差偏波レベルの測定結果は設計値に比べ 10 dB 程度の違いがあったが、 -20 dB 以下になっている。ポラライザーの寸法実測値から、各部分で設計値より $\pm 10 \mu\text{m}$ 以内のずれが見られた。ポラライザーの寸法実測値を用いたフィッティング理論値は測定結果と良く一致したため、測定結果と設計値の性能差の原因は加工誤差にあると分かった。測定結果より、ポラライザーは実用に十分な性能を持っていると結論した。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V120b

1.85m 電波望遠鏡プロジェクトの開発進捗 (VIII)

徳田一起, 長谷川豊, 大崎茂樹, 岡田望, 切通僚介, 上月雄人, 原田遼平, 松本貴雄, 森岡祐貴, 阿部安宏, 木村公洋, 村岡和幸, 前澤裕之, 大西利和, 小川英夫 (大阪府立大学), 西村淳 (国立天文台), 澤村将太郎, 土橋一仁 (東京学芸大), 中島拓 (名古屋大), 久野成夫 (筑波大学), 1.85m 鏡グループ

我々は、 ^{12}CO , ^{13}CO , C^{18}O ($J = 2-1$) 同時観測による銀河系分子雲広域探査を目的とした、1.85 m 電波望遠鏡 (設置場所; 国立天文台野辺山) を開発・運用している。また、我々は両偏波受信機の搭載による観測効率の向上 (徳田他 2013 年春季年会) や、帯域幅 2.5 GHz の広帯域分光計の導入による銀河中心等の広速度幅ターゲットへの対応 (西村他 2013 年秋季年会) など、銀河面全面マッピングに向けた望遠鏡システムの開発/改良を推進してきた。そして、これまでの運用 (2010~2013 年度) において約 1200 平方度の観測に成功し、分子ガスの薄く広がった成分からより星形成に直結していると思われる密度の高い ($\sim 10^4 \text{ cm}^{-3}$) 領域までの連続的な性質が明らかになりつつある (参照講演; 大崎他, 澤村他, 切通他, 松本他 本年会)。

また、我々はこの 1.85 m 鏡受信機に RF の段階でサイドバンド分離を行う 2SB 化フィルタを用いた新方式両サイドバンド分離受信機 (長谷川他 2014 年春季年会) を搭載し、これまで搭載していた従来型の 2SB ミクサと同等以上の性能 (受信機雑音温度 $\sim 90 \text{ K}$, サイドバンド分離比 $> 16 \text{ dB}$) を達成し、実際の科学運用に使用した。この開発等に加えて、CO 以外の多輝線広域観測の可能性を探るため、205–245 GHz において、試験的に観測を行った。その結果、OriKL 付近等において、いくつかの分子スペクトル (e.g., CS, SO, CH_3OH , HNC) が確認できた。

本講演では、1.85 m 鏡における開発および運用状況と将来計画等について報告を行う。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V121b ミリ波/サブミリ波帯用広帯域コルゲートホーン的设计

杉本正宏, 関本裕太郎, 関口繁之 (国立天文台)

本講演では、近年開発が進められているミリ波/サブミリ波帯天文観測用カメラへの応用を主目的とした超広帯域コルゲートホーンの基本設計についての進捗を報告する。

ミリ波/サブミリ波天文観測用カメラには(半導体/ TES) ボロメータやマイクロ波力学インダクタンス検出器(MKIDs)等が利用される。多素子化へ容易に対応できるように、給電部は平面アンテナとレンズを組み合わせる設計が主流である。広帯域特性を有する平面アンテナのデザインとしてはログペリオディックや屈曲波形状等のスパイラルアンテナが有用であるが、放射形状の対称性/交差偏波特性/リターンロス等の諸性能を広帯域に渡りホーンと同レベルで実現することは難しい。また偏波角度が周波数依存を示す為、偏波の精密測定を目的とした科学観測には不利となる。広帯域特性を有するホーン型給電部のデザインはクアドリッジアンテナなど複数知られているが、平面アンテナ+レンズ同様、諸性能をコルゲートホーン並に実現することは難しい。またコルゲートホーンを広帯域にする方法としてリングロードと呼ばれる溝構造があり、最大で約90%の比帯域が確保可能であることが知られているが、溝構造が複雑なため製作工程や達成できる加工(あるいは成形)精度の不安が残る。

本講演では、従来型コルゲートホーンの溝と歯の構造を単純に微細化することで広帯域化を実現する設計方法を紹介する。モードマッチング法による予備計算を行った結果、帯域幅60%以上(従来の倍)において対称な放射パターンを実現、交差偏波も-25dB以下を実現できるという予想を得た。周波数90-170 GHz帯を想定した場合、歯の幅は150 μm 程度であり、十分製造が可能なサイズである。また試作評価へ向けた現状を紹介するとともに、本コルゲートホーンの幅広い応用可能性(既存受信機2バンドの1バンド化など)についても言及する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V122b ALMA 帯域通過特性の性能評価

亀野誠二, 杉本正宏, (Joint ALMA Observatory), 樋口あや (茨城大), ALMA System Verification/Commissioning Science Verification team

ALMA システム性能検証 (SV) 活動における帯域通過特性 (BP) の性能評価について報告する。ALMA では (1) 単一鏡観測において 1 秒間の BP 変動が < -40 dB であること、(2) 干渉計観測において素子アンテナの BP 変動が 3600 秒に渡って < -30 dB であることが要求される。これらの要求は ALMA で 16 時間の高感度観測をした場合に微弱なスペクトル線を有意に検出するために定められたものであるが、その検証を短時間で行なうための統計的手法を開発した。(1) の帯域通過特性検証においては Spectral Allan Variance (SAV) を用いて BP の変動を周波数幅の関数として求め、系統的な BP 変動成分をランダム雑音成分から分離して、512 秒の積分で $\sim 1.2 \times 10^{-5}$ の精度で BP 変動を検証することができた。この結果、Band-3, 6, 7, 9 において一部の例外を除いて (1) の要求を満たすことを検証した。(2) の干渉計観測においては、明るい連続波源 (3C 279, 3C 454.3 など) を素子数 30 台以上で観測し、基線ベースのビジビリティからアンテナ毎の BP を解くことで計測精度の向上を図った。複素数の BP を解く際に「振幅-位相」と「実数-虚数」の両方を試し、振幅の評価には「実数-虚数」法が、位相の評価には「振幅-位相」法がより良い精度をもたらすことが分かった。この評価法によって 3600 秒の観測で BP の計測精度は Band-3, 6, 7 において $\sim 10^{-4}$ に達した。この結果、Band-3, 6, 7 で BP 振幅変動の標準偏差はそれぞれ 1.2×10^{-3} , 1.7×10^{-3} , 2.9×10^{-3} で、要求性能を満たさなかった。また、Band-9 は S/N 比が不十分で計測精度が 1.7×10^{-1} で検証に至らず、追試が必要である。講演では検証結果に加えて BP 不安定性の対処を議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V123b 野辺山 45 m 望遠鏡ビーム伝送系改修 (1)

浅山信一郎、南谷哲宏、岩下浩幸、宮澤千栄子、神沢富雄、齋藤正雄、他 45 m 鏡運用メンバー (国立天文台)、小川英夫、木村公洋、岡田望、長谷川豊、高橋諒、井上将徳、他 (大阪府大)

野辺山 45 m 望遠鏡には ALMA 受信機開発で得られた知見が適用され、100 GHz 帯受信機は従来に対し約 1/4 の雑音温度の 50 K を達成している (Nakajima et al. 2013)。しかしこの新型受信機の 45 m 望遠鏡搭載後のシステム雑音温度は大気の状態が良くても 130 – 150 K 程度と、受信器性能向上の恩恵を活かしきれていない。システム雑音劣化は他すべての受信機でも確認されており、45 m 望遠鏡の長年の課題となっている。この劣化の主原因として、ビーム伝送系に設置された CFRP に導電性樹脂材料を塗布した 2 枚の回転楕円鏡による電力損失が指摘されてきた。我々は実際に測定を行い、100 GHz 帯でこれらの回転楕円鏡による雑音温度寄与が 30 K 以上であることを確認した。受信機は量子限界にせまる感度に達しつつあり、これ以上の開発をしてもシステム雑音が大幅に改善されることはない。つまり、45 m 望遠鏡の感度向上の本質的な開発はこのビーム伝送系の改善しかない。

そこで我々はこれらの 2 枚の鏡を金属鏡に改修し、野辺山 45 m 望遠鏡の観測効率を大幅に改善する計画をスタートした。開発すべき金属鏡は約 2 m の回転楕円鏡であり、現在の技術を持ってしても一枚鏡として削り出す事は難しい。また一枚鏡の場合は重量も重く、さらにその大きさからアンテナへの搭載も難しい。特に 45 m 望遠鏡では共同利用中のため、運用に支障が出ない搭載計画が必要である。そこで本改修計画では、これらの楕円鏡を分割鏡として製作する。2 枚の楕円鏡と副鏡位置を最適化し、現在の鏡の前に分割楕円鏡を設置してもすべての受信機に給電できる設計を行う。分割楕円鏡支持架台も、45 m 望遠鏡本体に改修の必要の無い支持機構、搭載方法を実現する。本講演では、改修計画の概要と進捗について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V124a ALMA の建設 (21) と運用 (5)

井口聖、長谷川哲夫、立松健一、伊王野大介、水野範和、小杉城治、浅山信一郎、川島進、菊池健一、平松正顕、山口隆弘 (国立天文台)、ほか ALMA プロジェクトチーム

本講演では、ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array, アルマ) の建設および運用の活動について以下の報告をする。

建設・アルマ合同観測所 (チリ) : 66 台すべてのアンテナが山頂施設で運用することに成功した。単一鏡観測、Band 10 干渉計観測、偏波観測、太陽観測、長基線観測等、まだまだ実現しなければならない課題が残っており、システム評価試験および科学評価試験を積極的に実施中である。特に、日本が分担した Band 4 と Band 8 のサイエンスデモ観測も開始し、その観測結果等もアーカイブデータとしてユーザーに公開する予定である。

運用 : 第 3 回プロポーザル (Cycle 2) の観測を開始した。現在、第 4 回プロポーザル (Cycle 3) に向けて観測仕様の策定に入っている。また、Cycle 0 および Cycle 1 の観測成果が続々と出てきており、さらにはアーカイブデータを使った成果も出てきている。

拡張 : ALMA の科学機能をさらに向上させる議論も活発化し、Band 5, Band 1 および Band 2 の新規受信機バンドの開発も開始した。そして 6 月に開催した ASTE/ALMA Development Workshop 2014 ではさらなる拡張に向けた開発項目について、議論を深く行った。

本講演では、66 台での運用に向けた建設の進捗、そして最新の観測結果に加え、科学評価試験状況および今後の科学機能拡張について紹介する。また、10 月に国立天文台三鷹にて開催される ALMA/ASTE/MOPRA ユーザーズミーティング、そして 12 月に東京で開催するアルマサイエンスカンファレンスについても紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V125a アストロホログラフィー測定による ALMA アンテナの重力変形評価

杉本正宏, 亀野誠二 (Joint ALMA Observatory), 他 ALMA SV チーム, CSV チーム

ALMA の科学的要求を満足するために定められたシステム要求 (108 項目) の検証作業は 2013 年末をもって終了した。このうちのひとつとして実行されたアストロホログラフィー測定によるアンテナの重力変形評価を行った結果、 $5 \mu\text{m rms}$ 程度の変形量が測定可能であることを見出した。

アストロホログラフィー測定 (立原-2011 秋季 V76b) とは、干渉計に組み込まれたアンテナのうち測定を行うアンテナを点状天体に対してスキャンし、その他のアンテナは天体を追尾することで参照位相を取得する。得られたビジビリティ (被測定アンテナの複素ビームパターン) をフーリエ変換することで、開口面上での振幅および位相情報を引き出す。

ALMA Band 6 (230 GHz) における 3C 279 を用いた測定において、約 30 分間に 2 回計測した差分から再現性が $2.5 \mu\text{m rms}$ ($\lambda/500$ 、空間分解能は約 2 m) と求まり、30 deg の仰角変化で生じる $5 \mu\text{m rms}$ 程度の変形を捉えることに成功した。測定された変形量はゼルニケ多項式展開を行いモデル化を行った。各係数は仰角と強い相関を示し、測定仰角範囲内において、測定マップとモデルの差は $1 \mu\text{m rms}$ 程度を実現、精度の高いモデル化に成功した。また測定された重力変形量と有限要素法で予測された変形量との差は、0–90 deg の全仰角範囲内において $2 \mu\text{m rms}$ 以下 (測定誤差内) であることを確認した。アンテナ主鏡面調整はタワーに設置された人工信号源 (仰角 10 deg) を用いて実施されてきた。この際、有限要素法から予測された変形量をオフセットとして与えることで仰角 45 deg 付近において変形量が最小になるように調整されている。本講演では、有限要素法と実際の変形量とのわずかな差がこのオフセット量に及ぼす系統誤差についても議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V126a **ALMA 偏波観測機能の科学評価活動報告 (5-1)**

中西康一郎, 永井洋 (国立天文台), Ed Fomalont, Anthony Remijan, Catherine Vlahakis, Stuartt Corder (JAO), George Moellenbrock (NRAO), Ya-Wen Tang (ASIAA)

Polarization observation is a unique and powerful tool to reveal magnetic field structures and intensities of astronomical objects. The Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array (ALMA) is the most powerful polarization imager ever built, and high spatial resolution and high sensitivity polarization observation with ALMA is crucial to investigate intriguing astronomical processes in which magnetic fields are assumed to be playing a key role.

We, the ALMA polarization commissioning team, have been working intensively to characterize and verify ALMA polarization capability. Our past activities focused on continuum (low spectral resolution) observation, and it is offered to the users community from the Early Science Cycle 2, that has started June this year.

We are now carrying on commissioning of high spectral resolution (spectral line) and circular polarization observation capability. The capabilities enable astronomers to assess not only magnetic field structures, but also strength of them (e.g. the Zeeman effect). As a first step, instrumental polarization ('D-term'), whose property affects polarization sensitivity, in high spectral resolution mode was measured using a bright polarization calibrator. We found that instrumental polarization was mostly independent of spectral resolution; instrumental polarization in highest spectral resolution (31 kHz/channel) was consistent with that in lowest spectral resolution (31 MHz/channel).

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V127a **ALMA 偏波観測機能の科学評価活動報告 (5-2) : 3C286 の Science Verification 観測**

永井洋 (国立天文台), 中西康一郎 (国立天文台/JAO), Ed Fomalont, Anthony Remijan, Catherine Vlahakis, Stuartt Corder (JAO), George Moellenbrock (NRAO), Eric Villard (JAO)

ALMA 偏波観測機能の部分的な共同利用観測が Cycle 2 から公開された。これに伴い合同 ALMA 観測所ならびに ALMA 地域センターでは、偏波観測性能のデモンストレーションを目的とした Science Verification / Demonstration の観測データを公開する。今回公開するデータは、系外電波源 3C 286 のバンド 6 (波長 1.3mm 帯) の連続波観測データである。3C 286 は活動銀河核に付随する電波源で、超巨大ブラックホールから噴出するジェットとそれによって形成される電波ローブによって構成されている。この天体の電波強度ならびに偏波率・偏波角は非常に安定していることが知られていて、宇宙における「標準光源」として用いることができる。過去の IRAM 30m 望遠鏡の観測で、1.3mm 帯における偏波率は約 14.5% で偏波角は約 33 度と求まっていた (Agudo et al. 2012)、ALMA の観測でもこれに一致する結果を得た。本発表では、このデータをもとに典型的な ALMA 偏波観測で達成可能な偏波観測感度や観測精度について考察する。また、このデータの利用方法や今後の Science Verification の展望についても述べる予定である。

[セッションのトップに戻る](#)
[スケジュールに戻る](#)

V128a **ALMA Pipeline – Current Status**

Hiroko Shinnaga, Rie E. Miura, Takeshi Nakazato, Kanako Sugimoto, George Kosugi, Shinnosuke Kawakami (National Astronomical Observatory of Japan), ALMA Pipeline Team

ALMA Pipeline is the automated data reduction tool that runs on ALMA data. The current version of ALMA pipeline produces quality science data products for standard interferometric observing modes up to calibration process. ALMA Pipeline has (1) heuristics that is a set of Python scripts selecting best processing parameters and (2) contexts that are given for book-keeping purpose of data processes. ALMA Pipeline produces "weblog" that showcases detailed plots for users to judge how each step of calibration processes are treated. ALMA Interferometric Pipeline was conditionally accepted in March 2014 by processing Cycle 0 and Cycle 1 data sets. From Cycle 2, ALMA Pipeline is to be used for ALMA data reduction and quality assurance for the projects whose observing modes are supported by ALMA Pipeline. As of June 2014, CASA release and pipeline release are independent. Pipeline tasks are to be available based on CASA version 4.2.2, and this Pipeline version is called CASA version 4.2.2 pipeline. One can reduce the ALMA data both by CASA tasks as well as by pipeline tasks by using CASA version 4.2.2 pipeline. ALMA Singledish Pipeline tasks have been developed by the NAOJ pipeline team, as reported by Nakazato et al. in 2013 ASJ Meeting. We are aiming for ALMA Singledish Pipeline to be accepted in fall this year. This presentation is to give ALMA users an update on ALMA pipeline status since last year.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V129a テラヘルツ低雑音受信機開発に向けた初期検討

小嶋崇文、Alvaro Gonzalez、Matthias Kroug、藤井泰範、菊池健一、浅山信一郎(国立天文台)、相馬達也、山本智(東京大学)、鷗澤佳徳、寺井弘高、牧瀬圭正(情報通信研究機構)

1 THz を超えるヘテロダイン低雑音受信機の開発に向けて、最も重要な開発課題である超伝導ミキサを中心に初期検討を行っている。ミキサは、SIS や HEB などのミキシング素子やその整合回路方式の選択、冷却 IF 系の低雑音・広帯域化、LO 電力やサイドバンド雑音など、多くの技術的課題があり基礎検討を多角的に進めている。現在の検討状況を以下に示す。

1) SIS ミキサについては、情報通信研究機構と協力して高品質・高臨界電流密度の NbN 接合を用いたミキサの開発に着手した。現在、低損失同調回路設計を進めており、900 GHz 帯でのスケール実験を検討している。

2) HEB ミキサは東京大学と共同で検討を進めている。課題となる IF 広帯域化に関しては、市販の SiGe HBT (Heterojunction Bipolar Transistor) を用いた 0.5-4 GHz 帯アンプを開発し、現在までに動作物理温度 15 K で利得 25 dB 以上、雑音温度 7 K 程度の結果を得ている。現在ミキサ-アンプ一体化モジュールの評価を進めている。

3) RF : 790-950 GHz、IF : 4-12 GHz においてバランスド SIS ミキサの原理確認実験を実施した。その結果、RF 導波管回路や準光学系の損失を補正すると典型的に雑音温度 200 K 以下、LO 雑音温度の抑圧度を示す LNR は 15 dB 以上が得られた。1 THz 以上で懸念される LO 系の問題に対して解決できる見通しを得た。現在、RF 損失を低減するために RF および IF 回路一体型バランスドミキサの開発を進めている。

本講演ではテラヘルツ受信機の検討状況などについて報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V130a ALMA 観測サイトにおけるキャリブレーション用信号源 その5

木内等, 井口聖 (国立天文台), Richard Hills(University of Cambridge)

ALMA 干渉計では、観測サイトにおける干渉計素子としてのアンテナおよび受信系の校正が測定精度を決定する重要な要素である。現在 5000m の観測サイトでは、アンテナ・受信系の校正は星からの信号を用いて行っているが、ALMA でターゲットとしている高周波帯では、信号源となる電波星も少ない上、電波強度も弱くキャリブレーションに必要な SNR を得るために長時間処理を余儀なくされている。このため、貴重な観測時間の目減りの可能性も否定できない。ALMA project scientist より、高周波、広帯域信号発生が可能な Photonic 技術を用いた 5000 m 観測サイトで運用可能なキャリブレーション用人工電波源の要望があり製作を行っている。人工電波源は、マイクロ波 Comb 信号と広帯域雑音の 2 種類から構成されており偏波制御が可能である。人工電波源は低周波用と高周波用に分かれており、第一段階として低周波 (ALMA 受信帯域 Band- 3 : 84-116 GHz) 対応の人工電波源は製作済みでチリ OSF にて試験運用されている (電波放射免許待ち) 現在第二段階として高周波 (Band-6/7: 211-373 GHz, goal: 500 GHz) 対応の製作を行っている。信号の位相安定性も含めた現在の状況を報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V131a JVO による ALMA データ配信サービス

川崎渉, 白崎裕治, 小林剛志, Chris Zapart, 川口俊宏, 小杉城治, 大石雅寿, 水本好彦 (国立天文台)

ALMA 望遠鏡は南米チリに建設された世界最大の電波干渉計望遠鏡で、現在、Cycle1 データの公開が進みつつある。ALMA 地域センターのサイトからダウンロードできるデータには画像化される前の巨大なビジビリティデータが含まれており、1 観測プロジェクトあたりのデータサイズは数 10 ~ 数 100GB にもなるため、一般ユーザにとって ALMA 公開データの取得は決して敷居の低いものとは言えない。もし画像データのための配布を行うにしても、将来的な ALMA の性能向上に伴い、画像データ自体のサイズが最大で TB 級にまで増大する可能性があり、もはやフルサイズの ALMA 画像データのダウンロードは非現実的になってしまう。

そのような状況を乗り越えるため、国立天文台では Japanese Virtual Observatory (JVO) グループと ALMA グループが協力して、バーチャル天文台 JVO から ALMA 画像データを配信するサービスを開発し、一昨年秋より公開している。複数の低解像度画像の付加、Web 上での FITS 画像のクイックルック及び切り出し機能 (ALMAWebQL)、ローカルにダウンロードした画像を詳細に表示するための FITS キューブビューワ (Vissage) によって、一般ユーザが気軽に公開 ALMA 画像にアクセスできる仕組みを構築してきた。2014 年 6 月半ば時点での公開データ数は 500 天体以上 (100 プロジェクト以上) に達し、ALMA データやツールのアクセス数・ダウンロード数も順調に伸びつつある。

本講演では、JVO による現在の ALMA データの配信状況や利用統計、開発状況 (ALMAWebQL および Vissage) について報告を行う。また、可能な限りデモによる実演も行いたい。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V132a **NANTEN2 望遠鏡における NASCO マルチビーム受信機の開発**

伊藤万記生, 小林和宏, 桑原利尚, 山本宏昭, 中島拓, 望月沙也可, 水野亮, 立原研悟, 福井康雄 (名古屋大学), 木村公洋, 長谷川豊, 小川英夫 (大阪府立大学)

我々は NANTEN2 ミリ波サブミリ波望遠鏡を用いて南米チリのアタカマ高地 (標高 4800m) で、口径 4m という小柄な望遠鏡のフットワークを生かして広域の観測を行っている。NASCO (NANTEN2 Super CO survey) 計画は、チリから観測できる全天の約 70 % にわたる超広域の CO 分子雲地図を作成する計画であり、そのデータを様々な波長帯のデータと比較することで宇宙空間に広がる星間物質の性質などを明らかにできると期待する。本講演では現在開発している NASCO 用 マルチビーム受信機のデュワー設計について報告する。

数年という現実的な時間で観測を終了させるため、今回開発する新しい受信機はデュワー内に計 4 本のホーン (100GHz 帯 3 本、200GHz 帯 1 本) を搭載し、導波管型偏波分離器 (OMT) でそれぞれに受信される電波の偏波成分を分離する。さらに 100GHz 帯には大阪府立大学で開発された導波管型 SSB フィルター (長谷川他 2013 秋季年会参照) を採用し、110-115GHz 帯においてサイドバンド比 15dB 以上を得る。また、現在の NANTEN2 望遠鏡には他にケルン大学の SMART が搭載されているため、キャビン内スペースは非常に限られている。よって、デュワー外に出力する 8 系統の IF 信号の設置場所やメンテナンスを効率的に行うためのメンテナンススペースを確保するため、デュワー内ではコンポーネントの配置方法をよく考慮する必要がある。また、現在までに行った設計でデュワー内に入る熱流入量を計算したところ、4K ステージに入る熱流入量は 1.7W で、使用予定の冷凍機のスペックである 4.7W に充分収まることから冷却可能と判断している。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V133a 「きゃらばん・サブミリ計画」現状報告(2014年秋)

三好 真(国立天文台)、春日隆(法政大)、坪井昌人(宇宙研)、岡朋治(慶應大)、高橋真聡(愛教大)、ほかメンバ

講演者らはサブミリ波のVLBIによって我々の銀河系中心ブラックホール SgrA*などのブラックホール・降着円盤やホライズンの撮像をめざす「きゃらばん・サブミリ計画」を進めている。南米アンデス高地に移動型電波望遠鏡を含むネットワークを作り、1~2千kmの短基線VLBI(230GHz帯)を実現し、ブラックホール周辺像の正確な撮像を行うことを目的としている。uv面を良く埋めるための小型望遠鏡による移動局、感度を確保する大型望遠鏡による固定2局(ポリピア・チャカルタヤ山宇宙線観測所、ペルー・ワンカイヨ地球物理観測所を想定)の日本自前の3局構成を考えている。本講演では以下について報告する。

1) 移動局に於いては、移送作業が水素メーザの位相安定度に及ぼす影響が懸念されてきた。しかし(移送後)メーザ発振後、短期に位相は安定することがわかった。

2) 移動局においては、同様にデータ記録系へ及ぼす輸送時の振動の影響が懸念されてきた。この点については実際にデータ記録システムを運搬して、観測を繰り返し装置に不具合がおきないかテストすることを考えている。テストベンチとして"CARAVAN650(米澤・坪井ら、2002)"を再立ち上げ、テストベンチ化する。

3) 固定局において大型望遠鏡を安価に作るための固定の球面鏡主鏡を使うことを想定していたが、球面主鏡採用の電波望遠鏡における開口効率等の計算を行った。

4) 観測サイトに関するサーベイを2012年6月(現地の冬)に実施したが、さらに、長期の大気水蒸気モニタを、東大・宇宙線研究所の共同利用として進め、季節変化を調査する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V134a **ASTE 搭載用多色連続波カメラの開発 (1)**

大島泰、竹腰達哉、荒井均、前川淳、岩下浩幸、佐藤立博、廣田晶彦、南谷哲宏、松尾宏、川辺良平 (国立天文台)、中坪俊一、森章一、香内晃、徂徠和夫 (北海道大)、泉拓磨、石井峻、田村陽一、河野孝太郎 (東京大)

ミリ波サブミリ波帯の超広帯域観測は、サブミリ波銀河、SZ 銀河団、近傍銀河、星形成領域などにおける重要な物理量に関する情報をもたらす、これらの多様な天体に関する研究を可能にする。このような観測的研究を進めるべく、我々はチリのアタカマ砂漠に設置されている直径 10 m のサブミリ波望遠鏡、ASTE に搭載可能なミリ波サブミリ波帯連続波カメラの開発を進めている。本カメラは、2 色同時観測が可能な広視野光学系を持ち、極低温 (250 mK) に冷却された超伝導遷移端センサー (TES) ポロメータを SQUID を用いた周波数分割方式によるマルチプレクス技術により 448 素子以上の読み出しを行うことで、効率の良いサーベイ観測を実現する。本講演では、計画の進捗、特に試験観測の結果と科学観測に向けた検討、そして今後の開発計画について紹介する。

我々は、波長 1.1 mm 帯と 850 μ m 帯での初期科学運用を目指しており、2014 年 3-4 月には、好天候下での惑星、大質量星形成領域、ブランクフィールドなどに対する試験観測を行った。NGC6334 I に対する観測では、星形成領域に付随する、数分角に広がったフィラメント状のダスト構造まで過去の APEX/LABOCA とよく整合する画像を取得することに成功した。現在、取得したデータを用いて光学系の評価 (竹腰他)、ノイズ評価 (荒井他) を行うとともに、本格的な科学観測に必要な TES ポロメータウェハーの改良、ノイズ対策、そしてデータ解析環境の構築を進めている。また、将来の 450 μ m 帯を含む、より短波長帯の観測に向けて、マルチクロイックによる多色化や読み出し系の改良による素子数の増加に向けた開発計画についても紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V135a **ASTE 搭載用多色連続波カメラの開発 (2) : 光学系評価**

竹腰達哉、大島泰、荒井均、前川淳、岩下浩幸、佐藤立博、廣田晶彦、南谷哲宏、松尾宏、川辺良平 (国立天文台)、中坪俊一、森章一、香内晃、徂徠和夫 (北海道大)、泉拓磨、石井峻、田村陽一、河野孝太郎 (東京大)

サブミリ波銀河は宇宙初期における爆発的星形成を伴う銀河種族であり、その赤方偏移を推定し、宇宙の星形成史・構造形成史を明らかにすることを目指し、ASTE 搭載用ミリ波サブミリ波帯連続波カメラの開発を進めている。現在、本カメラは、波長 1.1 mm 帯と 850 μ m 帯の同時観測が可能な検出器および光学素子を持ち、これらの波長に対する初期科学運用を目指している。本カメラの光学系は、視野 7.5 分角、波長 1.1 mm 帯で 169 素子、850 μ m 帯で 271 素子であり、ASTE 望遠鏡のカセグレン光学系および受信器室に適合するように、幾何光学的手法により設計した。光学系は修正楕円鏡の第 3 鏡を受信機室内に設置し、カメラクライオスタット内のコールドストップ面にダイクロイックフィルターを設置することで、2 つの焦点面を用いた多色同時観測を実現するとともに、HDPE レンズ、ホーンアレイにより集光し、TES ボロメータとの結合を行っている。また、将来の短波長帯の観測に向けて、450 μ m 帯まで観測可能な結像性能を持つ光学系を実現している。

我々は 2013 年 3-4 月に、ASTE 望遠鏡に搭載した連続波カメラを用いて、惑星、大質量星形成領域、ブランクフィールドなどに対する試験観測を行った。本講演では、特に惑星に対するビームマップ観測によって得られたビームパターンなど、光学系の評価について報告する。火星によるビームマップ測定から、ビームサイズ (FWHM) は 28 秒角 (1.1mm 帯)、21 秒角 (850 μ m 帯) 程度であり、回折限界像を得られている。今後は、光学系の改良、そしてフィルターやボロメータを含めたシステム全体の周波数特性の測定を進める計画である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V136a **ASTE搭載用多色連続波カメラの開発(3): ノイズ評価とフィルタリング**

荒井均、大島泰、竹腰達哉、前川淳、岩下浩幸、佐藤立博、廣田晶彦、南谷哲宏、松尾宏、川辺良平(国立天文台)、中坪俊一、森章一、香内晃、徂徠和夫(北海道大)、泉拓磨、石井峻、田村陽一、河野孝太郎(東京大)

本講演では、ASTE望遠鏡に搭載された多色の連続波サブミリカメラによって本年初めて取得されたデータに関するノイズ評価及びノイズフィルタリングについて報告する。

本カメラでは光学系により集められた天体信号を、極低温に冷却されたボロメータ素子で電気信号に変換し、SQUID(超伝導量子干渉計)素子を用いて読み出している。その各素子のデータは192Hz間隔で記録された時系列データとして保存される。それらのデータを高速フーリエ変換(FFT)しパワースペクトル分布(PSD)を求めた結果、各ボロメータ間の相関ノイズとして除去が比較的容易な低周波数($< 1\text{Hz}$)の大気雑音の他に、 1.0Hz とその高周波に当たる帯域でラインノイズが卓越しており、このラインノイズが今回の観測データの感度を大きく制限している原因であることが明らかになった。パワースペクトル分布から、ラインノイズについて更に以下のようなことも分かった。(1) 空からの入力を塞いでいる素子やボロメータが感度を失っている素子を含め、カメラ内全ての素子で見られる。(2) 時間変動は顕著ではなく、本年取得された全てのデータにほぼ同じように混入していること。(3) 共通の読み出し回路を共有するサブセットを単位として類似した特性が見られる。これらより、ボロメータより下流の電気回路内での問題が深く関わっていることを示唆している。一方で、ラインノイズ周波数($=1.0\text{Hz}$)は冷凍機の駆動周期に非常に近いため、その機械振動が影響を与えている可能性も考えられる。

これらの測定結果に基づいた周波数フィルタ設計についても続けて報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V137a **野辺山 45m 電波望遠鏡搭載に向けた 220-GHz 帯超伝導カメラの開発**

新田冬夢, 関本裕太郎, 唐津謙一, 三ツ井健司, 岡田則夫, 野口卓, 松尾宏 (国立天文台), 関口繁之, 関根正和, 岡田隆, Shibo Shu (東京大学), 成瀬雅人 (埼玉大学), 今田大皓, 瀬田益道, 久野成夫, 中井直正 (筑波大学)

我々は、ミリ波サブミリ波帯における広視野観測のために 10000 画素規模の多画素超伝導カメラの開発を進めている。カメラの検出器には超伝導薄膜の表面インピーダンスの変化を読み取る超伝導共振器 (MKID: Day+2003) を用いている。また、望遠鏡焦点を有効利用するために、集積度に優れたダブルスロットアンテナとシリコンレンズアレイを用いたカメラ光学系を採用している。10000 画素規模の先駆けとして、600 画素 MKID カメラの開発を行い、歩留まりは約 95% を達成している (新田他、2014 年春季年会)。さらに、望遠鏡光学系と MKID カメラを結合するために誘電体レンズを用いた屈折式冷却光学系も合わせて開発を進めており、赤外遮断フィルターや冷却パッフルを工夫することで、焦点面温度は 150 mm の窓があいた状態で 100 mK を達成している (関口他、2014 年春季年会)。

これらの技術をもとに、野辺山 45m 電波望遠鏡に搭載する 220-GHz 帯ミリ波カメラシステムの開発を進めている。観測目標は、(1) 赤外線衛星「あかり」により北の極域領域で観測された未同定天体の観測、(2) 遠方銀河の探査である。屈折式冷却光学系には直径 300 mm の高純度アルミナレンズ、直径 100 mm の高純度多結晶シリコンレンズを用いることで、45m 望遠鏡の M4 焦点をカメラ焦点 ($F/\# = 1$) に結合する。また、画素数は 450 画素であり、有効径を 22 m とした場合に視野は約 5 分角となる。本講演ではこれらの開発状況について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V138a 野辺山 45m 鏡における 40 GHz 帯偏波計測システム

水野 いづみ (鹿児島大学/国立天文台), 亀野 誠二, 中村 文隆, 楠野 こずえ, 新永 浩子, 高野 秀路 (国立天文台), 土橋 一仁, 下井倉 ともみ, 落合 哲, 米谷 夏樹 (東京学芸大), 米倉 覚則 (茨城大), 小川 英夫, 岡田 望, 徳田 一起, 長谷川 豊, 阿部 安宏, 木村 公洋 (大阪府立大), 谷口 琴美 (東邦大), 中島 拓 (名古屋大), 久野 成夫 (筑波大), Z45 受信機開発チーム

星形成における磁場強度を CCS 分子輝線のゼーマン分裂幅により計測する目的で野辺山 45m 鏡に偏波観測システムを構築した。両直線偏波受信機, Z45 (落合他 本年会 等) が受信した 2 つの直交直線偏波を独立な信号経路で伝送し、ソフトウェア偏波分光計 PolariS (水野他 2013 年秋季年会 等) で相互相関と自己相関を取得する。そして、全偏波成分 (Stokes I, Q, U, V) を、相互相関と自己相関から算出する (2014 年春季年会 水野他)。受信機位置, 偏波間の信号経路差・交差偏波によって Stokes パラメーターに系統誤差が生じるため、計測・較正を行った。

受信機偏波面は偏波角が既知の直線偏波天体 (かに星雲) の観測により計測した。両偏波間の伝搬経路差をワイヤーグリッドを用いて生成した直線偏波信号を用いて計測した。その結果 1 時間に渡って安定であることが分かった。無偏波電波源 (木星、電波吸収体、液体窒素) を用いてシステム全体と光学系以降の両偏波の交差偏波の和 (2 つの受信偏波における D-term をそれぞれ D_X , D_Y としたとき $|D_X^* + D_Y|$ の値。) を計測した結果、それぞれ 0.007, 0.008 と小さかった。

受信機位置と伝搬経路差を補正し、無偏波源 (金星), 直線偏波源 (月, 3C 286, SiO メーカー) を偏波計測した。本講演では偏波計測・較正結果を報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V139a 野辺山 40 GHz 帯偏波システムによるゼーマン効果計測性能評価

亀野誠二, 水野いつみ, 中村文隆, 新永浩子, 高野秀路, 楠野こずえ (国立天文台), 土橋一仁, 下井倉ともみ, 落合哲 (東京学芸大), 米倉覚則 (茨城大), 小川英夫, 岡田望, 徳田一起, 長谷川豊, 阿部安宏, 木村公洋 (大阪府立大), 谷口琴美 (東邦大), 中島拓 (名古屋大), 久野成夫 (筑波大), Z45 受信機開発チーム

我々は分子雲コアの磁場強度をゼーマン効果によって計測する目的で、偏波分光計 PolariS を開発し野辺山 45m 鏡に搭載した。Z45 受信機と組合せて、おうし座分子雲 TMC-1 における CCS 分子輝線 ($J_N = 4_3 - 3_2$) を試験観測し、ゼーマン効果検出の実現可能性が得られた。観測は 2014 年 4 月 17 日に 7 時間実施し、TMC-1 を ON 点 14883 秒, OFF 点 2520 秒積分した。無偏波校正天体として木星を、偏波角校正天体としてかに星雲を用いた。両直線偏波受信系間の遅延と位相差を校正するためにワイヤーグリッドで直線偏波信号を挿入した。システム雑音は 168 – 181 K および 142 – 157 K だった。Stokes I および V は周波数分解能 61 Hz で r.m.s. = 100 mK とほぼ期待通りの精度が得られた。Stokes I のピークは 2.5 K で、過去の結果と矛盾しない。遅延補正の精度は 39 psec, 位相補正の精度は 0.013 rad だった。直線偏波成分に有意な信号がないことから、系統誤差はランダム誤差以下に補正されたと考える。Stokes I の観測値を元に $\frac{dI}{d\nu}$ の微分プロファイルを得て、Stokes V に対して $V \sim a_0 + \frac{a_1}{2} \frac{dI}{d\nu}$ の線型回帰でゼーマンシフト a_1 を求めたところ、 $a_1 = -75.4 \pm 35.4$ Hz だった。我々の目標は 100 μ G の磁場強度 (視線成分, 64 Hz のゼーマンシフト) 計測であり、標準誤差を 12.8 Hz に低減して 5σ で検出するには 54 時間程度の望遠鏡時間が必要であることが分かった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V140a 広帯域フィードの開発 (VII)

氏原秀樹, 岳藤一宏, 関戸衛, 市川隆一 (情報通信研究機構)

鹿島では今後の VLBI2010 対応を考慮しつつ VLBI 時刻比較プロジェクトに特化した広帯域受信システム「Gala-V」を開発中である。Gala-V の受信周波数は周辺の RFI 状況と周波数の 0 冗長配列条件で最適化し、3.2-4.8GHz, 4.8-6.4GHz, 9.6-11.2GHz, 12.8-14.4GHz の 1.6GHz 幅 4ch とした。もちろんフィード開発においては将来的な VLBI2010 や SKA に対応すべく、さらに広い周波数を受信可能としている。比帯域が広いため出力は直線 2 偏波とするが当面は諸般の事情で片偏波受信である。

現在製作中の 34m 用広帯域フィードは入れ子構造であり、外側の母フィードで Gala-V の下位 2ch、中の娘フィードで上位 2ch を分担する。性能は Gala-V に最適化し、開口能率の変動はあるものの 2.2-18GHz 程度が受信可能であり、メタノールの 6.7/12.2GHz 帯や測地の 2/8GHz 帯も利用できる。市販の同軸導波管変換器や鏡筒バンド以外のフィードの主要部品は NICT 小金井本部の試作室が製作している。娘フィードは本搭載用のものが完成したものの、母フィードでは所内の機械で加工できない形状とサイズの部品が発生したため製作が遅延している。なので、とりあえずは娘フィードの試作品を 34m に搭載し、6.4GHz 以上で先行利用している。開口能率測定、メタノール・メーザの 6.7GHz/12.2GHz 同時受信、小型可搬局 MARBLE とのフリンジテストなどの試験を行った。

このフィードはかカセグレン光学系に適合した狭いビームであるが、昨年度は直焦点用のビームの広い広帯域フィードも開発した。これを利用して現在市販のクワッドリッジフィードを用いている MARBLE の開口能率向上を図る予定である。これら広帯域システムの開発状況を報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V141a 野辺山電波ヘリオグラフによる強度干渉計実験

江澤 元, 松尾 宏, 柴崎清登, 岩井一正, 下条圭美, 篠原徳之, 本間希樹 (国立天文台), 村田泰宏 (宇宙研)

光子計数型干渉計の原理実証のため、野辺山電波ヘリオグラフを用いて行った強度干渉計実験について報告する。過去の年会 (松尾 2013 年秋季年会 V134a、松尾他 2011 年秋季年会 W16a) において、光子統計情報を用いた天体観測手法、ならびに熱的輻射の光子バンチによる遅延時間測定法について議論した。我々は今回この原理を実証するため、野辺山電波ヘリオグラフを用い、太陽をターゲットとして 17 GHz における強度干渉計実験を実施した。具体的には 8 チャンネル、1.25 ギガサンプル/秒のオシロスコープ 2 台をサンプラーとして用い、アンテナ 16 台分の中間周波数モニター信号を高速同時サンプルした。データ解析においては、二乗検波処理 (得られた信号を二乗したのち、中間周波数帯域の電磁波位相情報をローパスフィルターで除去) をしてから相互相関をとることで、強度相関を計算した。その結果、電磁波の位相情報を用いずとも、一波長以内の遅延時間を直接測定できることを実験的に示すことができた。これはすなわち強度干渉計により複素ビジビリティが得られることを示唆している。本実験では、異なる時角で複数回測定を行うことで、相関強度と遅延時間の日変化も測定している。

一般に強度干渉計は 1) 大きなダイナミックレンジが必要、2) 位相決定が不可能、の 2 つの欠点が指摘されている。本実験により 1) は再確認されたものの、強度相関を用いた遅延時間測定が可能であることを示した。本講演では、実験およびデータ解析の詳細について説明し、光子統計を用いた結果の解釈についても議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V201a 都心から探る星のフレア～中央大学後楽園キャンパスに設置した小型望遠鏡 CAT～

坪井陽子(中央大学), 飯塚亮(ISAS/JAXA), 菅原泰晴, 秋山昌俊, 三宅梢子, 飯田遥(中央大学)

2012年度、中央大学後楽園キャンパス6号館屋上に小型望遠鏡CAT(Chuo-university Astronomical Telescope)を設置した。市販の2.6mドーム内に口径26cm、焦点距離3000mmの望遠鏡を配置し、現在はU,B,V,R,I,Hフィルター、冷却CCDカメラを用いて可視光測光ができるシステムにしている。視野は50x35分角程度で、都内中心ながら限界等級は15-16等級程度である。10等級程度の星であれば、測光精度は0.01等級程度はできている。我々は2009年8月から全天X線監視装置MAXIを用いて、星からの巨大フレアを探索しているが、将来的にはCATを用いてMAXIで検出された星のフレアをすぐさま追観測できるよう自動化を進めるつもりである。そのため、できるだけ簡易なシステムを目指し、ネットワーク環境さえあれば、研究室や自宅からでも遠隔で操作および観測が可能となるように各種の整備を施した。加えて、雨センサー、気象センサー、全天カメラも設置し、空の状態を逐一モニターできるようになっている。また、取得されたデータ解析は、ほぼ自動で解析することができる。

今年度、市販の分光器(分解能は600程度)も導入し、手動ではあるが測光と分光を切り替えて使うことが可能である。本講演では、これらのシステムの詳細と、今まで観測した突発天体などの観測結果について報告をする。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V202b 埼玉大学 55cm 望遠鏡観測システムの自動化と性能評価試験

石橋遥子, 大朝由美子, 潮田和俊, 居倉聖, 星久樹, 佐藤太基, 前原雄太 (埼玉大学), 斉藤嘉彦 (東京工業大学), 内海洋輔 (広島大学), 他 埼玉大学天文学研究室

埼玉大学 55cm 望遠鏡は、主焦点 (F 値 2.7) とカセグレン焦点 (F 値 6.5) の 2 つの焦点を持つ赤道儀式光学望遠鏡である。検出器には長波長側で感度が高い、FLI 社製の深空乏層を持つ冷却 CCD カメラを使用している。この望遠鏡を用いて、星形成領域や太陽系外惑星、太陽系小天体などの観測が行われている。

現在の観測システムでは、架台と検出器を 2 台の独立した Windows PC で制御している。操作には GUI を用いたソフトウェアを利用しており、観測効率が悪い。そこでシステムの自動化を目的とした改良を行っている。本研究では Linux PC と TCP/IP 通信を利用して 2 台の PC の統合を図り、コマンドラインによる操作を実現させる。現在は Linux PC と架台制御 PC の通信の確立がなされている。コマンドラインによる制御を可能にすることで観測時の一連の操作をスクリプトとして組むことができるようになり、観測効率が向上する。

また、当観測システムにおける 4 つの基本特性調査も行った。(1) 追尾試験の結果、長周期振動によるずれが約 $0.69''/\text{min}$ 確認された。赤経方向では振幅約 $1''$ の短周期振動も見られた。これに速度補正を行い、長期振動のずれを $0.56''/\text{min}$ まで抑え、赤経方向での短周期振動を無くすことができた。(2) T-P oint を用いた PA では、導入誤差を本来の約 6 割に抑えることができていた。さらに、(3) 冷却温度の違いによる検出器の特性や安定性の評価試験、(4) 色変換係数決定のための標準星領域の観測・解析も進めている。埼玉大学望遠鏡は、光・赤外線天文学大学間連携にも参画しており、観測システムの確立によって突発天体観測の科学的成果なども期待できる。

本講演では、自動観測システムの確立に向けたプログラム開発と、性能評価の現状について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V203c 小口径望遠鏡用分光器 LISA の性能評価

田邊健茲, 小木美奈子 (岡山理科大), 今村和義 (岡山理科大/岡山天文博物館)

新星や超新星など、突発天体あるいは輝線天体の観測に対して、機動性のある personal な分光観測システムは不可欠である。従来、我々岡山理科大学チームは SBIG 社製の DSS-7 (R ~ 400) ならびに SGS (R ~ 2300) という小型分光器を用いてこれら輝線天体 (特に新星) の分光観測を行い、成果を上げてきた。

最近、我々はフランス製の分光器 LISA (Shelyak 社) を入手した。この分光器は分解能 (R) が約 600 ~ 1000 で optical ならびに近赤外にも対応するように設計されている。この分光器は、optical の波長範囲が 4000 ~ 7000 nm で上記の DSS-7 に対応する機種であるが、スリット幅がより細く (15 μ m)、しかも格子定数が大きい (300 本/mm) ので DSS-7 より分解能が高い。さらにガイド用スリットビューアー (CCD) が付いているので、より長時間の露光に適していると考えられる。ちなみに DSS-7 の場合口径 28 センチメートルで約 11 等が限度である。

我々はこの分光器を岡山理科大学天文台の 30 センチメートル・シュミットカセグレイン望遠鏡に取り付け、各種輝線天体に向けてスペクトルを取得してみた。本講演ではその結果を発表する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V204c

ニュージーランド・マウントジョン天文台 61cm B&C 望遠鏡の改良

阿部文雄 (名古屋大学), K. Pollard (カンタベリー大学), A. Williams (カーティン大学), 笹子宏史 (株式会社ささご), 他 MOA 共同研究

MOA 共同研究は日本・ニュージーランド共同で、マウントジョン天文台の 1.8m 望遠鏡による重力マイクロレンズ探索を行っている。また、同天文台の 61cm B&C 望遠鏡に Apogee U47+ CCD カメラを取り付けてマイクロレンズ事象の追観測を行い、太陽系外惑星発見ガンマ線バーストの観測などに多くの成果をあげてきた。

一方、LIGO/VIRGO/KAGURA などの大型重力波望遠鏡計画が実施に向けて動き出した。2, 3 年後には最初の重力波直接検出が期待される。重力波望遠鏡による位置決定精度は、あまり良くないため、重力波天体の光学的追観測には MOA 1.8m 望遠鏡の様な広視野サーベイ型望遠鏡が適している。しかし、その後の追観測には機動力のある 61cm 望遠鏡が適している。このため、マイクロレンズ観測と同様 1.8m 望遠鏡の広視野を生かした観測と 61cm 望遠鏡の機動力を生かした観測を連携することを計画した。この際問題となる老朽化した 61cm 望遠鏡のコントロールシステムを更新し、あわせて 3 色同時に観測可能な新カメラを導入した。このカメラは、ダイクロミックミラー 2 枚で入射光を分割し、3 台の SBIG STT-3200ME CCD カメラにより i, r, g の 3 色を同時に撮像する。この望遠鏡は、観望用にも利用されるので、カメラを取り外すことなくアイピースに切り替えられる様な切り替えボックスを用意した。来るべき重力波観測に備えるとともに、マイクロレンズ観測の観測体制を強化した。本講演では、改良された B&C 望遠鏡と今後の観測計画について報告する。

本研究は、科学研究費補助金・新学術領域「重力波天体の多様な観測による宇宙物理学の新展開」および名古屋大学南半球宇宙観測センターにより実施されている。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V205b チベットロボット三色撮像カメラ (HinOTORI) : 仕様評価

内海 洋輔, 吉田 道利, 川端 弘治 (広島大学宇宙科学センター), 川野元 聡, 成相 恭二, 佐々木 敏由紀, 柳澤 顕史 (国立天文台), 姚 永強, Wang Hongshuai (中国国家天文台), 劉 彩品 (中国紫金山天文台), 石橋 遥子 (埼玉大学), 谷津 陽一, 齊藤 嘉彦 (東京工業大学)

近年発見が期待される重力波源の正体を探るために, 対応天体の可視光フォローアップ観測網構築が望まれている. 我々は極東地域での観測ネットワーク強化をめざし, 日本から経度 60 度離れた中国西部チベット阿里地区に 50cm 望遠鏡と SDSS u , Cousins- R_C , I_C バンドを有する三色同時撮像カメラを設置する HinOTORI (Hiroshima University Operated Tibet Optical Robotic Imager) プロジェクトを推進している. これまでにデザインが終了し, ダイクロイックミラーで分割した三色のすべてのチャンネルで広視野 ($0.4 \times 0.4 \text{deg}^2$) にわたり CCD ピクセルサイズ (0.7arcsec) 以下の結像性能を達成できる見込みである. 2013 年 9 月より現地の気象観測も進めており, 環境条件についてもはっきりとわかって来た. 冬季夜間は気温が -25 度程度まで下がること明らかになった.

製作が進み, 望遠鏡, 赤道儀の組み立てが完了し, CCD カメラの調達も終了した. 光学系および装置筐体もまもなく組み立てが完了し, 納品される見込みである. 望遠鏡は主・副鏡とも非球面のために比較的製作の難しい RC 系を採用したにも関わらず, 観測装置搭載スペースを確保するためにバックフォーカスを通常品より 100mm 長い 450mm とした特注品である. こうした望遠鏡の特注仕様は広島大学かなた望遠鏡に同架することで, 星を使った試験観測を実施し, 仕様確認および光学性能評価を進めている. また, 判明した冬季の低温環境下でも赤道儀等の駆動系が正しく動作するかを確かめるために, 制御系およびモーター部の恒温槽を使った動作試験も実施して種々の問題が判明して来た. 2014 年度末出荷を目指し対策を進めている現状を報告する.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V206b 東京大学木曾観測所 105cm シュミット望遠鏡のリモート観測・自動観測システムの構築

前原裕之、青木勉、征矢野隆夫、樽澤賢一、三戸洋之、酒向重行、諸隈智貴、小林尚人、土居守、松永典之(東京大学)、田中雅臣(国立天文台)

東京大学木曾観測所の 105cm シュミット望遠鏡は、2013 年度に制御系の更新を行い、ポインティング精度や駆動スピードなどが向上した(青木他、2013 年秋季年会 V206a)。また、外部とのネットワーク接続を光回線に変更したことで、大量の観測データをネットワーク経由で外部に転送することも可能となった。これらに加え、従来より観測支援のために木曾観測所に設置されていた気象センサーのデータとこれまでの観測状況とを比較することで、観測の開始・中断・終了の条件を気象センサーから得られる情報等に基づき自動的に判定させることが可能となったことから、リモート観測および自動観測を行うための仕組みを構築した。

構築したシステムでは、外部から観測システムへ VPN 接続(L2TP/IPSec)し、Web ブラウザを用いて観測天体や露出時間等のパラメーターを観測リストに登録することで、観測可能な条件かどうかの判定も含め、登録した天体の観測を自動的に行うことが可能である。また、撮像した画像の確認や FITS ファイルのダウンロード、観測の進行状況や気象条件の確認なども Web ブラウザから行うことができる。

本講演では、リモート観測・自動観測システムの紹介と試験運用の状況について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V207a TMT 国際天文台設立 - 計画状況

家正則、白田知史、山下卓也、青木和光、宮下隆明、稲谷順司、寺田宏、高見英樹、柏川伸成、鈴木竜二、尾崎忍夫、橋本哲也、Chapman 純子、神津昭仁、杉山元邦、石井未来、田島俊之、原川紘季 (国立天文台)

TMT 国際天文台 (TMT International Observatory) の設立のため、TMT 協力評議会に参加してきた 5 カ国 7 機関のメンバーは、国際法律事務所 Hogan Lovells 社の協力を得て、約 1 年あまりにわたり、主協定書、法人設立合意書、寄与内容合意書の協議を重ね、2014 年 4 月に最終文面の合意に達した。2014 年 4 月末までに一連の合意文書に署名した国立天文台、中国国家天文台、カリフォルニア大学、カリフォルニア工科大学の四者を設立初期メンバーとして、2014 年 5 月 6 日に TMT 国際天文台 (TMT International Observatory) が登記され発足した。5 月 22 日には TMT 国際天文台の最高議決の場となる第一回評議員会が開催され、議長に Henry Yang カリフォルニア大学サンタバーバラ校学長、副議長に家正則 TMT 計画日本代表を選出し、執行役員として Executive Director に Edward Stone カリフォルニア工科大学長、Project Manager に Gary Sanders 博士、などを選任した。追って参加予定のインド科学技術省、カナダ天文学大学連合、米国科学財団 NSF は議決権の無い准メンバーとして評議員会に引き続き参加することを承認した。

ハワイ州土地資源局による最終的な建設許可は 7 月までに得られる見通しであり、これを受けて 10 月 7 日に山頂で起工式を行い、本格的な建設を開始する。2014 年度は日本としては建設 9 年計画の 2 年目にあたり、望遠鏡本体構造の詳細設計、主鏡の量産を行う。TMT 観測装置開発のプラットフォームとなる TMT 開発実験棟 (仮称) の建設も着手する。プロジェクトの国際状況と今後の展望について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V208a **TMT 第一期観測装置 IRIS 撮像系の開発－ IRIS 広視野化**

鈴木竜二 (国立天文台), James Larkin (UCLA), Anna Moore (Caltech), Shelley Wright (University of Toronto), Lianqi Wang (TMT), Luc Simard (TMT), Brent Ellerbroek (TMT), IRIS Science Team

国立天文台先端技術センターでは、超大型望遠鏡 TMT(Thirty Meter Telescope) 用観測装置 IRIS(InfraRed Imager and Spectrograph) 撮像系の開発を進めている。IRIS は 0.84 - 2.4 ミクロンの波長域において撮像と面分光機能を有し、補償光学と組み合わせることで TMT の大口径を生かした高い感度と空間分解能、また 30 マイクロ秒の高精度相対アストロメトリを特徴とする観測装置である。IRIS の開発は現在基本設計の段階にあり、光学系、機械系について、設計及びプロトタイプ製作を通じた実現性の実証を行っている。

IRIS の視野は概念設計において 16×16 秒角であったが、以前より IRIS の視野を 30×30 秒角に広げる IRIS 広視野化の要望が IRIS サイエンスチームから挙げられていた。また近年の高コントラスト装置による系外惑星探査の成功を受け、TMT の第一期観測装置においても高コントラストモードの需要が高まっており、オカルティンマスク及びその上流に大気分散補正光学系を置く要望が出されている。さらにレーザーガイド星の中心を光軸からずらして配置した場合の補償光学の性能シミュレーションを行った結果、軸上の場合よりも 10-20 %程度ストレーリング比が悪化することが示され、撮像系、分光系の視野位置の最適化が必要になった。

これらの状況から、IRIS 開発チームでは、(1) 高コントラストモードのためのリレー光学系、(2) 将来のアップグレードを考慮した広視野化、(3) 撮像系と分光系の視野配置の最適化、の検討を行った。本講演では、高コントラストモード及び 32×32 秒角の撮像視野を可能にする IRIS 撮像系の設計を紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V209a SuMIRe-PFS プロジェクトの概要と進捗状況 2014

田村直之, 村山斉, 菅井肇, 高田昌広, 下農淳司 (東京大学), 唐牛宏 (自然科学研究機構), 高遠徳尚, 上田暁俊 (国立天文台), 大山陽一, 木村仁彦 (台湾中央研究院天文及天文物理研究所), 他 PFS collaboration

PFS (Prime Focus Spectrograph) はすばる望遠鏡次期観測装置の一つとして開発が進められている超広視野多天体分光器である。すでに稼働中の超広視野撮像装置 Hyper Suprime-Cam とともに SuMIRe 計画 (“すみれ”: Subaru Measurement of Images and Redshifts) の両輪をなし、ダークマター、ダークエネルギーの起源や多種多様な銀河形成・進化の歴史を紐解くのが目的である。

PFS では、すばるの主焦点の直径 1.3 度に及ぶ視野内に約 2400 本の光ファイバーを配置し、それぞれに天体や空からの光を導入して分光器へ導く。2400 本のファイバーは 4 台の分光器に分配されたのち、まず「青」「赤」「赤外」3 つのビームに分けられ、それぞれに分散がかけられ検出器上にスペクトルとして結像する。こうして、380nm から 1260nm までのスペクトルを約 2400 本、一回の露出で一度に得る仕組みになっている。

PFS の開発は、東京大学 Kavli IPMU を中心した 6 か国 11 研究機関による国際協力のもと、2017 年ファーストライトを目指し進められている。2012 年 3 月の Conceptual Design Review、2013 年 2 月の Preliminary Design Review を経て、現在は詳細設計段階に入っており、各部分の進捗に応じて順次製作が開始されつつある状況である。本発表では、装置の概要と開発の現状を紹介するとともに、期待される性能や観測サーベイ計画、スケジュール等にも簡単に触れる予定である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V210a RAVEN 試験観測報告

大屋真(国立天文台)、大野義人、秋山正幸(東北大学)、寺田宏、早野裕、高遠徳尚、白田知史、西村徹郎、高見英樹(国立天文台)、伊藤周(金沢高専)、ほか RAVEN メンバー

RAVEN は多天体補償光学装置 (MOAO: Multi-Object Adaptive Optics) のオンスカイ・デモンストレーションを目的とした持ち込み装置で、すばる望遠鏡で IRCS と組み合わせて観測する。技術実証に加えて科学的成果も目指した観測を行うことを目的とし、カナダの University of Victoria (UVic) と Herzberg Institute of Astrophysics (HIA) が主体となり、日本のすばる望遠鏡と東北大の協力の下で開発を進めてきた。

MOAO は広視野 AO 方式の一つで、数分にわたる視野内の複数天体をピックアップして同時に観測する。大気ゆらぎを補正する可変形鏡 (DM) が天体ごとに一つ用意され、その天体の周囲数秒角の領域の補正を行う。波面を測定するガイド星は暗い観測天体とは別に用意され、波面センサ (WFS) で検出されたガイド星方向の波面から DM がある観測天体方向の波面を推定する。要素技術として「トモグラフィー波面再生」と「オープンループ制御」があり、現実の装置としてはシステム較正が非常に大事になる。この方式は、口径が大きい程天体を拾える視野 (FoR: field-of-regard) が広がることから 30m 級地上超大型望遠鏡時代に重要な役割を果たすと期待される。

第一回の試験観測が 2014 年 5 月に行われ、世界で初めて 8m 望遠鏡での MOAO 観測に成功した。第二回の試験観測を引き続き 2014 年 8 月に行う予定である。本講演では、改めて RAVEN プロジェクトの概要を紹介すると共に試験観測の概要を報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V211a **RAVENの波面センサーを用いた大気揺らぎプロファイルの測定**

大野良人(東北大学, 国立天文台), 秋山正幸(東北大学), 大屋真(国立天文台), Colin Bradley, Olivier Lardiere(University of Victoria), David Andersen(HIA), RAVEN チーム

RAVENはオンスカイでの多天体補償光学系の技術的実証および科学的成果を目的とした試験装置である。カナダのUniversity of VictoriaとHerzberg Institute of Astrophysics (HIA)を中心に、国立天文台ハワイ観測所と東北大学の協力のもと開発が進められてきた。我々は2014年5月にすばる望遠鏡での試験観測を行った。さらに8月に2回目の試験観測を行う予定である。

RAVENは最大4つの波面センサーの測定値からトモグラフィーの技術を用いて大気揺らぎの影響を3次的に推定し、その情報を基に視野内の2つの天体に対して同時に大気揺らぎの影響を補正する。このトモグラフィー計算を行う上で大気揺らぎの情報(大気揺らぎの強度、アウトースケール、大気揺らぎの高さ、その高さでの風速・風向)が重要となる。さらに、これらのパラメータは時間変化するため、随時測定して更新しなければいけない。

そこで、本研究では試験観測で得られた波面センサーの測定値からこれらの情報の推定を行う。大気揺らぎの強度とアウトースケールは波面センサーの測定値の分散、測定値の自己相関から推定を行った。大気揺らぎの高さについては複数の波面センサーの測定値の空間的な相互相関から推定した(SLODAR)。5月の試験観測で得られた波面センサーの測定値から推定したアウトースケールはおよそ20mから40mであり、マウナケア山頂の典型的な値30mと一致している。また、推定した r_0 から計算されるシーイングサイズをUHのMASS-DIMMで測定されているシーイングの値との比較も行う。本講演では8月の試験観測での結果も加えてこれらの手法、結果について報告する予定である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V212a 極限補償光学装置のための位相振幅同時計測方式波面センサの開発

山本広大、松尾太郎、木野 勝 (京都大)、今田大皓 (筑波大)

我々は、木星のような軌道長半径 (~ 5 AU) をもつ太陽系外惑星の直接撮像を目的に、京大岡山 3.8m 望遠鏡へ搭載する高コントラスト装置と極限補償光学装置を開発している。太陽系外惑星のように、明るい主星近く (およそ 0.1 秒角) で、主星と比べて 7-8 桁暗い天体からの光を検出するには、コロナグラフなどの高コントラスト装置が必要であり、その性能は、入射する波面の精度によって制限される。時間変動する波面エラーは主に地球大気によって生じるので、地上観測で惑星検出が可能な 10^7 乗のコントラストを達成するためには、高頻度 ($\sim 5-10$ kHz)、高空間周波数 (差し渡し 32 素子)、高精度 ($\sim 1/20$ 波長) で、波面をリアルタイム計測し、波面補償をする必要がある。そこで我々は、点源回折干渉計方式を発展させた、新たな波面センサの提案と設計を行った (2013 年秋季年会 V241a 松尾参照)。本方式はピラミッド波面センサに比べて、二倍のダイナミックレンジがある。しかし本方式は、ピラミッド波面センサと同様に、位相誤差しか計測できない。今回、二つの干渉光路のうち一方を非干渉光路に変更することで、ダイナミックレンジは従来通りになるが、位相誤差だけでなく、振幅誤差も同時に計測可能な波面センサを構成出来ることがわかった。その結果、より高精度な波面測定を行う事が可能になり、コントラストを一桁改善出来る。

本講演では、従来方式と新方式を比較し、達成可能な性能について発表する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V213a **小型屈折光学系補償光学装置 (CRAO) - 1.3m 荒木望遠鏡におけるファーストライト**

北尾栄司 (京都産業大学), 清水智 (京都産業大学/西村製作所), 藤代尚文, 松井卓也, 池田優二, 河北秀世 (京都産業大学), 大屋真 (国立天文台)

現在我々京都産業大学のグループでは、多天体補償光学 (MOAO) や地表層補償光学 (GLAO) などの次世代 AO 実現のために必要な基礎技術開発の一環として、屈折光学系を採用した小型で安価な補償光学装置 "CRAO" の開発を行っている (Fujishiro et al. 2014)。CRAO は可視域 (400-700nm) において、京都産業大学神山天文台サイトの典型的なシーイングである 2.5" を 0.6" 程度まで改善することを目標としている。これまでに、サイト調査結果を反映した補償性能シミュレーションと仕様策定、それに基づく光学設計と開発などを行ってきた。また、 $r_0=5\text{cm}$ のコロモゴルフ乱流に基づく大気擾乱を生成するシミュレータを製作し、それと CRAO の内部光学系を模した室内実験系を用いた補償実験を行うことで、実際にシーイングが改善できる見込みであることを確認した。(北尾他: 2014 年春季学会)

ここまでの開発に基づき実際に望遠鏡搭載できる CRAO の実機を完成させ、これを用いた室内補償実験を行い、続いて 2014 年 5 月に京都産業大学神山天文台 1.3m 荒木望遠鏡に搭載しての試験観測を実施した。本発表では、実機の光学調整の手順と方法、および室内補償実験の結果、そして望遠鏡に取り付けてのオンスカイ観測の結果について報告し、到達性能や今後の計画について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)
[スケジュールに戻る](#)

V214b 小型屈折光学系補償光学装置 (CRAO) - 両面電極メンブレン型 SATURN DM を用いたループ制御システムの開発

清水智 (京都産業大学/西村製作所), 松井卓也, 藤代尚文, 北尾栄司, 河北秀世, 池田優二 (京都産業大学), 大屋真 (国立天文台)

現在、京都産業大学では多天体補償光学 (MOAO) などの次世代 AO を実現に必要な基礎技術開発の一環として、屈折光学系を採用した小型で安価な補償光学装置 "CRAO" の開発を進めている (Fujishiro et al. 2014)。これを、Tip-Tilt ステージに乗せたタンデム式の DM として構成する可視光において神山天文台サイトにおける典型的なシーイング $2''.5$ を $0''.6$ まで改善できる見込みである (北尾他: 2013 年日本天文学会秋季年会)。

通常のメンブレン式 DM が裏側電極からの静電力によって凹形状のみの変形が可能なのに対して、SATURN は裏表に電極が配置されているため、凹凸形状両方の変形が可能という利点がある。しかし、電極配置が円環状であるに加えて、そのパターンも裏表で異なるため、CRAO で採用している格子列の MLA を用いたシャックハルトマン波面センサ (SH-WFS) と併用した際にどの程度の補償誤差が生じるかは自明ではない。SH-WFS の各サブアパーチャの波面傾斜を表す傾斜ベクトル g から各電極の印加電圧ベクトル V を求めるためには、理論的に導かれる Zernike 係数ベクトル Z を g に変換する行列 A と、実験的に得られる V を Z に変換する行列 B から成る特性行列 $(A \cdot B)$ の疑似逆行列である $(A \cdot B)^+$ を求め、それを制御プログラムに組み込んで用いることが必要である。ところが、疑似逆行列を導出する SVD 分解時の特異値に対する閾値の設定などが最終的な補償誤差に大きな影響を与えるため、最適化と定量的な検証を行ってきた。本講演では、ここまでループ制御システムの概要とそれをを用いた室内及びオンスカイ試験での結果から分かる両面メンブレン型 DM の可能性について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V215a 地球型惑星検出のためのすばる赤外線ドップラー分光器 IRD の開発: 8

小谷隆行, 周藤浩士, 神戸栄治, 森野潤一, 寺田宏, 小久保英一郎, 鈴木竜二, 成田憲保, 工藤智幸, 日下部展彦, 西山正吾, 林正彦, 福井暁彦, 権静美, Oliver Guyon(国立天文台), 田村元秀(東大/国立天文台), 西川淳, 青木和光, 臼田知史, 高遠徳尚, 早野裕, 高見英樹, 泉浦秀行(国立天文台/総研大), 堀安範(UC Santa Cruz), 橋本淳(オクラホマ大), 馬場はるか, 末永拓也, 呉大鉉(総研大), 黒川隆志(農工大/国立天文台), 柏木謙, 田中陽一, 鈴木翔太, 奥山康志(農工大), 池田優二(Photocoding), 佐藤文衛, 大宮正士, 原川紘季, 大貫裕史, 立浪千尋, 玄田英典, 平野照幸, 葛原昌幸, 藤井友香(東工大), 生駒大洋, 高橋安大, 河原創(東大), 町田正博(九大), 松尾太郎, 長田哲也(京大), 荻原正博(名大), 比田井昌英(東海大), Don Hall, Klaus Hodapp(ハワイ大), IRD チーム

近年の Kepler 衛星などの観測から、地球質量の惑星は普遍的存在である可能性が高くなってきている。一方、太陽系近傍の恒星、特に低質量星まわりの地球質量惑星存在頻度や、形成過程についてはわからないことが多い。我々は、Kepler では難しい近傍 M 型星まわりの地球型惑星検出を目指して、恒星の視線速度を 1m/s という高精度で測定するすばる望遠鏡用・近赤外高分散分光器 Infrared Doppler の開発を進めており、2015 年の初観測を目指している。分光器は波長分解能約 70000 を持ち、スペクトル中の十分な数の吸収線をカバーするために Y, J, H-band を同時に観測可能である。波長校正用レーザー周波数コムは、これまでの J, H-band に加えて、広帯域化により Y-band の多くをカバーすることに成功している。分光器の安定性を高めるために、光学系の多くは超低熱膨張素材で製作した。さらに温度安定性の高いクーデルームに設置することや、ファイバーによる強度分布の均一化をモードスクランブラーで向上させることなどで、地球型惑星探査に十分な精度を持つ装置を実現する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V216a WINERED による高分散天文学

小林尚人、松永典之、濱野哲史、福江慧、山本遼、安井千香子、三戸洋之、前原裕之、泉奈都子、水本岬希 (東京大学)、辻本拓司 (国立天文台)、近藤莊平、池田優二、中西賢之、中岡哲弥、川西崇史、大坪翔悟、木下将臣、北野綺華、河北秀世 (京都産業大学)

WINERED は、可視波長と赤外線波長のニッチである z, Y, J の3バンド ($0.9\text{--}1.35\ \mu\text{m}$) に最適化された、高感度な赤外線高分散分光器である。京都産業大学神山天文台 1.3 m 望遠鏡に定常的に取り付けられ、上記波長域を同時にカバーする分解能 $R\sim 30,000$ のモードで観測をすすめている。京都のような都市環境においても、すでに $J=9\text{mag}$ 近い天体の観測が定常的に行われているが (1hr , $S/N=100$, $\text{FWHM}=3''$)、この冬の改修で所定通りの熱背景雑音に到達したため (近藤ほか: 本年会を参照)、この夏からは $J=11\text{mag}$ の天体まで観測対象を大幅に拡げる見込みである。これは、通常 3-4m クラスの望遠鏡で得られる性能が、1m クラスの望遠鏡で実現することを意味する。

現在は、彗星、星間物質、YSOs、星団、大質量星、セファイド、フレア星など多様な天体について、小望遠鏡を占有的に使えることを活かした系統的なサイエンス・プログラムを実施している。また、早期型から晩期型までの様々な標準星の観測から、この波長域において初めてとなるラインリストやアバundance解析方法も整備している。

本講演では、現在進みつつあるサイエンス・プログラムを俯瞰的に紹介するとともに、WINERED とそれによる新しい高分散天文学を、世界的な赤外線高分散分光器開発の大きな流れの中に位置づけて議論する。最後に、近い将来の海外展開や $R=100,000$ への高分散化についても紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V217a 近赤外高分散分光器 WINERED : 「非冷却光学系」の実現

近藤荘平、池田優二、中西賢之、中岡哲弥、川西崇史、大坪翔悟、木下将臣、河北秀世 (京都産業大学)、 福江慧、三戸洋之、安井千香子、松永典之、濱野哲史、小林尚人 (東京大学)

我々は、 $0.91\text{-}1.35\mu\text{m}$ において高感度な近赤外高分散分光器「WINERED」(ノーマルエシエルモード $R_{\text{max}} = 28,300$ 、イマージョンモード $R_{\text{max}} \sim 100,000$) の開発を京都産業大学と東京大学の共同で進めている。WINERED の特徴の1つは、赤外線観測装置にも関わらず、検出器とカメラレンズ以外の光学コンポーネントを常温環境下に設置する「非冷却光学系」を採用していることにある。これは装置周辺領域からの熱背景光が無視できる波長域 ($\lambda < 1.35\mu\text{m}$) に限定することで可能であり、 $1.7\mu\text{m}$ cut off 検出器と高精度なサーマルカットフィルタを用いることで実現する解を得ていた。非冷却にする利点として: 1) 製作、維持が容易、2) 開発時間の短縮、3) 少ない予算、が上げられる。WINERED は2012年5月に京都産業大学1.3m 荒木望遠鏡にてノーマルモードでファーストライトに成功 (福江他: 2012年秋季年会)、2013年8月にサイエンスグレード検出器のインストールを実施 (中岡他: 2013年秋季年会)、現在、様々な天体について系統的な観測を進めている (小林他: 本年会)。

一方、ファーストライトの時点では周辺熱背景光の値がまだ設計値の約50倍と高い値であった。原因がH-band 波長におけるサーマルカットフィルタからのわずかな漏れだと判明したため、追加のH-band ブロックフィルタを設計、製作、インストールした。実験室環境下 (288K) で周辺熱背景光が設計通りの $0.07e^-/s/pix$ まで減少したことを確認したが、外気温度が低い望遠鏡ドーム環境下では、周辺熱背景光の値は検出器の読み出しノイズ $5e^-$ (rms, NDR=32) 相当以下になるため、1.3m 望遠鏡で限界等級が今までより2等ほど深くなることが期待できる。この結果、赤外線観測装置で初めての「非冷却光学系」を実現できたことになる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V218a 岡山天体物理観測所 188cm 望遠鏡の新しい多色撮像カメラ MuSCAT の開発

成田憲保, 福井暁彦, 日下部展彦, 笠嗣瑠, 泉浦秀行, 柳澤顕史 (国立天文台), 鬼塚昌宏 (総研大), 生駒大洋, 川島由依, 田村元秀 (東大), 佐藤文衛, 玄田英典 (東工大), 永山貴宏 (鹿児島大), 塩谷圭吾 (宇宙研), 栗田光樹夫 (京大)

太陽系外惑星の研究テーマのひとつとして、惑星大気の透過分光観測がある。これは惑星がトランジット(食)を起こす太陽系外惑星に対してトランジットによる減光率の波長依存性を調べることにより、惑星の大気成分や空模様を調べるという手法である。中でも多色撮像カメラによる透過分光観測は、観測時間が豊富に得られる中小口径望遠鏡でも可能であり、今後特に多数のトランジット惑星が発見された際に有力となる。

太陽系外惑星探査の将来計画のひとつとして、全天トランジットサーベイ衛星 TESS(Transiting Exoplanet Survey Satellite) が 2017 年に打ち上げられる予定となっている。そのため 2017 年以降には TESS によって全天で多数のトランジット惑星が発見される見込みとなっている。そこで、2017 年頃までに集中的なフォローアップ観測を行うユニークな観測装置を開発することが重要である。

以上の背景から、我々は 2013 年度から岡山天体物理観測所の 188cm 望遠鏡に搭載する新しい多色撮像カメラ MuSCAT(Multi-color Simultaneous Camera for studying Atmospheres of Transiting planets) を開発している。装置の基本仕様としては、3 台の $1k \times 1k$ CCD により視野 5.9 分角を持ち、2 枚のダイクロイックミラーにより Sloan Gen 2 フィルター (g'_2, r'_2, i'_2, z_s) のうち 3 色を同時観測できる性能を予定している。

本講演ではこの装置の仕様と目指すサイエンス、開発スケジュール、アップグレード計画等について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V219a 木曾観測所超広視野 CMOS カメラの開発計画

酒向重行, 土居守, 本原顕太郎, 宮田隆志, 小林尚人, 諸隈智貴, 青木勉, 征矢野隆夫, 樽沢賢一, 前原裕之, 三戸洋之, 藤堂颯哉, 菊池勇輝, 臼井文彦, 有松亘 (東京大学), 田中雅臣, 渡部潤一 (国立天文台), 富永望 (甲南大学)

東京大学木曾観測所の次期主力観測装置となる超広視野 CMOS カメラについて, その全体計画と開発の現状について報告する. 現行の広視野 CCD カメラ KWFC は 4 平方度の視野を誇るが, 本計画では木曾 105cm シュミット望遠鏡の全視野 (直径 9 度角) を 84 チップの常温駆動 CMOS センサ (計 168M ピクセル) で覆うことで, KWFC をはるかに上回る計 20 平方度の超広視野を得るカメラを開発する. 常温駆動 CMOS センサはカメラ筐体の軽量化をもたらすと同時に, 読み出し時間が実質的にゼロの高速連続観測を可能にする. 本装置は全視野で最大 2 フレーム/秒, 特定の複数領域 (約 10,000 箇所) で最大 20 フレーム/秒の動画観測を実現する予定である. 本装置の開発にあたり, 高速かつ多チャンネルの読み出しシステムの開発と, 最大 10TByte/夜に達する膨大な観測データを逐次処理する計算機システムの開発, 84 チップのセンサを焦点面 (球面) 上にアライメントする技術の開発が鍵となる. 本装置は他に計画を含めて例の無い 0.05-10 秒の時間スケールの広視野観測を実現する. これにより, 重力波天体の光学同定, 超新星爆発の初期段階の観測, 太陽系外縁天体による掩蔽の観測など, 短時間に変動する稀な現象の統計的な観測が可能となる. また, 0.05-10 秒の時間スケールの広域探査はこれまで不十分のため, 未知の短時間変動現象が検出されることも期待できる.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V220b 木曾超広視野 CMOS カメラのデータ取得部のシステム設計

菊池勇輝, 酒向重行, 土居 守, 本原顕太郎, 宮田隆志, 小林尚人, 諸隈智貴, 青木 勉, 征矢野隆夫, 樽沢賢一, 前原裕之, 三戸洋之, 藤堂颯哉, 白井文彦, 有松 亘 (東京大学), 田中雅臣, 渡部潤一 (国立天文台), 富永 望 (甲南大学)

東京大学木曾観測所では 105 cm シュミット望遠鏡用の次世代カメラの開発を進めている。このカメラは 84 枚の高速 CMOS センサを搭載し、シュミット望遠鏡の直径 9 deg の全視野を 2 Hz で撮像する超広視野高速撮像を可能にする。これにより、CCD センサによる可視光観測では難しかった 0.5 – 10 秒の短時間スケールの変動現象の探査や、その統計的な観測研究が実現できる。

本装置による高速撮像観測では膨大なデータが生成される。本研究ではその取得を実現するシステム設計を行った。目標とする 2 Hz の観測では、データ生成レートは 750 MB/s、1 晩の取得データは 26 TB に達する。この膨大な生成レートのデータ取得は、5 台の観測用 PC に処理を分散することで実現する。取得したデータはすべてを保管することが現実的に不可能なため、生データの一時保存用とリダクションデータの長期保管用のそれぞれ 300 TB のサーバコンピュータ 2 種類からなる大型のストレージシステムを用いる。また、これらのデータ取得システムのもと、CMOS センサの部分読み出し機能を用いることで、全画素の 1/10 程度の領域を 20Hz で観測することも可能となる。これにより太陽系外縁天体の掩蔽現象観測をはじめとした、さらに短時間の変動現象の監視観測が可能となる。

本講演では、本装置の実現する性能や上記のシステム設計、および運用方法などについて報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V221b KWFC 銀河面変光天体探査 (KISOGP) のデータを用いた突発天体サーベイ

前原裕之, 松永典之, 三戸洋之, 小林尚人, 泉奈都子, 山本遼, 青木勉, 征矢野隆夫, 樽澤賢一, 酒向重行, 諸隈智貴, 土居守 (東京大), 坂本強 (日本スペースガード協会), 浮田信治, 田中雅臣 (国立天文台), 板由房, 小野里宏樹, 岩崎仁美, 花上拓海 (東北大), 山下智志 (鹿児島大)

銀河面領域は多くの星が集まっている銀河系の骨格部分であるが、強い星間減光のためにそこにある星の分布などよく分かっていないことが多い。特に反復観測を必要とする変光星の探査はいまだ不十分であるため、我々は2012年度から東京大学木曾観測所のシュミット望遠鏡と超広視野カメラ KWFC (視野 4 平方度) を用いて、銀河面領域の広い範囲に対する変光星探査を行っている。

新星や矮新星のような突発的な増光を示す天体を詳細に研究するためには増光後すぐに分光観測などの追観測を行う必要がある。そこで、これまでに得られたサーベイデータから、全ての検出天体の位置や測光値をデータベース化し、新たに撮像した画像から検出された天体のデータと比較して、突発的な増光・減光を示す天体やこれまで検出されたことのない天体を探す解析パイプラインを作成し、動作試験を行った。

KISOGP の観測では 1 領域 (4-dithering) を撮るのに 12.5 分かかり、この中に検出される天体の数は 10^5 個程度である。変動天体検出に観測後 20-30 分必要で、即時データ解析は観測に追いついていない。しかしながら、変動天体の種類によっては非常に有効なサーベイシステムが構築できていると言える。これまでの観測では、既知の矮新星のほか、AGN 候補天体が突発天体として検出された。本講演では KISOGP の解析パイプラインの概要や突発天体検出の動作試験の結果、および検出された天体について紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V222b 可視赤外線同時カメラ HONIR:近赤外線検出器読み出しシステムの開発と評価

宇井崇紘 (広島大学)、酒向重行 (東京大学)、山下卓也 (国立天文台)、秋田谷洋、川端弘治 (広島大学)、中屋秀彦 (国立天文台)、森谷友由希、伊藤亮介、高木勝俊、大杉節、吉田道利 (広島大学)

我々は可視赤外線同時カメラ HONIR の近赤外線検出器 VIRGO-2K の読み出しシステムの開発を行ってきた。この読み出しシステムは CCD 汎用読み出しシステムである Kiso Array Controller(KAC) を基に設計を行っている。開発した読み出しシステムは VIRGO-2K の 16ch 読み出しモードに対応させ、約 1 秒で 2048×2048 pixels の読み出しを可能とした。また、KAC で採用されている完全差動入力回路や、3 次ベッセルローパスフィルタなどのノイズ除去機構をそのまま導入し、VIRGO-2K に合わせてパラメータの最適化を行う事で、冷却下 (130K) のマルチプレクサ読み出しで約 $15e^-$ の読み出しノイズを達成した (VIRGO-2K の data sheet におけるノイズ値は $5-15e^-$)。さらに VIRGO-2K のリニアリティを向上させる為に、定電流機構を設計し 16ch 全ての Output Source Follower に定電流を供給している。この供給電流が Output Source Follower の出力電圧によらず 2% 以下の変動に収まる事も確認できている。

そして、開発した読み出しシステムを用いて VIRGO-2K の読み出しを行い、ノイズやリニアリティの評価を行った。16ch モード読み出しでは所期の目標であった約 1 秒間での読み出しを実現した。また、リニアリティやゲインの測定も行い、読み出しチャンネルごとに変換効率やリニアリティの特性が大きく異なることも判ってきた。講演では、ファウラーサンプリング法を用いた最適な読み出し方法の選定なども含めた、本読み出しシステムの性能評価の結果についてまとめて報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V223a 可視赤外線同時カメラ HONIR: 直線偏光観測機能の導入と性能評価

秋田谷洋, 森谷友由希, 宇井崇紘, 浦野剛志, 川端弘治, 伊藤亮介, 神田優花, 高木勝俊, 大杉節, 吉田道利 (広島大学), 中島亜紗美 (名古屋市科学館), 山下卓也, 中屋秀彦 (国立天文台)

可視赤外線同時カメラ HONIR(オニール)は、広島大学口径 1.5m かなた望遠鏡用の可視・近赤外線 2 バンド同時観測装置である。既存の撮像・分光観測機能に加え、2014 年 1 月に直線偏光観測用の光学素子群を新規設置し、偏光撮像・偏光分光観測の実施が可能となった。偏光観測機能の導入とその性能評価について報告する。

HONIR における直線偏光観測は、直線偏光 2 成分を分離する YLF 製 Wollaston プリズム、回転制御可能な Pancharatnam 型超無色半波長板、および、偏光分離像の重なりを避けるための偏光観測専用の焦点マスクないしスリットを光路内に挿入することで実施する。偏光度測定系の系統誤差 0.1% 以下を目指している。

高い偏光測定精度を達成する上で重要な器械偏光は、偏光撮像時、多くの波長帯 (V~H バンド) で、0.04-0.09% 以下であり、かつ、0.04-0.12% 内で安定していた。B、Ks バンドではやや大きく、器械偏光が 0.2-0.25%、変動は 0.2-0.3% であった。主要な波長帯では目的とする偏光測定精度達成に問題ないが、B、Ks バンドでの器械偏光抑制が課題である。偏光分光時の器械偏光は近赤外線で若干変動が大きくなるものの、およそ同程度であった。

一方で、おそらく Wollaston プリズム硝材に起因して、偏光度が真の値より小さく測定される消偏光効果が強く現れること分かった。特に短波長側で効果が強くなり、B バンド付近では消偏光は 40% に達する。しかし、この特性は安定しているため、観測された偏光度に対して補正可能である。この補正による偏光度測定誤差は、最も消偏光効果の強い B バンドでも、偏光度 5% の天体に対して 0.1% の程度であり、多くの場合問題とならない。

上記の評価を踏まえ、超新星や X 線連星などの偏光観測研究も開始している (本年会川端ほか、神田ほか)。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V224a 近赤外線で明るい天体を観測するための部分減光フィルタの開発

永山貴宏 (鹿児島大)

現在の近赤外線天体観測では、暗い天体ばかりに注目が集まっており、逆に原理的に観測が簡単なはずの明るい天体の観測は難しくなっている。名古屋大学の IRSF1.4m 望遠鏡でも同様であり、 J, H, K_S バンドで ~ 8 等より明るい天体は検出器が飽和してしまうため、精度よく観測することができない。一方で、2013 年には、検出器が飽和してしまうような明るい新星が少なくとも 2 つ (Nova Del 2013、Nova Cen 2013) 現れた。このような明るい天体を観測するためには、現状では、デフォーカスを行うか、ND フィルターをいれるなどをしなければならない。しかし、これらの方法では、同一視野内にターゲット以外の天体を検出できないことが多く、高い測光精度を得るためには、非常に良い天気が必要である。また、銀河面などの星が混みあった領域では、星が重なってしまうためデフォーカスすることができない、といった問題点もある。

そこで、通常の相対測光と同程度の気軽さで良い測光精度を実現するために、部分減光フィルタを開発している。私の部分減光フィルタは、フィルタの一部分に減光部を設け、その領域を通る光だけを設定した減光率で減光させるものである。このフィルタを観測装置の前に挿入することで、観測対象天体のみを減光させる。その周囲にリング状の観測不能領域ができるものの、さらに外側では一切、減光の影響を受けない画像が取得でき、減光させた明るい天体と、減光を受けない測光参照星を同一視野内で観測することができる。

減光率 5000 分の 1 部分減光フィルタを試作し、IRSF で試験観測を行った。減光部分の視野は直径 1 分角であり、この範囲内では 1 等までオンフォーカスで観測可能である一方、視野 ($7.7' \times 7.7'$) の約 60% の範囲では減光の影響を一切受けない。標準星の測光結果から、0.02 等程度の相対測光精度が得られることもわかった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V225a 天文観測用画像センサー読み出しICの試作

中屋秀彦(国立天文台), 内田智久, 田中真伸(高エネルギー加速器研究機構)

近赤外線検出器はシリコンのCMOS読み出しIC(ROIC)に化合物半導体のフォトダイオードアレイを貼り合わせたハイブリッド検出器が使われている。天文観測用検出器は、一般的に低ノイズ・高精度が求められる反面、低照度であり露出時間が長く読み出し速度は遅くてよい。民生・工業用ではビデオレートを求めたり相関二重サンプリング(CDS)回路などの複雑な信号処理回路を備えているROICがあるが、こうした複雑な回路は天文用としては不必要であり低ノイズ化の支障になると考えた。

最もシンプルな3トランジスタ方式のROICが天文観測で求める性能を満たすことができるか検証するため、標準的なCMOSプロセスを用いて試作を行った。ROICは画素間隔15 μm で64×64フォーマットとし、光学試験を行えるよう簡易的なフォトダイオードを各画素に付けたCMOSセンサーとした。

試作した素子を冷却して読み出し試験を行った結果、読み出しノイズは $\sim 90\mu\text{V}$ となり、フォントランスファーカーブから求めたコンバージョンファクターを用いると $\sim 15\text{e}$ であった。暗電流は温度が170K程度で $0.1\text{e}/\text{sec}/\text{pix}$ 以下となり、読み出しノイズは多重サンプリングにより5e以下まで下がることもわかった。

天文観測で用いられている既存の天文用近赤外線検出器と同程度の性能であることを確認し、標準的なCMOSプロセスによる3トランジスタ方式のROICが天文観測で使用可能であると十分期待できる結果であった。一方で、発光と思われる現象、さらなる低ノイズ化、大フォーマット化した際のセトリングタイムなどの改善や検討が必要であることがわかった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V226b 近赤外多天体分光カメラ SWIMS 検出器読み出しシステムの開発

藤堂 颯哉、館内 謙、本原 顕太郎、小西 真広、高橋 英則、北川 祐太郎、小早川 大、加藤 夏子
(東京大学)

我々は、TAOの第1期近赤外線観測装置 SWIMS の検出器読み出しシステムの開発を進めている。SWIMSでは、HgCdTe ハイブリッドアレイ型検出器 HAWAII-2RG を4台(最終的には8台)使用し、SIDE CAR ASIC、JADE2 card(またはSAM card)といった専用の読み出し回路で駆動する。新たに、検出器複数台の同時駆動のための専用ソフトウェアや、システムを大型のSWIMS デュワーにインストールするための読み出し回路間専用ケーブル(1.5m)などを開発し、システムを構成した。その上で、あたらしく整備した試験用大型デュワーで検出器読み出しシステムの駆動試験を行った。前回講演(西嶋ほか、2014年春年会)で報告したように、個々の検出器の性能評価は概ね完了しているが、同時駆動に伴う読み出しノイズなどの性能への影響を調査する試験を進めている。また、検出器の線形性について調査し、ピクセル well 深さ ($1.1 \times 10^5 e^-$) の30%で非線形性の影響が5%あるが、補正をかけることにより well 深さの80%でも0.2%以下に抑えることができることがわかった。本講演では、検出器読み出しシステムの開発と、こうした検出器の性能評価の成果について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V227b すばる望遠鏡近赤外線撮像分光観測装置 IRCS 用偏光観測モードの開発

渡辺 誠 (北海道大), 表 泰秀, 寺田 宏, 服部 堯, 早野 裕, 美濃和陽典, 工藤智幸 (国立天文台八
ワイ), 森井幹雄 (理研), 橋本 淳 (オクラホマ大)

我々は、補償光学を併用した高空間分解能偏光分光観測のため、すばる望遠鏡の近赤外線撮像分光観測装置 IRCS へ偏光観測モードを導入した。偏光モードは、IRCS のカメラセクションへ Wollaston プリズムを追加することで、グリズムによる低・中分散偏光分光 ($R \sim 100\text{--}1960$) と偏光撮像とが可能な構成とした。プリズムは、使用波長域を $0.8\text{--}5 \mu\text{m}$ (ただし観測可能波長域は当面 $0.95\text{--}2.5 \mu\text{m}$) とし、IRCS のクライオスタット内に収め、65 K に冷却する。異常光線と常光線の分離量は検出素子サイズの $1/4$ 程度 (20 mas モードにて) とし、一方、既存のフィルターホイールに収めることによるサイズ制限 (直径 43 mm \times 厚み 5 mm) からプリズム頂角は約 4° 以下に制限されるため、プリズムの材質には、高い複屈折率 (約 0.06 以上) と低温での実績があり入手性の良い LiNbO_3 を採用した。また、常光線と異常光線の像の重なりを防ぐため、IRCS のスリットホイールへ偏光観測用の焦点面マスクおよびスリットを追加した。偏光撮像用マスクの視野は $4.4 \text{ 秒角} \times 21 \text{ 秒角}$ (20 mas モード) ないし 54 秒角 (52 mas モード)、偏光分光用スリットは、幅 0.10、0.15、0.225、0.60 秒角の 4 種、長さは各 4.4 秒角である。

Wollaston プリズムと焦点面マスクのインストールは 2013 年 6–7 月に行い、2013 年 10 月から 2014 年 3 月にかけて、望遠鏡フラット光源を用いた偏光検出効率測定と天体を用いた装置偏光測定を行った。装置偏光については、望遠鏡の第 3 鏡による偏光と考えると矛盾のない偏光度 (0.4–0.7%) と偏光角のポインティング依存性が確認できたが、偏光検出効率については、50–70% と想定 (90% 以上) より低い結果となった。

本講演では、IRCS 偏光モードの仕様と試験測定結果および現在の性能について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V228b 次世代中間赤外線観測装置用イメージスライサーの開発

左近 樹, 尾中 敬 (東京大学), 本田 充彦 (神奈川大学), 片坐 宏一 (ISAS/JAXA), 岡本 美子 (茨城大学), 所 仁志 (ナノオプトニクスエナジー), 藤代 尚文 (京都産業大学, 京都虹工房), 池田 優二 (Photocoding), 中川 寛之, 桐野 宙治 (クリスタル光学), 三ツ井 健司, 岡田 則夫 (国立天文台先端技術センター)

次世代の中間赤外線観測装置において、面分光観測機能 (Integral Field Unit; IFU) に対する需要は極めて高い。赤外衛星観測が特に暗く拡がった星間ダスト放射に対して高感度分光観測を実現する一方で、例えば TMT/MICHI は、初めて 0.1 秒角スケールでのダスト構造を空間的に分解する能力を有する。これによって、8m クラスの望遠鏡では解像出来なかったダスト構造を空間的に分解し、例えば、様々な主系列質量及び進化段階の系内近傍天体を、星周ダストの化学的 / 鉱物学的進化を理解する為の重要な実験場として利用する事が可能になる。こうした天体は、長スリット分光と比べて、数秒角の視野を持つ IFU 分光によって遥かに効果的な調査が可能となる。

これまでに、調整上の安定性と簡便性を優先事項に設定し、小型フォーマット ($n = 5$) 一体型イメージスライサーユニットの試作を行い、疑似スリット像評価の為に必要な光学系を構成する光学素子の制作と組み上げを完了し、2014 年春季年会において報告した (W2 09b)。さらに、コリメーターを配備した黒体炉と試作ユニットを用いて、中間赤外線における疑似スリット像の非冷却評価試験系のセットアップを完了し、8-14 μm の異なる波長の点光源及び拡散光源に対する観測を模擬した疑似スリット像の測定を行った。本講演では、これらの測定結果を紹介すると共に、中間赤外線観測装置用イメージスライサー開発の進捗を報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V229a **Search of gravitational waves with the KAGRA detector**

Raffaele Flaminio for the KAGRA collaboration (National Astronomical Observatory of Japan)

According to general relativity, gravitational waves are emitted by several astrophysical events. In particular highly energetic astrophysical phenomena such as the coalescence of neutron stars and black holes, the rotation and instabilities of neutron stars and the explosion of supernovae are expected to be sources of gravitational waves detectable on Earth. So far the best proof of gravitational waves emission was provided by the observation of the orbital period decrease of PSR1913+16, which is in perfect agreement with general relativity.

Nowadays the direct detection of gravitational waves is pursued using km long laser interferometers. The LIGO project in the US and the Virgo project in Europe have started running these kind of detectors and are now undergoing an upgrade to improve their sensitivity by a factor of ten. With such an improvement the coalescence of binary neutron stars taking place as far as 200 Mpc from Earth will be detectable.

In Japan the KAGRA project is currently being built. KAGRA is a laser interferometer with arms 3 km long that will be located underground in the Kamioka mine, nearby the SuperKamiokande neutrino detector. In addition to be the first km-scale underground detector, KAGRA will use cryogenic mirrors to reduce the thermal noise. Thanks to the use of these techniques, KAGRA will have a sensitivity as good as the ones of Advanced LIGO and Advanced Virgo, with the potential to improve it further in the future. Once in operation, KAGRA will join the LIGO-Virgo network to perform collaborative searches and to open the field of gravitational wave astronomy.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V230a 大型低温重力波望遠鏡 KAGRA の補助光学系の開発 IV

阿久津 智忠 (国立天文台), 片山 純子 (お茶大), 関口 貴令 (東大宇宙線研), Simon Zeidler, 麻生 洋一, Matteo Barsuglia (国立天文台), ほか KAGRA 補助光学系グループ

大型低温重力波望遠鏡 かぐら (KAGRA) は、基線長 3km のレーザー干渉計を岐阜県神岡の地下に建設するプロジェクトである。一般に、重力波は極めて微弱な信号であり、これを地上の検出器でとらえるためには、あらゆる雑音源を想定して対策をほどこさなければならない。たとえば、干渉計を構成する鏡の地面振動によるゆらぎも重力波検出器にとっては雑音源であり、これには干渉計を地面振動の静かな場所 (神岡地下) に設置し、かつ多段の防振系を用いることで対策しようとしている。また、鏡の熱雑音によるゆらぎも問題となりうることから、これを避けるために、KAGRA ではメインの鏡を 20K まで冷却する予定である。この他、観測にかかるほどの大きな重力波イベントは稀であることから、これを逃さぬよう、重力波検出器は長期的に安定に運転する必要がある。たとえ干渉計の状態が悪化しても即座に復帰できるようにすることが求められる。

国立天文台および KAGRA 補助光学系グループでは、干渉計内の散乱光による雑音の対策や、長期安定稼働の実現に必要なさまざまなサブシステムを担当している。たとえば散乱光の対策に関しては、バッフルの配置やバッフル本体、バッフル表面の素材などさまざまな設計開発が必要になる。長期安定稼働のためには、さまざまな光軸やミラーの姿勢を安定かつ低雑音に監視し、この情報をメインの干渉計へ feedback する必要がある。この目的で、個々のミラーには光テコによるモニターを、3km 光軸に対しては透過光モニター用の大型望遠鏡を用意する予定である。本講演では、これらの設計開発の現状について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V231c 大型低温重力波望遠鏡 KAGRA の安全管理 II

大石奈緒子, 石塚秀喜, 石崎秀晴, 三代木伸二, 黒田和明, KAGRA Collaboration

大型低温重力波望遠鏡 KAGRA は、岐阜県神岡の地下に基線長 3km のレーザー干渉計型重力波検出器を設置する計画で、雑音を下げするために、干渉計に使う鏡を低温に冷却することと、地下に設置することの 2 つの大きな特徴がある。地下という特殊な環境下で、全長 6km 以上に及ぶ長大な観測施設を確実に建設し、安定した観測を行うためには、適切な安全管理が欠かせない。

KAGRA では、今年の 3 月にトンネルの掘削が完了し、電気設備の設置や内壁の洗浄、塗装などの工事を経て、今秋から光源となるレーザーの設置作業が始まる。インストール作業に伴って実際に研究者がトンネル内に入ることなどから、今春 KAGRA 安全管理室が立ち上げられた。安全管理室では、当面の業務として、前回紹介した法令に定められる各種の安全対策に加え、安全マニュアルの作成や予想される危険の解析を行っている。

本ポスターでは、KAGRA 安全管理室の業務について報告する。はじめに、法令に定められる対策のうち、レーザー、車両系機械の安全管理について述べる。KAGRA の光源に用いられるレーザーは高出力で、厚生労働省通達「レーザー光線による障害の防止対策要綱」で定められるクラス 4 のレーザー機器に関わる措置を講じる必要があり、管理区域の設定や、緊急停止装置の設置、保護具の使用、点検、教育などの対策が求められる。また、トンネル内で使用が予定されている車両系機械は、クレーン、フォークリフト、牽引車などであり、これらは排気による空気の汚染を避けるため、電機駆動のものが選定されている。

さらに、トンネル内での作業者に対する教育として、安全マニュアルの作成、およびトンネル内作業で予想される危険の解析も開始したので、初期結果について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V232a Cherenkov Telescope Array (CTA) 計画：全体報告（7）

窪秀利（京都大学），手嶋政廣，戸谷友則，林田将明，吉越貴紀（東京大学），井岡邦仁（KEK），田島宏康（名古屋大学），山本常夏（甲南大学），吉田龍生（茨城大学），他 CTA Consortium

超高エネルギーガンマ線による天体観測は、大口径・ステレオ化した大気チェレンコフ望遠鏡アレイ (HESS、MAGIC、VERITAS、CANGAROO) によって飛躍的に発展し、検出天体数は、銀河系内外合わせて140を越え、天文学の新たな一分野を形成した。さらに発展すべく、我々は、日欧米を中心に29か国の国際共同により、次世代超高エネルギーガンマ線天文台 CTA (Cherenkov Telescope Array) の建設へ向けて準備を進めている。CTA 計画では、大 (23 m)・中 (10-12 m)・小 (4 m) 口径の望遠鏡計約100台からなる、世界で一つの大規模チェレンコフ望遠鏡アレイを南・北半球に建設し、現状より一桁以上高い感度 (かに星雲強度の0.1%)、広いエネルギー領域 (20 GeV から 100 TeV 以上)、高い角度分解能 (1 TeV で2分角:従来の3倍) で全天を観測する。CTA によって、銀河系内外から1000を超える多種多様な天体が検出されると予想され、目指すサイエンスは、高エネルギー天体現象 (活動銀河核、スターバースト銀河、ガンマ線バースト、超新星残骸、パルサー・星雲、コンパクト連星、銀河中心、拡散ガンマ線など) のガンマ線放射機構および高エネルギー粒子加速機構、宇宙線起源の解明に加え、銀河間空間でのガンマ線吸収を用いた赤外可視背景放射測定による星形成史の研究、ダークマターの探索、ローレンツ不変性の高精度検証など、宇宙論、基礎物理までその研究の範囲は広がる。現在、系内外サーベイを含めた長時間観測計画の詳細検討および、最終仕様策定に向けた望遠鏡 (反射鏡、光検出器、読み出し回路など) の試作及び一部量産が始まっており、2016年に、最初の望遠鏡群をCTAサイトに建設する予定である。本講演では、国際共同研究として準備が進んでいるCTAの進捗状況を報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V233a

CTA 大口径望遠鏡用光電子増倍管の較正試験状況

永吉勤, 小山志勇, 寺田幸功, 松岡俊介 (埼玉理), 猪目祐介, 山本常夏 (甲南大理), 梅津陽平, 榎田淳子, 辻本晋平, 友野弥生, 西嶋恭司 (東海大理), 大岡秀行, 荻野桃子, 高橋光成, 手嶋政廣, 中嶋大輔, 花畑義隆, 林田将明 (東大宇宙線研) 折戸玲子 (徳島大総科), 片桐秀明 (茨城理), 窪秀利 (京大理), 郡司修一 (山形大理), 澤田真理, 馬場彩 (青山大理), 他 CTA-Japan Consortium

Cherenkov Telescope Array(CTA) 計画は、大中小口径のチェレンコフ望遠鏡群を 3-10 km² の領域に配置し、20 GeV から 100 TeV という広帯域の宇宙 TeV ガンマ線を、従来の望遠鏡よりも一桁高い感度で観測することを旨とする国際共同実験計画である。口径 23 m の大口径望遠鏡 (Large-Sized Telescope;LST) は日本グループが中心となって開発が進められている。LST は CTA による観測帯域の低エネルギー側を担い、20 GeV というエネルギー閾値を目標としている。そのため焦点面の光検出器は 1-1000 光電子レベルのチェレンコフ光を 10%以下の精度で検出することが要求されている。LST の焦点面カメラは 1855 本の光電子増倍管 (Photomultiplier Tube;PMT) で構成されるため、ゲインを始めとする PMT の性能について一本ごとの較正が必要となる。今回、我々はゲインの測定方法を改良した。これまでの測定方法では、PMT 内の初段ダイノードで後方散乱する光電子を考慮することができないため、測定結果に系統誤差が生じるという問題があった。改良された測定方法では、後方散乱する光電子を考慮した出力電荷分布を得ることができ、これまでの測定方法と比較して 5%程度の系統誤差の低減が可能になる事が分かった。現在は、較正試験方法を決定し、LST に使用される PMT 個々の性能をデータベース化するための較正試験を進めている。本講演では改良したゲイン測定方法を併せた諸特性の測定方法と較正試験状況について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V234a

CTA 大口径望遠鏡読み出し回路の開発及びシミュレーションによる性能評価

増田周, 窪秀利, 今野裕介, 齋藤隆之, 土屋優悟, 畑中謙一郎 (京都大), 井川大地, 櫛田淳子, 西嶋恭司, 平井亘 (東海大), 手嶋政廣 (東大宇宙線研, Max-Planck-Inst. fuer Phys.), 大石理子, 大岡秀行, 花畑義隆, 林田将明, 中嶋大輔, 吉越貴紀 (東大宇宙線研), 片桐秀明 (茨城大), 折戸玲子 (徳島大), 郡司修一, 中森健之 (山形大), 山本常夏 (甲南大), 榊直人 (KIT), 田中真伸 (KEK 素核研), 他 CTA-Japan Consortium, 池野正弘, 内田智久 (Open-It)

CTA(Cherenkov Telescope Array) 計画は北・南半球の両サイトに合計約 100 台の望遠鏡を建設し、20 GeV–100 TeV 以上のガンマ線を従来よりも 10 倍高い感度で全天観測する、29 カ国参加の国際共同プロジェクトである。CTA-Japan は大口径望遠鏡 (LST) の開発に大きく貢献しており、その中で我々のグループは LST 焦点面カメラに搭載する、光検出器からの信号波形を読み出す回路基板の開発・試験を行っている。チェレンコフ望遠鏡はガンマ線が大気に入射した際に形成される空気シャワーを大気チェレンコフ光で撮像する。しかし LST が感度を持つ数十 GeV のエネルギー帯では空気シャワーから到来するチェレンコフ光子数が少なく、星の光等の夜光雑音光子との判別が難しい。我々が開発した読み出し回路には低消費電力のアナログメモリ ASIC「DRS4」チップを搭載している。これにより光検出器からの信号波形を 2 GHz で高速サンプリングが可能になり、シャワーからの光子と夜光光子を分離できる。去年 12 月に LST 初号機搭載モデルの回路基板が完成した。この基板は対ノイズ性能、帯域改善のため前版から幾つかの修正が施されている。本講演ではこの回路基板の性能、特に修正箇所の性能試験、及び実際の測定結果をプログラムに組み込んだ望遠鏡シミュレーションの結果について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V235b CTA 大口径望遠鏡用カメラの性能評価と高速パルサー開発

猪目祐介, 山本常夏 (甲南大理), 大岡秀行, 荻野桃子, 高橋光成, 手嶋政廣, 中嶋大輔, 花畑義隆, 林田将明 (東大宇宙線研), 小山志勇, 寺田幸功, 松岡俊介, 永吉勤 (埼玉理), 梅津陽平, 櫛田淳子, 辻本晋平, 友野弥生, 西嶋恭司 (東海大理), 折戸玲子 (徳島大総科), 片桐秀明, (茨城理), 窪秀利 (京大理), 郡司修一 (山形大理), 澤田真理, 馬場彩 (青山大理), 他 CTA-Japan Consortium

高エネルギー宇宙物理学の更なる発展を目指して、現在 Cherenkov Telescope Array(CTA) 計画が国際共同実験として行われている。この計画には世界約 30 カ国、1200 人以上が参加しており、3 種類の大きさのチェレンコフ望遠鏡を複数設置して高エネルギーガンマ線源を観測する計画である。日本グループはその中でも大口径望遠鏡 (LST) の開発に関わっており、焦点面光検出器の開発を行っている。この焦点面光検出器には LST1 台につき 1855 本の光電子増倍管 (PMT) が検出素子として搭載される予定であり PMT を要求される増幅率に揃えて動作させる必要があるため、全ての PMT に対して性能評価を行い、較正を行う必要がある。大気チェレンコフ光は約 1 ns の超短光であるため、PMT の性能評価にはこれ以上の超短光が必要になる。しかしこのような超短光を出力可能な装置は大変高価である。そのため我々は、安価で高速な電子部品を用いてチェレンコフ望遠鏡の性能評価に特化した、ピコ秒の超短光を出力可能な高速パルサーを開発した。本講演では上記の高速パルサーの開発と、LST カメラの性能評価について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V236b 太陽可視観測用補償光学装置，光学ベンチの設計・製作 3

仲谷善一，一本潔，上野悟(京大・理・天文台)，三浦明則(北見工大)，北井礼三郎(佛教大学)，
花岡庸一郎(国立天文台)，柴田一成(京大・理・天文台)

現在，京都大学飛騨天文台のドームレス太陽望遠鏡(DST)で開発を進めている補償光学装置(AO)について，DSTは垂直分光器と水平分光器の二台の分光器を備えていることから，その二台の分光器でAOが使用できるように設計を行った。

既存の光路から光を取り出してチップチルトミラー(TTM)とデフォーダブルミラー(DM)を用いて，大気揺らぎを補正した像を再び元の光路へ戻す構造であるが，TTMでは20mmの瞳像を，DMでは77mmの瞳像を形成する必要があり，そのための結像光学系の焦点距離分の光路長が必要であり，その長さは10m以上となる。また，光量損失を極力小さくするために，レンズ光学系ではなく，反射光学系として4枚の軸外し放物面鏡を用いている。

しかし，設置スペースには限りがあることから，10枚の平面鏡を用いて光を折り曲げて3m×1mの光学ベンチに設置を行った。平面鏡には，出来る限り光量損失を少なくするために誘電体多層膜を用いている。

今回，使用する光学素子およびホルダー類の設計・製作が完了，DSTにおける垂直分光器および水平分光器においてそれぞれAO有り・無し各観測モードの切替装置についても完成し，AOを用いた観測準備が整ったので報告を行う。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V237b 太陽多層共役補償光学系の開発と上空波面センサの評価

大石歩、三浦則明、大石明、桑村進（北見工大）、馬場直志（北大工）、上野悟、仲谷善一、一本潔（京大理）

太陽は isoplanatic 領域を超えて大きく広がった天体であるため、補償光学系（AO）を単に用いても太陽面のごく一部でしか補償が有効に働かない。補償範囲を広げるには AO を多層共役化し、上空ゆらぎも補償する必要がある。我々は飛騨天文台ドームレス太陽望遠鏡用の多層共役 AO（MCAO）の開発を行ってきており、2013 年秋季年会でその概要を発表した。

上空に波面ゆらぎがある場合、観測点毎に異なる経路を通るため、開口内の平均的な波面の傾きが観測点毎に異なる。これが時間変化するために、太陽像では局所的な伸縮が起こる。このため、この伸縮の度合いを測れば上空ゆらぎの情報が得られることになる。予備観測によって、センサーで太陽像を取得する際に、瞳全体よりも瞳の一部を通過した光波を使用することでセンシングが容易になることが判明し、昨年 of 年会で報告した。2013 年 9 月の観測では、このアイデアに基づいた装置を天文台に設置し、観測を実施した。観測した太陽像の黒点間の距離変動を評価した結果、MCAO の効果が見られるデータもあった。

2014 年 6 月には、我々が開発した波面センサーと、トモグラフィーの原理に基づいたセンシングを行う波面センサーの両方を望遠鏡に設置し、トリガーを与えて同時にデータ取得を行った。両者の結果を比較し、その整合性を確認するのが目的である。当日はこの結果も合わせて報告する予定である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V238a 太陽補償光学系の開発と補償効果のシミュレーション

三浦則明、大石歩、大石明、桑村進（北見工大）、馬場直志（北大工）、花岡庸一郎（国立天文台）、北井礼三郎（佛教大）、上野悟、仲谷善一、一本潔（京大理）

我々は、飛騨天文台ドームレス太陽望遠鏡 2F に常設補償光学系（AO）の設置を進めている。2014年6月には、光学素子の配置と調整を完了し、観測装置への光の導入を行った。AO使用の効果は見られたが、理論的に予想した性能は出ておらず、現在計算機シミュレーションを行って、この原因を探っているところである。

上空と地表の2層大気モデルを仮定し、それぞれで位相スクリーンを発生させ、適当な風速、風向でそれらを動かす。望遠鏡の瞳形状でそれらを切り取り、それをAO系への入力に使う。Shack-Hartmann センサ上での波面傾斜の検出、ゼルニケ多項式への展開、可変形鏡における波面再構築の過程を実装し、各々の過程で導入される誤差を評価する。用いたパラメータは、上空風速 20m/s（西）、地表 10m/s（南）、フリードパラメータ $r_0=4.0, 5.7, 9.6\text{cm}$ の3種類、10x10MLA、97ch アクチュエータ、ゼルニケ多項式 45 項、装置の動作周波数 1000Hz、可変形鏡の応答遅延 0.45ms である。

この予稿の執筆時点では、 $r_0=5.7$ の1枚の波面についてしか結果が出ていない。装置の時間遅れ（波面移動）だけによる誤差 0.27 であるのに対して、波面測定・展開による誤差が 0.64 にもなっている。これは用いる多項式が多すぎたため特にエッジ付近に生じた誤差によるものである。ただし、可変形鏡による波面再構成を経ると、波面形状のなまりのため誤差は 0.51 に軽減する。今後、シミュレーションをさらに進め、原因の特定と対処法の検討を行う。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V239c 飛騨天文台 SMART の制御系の改修

永田伸一、仲谷善一、金田直樹、木村剛一、石井貴子、阿南徹、上野悟、一本潔 (京都大学)

2003年に京都大学飛騨天文台に設置された、太陽磁場活動望遠鏡 (Solar Magnetic Activity Research Telescope: SMART) は、口径 20cm の鏡筒が 2 系統、口径 25cm の鏡筒が 2 系統の 4 連式の太陽望遠鏡である。設置後も観測装置の改修・機能強化を継続しており、現時点では太陽全面の H- α (T1)、部分像の H- α と白色光の高速撮像 (T3)、および、光球ベクトル磁場の観測 (T4) を、飛騨天文台ドームレス太陽望遠鏡や、「ひので」衛星と協調しながら行っている。

SMART 制御系の特徴は、18 軸のサーボモータ、13 軸のレーバースピルモータと、多数の軸制御を、観測を簡便なものするよう一台のパソコンから行っている点にある。この多数のモータ制御には、マイコン (Altera Nios) を利用したパソコンとのインターフェース装置を利用してきた。しかし、設置後 11 年が経過し、インターフェース装置の経年劣化によりパソコンからの駆動・状態監視に支障が出るようになり、2014 年 3 月以降、4 鏡筒のうち全面観測の 1 鏡筒のみの観測に追い込まれる事態となった。このために、2014 年 5 月より制御系の緊急改修作業に着手をした。

緊急措置として、限られた予算および人的資源で乗り切るために、不具合を起こした高額なカスタム設計・制作のマイコンベースのインターフェース装置を使用を取りやめ、各種モータおよびセンサ信号はすべて、安価な汎用の IO ボードを利用して、パソコンから直接制御するシステムを台内で作成することとした。執筆の時点では、作業は順調に経過しており、一時的に失われた制御機能が回復しつつある。本講演では、緊急措置としての改修作業に加えて、検討中の今後 10 年を見越した PLC ベースの制御システムについても紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V240a 狭帯域チューナブルフィルター構造設計

木村 剛一, 一本 潔, 永田 伸一, 仲谷 善一, 萩野 正興 (京都大), 原 弘久, 篠田 一也, 末松 芳法 (国立天文台), 清水 敏文 (宇宙研)

太陽大気の速度場や偏光といった物理量を得るために分光観測が必要であり、太陽面で起こるダイナミックな現象の空間的広がりを捉えるためには短時間に取得されるイメージ観測が必要である。我々は両者を組み合わせた分光イメージ観測を実現するべく、高波長分解能で短時間に波長シフトできる「狭帯域チューナブルフィルター」の開発を行ってきた。

この狭帯域チューナブルフィルターは波長制御に液晶可変遅延素子を、方解石に京都大学飛騨天文台 SMART 既製の 32mm 径リオフィルターのものを用いた。従来の狭帯域フィルターからは (1) 油槽排除、(2) 広波長化 (500nm–1100nm)、(3) 高速化 (チューニング時間は約 0.1 秒) という点で大きく発展した。

本講演では、フィルターの構造設計を詳細に紹介する。保持する際に各素子にかかる圧力、フィルター内部の温度管理 (特に方解石は温度による膨張率が大きい)、斜入射など、素子の偏光状態が許容範囲に収まるように、構造設計には様々な配慮が必要である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V241b 赤外マグネトグラフに実装した高速回転波長板偏光変調装置

花岡庸一郎, 赤外マグネトグラフグループ (国立天文台)

赤外マグネトグラフは、国立天文台三鷹のフレア望遠鏡において太陽の磁場測定のための近赤外分光偏光観測を行っている装置である。He I 10830 及び Fe I 15648 吸収線付近での定常的な太陽全面観測を行っている。

この装置ではシーイングによる偽偏光の発生を抑えるために高速の偏光変調を採用している。従来強誘電性液晶を使用して42フレーム/秒の画像取得に対応する変調を実現していたが、液晶が不調となったのを機に新たに回転波長板による偏光変調装置を取り付けた。直径5cmの波長板を毎秒4.5回転することで、72フレーム/秒での画像取得に対応した偏光変調を実現している。

我々のように1.5倍程度も離れた2波長で観測する場合に、両波長同時に高い変調効率を実現するのは液晶では困難であるが、回転波長板であれば可能である。一方電圧印加だけで変調可能な液晶と異なり、回転波長板では物理的な回転に伴う偽偏光の発生など固有の問題がある。そこで我々は回転部分の配置を調整することで偏光した干渉縞の発生を抑えるとともに、ノイズによってモーター・カメラ・データ取り込みの同期がずれるのを防ぐために多重に誤動作検出を行い、スリットスキャン中にエラーを検出した時はスリットを動かさず再度データ取り込みを行うようにするなどして、高精度で信頼性の高いデータを高い変調効率のもとで得ることを実現した。

高速回転波長板での観測は2014年4月から開始していて順調に稼働しており、データはウェブページでも公開している。本装置の実現は、赤外マグネトグラフにとどまらず、さらに広帯域の太陽偏光測光装置に道を開き、より先進的な太陽磁場測定を可能にするものである。年会では装置及び実際のデータを紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

V242b 太陽フレア望遠鏡赤外ポラリメータ搭載 InGaAs 近赤外カメラ特性調査

森田 諭, 北川直優, 花岡庸一郎, 桜井 隆 (国立天文台)

国立天文台三鷹太陽フレア望遠鏡の口径 15cm 第 2 望遠鏡は、高速の偏光変調が可能なポラリメータと分光器、高速読み出しが可能な近赤外カメラ (Xenics 社製 Xeva InGaAs 640 CL TE1: 最大 90 fps, InGaAs 素子, 512×640 ピクセル) からなる分光偏光観測装置を搭載し、シーイング起因の偽偏光の発生を抑えながら、He I $1.0830 \mu\text{m}$ 及び Fe I $1.5648 \mu\text{m}$ 吸収線付近での太陽全面フルストークススペクトルのモニター観測を、2010 年度より定常的に行っている。高速の偏光変調に使用する素子としては、従来、高速変調可能な ($\sim\text{kHz}$) 2 枚の強誘電液晶を使用してきたが、2013 年 8 月に発生した落雷の影響で液晶が不調となったのを機に、新たに回転波長板によるシステムに切り替わっている (2014 年秋季年会「地上観測機器」花岡他ポスター)。

この落雷により搭載の近赤外カメラもまた不調となり、受光チップの交換を伴う修理を行った。また、上記 2 吸収線付近の同時観測を念頭に、同型の予備の近赤外カメラを購入した。Xeva InGaAs 640 CL では、画素毎の信号処理回路に Direct Injection 方式が使われ、コラム毎のアンプがあり、更に、4 系統のレジスター回路へと分割されて読み出される。結果、受光感度特性には、センサー面内であるパターンを持った、画素毎に完全に一様ではない非線形性があり、科学用途に使用するためには、これをカメラ毎に較正する必要がある。我々の分光偏光観測装置では、偏光測光精度として 10^{-4} を目標としており、現在、これを到達することを目標に作業を進めている。センサーの感度特性は冷却温度によっても変化するので、カメラ冷却温度の安定化の工夫を行った上で、室内実験により、センサーの画素毎の受光感度特性の振る舞いを、制御パラメータを振りながら精査した。本講演ではこれを報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

【W1. 飛翔体観測機器】

9月11日(木)午後(16:36-17:00) [J会場]

W101b	16:36	皮膜に網をかぶせた長時間飛翔用スーパープレッシャー気球の開発 斎藤芳隆 (宇宙航空研究開発機構)
W102b	16:36	すざく衛星搭載 CCD カメラ XIS 検出器のコンタミネーションによる影響の較正 和田師也 (東京大学/宇宙航空研究開発機構)
W103b	16:36	国際宇宙ステーション搭載全天 X 線監視装置 CCD カメラ (SSC) の状況 富田 洋 (宇宙航空研究開発機構)
W104b	16:48	X 線望遠鏡用 CFRP 基板のプリントスルーの抑制法の研究 吉岡賢哉 (愛媛大学)
W105b	16:48	次世代 X 線望遠鏡のための CFRP ミラーフォイルの開発 III 杉田聡司 (愛媛大学)
W106b	16:48	X 線干渉計で使う反射鏡と半透膜の特性評価 III 小川修三 (立教大学)

9月12日(金)午前(09:30-11:30) [J会場]

W107a	09:30	ASTRO-H 搭載軟 X 線望遠鏡の望遠鏡特性の評価 (2) 佐藤寿紀 (首都大学東京)
W108a	09:42	ASTRO-H 搭載軟 X 線望遠鏡 (SXT) の迷光測定 菊地直道 (首都大学東京)
W109a	09:54	ASTRO-H 搭載軟 X 線撮像検出器 SXI の開発の現状 平賀純子 (東京大学)
W110a	10:06	ASTRO-H 搭載 精密軟 X 線分光装置 SXS の開発の現状 XII 山崎典子 (宇宙航空研究開発機構)
W111b	10:18	大型放射光施設 SPring-8 を用いた Astro-H SXT 用 X 線反射鏡の測定 飯塚 亮 (宇宙航空研究開発機構)
W112b	10:18	ASTRO-H 衛星搭載 X 線 CCD (SXI) の Si-K edge 前後のレスポンスの測定 幸村孝由 (東京理科大学)
W113b	10:18	ASTRO-H 搭載軟 X 線 CCD カメラの応答関数の作成 片多修平 (大阪大学)
W114b	10:30	メッシュを利用した CCD 素子間ギャップ幅の測定 薙野 綾 (大阪大学)
W115b	10:30	小型かつ変調型の X 線発生装置 Modulated X-ray Source(MXS) の製作と性能評価 岩切 涉 (理化学研究所)
W116b	10:30	結晶反射鏡のモザイク化による積分反射率の向上 泉谷喬則 (中央大学)
W117a	10:42	ダークバリオオン探査ミッション DIOS 開発の進展状況 大橋隆哉 (首都大学東京)
W118a	10:54	DIOS 搭載 4 回反射型 X 線望遠鏡 FXT の大口径反射鏡開発 馬場崎康敬 (名古屋大学)
W119b	11:06	DIOS 衛星搭載 4 回反射型 X 線望遠鏡における鏡面物質の設計 中道 蓮 (名古屋大学)
W120b	11:06	DIOS 衛星搭載を目指した TES 型 X 線マイクロカロリメータの開発 山口静哉 (首都大学東京)
W121b	11:06	断熱消磁冷凍機を用いた X 線マイクロカロリメータ動作環境の構築 (5) 高倉奏喜 (金沢大学)
W122b	11:18	次世代衛星搭載 CCD 高速低雑音処理 ASIC の性能 井上翔太 (大阪大学)
W123b	11:18	FFAST 衛星搭載硬 X 線検出器の宇宙放射線環境シミュレータ開発 吉田浩晃 (大阪大学)
W124c		小型衛星搭載用・ガンマ線バーストの硬 X 線偏光度検出器の開発-シミュレーションによる性能評価 片桐 惇 (山形大学)

(次頁に続く)

【W1. 飛翔体観測機器】

9月12日(金)午後(13:30-15:30) [J会場]

W125a	13:30	TES 型 X 線マイクロカロリメータアレイ読み出しのためのバイアス電流共通型 SQUID の開発 千葉 旭 (宇宙航空研究開発機構)
W126a	13:42	TES カロリメータアレイの周波数分割読み出しの開発状況 山本 亮 (宇宙航空研究開発機構)
W127a	13:54	TES 型 X 線マイクロカロリメータアレイの実装技術の開発 林 佑 (宇宙航空研究開発機構)
W128a	14:06	次世代 X 線観測衛星搭載に向けた誘電体 X 線マイクロカロリメータの開発 菊地貴大 (宇宙航空研究開発機構)
W129a	14:18	炭素繊維強化プラスチックを用いた次世代 X 線望遠鏡開発の現状 岩瀬敏博 (名古屋大学)
W130a	14:30	将来スペース太陽観測に向けた超高精度 Wolter ミラーの開発 坂尾太郎 (宇宙航空研究開発機構)
W131a	14:42	鉄 K α 線付近のエネルギー帯における大有効面積 X 線望遠鏡の開発 立花 献 (名古屋大学)
W132a	14:54	SOI 技術を用いた新型 X 線撮像分光器の開発 10: 開発の現状 鶴 剛 (京都大学)
W133a	15:06	ガンマ線バーストを用いた初期宇宙探査計画 HiZ-GUNDAM の進捗 (3) 澤野達哉 (金沢大学)
W134a	15:18	小型科学衛星 HiZ-GUNDAM 搭載を目指した X 線撮像検出器の開発 吉田和輝 (金沢大学)

9月13日(土)午前(09:30-11:30) [J会場]

W135a	09:30	PoGOLite 気球実験:2013 年のパスファインダーフライト (2) 高橋弘充 (広島大学)
W136a	09:42	X 線ガンマ線偏光観測小型衛星 PolariS : 開発の現状 2014 林田 清 (大阪大学)
W137a	09:54	光電子追跡型 X 線偏光計の製作および基礎性能評価 武内陽子 (理化学研究所/東京理科大学)
W138a	10:06	MPPC とプラスチックシンチレータの組み合わせを用いた天体偏光 X 線検出器の検討 中岡竜也 (広島大学)
W139a	10:18	超小型衛星 TSUBAME のソフトウェア開発と統合試験 栗田 真 (東京工業大学)
W140a	10:30	小型衛星搭載用・ガンマ線バーストの硬 X 線偏光度検出器の開発 中森健之 (山形大学)
W141a	10:42	広視野低雑音 MeV ガンマ線コンプトンカメラを用いた SMILE-II システムの改良 水村好貴 (京都大学)
W142a	10:54	超小型衛星を用いた天文観測の提案とその初号機 ORBIS の開発状況 佐久間岳志 (首都大学東京)
W143a	11:06	地球磁気圏 X 線可視化計画の検討現状 江副祐一郎 (首都大学東京)
W144a	11:18	ISS 軌道上における MAXI のバックグラウンド 中平聡志 (宇宙航空研究開発機構)

【W2. 飛翔体観測機器】

9月11日(木)午前(12:00-13:00)[J会場]

W201b	12:00	「あかり」データアーカイブプロジェクトの現状(4) 山村一誠(宇宙航空研究開発機構)
W202b	12:00	「あかり」中間赤外線全天サーベイマップからの暗い天体の検出方法の確立 中道恵一郎(名古屋大学)
W203a	12:12	「あかり」近赤外グリズム分光観測の二次光を考慮したフラックス較正 馬場俊介(東京大学/宇宙航空研究開発機構)
W204a	12:24	次世代赤外線天文衛星 SPICA:現状報告 芝井 広(大阪大学)
W205a	12:36	SPICA 搭載 中間赤外線観測装置の仕様の再検討状況 金田英宏(名古屋大学)
W206a	12:48	宇宙赤外線背景放射の観測用ロケット実験 CIBER-2 白旗麻衣(国立天文台)

9月11日(木)午後(15:00-16:36)[J会場]

W207b	15:00	気球搭載型遠赤外線干渉計 FITE:結像光学系の要求性能評価と公差解析 伊藤哲司(大阪大学)
W208b	15:00	遠赤外線干渉計 FITE:放物面鏡調整機構の開発 寺農 篤(大阪大学)
W209b	15:00	Solar-C 搭載焦点調節機構の真空環境下連続動作性能評価試験 大場崇義(総合研究大学院大学/宇宙航空研究開発機構)
W210a	15:12	宇宙用太陽分光器の可視光マイクロイメージスライサーの開発 末松芳法(国立天文台)
W211a	15:24	Nano-JASMINE と小型 JASMINE の全体的状況 郷田直輝(国立天文台)
W212b	15:36	小型 JASMINE ミッション部の姿勢と熱の検討 矢野太平(国立天文台)
W213b	15:36	小型 JASMINE 光学系の変形解析と測定 鹿島伸悟(国立天文台)
W214b	15:36	超小型赤外線位置天文衛星 Nano-JASMINE の星像実験による星像解析 原 拓自(東京大学)
W215c		Nano-JASMINE:完全空乏型 CCD のピクセル応答関数の測定 小林行泰(国立天文台)
W216c		小型 JASMINE で拓くパルジサイエンス 辻本拓司(国立天文台)
W217a	15:48	Nano-JASMINE データ解析の準備状況 山田良透(京都大学)
W218a	16:00	科学衛星を用いた宇宙背景放射偏光精密測定計画 LiteBIRD の概要 石野宏和(岡山大学)
W219a	16:12	ミリ波/サブミリ波帯用広帯域コルゲートホーンの評価 関口繁之(東京大学)
W220b	16:24	LiteBIRD 衛星用光学系 -広視野・低サイドローブを目指した設計- 岡田 望(大阪府立大学)
W221c		気球 VLBI ミッションの検討 III 土居明広(宇宙航空研究開発機構)
W222b	16:24	気球 VLBI 電波望遠鏡搭載 22GHz 帯受信機の開発 岡田 望(大阪府立大学)
W223c		気球 VLBI 搭載周波数標準の安定度評価 河野裕介(国立天文台)

W101b 皮膜に網をかぶせた長時間飛翔用スーパープレッシャー気球の開発

齋藤芳隆, 後藤健 (ISAS/JAXA), 中篠恭一, 古田良介, 堂本航大 (東海大), 秋田大輔 (東大), 田村啓輔 (名大), 大谷章夫 (岐阜大), 松嶋清穂, 田中茂樹 (藤倉航装 (株)), 島津繁之 (ナカダ産業 (株))

現状の気球実験においては飛翔時間が長くても数日程度に限られているが、その制限を越え、数カ月程度、飛翔できるスーパープレッシャー気球 (SP 気球) の開発を進めている。最終目標は、重量 1 トンの観測装置を搭載し、高度 37 km を飛翔できる体積 $300,000 \text{ m}^3$ の SP 気球を実現することである。SP 気球の概念自体は気球発祥時まで遡るが、大型気球の実現には至っておらず、開発途上の気球である。また、これまでに開発が進められてきた SP 気球は、同体積のゼロプレッシャー気球 (ZP 気球) と比較すると 1.6 倍程度重く、飛翔高度 37 km を実現するには巨大な気球が必要となり、硬 X 線観測や宇宙線観測には不向きである。我々は、2010 年に高張力繊維でできた菱形の目の網を薄いフィルム製の気球皮膜にかぶせるという新しい方法を見出し、理論的には軽量で高耐圧の気球が実現できることを示した。以後、体積 10 m^3 の気球試作から順次、気球の大型化を進め、地上膨張試験により手法の実証、具現化方法の確立を進めている。2012 年には体積 $3,000 \text{ m}^3$ の SP 気球と体積 $15,000 \text{ m}^3$ の ZP 気球とのタンデム気球システムを飛翔させ、400 Pa の耐圧性能を実証した。2013 年には体積 10 m^3 の気球を飛翔させ、最大差圧 6,230 Pa に耐えることを実証し、フィルムの安全率 63 倍、網の安全率 1.6 倍が確保されていることを確認した。2014 年には、体積 $5,000 \text{ m}^3$ の SP 気球を飛翔させ、大型気球実現に向けた開発の有効性を確認する実験を実施する予定である。本講演ではこれまでの開発の経緯、現状、および、今後の開発計画について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W102b **すざく衛星搭載 CCD カメラ XIS 検出器のコンタミネーションによる影響の較正**

和田師也, 辻本匡弘 (ISAS/JAXA), 上司文善, 高橋宏明, 林田清 (大阪大学), Eric D. Miller, Beverly LaMarr (MIT), 他 XIS チーム

すざく衛星に搭載されている X 線 CCD カメラ XIS (X-ray Imaging Spectrometers) は 0.2–12.0 keV のエネルギー帯に感度を持ち、撮像と分光を同時に行える検出器である。この XIS 検出器の表面には、時間の経過とともに炭素を主成分とする有機化合物が付着しており、これが汚染物質 (コンタミネーション) として、特に 1 keV 以下の低エネルギー側の較正精度に大きな影響を及ぼしていることが知られている。

我々は、すざく衛星の打ち上げ以来定期的に観測を行っている較正用天体および昼地球の観測データを基に、コンタミネーションの影響の較正を行ってきた。2012 年の秋季年会では、CCD カメラの中心部におけるコンタミネーションの化学組成比と柱密度の改訂、および柱密度の空間分布モデルの改訂を行い、その結果を報告した。

今回、2012 年以降の観測データを基に、前回作成したモデルの外挿部分の評価を行ったところ、2013 年以降のデータの対してはコンタミネーションの補正が十分ではないことがわかった。そこで我々はデータ点を新たに追加し、再度モデリングを行った。その後、実際の観測データを用いてこのモデルの検証を行ったところ、低エネルギー側の検出効率の再現性に改善が見られた。本講演では、これらの内容について詳しく報告する。また、今回新たに作成したモデルはキャリブレーションデータベース (CALDB) として一般に公開する予定である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W103b 国際宇宙ステーション搭載全天 X 線監視装置 CCD カメラ (SSC) の状況

富田洋, 木村公, 中平聡志 (JAXA), 常深博, 内田大貴 (阪大), 諸岡義隆 (宮崎大), MAXI/SSC チーム

国際宇宙ステーション搭載全天 X 線監視装置の X 線カメラの一つである SSC(X 線 CCD カメラ) の状況を報告する。SSC は 2 台のカメラがあり 1 台はデータ処理 CPU の不具合により 2013 年 4 月から観測を停止していたが、2014 年 2 月に復旧して以降、現在 (2014/6 月時点) は 2 台での観測を継続している。CCD 性能はカメラボディから出る銅の特性 X 線でエネルギー分解能をモニタしており、放射線による影響で性能が劣化が確認出来ており、ダークカレント増加による低エネルギー側のノイズ (バックグランド) も増加している。一方ペルチェ素子とヒートパイプ/ラジエタシステムを用いた冷却性能は大きな劣化が見られていない。

SSC はこれまで原因不明の検出効率低下等で性能評価が不十分なため公開を見送ってきたが、2014 年 7 月よりオンデマンドによる公開を開始する。スクリーニング等でこれを取り除けたことなどによるものである。これに伴い SSC の簡易カタログも完成し、GSC で観測できない 2keV 以下に限った解析で 134 個の天体が抽出された。低質量連星系など GSC でも確認可能な天体も多いが、温度が比較的低い超新星残骸が 14 個、恒星も 17 個検出できている。これらの最新の解析状況も報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W104b X線望遠鏡用CFRP基板のプリントスルーの抑制法の研究

吉岡賢哉, 粟木久光, 黄木景二, 杉田聡司, 野村美月, 三田朋希 (愛媛大学)

X線望遠鏡には大口径・高角度分解能が要求されるが、これを厳しい重量制限内で実現したものは未だできていない。軽量大口径を優先した望遠鏡として、多重薄板型望遠鏡がある。特長として、より多数枚積層することで開口効率を向上させることが可能である。しかし、反射鏡一枚一枚が薄いため変形しやすいという欠点もある。したがって、薄くて軽い、変形しにくい反射鏡の製作が必要不可欠である。そこで我々は、炭素繊維強化プラスチック (CFRP) に注目した。

CFRPは、炭素繊維をエポキシなどの樹脂で固めて成形した複合材料であり、金属やガラスより比強度が高く成形にも自由度がある。また熱膨張率も低いいため高精度の成形に適している。一方で、プリントスルーと呼ばれる炭素繊維のパターンの表出や膨潤変形による形状劣化という課題も存在する。

我々は、CFRPの製作法として炭素繊維にエポキシ樹脂を含浸させた薄いシートを数枚積層し、母型に押しつけながら加熱することで形成するプリプレグ法を用いた。実際のミラー基板の形状である二段一体型円筒基板を製作し、形状精度の向上のため製作条件の調査を行った。現在、最も良い母線方向の形状は基板設計値との差のRMSで $2.4\mu\text{m}$ となり、使用している母型と同程度の形状の製作が可能となった。次に、プリントスルーの課題に挑むために、基礎研究として平板基板によるプリントスルーの抑制法の研究開発を行った。硬化条件の変更などによりプリントスルーはサブミクロンのスケールまで抑制することが可能となった。本講演ではCFRP基板開発の現状と成果について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W105b 次世代 X 線望遠鏡のための CFRP ミラーフォイルの開発 III

杉田聡司, 粟木久光, 吉岡賢哉, 野村美月, 三田朋希, 黄木景二 (愛媛大学), 松本 浩典, 宮澤拓也, 岩瀬敏博, 前島将人, 島 直究, 國枝 秀世, 石川隆司, (名古屋大学), 浜田高嘉, 石田直樹 (玉川エンジニアリング), 秋山浩庸, 岸本 和昭 (MHI), 宇都宮真, 神谷友祐 (JAXA)

次世代 X 線観測衛星が要求する大口径・高結像性能の X 線望遠鏡を実現するため、我々は炭素繊維強化プラスチック (CFRP) を基板に用いた X 線ミラーの開発を行っている。CFRP は成形に自由度があり比強度がアルミの 7 倍程度高くまた熱膨張係数も小さいため、高精度の成形に適した素材である。これまでの多重薄板型望遠鏡のミラーにはアルミ基板が用いられてきたが、これを二段一体 Walter-I 型 CFRP 基板に置き換えることによって大有効面積を保ちつつ結像性能の向上が期待できる。また CFRP は金属やガラスに比べて軽量のため望遠鏡の大型化という観点からも有望な素材である。CFRP の基板への応用に関して、先行研究では表面への炭素繊維の表出 (プリントスルー) による反射面形状の悪化が問題となっていたが、我々は基板成形やフォイルレプリカ時の硬化温度のコントロールによってプリントスルーを低減させることに成功した。

現在は ASTRO-H/HXT の設計をベースとして $\phi 130, 200, 300$ mm の CFRP 基板を製作している。基板の形状誤差は母線方向で $RMS \sim 4 \mu m$ の歩留まりを達成しており、さらなる性能追求のため積層構成や母材の最適化を進めている (今年会 吉岡講演)。また吸湿の影響を低減するための金属蒸着もテストしており、吸湿試験や経年変化のモニタを進めている。6 月には ISAS 30 m ビームラインにおいてレプリカミラーの性能評価を行った (今年会 岩瀬講演)。

本講演では CFRP を用いたミラーフォイルの開発状況と各種試験の結果を報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W106b X 線干渉計で使う反射鏡と半透膜の特性評価 III

小川修三, 北本俊二, 星野晶夫, 杉本樹梨, 鈴木大朗, 津村大樹, 相川紗愛, 新妻祐太郎 (立教大学)

現在、X 線望遠鏡の中で最もよい角度分解能をもつ Chandra 衛星は、0.5 秒角の角度分解能である。しかし、この分解能では、理論的限界（回折限界）に比べては遥かに悪い。そこで、我々の研究室では違った視点から高角度分解能を達成するために新型 X 線干渉計を開発している。この X 線干渉計は、半透膜を用いることで天体からのふたつのビームを同一線上に合成する。そのため縞間隔は干渉計を構成する反射鏡、半透膜、検出器のセッティングのずれだけで決まり、比較的小さな構成で実現できる。

新型 X 線干渉計の実現に向けて、反射鏡と半透膜を製作した。反射鏡は Si ウェハに Mo/Si 多層膜を 15 層、積層したものである。一方、半透膜は Mo/Si 多層膜 4 層を Si ウェハに積層し、その後、Si ウェハを取り除いた物である。2013 年春期年会では、2013 年 11 月に高エネルギー加速器研究機構 (KEK) のビームライン (BL-11A) で測定した反射鏡と半透膜の反射率と透過率の結果を発表した。結果は、酸素 K 付近で、反射鏡の反射率は入射角 10.4° で約 0.14、半透膜の反射率は入射角 10° で約 0.03、半透膜の透過率は入射角 10° で約 0.06 となった。この結果をもとに、天体からの干渉縞取得のために必要な有効面積と観測時間について考察した結果を報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W107a ASTRO-H 搭載軟 X 線望遠鏡の望遠鏡特性の評価 (2)

佐藤寿紀, 菊地直道, 倉島翔 (首都大学東京), 林多佳由, 飯塚亮, 前田良知, 石田學 (ISAS), 南沙里 (奈良女子大), 岡島崇, Peter J. Serlemittos, Yang Soong (GSFC), 他 the ASTRO-H SXT team

我々は2013年3月から、宇宙科学研究所 X 線ビームライン (ISAS BL) において、ASTRO-H 搭載の2台の軟 X 線望遠鏡 (SXT 1、2号機フライトモデル) の地上較正試験を行っている。SXT は10keV 以下の X 線の集光・結像を目的にした望遠鏡であり、1、2号機それぞれ、X 線 CCD (SXI) とカロリメータ (SXS) を焦点面検出器とする。光学系としては Wolter I 型斜入射光学系を採用しており、反射鏡を同心円状に多数 (203 枚) 積層することによって、高い集光力を実現している。また望遠鏡は、四分の一円筒 (クアドラント) 単位で製作され、それを組み上げることで一台の望遠鏡となる。このような製造過程において結像性能は、反射鏡自体の歪み (形状誤差) や反射鏡の設置位置のずれ (位置決め誤差) に影響を受ける。本研究では、望遠鏡の局所的な性能を明らかにすることで、これらの誤差がどのように結像性能に影響を与えているかを調べた。

ISAS BL における速報値としては、結像性能は1号機では ~ 1.3 分角、2号機では ~ 1.2 分角となっており、ASTRO-H の要求値である1.7分角を達成していることがわかった。しかし、照射する X 線のエネルギーが高くなるにつれ性能が悪くなるクアドラントが存在し、その性能は要求値を満たさないことも分かった。そこで我々は、望遠鏡一台に対して、約2600点にも及ぶ細かい領域に X 線を照射することで結像性能を決める要因の切り分けを行い、性能悪化の原因の追求を行った。結果として、各クアドラントにおいて形状誤差は ~ 0.9 分角程度で一定であったのに対し、位置決め誤差は0.6-0.9分角とばらつきがあることがわかった。また、性能悪化を示したクアドラントは位置決め誤差が悪いことも明らかになった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W108a ASTRO-H 搭載軟 X 線望遠鏡 (SXT) の迷光測定

菊地直道, 佐藤寿紀, 倉嶋翔 (首都大学東京), 石田學, 前田良知, 飯塚亮, 林多佳由 (ISAS/JAXA), 田原謙, 國枝秀世, 森英之 (名古屋大学), 南沙里 (奈良女子大学), 岡島崇, Peter J. Serlemittos, Yang Soong (NASA/GSFC), 他 the ASTRO-H SXT team

ASTRO-H に搭載する 2 台の軟 X 線望遠鏡 (SXT) は Wolter-I 型斜入射光学系を採用することによって、焦点面への結像を可能にしている。しかしその構造ゆえ、入射角度によっては X 線が 1 回反射のみや反射鏡の背面反射など、通常とは違うパスを通り焦点面検出器に届いてしまうことがある。これを迷光と呼ぶ。この迷光は観測天体の近くに明るい天体があると、検出器に漏れ込んでしまい正確に観測が行えなくなってしまう。

我々は SXT の迷光のパターンや量を把握するため、SXT-1、2 の地上較正試験において様々な角度から X 線を照射する測定を宇宙科学研究所の X 線ビームラインで、Al- $k\alpha$ (1.49 keV)、Ti- $k\alpha$ (4.51 keV) のエネルギーの特性 X 線を用いて行っている。この迷光測定の結果、迷光の主成分である 2 段目ミラーのみの反射が 0.01 cm^2 と on-axis の有効面積の 4 桁以上低いレベルまで抑えられていることを確認した。これはプリコリメータの性能がデザイン通り、発揮されていることを示す。また、プリコリメータで防ぎきれない反射鏡背面の反射などが届いてしまっていることが確認され、その有効面積は $\sim 0.05 \text{ cm}^2$ となった。しかし、1 番内側の反射鏡に起因する成分が迷光として現れることが分かり、さらには望遠鏡の傾く方向によってはプリコリメータの間をすり抜けてしまう成分があることが確認された。

本講演では 2 台の SXT の迷光測定の結果をまとめ、観測における問題点などを発表する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W109a **ASTRO-H 搭載軟 X 線撮像検出器 SXI の開発の現状**

平賀純子 (東京大学)、常深博、林田清、穴吹直久、中嶋大、薙野綾、上田周太郎 (大阪大学)、堂谷忠靖、尾崎正伸、富田洋、夏苺権、木村公 (ISAS/JAXA) 鶴剛、田中孝明、信川正順、内田裕之 (京都大学)、廿日出勇、山内誠、森浩二、西岡祐介 (宮崎大学)、幸村孝由 (東京理科大学)、村上弘志 (東北学院大学)、馬場彩 (青山学院大学)、John Doty (Noqsi Aerospace)、他 SXI チーム

我々は 2015 年度に打ち上げ予定の ASTRO-H 衛星に搭載される、軟 X 線撮像検出器 (Soft X-ray Imager : SXI) の開発を進めている。空乏層厚 200 μ m を有する裏面照射型 CCD 素子を採用し、0.4-12keV の撮像・分光を実現する。また、大面積素子を 2x2 のモザイク状に配置することで、有効撮像領域は 62mmx62mm となり、X 線望遠鏡と組み合わせて、38'x38' の広視野を実現する。

これまでに、CCD 素子とアナログエレキ、冷凍機からなるセンサー部 (SXI-S)、イベント処理、衛星バスとの通信を担うコンポーネント (SXI-DE) の FM が完成し、CCD 駆動のタイミングコントロールや CCD 出力データ処理を行うコンポーネント (SXI-PE)、機械式冷凍機駆動 (SXI-CD) の EM 品と合わせて、サブシステムとしての End-to-End 試験を実施した。結果、読み出し雑音 5-8e⁻、Mn-K α のエネルギー分解能は半値幅で 155-170eV (シングルピクセルイベントのみ) と要求性能を十分満たしていることを確認した。更に、JAXA のつくば宇宙センターにて、ASTRO-H 衛星全体の一次噛み合わせ試験に参加し、衛星に搭載された状態で、他の搭載機器による性能の悪影響もなく、サブシステム試験と同等の性能がだせることを確認した。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W110a

ASTRO-H 搭載 精密軟 X 線分光装置 SXS の開発の現状 XII

山崎典子, 満田和久, 竹井洋, 辻本匡弘, 小川美奈, 杉田寛之, 佐藤洋一, 篠崎慶亮, 岡本篤 (JAXA), 藤本龍一 (金沢大), 大橋隆哉, 石崎欣尚, 江副祐一郎, 山田真也, 小波さおり (首都大), 田代信, 寺田幸功, 瀬田裕美 (埼玉大), 北本俊二, 星野晶夫 (立教大), 玉川徹, 石川久美, 野田博文 (理研), 佐藤浩介 (東京理科大), 太田直美 (奈良女大), 澤田真理 (青山学院大), 三石郁之 (名古屋大), 村上正秀 (筑波大), 村上弘志 (東北学院大), 伊豫本直子 (九州大), R.L. Kelley, C.A. Kilbourne, F.S. Porter, K.R. Boyce, M. E. Eckart, M. P. Chiao, M. A. Leutenegger, (NASA/GSFC), G.V. Brown (LLNL), D. McCammon (Wisconsin 大), A. Szymkowiak (Yale 大), J.-W. den Herder, D. Haas, C. de Vries, E. Costantini, H. Akamatsu (SRON), S.Paltani (Geneva 大), 他
ASTRO-H SXS チーム

SXS (Soft X-ray Spectrometer) は、ASTRO-H 衛星搭載の X 線マイクロカロリメータアレイであり、軟 X 線望遠鏡の焦点において 3' 四方の視野を $\Delta E < 7$ eV の精密撮像分光を行う。検出部は 50 mK の極低温下におかれ、検出器と断熱消磁冷凍機を含む calorimeter spectrometer insert (CSI)、開口部、前置信号処理回路は米国が、室温から 4 K までの冷却系 (デュワ, 機械式冷凍機と駆動回路) とデジタル信号処理回路は日本が、フィルタホイールと較正用 X 線源は欧州が担当する。各機器のエンジニアリングモデルを用いた試験および検証はほぼ終了し、衛星一次噛み合わせ試験において I/F 確認および機能性能検証を行った。フライトモデルの製造では、検出器部については、最終工程として CSI の冷却系への収納作業を行っており、秋以降性能検証試験が予定されている。また各機器も最終製造、試験の段階に入っている。本講演ではそれらを含めた開発の現状を報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W111b 大型放射光施設 SPring-8 を用いた Astro-H SXT 用 X 線反射鏡の測定

飯塚亮, 前田良知, 林多佳由, 石田学 (ISAS/JAXA), 佐藤寿紀, 菊地直道, 倉嶋翔 (首都大学東京), 岡島崇 (NASA/GSFC), 森英之, 佐治重孝, 立花献, 松本浩典, 三石郁之, 古澤彰宏, 田村啓輔 (名古屋大学), 宇留賀朋哉, 新田清文 (JASRI/SPring-8), ほか measurements collaborations

2015 年に打ち上げが予定されている次期 X 線天文衛星「Astro-H」には、2 台の軟 X 線望遠鏡 (SXT) が搭載され、15 keV までの範囲を担う。うち 1 つの焦点検出器として、5 eV のエネルギー分解能を持つカロリメーター (SXS) が搭載されるため、反射鏡の正確な反射率の構造を知ることが必要である。SXT には、母型に 200 μm 成膜した金の薄膜をアルミ基盤にはがし取ったレプリカ反射鏡が使用される。そのため、金の 2.2 - 3.4 keV と 11.9 - 14.4 keV 付近にある M, L 吸収端の複雑な構造を理解することが必須になるが、正確な測定は報告された例がほとんどない。また、薄膜状態での光学定数は、バルク状態の物質とは一般的に異なっており、レプリカ法を用いて製作した反射鏡での詳細な反射率の測定が急務である。

このような測定を行うためには、強度の強い連続光と、精度の高い分光器が必要となる。我々は、Astro-H 用に開発された金のレプリカ反射鏡を大型放射光施設 SPring-8 BL01B1 に持ち込んで、L 吸収端付近の反射率測定を行った。BL01B1 では、Si(311) 面を用いた 2 結晶分光器で単色された X 線を、サンプルに入射させてその反射強度を測定した。エネルギーは 11 - 15 keV まで、10 eV ピッチで取得し、特に吸収端付近では 0.5 eV ピッチという極めて詳細な反射率データを得た。今回の講演では、得られた反射率プロファイルを元に、今リファンレスにされてきた光学定数との違いについて議論し、最終的に光学定数の決定へと至る手法について考察する。なお、M 吸収端付近については、2014 年度後期にて KEK-PF で測定を行う予定である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W112b ASTRO-H 衛星搭載 X 線 CCD (SXI) の Si-K edge 前後のレスポンスの測定

幸村孝由, 安藤正人, 桑野晋太郎, 佐藤雄太, 玉澤晃希, 丹野憧磨, 吉野祐馬, 金子健太 (東京理科大学), 常深博, 林田清, 穴吹直久, 中嶋大, 薙野綾 (大阪大学), 堂谷忠靖, 尾崎正伸, 富田洋, 木村公, 岩井將親, 井澤正治, 近藤恵介 (ISAS/JAXA), 鶴剛, 田中孝明, 内田裕之, 信川正順 (京都大学), 村上弘志 (東北学院大学), 他 SXI チーム

我々は ASTRO-H 衛星に搭載する X 線 CCD カメラ (Soft X-ray Imager : SXI) の開発を行っている。 X 線 CCD は, 入射する X 線のエネルギーによって, スペクトルの形 (レスポンス) が異なり, Si-K edge (~1.8keV) よりも高いエネルギー帯域では, Si の escape peak が観られるなど, スペクトルの形は複雑なものである。これまで, 我々は高エネルギー加速器機構の放射光施設 (KEK-PF) のビームライン BL-11A において, 主に 2keV 以下の軟 X 線を照射し, SXI の応答の測定を行っている。これまでの結果から, Si-K edge よりも低エネルギー側の X 線に対するレスポンスが, メインピーク, サブピーク, 定数成分の計 3 成分で近似でき, メインピークと定数成分の比が X 線のエネルギーが高くなるにつれ減少することが分かっている。ただし, SUZAKU 衛星搭載の X 線 CCD (XIS) でも課題となっているように Si-K edge の前後のエネルギー帯域における応答については, 十分な測定が行われていなかった。

そこで, 我々は KEK-PF の BL-11B において, SXI と同等の性能を持つ小型素子を用いて, Si-K edge の前後のスペクトルの形を重点的に調べた。この結果から, Si-K edge 付近でメインピークと定数成分の比が, 3 倍程度大きくなることが分かった。本報告では, この Si-K edge 付近の応答の測定結果を中心に報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W113b **ASTRO-H 搭載軟 X 線 CCD カメラの応答関数の作成**

片多修平, 林田清, 中嶋大, 薙野綾, 穴吹直久, 常深博, 上田周太郎, 井上翔太 (大阪大学), 信川正順, 内田裕之, 田中孝明, 鶴剛, 信川久実子 (京都大学), 森浩二, 武吉司 (宮崎大学), 幸村孝由 (東京理科大学), ほか ASTRO-H/SXI チーム

我々は、2015 年度に打ち上げ予定の次期 X 線天文衛星 ASTRO-H 搭載軟 X 線 CCD カメラ (Soft X-ray Imager:SXI) の開発を行っている。SXI は、4 つの CCD をモザイク状に配置することにより、 $38' \times 38'$ の広視野で 0.4-12keV のエネルギー帯域の撮像と分光を行う。使用する CCD は、空乏層厚 200 μm を持つ P チャンネル裏面照射型の大型素子、Pch-NeXT4 である。

本研究では、阪大のクリーンルームにおける FM 素子を用いた実験結果から CCD の応答を調べた。Mn (5.9keV), Si (1.7keV), O (0.5keV) の蛍光 X 線を CCD に照射して、ピーク位置、エネルギー分解能、ピークの低波高側に伸びるテール成分の強度といった CCD の応答を決めるのに必要な項目について解析を行い、これらのデータを再現できる応答関数を決定した。今後、Ge(9.9keV) の蛍光 X 線の照射実験を行い、高エネルギー側も再現できるようなより精密な応答関数を作成する予定である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W114b メッシュを利用した CCD 素子間ギャップ幅の測定

薙野綾, 常深博, 穴吹直久, 中嶋大, 林田清 (大阪大学), 鶴剛, 田中孝明, 内田裕之, 信川正順 (京都大学), 富田洋, 木村公 (JAXA), 平賀純子 (東京大学), 森浩二 (宮崎大学), 村上弘志 (東北学院), 他 SXI チーム

近年開発されている X 線 CCD 検出器の多くは、複数の CCD 素子をモザイク状に設置することにより広い有感面積を実現している。一方で、X 線 CCD 検出器に求められるイメージセンサとしての役割を正しく全うさせるには、各素子間にどの程度の間隙が存在しているかを正確に測定し、把握しておく必要がある。

我々は、2015 年度に打ち上げ予定の次期 X 線天文衛星 ASTRO-H に搭載する軟 X 線 CCD カメラ (SXI: Soft X-ray Imager) の CCD 直上に厚さ 0.1mm のステンレス製メッシュを設置することにより、CCD 素子間の隙間を精密に測定し、さらに SXI がイメージセンサとして正しく動作していることの確認を行った。SXI は、4 つの CCD 素子を 2×2 のモザイク状に配置することにより、 $38' \times 38'$ の広視野で 0.4-12keV のエネルギー帯域の撮像と分光を実現している。

本検証を行った結果、SXI に使用されている各 4 素子は最大で $\sim 0.2^\circ$ 相対的に回転してコールドプレートに設置されており、各素子間に存在する隙間は $\sim 20.6-25.5$ ピクセル (1 ピクセルは天球上での $1.78''$ に相当) であることが判明した。さらに、ピクセルサイズの精度で、期待通りのイメージが正しく撮像されていることが確認できた。本ポスターでは、得られた調査結果の詳細について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W115b 小型かつ変調型の X 線発生装置 Modulated X-ray Source(MXS) の製作と性能評価

岩切渉、早藤麻美(理研)、武内陽子(理研/東京理科大学)、玉川徹、北口貴雄、榎戸輝揚(理研)、吉川瑛文、金子健太、窪田恵、西田和樹(理研/東京理科大学)、Keith Gendreau(NASA/GSFC)

小型かつ任意のタイミングでナノ秒オーダーの X 線パルスが発生させることができる変調型の X 線発生装置は、Time Projection Chamber の電子ドリフト速度の測定や、その他 X 線検出器の較正を飛躍的に容易にしてくれる。しかし、従来のフィラメントに電圧を印加し熱電子を利用する方式での X 線発生装置では短時間で X 線の on/off を行うことは難しい。NASA/GSFC の Keith Gendreau 博士が考案した Modulated X-ray Source(MXS) はフィラメントを用いずに、紫外線 LED を金属に照射し、飛び出す光電子を利用する。生成された光電子は Channel Electron Multiplier を使って増幅された後、高電圧によって加速させターゲットに衝突させることにより X 線を生産させる (Gendreau+2012)。この方式であれば、入力 LED 信号を制御することにより任意のタイミングで強度の強い短時間の X 線パルスを生成することが可能となる。また、ターゲットに用いる物質と管電圧を調整することにより出力される X 線のエネルギーを選択することもできる。そこで今回我々は、Time Projection Chamber X 線偏光計の電子ドリフト速度の較正 X 線源として、チタンをターゲットに用い、GEMS 衛星に搭載されるものとほぼ同じ設計で MXS の製作を行った。完成した MXS から得られた X 線の強度は、周期 10 kHz、幅 500 ns の LED パルス信号を入力した場合、 $\sim 7 \times 10^3$ cts/s/msr であった。本ポスターでは製作した MXS の詳細な性能評価について報告を行う。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W116b 結晶反射鏡のモザイク化による積分反射率の向上

泉谷喬則、高橋千尋、坪井陽子（中央大学）、飯塚亮（JAXA）

天体からやってくる X 線から得られる情報のうち時間変動、スペクトル、イメージは盛んに観測が行われているが偏光 X 線観測はその検出器の開発の難しさから遅れており、新規開拓分野である。

我々は新しい X 線偏光計開発のために高い偏光検出能力を期待できるブラッグ反射の原理に着目し、X 線天文学で重要とされる鉄輝線を捉えるための反射鏡の素材に Si100 を採用した。また、ブラッグ反射には反射できるエネルギーが狭いという欠点があったが、反射鏡を湾曲させることで反射できるエネルギーに幅をもたせることに成功した（2012 年秋季年会 B19b）。

我々はさらなる反射鏡の高性能化を目指すために、湾曲結晶をモザイク化することを考えた。モザイク化した結晶は積分反射率が上がることが知られているからである。まず我々は第一段階として平らな結晶においてモザイク化を施し、その処理による表面形状の変化と積分反射率との間に関係を見いだした。本発表では、この関係について定量的に報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W117a ダークバリオン探査ミッション DIOS 開発の進展状況

大橋隆哉、石崎欣尚、江副祐一郎、山田真也 (首都大)、田原 謙 (名古屋大)、満田和久、山崎典子、竹井 洋 (ISAS/JAXA)、DIOS ワーキンググループ

DIOS は、数 100 万度という中高温の銀河間物質として宇宙の大構造に沿って分布するダークバリオンを、赤方偏移した酸素輝線でマッピング観測することを目指す計画である。多くのバリオンの存在形態を確認することで、宇宙の熱史と構造形成の歴史を知ることができ、星や銀河の形成とは異なった角度から宇宙の進化を知る点でも、ダークバリオン観測の意義は大きい。DIOS の観測系は、広視野軽量 X 線望遠鏡、TES カロリメータ、無寒剤の冷凍機からなり、50 分角もの広視野と 5 eV を切るエネルギー分解能を実現する。ダークバリオン以外にも、地球近傍から銀河団までさまざまなスケールのガスのダイナミクスの観測が可能である。2020 年ごろの打ち上げを目指して、JAXA の小型計画への提案へ向け準備を進めている。

X 線望遠鏡は 4 回反射型の薄板望遠鏡を名大で開発しており、TES カロリメータアレイは、積層配線を用いた 400 素子のアレイの製作と周波数分割による多素子の読み出し技術の開発が首都大と宇宙研の協力で進展しており、これらについては別に発表が行われる。一方、JAXA の宇宙科学・探査ロードマップが昨年策定され、イブシロンロケットを軸とする小型計画の新しい枠組みが固まった。これを踏まえて、DIOS としても無理のない範囲で性能を強化する可能性の検討を始めている。第一は X 線望遠鏡の増強で、焦点距離を従来の 70 cm から 1.2 m まで伸ばし $S\Omega$ を損なわずに面積を増す可能性で、第二はガンマ線バーストの X 線残光を捉えるような高速姿勢制御である。これと平行して、米国やヨーロッパとの国際協力による観測装置製作、ASTRO-H の機械式冷凍機の DIOS への応用など、コスト面でも DIOS の実現性を確保できるよう検討を行っている。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W118a DIOS 搭載 4 回反射型 X 線望遠鏡 FXT の大口径反射鏡開発

馬場崎康敬、中道蓮、萬代絢子、田原譲、三石郁之、岩瀬敏博、前島将人、桜井郁也、鳥居龍晴、立花健二、大西崇文 (名古屋大学)、杉田聡司 (愛媛大学)、前田良知、飯塚亮、林多佳由 (ISAS/JAXA)、佐藤寿紀、菊池直道 (首都大学東京)

銀河間物質からの面輝度が低く広がった X 線放射を観測する次世代小型衛星 DIOS には、大有効面積、広視野を持つ X 線望遠鏡が必要である。DIOS 観測の要求を満たす望遠鏡として、600 mm の大口径、700 mm の短焦点距離を有する 4 回反射型 X 線望遠鏡 FXT(Four-stage X-ray Telescope) の開発が行われている。FXT は、Wolter-I 型光学系を 4 段に拡張した斜入射光学系であり、円錐近似した薄い反射鏡を多数同心円状に配置する薄板多重望遠鏡構造を持つ。4 回反射型望遠鏡は従来の望遠鏡よりも反射回数が多く、反射鏡の形状誤差や位置決め誤差が結像性能に顕著に影響する。FXT の開発において結像性能の要求値 (5 分角) 達成が最難課題となる。

これまでの研究で、製作した直径 500 mm 付近 1/8 周反射鏡 4 段 4 組を X 線で性能評価した所、反射鏡 1 組当たりの結像性能は ~ 15 分角であり、分解能の主な決定要因は反射鏡母線方向の形状誤差 (~11 分角相当) であることが分かった。そこで、基板の剛性をあげることで鏡面形状の改善を図り、反射鏡の厚みを 0.17 mm から 0.22 mm に変更した。2014 年 5 月に、宇宙科学研究所 30 m ビームライン (X 線源は Al-K α 1.49 keV) を用いて、新規作成した反射鏡 4 段 4 組の X 線性能測定を行った。その結果、結像性能は最も良い組で 8.4 分角であり、以前より改善していることが分かった。また、有効面積は予想値と ~ 5 % で一致していることが確認できた。本講演では測定結果の詳細を報告するとともに、現在提案されている DIOS/FXT の拡張案を含めた今後の反射鏡開発について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W119b DIOS 衛星搭載 4 回反射型 X 線望遠鏡における鏡面物質の設計

中道蓮、田原謙、田村啓輔、滝澤峻也、馬場崎康敬 (名古屋大学)

DIOS 衛星は、 $10^5 - 10^7 \text{K}$ 程度の WHIM (Warm-Hot Intergalactic Medium) の観測を目的としている。未だ観測されていないバリオンの大部分は、WHIM という形態をとってダークマターの分布にそって存在すると考えられている。面輝度が低く広がったこの天体を観測する望遠鏡には $100 \text{ cm}^2 \text{ deg}^2$ の大きい $S\Omega$ (有効面積 \times 視野) が求められる。現在、この要求を満たす短焦点距離かつ大口径の 4 回反射型 X 線望遠鏡を開発している。

従来の X 線望遠鏡には全反射領域での反射率が低い、臨界角の大きい Au や Pt が用いられてきた。DIOS 衛星は $0.3 - 1.5 \text{ keV}$ の軟 X 線のみを対象とするので、臨界角は小さいが反射率の高い軽元素を用いて有効面積の向上を望める。この候補として、WHIM が強く放射する酸素の輝線 (0.6 keV) 付近で高い反射率を持つ Ni に注目した。しかし、今回用いる磁気スパッタ法で強磁性体を成膜する事は難しい。そのため、Ni の強磁性を緩和させる目的で、バナジウムを 10% 混ぜて Au, Pt の表面に成膜した。また、NiV の表面に炭素を成膜することで、Ni の L 吸収端 (830 eV) による反射率の低下を抑えた。このサンプルの 8 keV の X 線に対する反射率の入射角依存性を測定することで、各層の界面、表面粗さと膜厚を評価した。Au のサンプルでの粗さは C: 9 \AA 、NiV: 9 \AA 、Au: 4 \AA 。Pt のサンプルでは、C: 12 \AA 、NiV: 4 \AA 、Pt: 4 \AA となった。NiV、C の膜厚はどちらもそれぞれ 44 \AA 、 75 \AA 程度だった。この結果を用いて $0.3 - 1.5 \text{ keV}$ での反射率を計算し、Au または Pt の単層膜と比較すると、斜入射角が 2.9° となる最も外側の反射鏡では、Ni の臨界エネルギー (0.8 keV) を超えると反射率が低下してしまう。しかし、斜入射角が 1.0° となる内側の反射鏡では全観測波長帯に渡って、最大で 10% の反射率の向上が期待される。本講演では、斜入射角の大きさで分類した鏡面金属の種類最適化と、予想される有効面積についても議論する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

W120b DIOS 衛星搭載を目指した TES 型 X 線マイクロカロリメータの開発

山口静哉、宮崎直人、桑原啓介、山田真也、江副祐一郎、石崎欣尚、大橋隆哉 (首都大)、満田和久 (宇宙研)、日高睦夫、佐藤哲朗 (産総研)

我々のグループでは小型衛星 DIOS (Diffuse Intergalactic Oxygen Surveyor) への搭載を目指して、超伝導遷移端温度計 (TES) 型 X 線マイクロカロリメータの開発を進めている。素子を極低温に冷却し、X 線を光電吸収した際の mK 程度の微小な温度変化を正確に決定して、優れたエネルギー分解能を実現する。我々のグループでは 4×4 アレイや 16×16 アレイ素子を製作して 5.9 keV の X 線に対してそれぞれ 2.8、4.4 eV (FWHM) の分解能を達成してきた (Akamatsu et al. 2009, Ezoe et al. 2009)。

DIOS では吸収体 $500 \mu\text{m}$ 角、TES $250 \mu\text{m}$ 角のピクセルからなる 20×20 アレイが必要となる。このような大規模アレイでは配線が密集することによるクロストークの影響が無視できない。そこで我々は Al 配線を絶縁膜 (SiO_2) を挟んで重ねた積層配線を用いた 20×20 アレイを製作し、性能を評価してきた。しかし TES を配線上に成膜するため、TES を厚くせざるをえず、転移温度が設計値 100 mK よりも 2 倍程度高くなる、また TES との段差を少なくするため配線を 100 nm 程度に薄くしなくてはならないことから、傷などによって歩留まりが悪いといった問題が生じた。さらに配線と TES 間の電氣的接触も悪く、抵抗値が転移前後とも高かった。

そこで我々は新たにイオンミリング法を導入し、配線の TES 接触部に傾斜を付けることで配線と TES の膜厚制限を緩和するとともに、電氣的接触を改善することを試みた。傾斜角度は 20 度程度であり、厚みは 200 nm である。TES の膜厚を Ti/Au 40/110 nm とした所、転移温度は 165 mK、常伝導抵抗 500~800 m Ω 、残留抵抗 1~2 m Ω と、これまでの問題を解決することができた。本講演では製作と測定結果の詳細について述べる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W121b 断熱消磁冷凍機を用いた X 線マイクロカロリメータ動作環境の構築 (5)

高倉 奏喜, 菱 右京, 神谷 賢太, 小竹 美里, 伊東 宏昌, 海道 司, 藤本 龍一 (金沢大)

X 線マイクロカロリメータは入射光子 1 つ 1 つを素子の温度上昇として検出する X 線検出器であり、0.1 K 以下の極低温での動作により $E/\Delta E \geq 1000$ の優れたエネルギー分解能を実現する。2015 年度打ち上げ予定の ASTRO-H 衛星では世界初の X 線マイクロカロリメータ精密 X 線分光観測が実現される。さらに DIOS 衛星計画では、超伝導遷移端を利用した TES 型 X 線マイクロカロリメータを用い、これまでの X 線天文衛星より優れた撮像分光性能を目指している。軌道上で 0.1 K 以下の極低温を実現するには断熱消磁冷凍機 (ADR) が最も現実的であることから、我々は ADR とセンサの開発を一体で進めている。

菱他 (2014 年春季年会 W111b) では、5.9 keV の X 線に対してエネルギー分解能が 6.6 ± 0.3 eV (FWHM) まで向上したことを報告した。しかしながら、この性能は使用した素子の性能で制限されていた。その後、2.8 eV の性能を持つ素子を用いて測定を行ったところ、エネルギー分解能 3.8 ± 0.4 eV を達成した。まだ若干の改善の余地はあるものの、希釈冷凍機に匹敵する優れた性能である。現在、温度制御の改善など、さらなる性能向上を目指して研究を進めている。本講演では、これらの成果について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W122b 次世代衛星搭載 CCD 高速低雑音処理 ASIC の性能

井上翔太, 中嶋大, 薙野綾, 穴吹直久, 林田清, 常深博 (大阪大学.), John P. Doty (Noqsi Aerospace Ltd.), 池田博一 (ISAS/JAXA)

衛星搭載 CCD カメラの信号処理用アナログデジタル混在 ASIC(MND03)の開発状況を報告する。CCD はこれまで主力の軟 X 線撮像検出器として X 線天文衛星に搭載されきた。しかしながら近年は、膨大な数のピクセルを高速 AD 変換する必要がでてきたため、個別パーツだけでは読み出し回路が肥大化してしまうという問題があった。そこで我々は読み出し回路を IC 化することで、従来のシステムと比べて 1/10 の省電力化、1/100 の省サイズ化、1/1000 の軽量化に成功し、さらに十分な低雑音性能 (入力等価雑音 $\sim 30 \mu\text{V}$) を実現したため、ASTRO-H 衛星 CCD カメラ (要求処理性能:ピクセルレート=68 kHz) への採用が決まっている。しかし問題として、高速 ($>500 \text{ kHz}$) で動作させると雑音が大きかった ($>100 \mu\text{V}$)。将来の観測では望遠鏡や CCD の性能が向上し、パイラップ制限がますます厳しくなるため、高速で処理できる読み出しシステムが要求される。そこで我々は高速域での雑音性能向上を目指し、ASTRO-H 用 ASIC で採用していた 2 次の $\Delta\Sigma$ 型 ADC を 4 次に高次化させた。セラミックパッケージした素子が完成し、単体性能試験を行った。3 mm 四方のベアチップに 4 系統の信号処理回路が実装されている。消費電力は 1 チップあたり 168 mW でこれは MND02 と同程度で衛星搭載には十分な値である。単体性能評価である程度の性能を見こめたので、CCD の読み出し系に ASIC を組み込んだ性能試験を行った。本ポスターでは性能評価について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W123b FFAST 衛星搭載硬 X 線検出器の宇宙放射線環境シミュレータ開発

吉田浩晃, 穴吹直久, 薙野綾, 中嶋大, 常深博 (大阪大学), 尾崎正伸, 近藤恵介, 小高裕和 (ISAS/JAXA), 田中孝明 (京都大学), 水野恒史 (広島大学)

FFAST(Formation Flight Astronomical Survey Telescope) 衛星計画では、スーパーミラーと硬 X 線検出器を搭載した二機の小型衛星の編隊飛行によって低高度地球周回軌道上で硬 X 線望遠鏡を実現する。硬 X 線検出器には、X 線 CCD と CsI(Tl) シンチレータを直接接着することで 100keV までの検出感度を高めた SDCCD(Scintillator-Deposited CCD) 素子を採用する。SDCCD 以外のカメラコンポーネントは ASTRO-H/SXI の開発資産をほぼそのまま利用する。一方、FFAST の科学目的である「深く埋もれた」活動銀河核の無バイアスサーベイの感度を精密に見積もるには、シンチレータの放射化を含めた検出器バックグラウンドの評価を行う必要がある。また、衛星の限られた重量リソースを有効活用するために、性能に遜色がない範囲で検出器ハウジングの軽量化も行う。そこで我々は、衛星軌道上での検出器バックグラウンドの評価と検出器ハウジングの最適化に向けた FFAST/SDCCD シミュレータの開発を進めている。本シミュレータでは、入射粒子に ASTRO-H の開発で改良された低高度地球周回軌道における宇宙線スペクトルを用いる。検出器と入射粒子の相互作用のシミュレーションは Geant4 ツールキットと ANL Next フレームワークを用いて ASTRO-H HXI/SGD など開発が進んでいるモンテカルロシミュレーションフレームワークを利用する。その後、相互作用で検出器内に生じた電荷のシミュレーションは電荷の熱拡散やシンチレーション光の伝播等の SDCCD 固有のプロセスや検出器を含めたエレクトロニクスの性能を加味して行う。電荷拡散シミュレーションのパラメータは実験データとの比較により最適化する。

本ポスターでは、FFAST/SDCCD シミュレータ開発の現状について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W124c 小型衛星搭載用・ガンマ線バーストの硬X線偏光度検出器の開発-シミュレーションによる性能評価

片桐惇、岸川達哉、老川由馬、高倉美華、上田達也、郡司修一、中森健之（山形大理）、當真賢二（東北大理）、米徳大輔（金沢大理）、三原建弘（理研）

宇宙最大の爆発現象であるガンマ線バーストのエネルギー輻射メカニズムを解明することを目的としている。これまでさまざまな検出器が数多くのガンマ線バーストに対してエネルギー、時間、イメージの観測を行ってきたが未だに解明されていない。輻射メカニズム解明の手段としてガンマ線バーストから放出される硬X線の偏光度を測定することが有力であることがわかった。そこで我々は小型衛星搭載用ガンマ線バースト偏光度検出器の開発を行っている。この検出器はコンプトン散乱を利用した偏光度検出器であり、30–500 keVの硬X線に対して偏光度を測定する予定である。検出器は散乱体であるプラスチックシンチレーターと吸収体であるGAGGで構成されている。実際にプラスチックシンチレーターやGAGGで得られた実験データを元に検出器のシミュレーションを行い、偏光度検出器の性能を明らかにした。本講演ではシミュレーションによって明らかになったガンマ線バースト偏光度検出器の性能を2010年に観測を行った偏光度検出器GAPの性能と比較して発表する予定である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W125a **TES 型 X 線マイクロカロリメータアレイ読み出しのためのバイアス電流共通型 SQUID の開発**

千葉 旭, 酒井 和広, 山本 亮, 鶴ヶ崎 祐貴, 竹井 洋, 山崎 典子, 満田 和久 (ISAS/JAXA), 永沢 秀一, 日高 睦夫 (産業技術総合研究所)

我々は DIOS 衛星に向けて超伝導遷移端温度計 (TES) を用いた X 線マイクロカロリメータの読み出し系の要素技術開発を行っている。TES の読み出しには超伝導量子干渉計 (SQUID) を負のフィードバックで用いるために、1 ピクセルの読み出しには室温配線が 8 本必要となる。読み出しに必要な配線本数の削減は、熱流入の抑制および結線作業負荷の軽減という観点から非常に重要である。我々はこれまで周波数分割方式 (FDM) により各 TES ピクセルを異なる交流周波数で駆動させて信号を多重化し、配線本数を削減する研究を行ってきた。現在、FDM の研究と平行し、TES の直流駆動での配線本数を削減する読み出す手法として TES と SQUID のバイアス電流をそれぞれ共通化する開発を行っている。今回、TES 8 ピクセル、SQUID 8 アレイを 1 ユニットとしてバイアス電流を共通化する SQUID チップを設計し、試作品が完成した。この SQUID チップを用いることにより、バイアス電流を共通化せずに読み出す手法と比較して配線本数を 40 % 以上削減できる。バイアス電流を共通化した SQUID チップでは、SQUID アレイを直列に配置したことで、SQUID の動抵抗の変化が及ぼすクロストークの発生や、SQUID 由来のノイズがバイアス電流を共通化していない場合と比較して $\sqrt{8}$ 倍増大することが予測され、この 2 つに関して現在実験を進めている。今後冷凍機環境が整い次第 X 線照射試験を行い、TES の信号読み出しを今回開発した SQUID チップで行う予定である。本講演ではこれらの詳細について発表を行う。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W126a TES カロリメータアレイの周波数分割読み出しの開発状況

山本 亮, 酒井 和広, 千葉 旭, 鶴ヶ崎 祐貴, 竹井 洋, 山崎 典子, 満田 和久 (ISAS/JAXA), 日高 睦夫, 永沢 秀一, 神代 暁 (AIST), 宮崎 利行 (金沢大学)

我々はダークバリオンのマッピングを行う X 線天文衛星 DIOS の実現に向けて、超伝導遷移端型 X 線マイクロカロリメータアレイ (TES アレイ) の読み出しの開発を行っている。DIOS では極低温で動作させる TES アレイを 400 素子読み出すため、衛星の限られた冷却能力でこれを実現するには、読み出しに使用する低発熱な超伝導量子干渉計 (SQUID) や、配線からの流入熱を減らす信号多重化が必須となる。我々は各 TES を異なる周波数 (~ MHz) で駆動する多重化法を目指しており、そのためには TES アレイの他に、低発熱型信号多重化 SQUID や周波数分割のための LC バンドパスフィルタなどの低温回路を独自に開発する必要がある。また、DIOS では断熱消磁冷凍機を使用するため磁場対策が重要となる。MHz 帯駆動では TES アレイ、SQUID 間の寄生インダクタンスを小さくする必要があり極低温ステージに SQUID の設置を考えているが、SQUID は磁束計であるので外来磁場がそのまま性能劣化につながってしまう。そこで、我々は外来磁場に耐性を持つグラジオメータ型低発熱 SQUID を製作した。外部磁場の印加実験により、地磁気程度であればグラジオメータ型 SQUID の動作に影響を及ぼさないことが分かった。また極低温ステージ上には TES、SQUID に加え LC フィルタも設置する必要がある。従来は市販の表面実装用キャパシタ (1×3 mm) を使用していたが 400 個のフィルタの設置を考えると、400 素子の TES アレイ (35 mm 角)、4 素子多重化用 SQUID (2.5 mm 角) に比べて非常に大きい。そこでアルミの陽極酸化膜を絶縁体に用いたキャパシタを製作し、LC フィルタも多重化用 SQUID の基板上に実装することに成功した。このフィルタは低温で、5.0 ~ 6.5 MHz での動作を確認した。本講演では以上の結果について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W127a TES 型 X 線マイクロカロリメータアレイの実装技術の開発

林佑, 永吉賢一郎, 村松はるか, 満田和久, 山崎典子, 竹井洋 (ISAS/JAXA)

我々のグループでは, DIOS 衛星搭載に向けた超伝導遷移端 (TES) 型 X 線マイクロカロリメータアレイとその実装技術の開発を進めている. TES 素子は極低温 (~ 100 mK) で動作し, DIOS 衛星では 256 素子以上の TES アレイの搭載が検討されているが, 全ての素子を衛星冷凍機の限られた環境で動作させるには, 単純計算で 2000 本以上に及ぶ冷凍機内配線を素子読み出しの多重化手法を確立することで削減し, 極低温ステージへの熱流入を抑えることが重要である. 一方で, 極低温ステージへの熱輻射や磁場への対策から, TES アレイ ($2 - 3.5$ cm 角) や TES 素子を読み出すために必要な超伝導量子干渉計 (SQUID: 5 mm 角程度) を実装するためのスペースが厳しく制限されることが予想される. 我々はこれまでに, 1 cm 角の細長い銅製プローブのトップ面に 10 素子 TES アレイを, 4 側面に SQUID を配置することができるような三次元超伝導配線フォトリソグラフィ技術を開発し, 省スペース実装を実現する要素技術を確立してきた (sakai et al. 2012). しかし, 各コンポーネントと超伝導配線の電氣的接続にはアルミボンディングワイヤを用いており, 10 素子で既に 200 本以上に達するボンディング工程を数 100 素子に拡張するのは難しい. この状況を打破すべく, 我々は新たに側面の SQUID や冷凍機配線用コネクタをフリップチップ方式で実装する手法を開発している. ボンディングワイヤーの本数を大幅に減らすことができ, 結線において歩留まりの向上も期待できる. 本講演では, フリップチップ方式で実装したプローブの冷却試験を行い, 実装技術の検証と SQUID の動作試験を行った結果を報告する.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W128a 次世代 X 線観測衛星搭載に向けた誘電体 X 線マイクロカロリメータの開発

菊地貴大, 関谷典央, 星野全俊, 酒井和広, 満田和久, 山崎典子, 川崎繁男, 竹井洋 (宇宙科学研究所), 小嶋崇文 (国立天文台), 佐藤浩介 (東京理科大学), 前畑京介 (九州大学)

X 線マイクロカロリメータは $E/\Delta E \sim 1000$ の分光性能を達成するために、X 線光子 1 つ 1 つをピクセルの温度上昇として読み出す。また、熱雑音の抑制とピクセル熱容量を減少させるために極低温 (< 1 K) で動作させる。素子そのもので位置検出はできないため、天体のマッピングなど撮像をするにはピクセル数を増やす必要がある。これまで X 線マイクロカロリメータのピクセルには電気抵抗体が用いられてきた。しかし、ピクセル数の増加に伴い配線が増え、配線からの熱流入が増加し極低温状態の維持に影響してしまう。そのため将来的に 1000 ピクセル程度での撮像が限界である。そこで、我々は次世代 X 線観測衛星への搭載を目指し誘電体をピクセルに用いたマイクロカロリメータを開発している。これは LC 共振回路の C としてピクセルを組み込み、その共振周波数 (誘電率) の変化から X 線エネルギーを決定する。伝送路に対してピクセルを並列に接続し、X 線信号のもつ帯域 (数 100 kHz) を考慮し、GHz 広帯域に共振周波数を並べることで原理的に 1000 素子程度の信号多重化が可能である。これまでに我々は SrTiO₃ の比誘電率を極低温で測定しその温度依存性を確認してきた。また、1 ピクセルではあるが SrTiO₃ を用いて $Q \sim 2500$ の GHz 帯共振器を開発し、その共振周波数の温度依存性を確認した。そして、誘電体ピクセルからの信号を増幅せずに ON/OFF 制御に対応した LED 光 (~ 0.1 GeV) の検出に成功した。現在は共振周波数 (~ 2 GHz) の帯域をカバーする増幅器 (HBT) の低温 (2 K) での増幅率の評価を終え、この増幅器を用いて α 線 (\sim MeV) の検出を目標としている。本発表では X 線 (\sim keV) 検出に向けた誘電体 X 線マイクロカロリメータの開発状況を発表する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W129a 炭素繊維強化プラスチックを用いた次世代 X 線望遠鏡開発の現状

岩瀬 敏博, 國枝 秀世, 松本 浩典, 田原 譲, 宮澤 拓也, 前島 将人, 島 直究, 日比野 辰哉 (名古屋大学), 石田 直樹, 山本 善博, 古田 浩幸 (玉川エンジニアリング), 粟木 久光, 杉田 聡司, 栗原 大千, 吉岡 賢哉 (愛媛大学), 前田 良知, 林 多佳由, 飯塚 亮 (ISAS/JAXA)

従来の日本の X 線望遠鏡は、多重薄板型と呼ばれる薄い反射鏡を同心円上に多数並べることで軽量かつ高い集光力を得ることが出来る一方、高分解能が得られないという欠点を併せ持つ望遠鏡を用いてきた。従来の金属薄板基板では二次曲面の形成が困難であり、Wolter I 型光学系を円錐近似していた。これが結像性能劣化要因の一つとなっていた。今後の日本の X 線天文学の発展のためには、高い集光力を保持したまま結像性能を向上させる必要性があり、将来的には完全な Wolter I 型光学系を使用した望遠鏡の開発が必須となる。そこで我々は任意の形状に成型が容易である炭素繊維強化プラスチック (以下、CFRP) を基板として使用する、完全な Wolter I 型光学系を使用した望遠鏡の開発を行っている。反射鏡制作手法は、ガラス母型に反射膜を成膜し、それをエポキシを用いて基板に転写させるレプリカ法を用いる。

2014 年春季年会において CFRP 一周反射鏡の製作及びその性能評価について報告した。その結果から、ガラス母型と CFRP 基板圧着時における母線方向のアラインメント精度の向上のために 1/4 周基板を用いた製作を行っている。今回、製作した反射鏡を用いて宇宙科学研究所 30 m ビームライン (エネルギー Al-K α 1.49 keV) において性能評価を行った。その結果、結像性能が 2.0 分角であることがわかった。これは昨年大型放射光施設 SPring-8 において行った、一周反射鏡を用いた結像性能評価測定 (エネルギー 20 keV) の結果 (約 5 分角) に比べ、大きく改善されている。本講演では X 線望遠鏡開発の現状と宇宙研における測定結果について述べる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W130a 将来スペース太陽観測に向けた超高精度 Wolter ミラーの開発

坂尾太郎 (JAXA 宇宙科学研究所), 松山智至, 木目歩美, 山内和人 (大阪大学大学院工学研究科), 末松芳法, 成影典之 (国立天文台)

太陽コロナ中の、1 秒角を切る「サブ秒角」の構造が、コロナ活動を理解する上での鍵を握ることが、「ひので」による観測から認識されてきた。将来のスペースからの太陽観測で、軟 X 線コロナをサブ秒角で撮像観測することをめざし、高精度の斜入射 X 線ミラー (Wolter I 型) を国内開発するための研究を進めている。昨年度、初回の試行として、Zerodur 材を用いて Wolter I 型ミラーを磁性流体研磨 (MRF) にて試作した。ミラーは (円環全周ではなく) 円環の一部からなる部分円環形状をしており、回転放物面・回転双曲面のセグメント長はそれぞれ 5 cm (横幅方向は 8 cm 程度)、斜入射角は 0.45° 、焦点距離 4 m である。10 keV 程度の X 線にまで反射率を確保するために、ミラー面には Pt を蒸着した。この試作において、研磨・蒸着時の課題を抽出するとともに、SPring-8 BL29XUL ビームラインの 8 keV の X 線を用いて集光性能の評価を行なった。

BL29XUL (ビームライン長約 1 km) のほぼ平行な入射 X 線ペンシルビームに対して、焦点位置で、ミラーの面内 (sagittal) 方向へは約 $5 \mu\text{m}$ 程度 (< 0.3 秒角) にまで集光できているのに対して、面外 (meridional) 方向へは 200–300 μm 程度に集光像が広がっていることが確認された。入射 X 線がコヒーレント光であることを利用し、研磨時の表面形状データから波動光学計算により得られた集光強度分布は、拡がり幅や分布内の構造など、測定された分布と整合し、研磨時に 1 mm 程度の空間スケールで見られた 10 nm P-V 程度の形状残差リップルが集光像の広がりを招いている主要因であることを特定した。

講演では、昨年度の試作および X 線計測の結果と、それを受けて現在進めている検討の概要を報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W131a 鉄 $K\alpha$ 線付近のエネルギー帯における大有効面積 X 線望遠鏡の開発

立花献, 吉川駿, 田村啓輔, 松本浩典, 田原譲, 山下広順, 森英之, 宮澤拓也, 三石郁之 (名古屋大学)

名古屋大学 Ux 研究室では、X 線望遠鏡の開発と製作を行ってきた。我々は次期国際 X 線天文衛星 ASTRO-H に搭載される硬 X 線望遠鏡に Bragg 反射を利用した多層膜スーパーミラーを用いて、80 keV 以下の X 線の集光・結像を可能にしてきた。

カロリメータなどを用いた将来の精密分光観測を見据えると、光子数の統計を上げる必要があり、X 線望遠鏡の大有効面積化が決定的に必要となる。本研究では、天体物理学で重要な鉄 $K\alpha$ 線を含む 6 keV 付近で、大有効面積の X 線望遠鏡を多層膜の技術を用いて実現するための方法を検討する。ASTRO-H 軟 X 線望遠鏡は焦点距離 6 m、口径 45 cm で、全反射を利用した単層膜反射鏡を用いているが、これを大口径化しても径の大きい反射鏡では入射角度が臨界角以上となり十分な反射率を得られず、大有効面積化ができない。そこで、Bragg 反射を利用した多層膜の技術を転用し、臨界角の 2 倍以上の角度でも十分な反射率を持たせることで大有効面積化を目指す。重元素としては Pt、Ir、Ni など、軽元素は C を候補とし、それぞれで最適となる多層膜の設計を行い、望遠鏡全体の有効面積と視野を見積もった。その結果、Pt/C や Ir/C 多層膜を利用することにより、6 m の焦点距離で口径 110 cm の望遠鏡により、有効面積は ASTRO-H 軟 X 線望遠鏡の 6 倍以上である 2500 cm^2 (@6.7 keV)、視野は $10'$ (@6.7 keV) 以上を見込めることが解った。また、Pt や Ir の M 吸収端による 2 keV 付近の反射率の低下を和らげるため、表面に NiV 合金を成膜し、その全反射を利用することを検討した。さらに、実際に Pt/C 多層膜に NiV 合金を表面に成膜した反射膜を製作し、その性能を評価した。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W132a SOI技術を用いた新型 X 線撮像分光器の開発 10: 開発の現状

鶴剛, 松村英晃, 武田彩希, 田中孝明 (京大理), 中島真也 (ISAS/JAXA), 新井康夫 (KEK), 森浩二, 竹中亮太, 西岡祐介 (宮崎大工), 幸村孝由 (東京理科大), 初井宇記, 尾崎恭介, 香村芳樹, 和賀井達也, 武井大 (理研), 亀島敬 (JASRI), 川人祥二, 香川景一郎, 安富啓太, 亀濱博紀, Sumeet Shrestha (静岡大電子工学研究所)

現在フライト中の X 線衛星 (すざく, チャンドラ, XMM) は全て基幹観測装置として X 線 CCD カメラを搭載している。ファノ限界の分光能力と小さなピクセルと大きな撮像サイズ持ち, 精密撮像分光観測に最有力であるためである。その一方で, X 線 CCD の時間分解能は非常に悪く (1 ~ 8sec), 高エネルギー実験で標準的に行われる反同時計測が不可能である。そのため, 軌道上の高エネルギー粒子由来の非 X 線バックグラウンドが高い。

そこで私達は Silicon-On-Insulator 技術を用いて, 独自のイベント駆動型 X 線 SOI ピクセル検出器 (X 線 SOIPIX) の開発を 2010 年より行っている。X 線を検出する素子自身に高度なアナログ・デジタル信号処理回路を搭載し, 高時間分解能 ($< 10\mu\text{sec}$) のイベント駆動読み出しと, 反同時計数処理による低い非 X 線バックグラウンド (20keV の X 線に対し CCD の 1/100 以下) を実現する。

これまでに撮像サイズ 4.5mm 角, ピクセルサイズ $30\mu\text{m}$ 角の素子を試作し, 時間分解能 $5\mu\text{sec}$ によるイベント駆動読み出し, $500\mu\text{m}$ 空乏層厚み, エネルギー分解能 ($E/\Delta E = 6\text{keV}/300\text{eV}$ FWHM), 読み出しノイズ 33e(rms) を実現した。現在, 次の課題を集中的に取り組んでいる。(1) SPring-8 でのビーム実験等を通じて発見した, ピクセル境界での電荷収集効率の低下の問題, (2) 素子内部回路とレイアウトの改良による読み出しノイズ性能のさらなる向上, (3) 実観測に使用可能なサイズを持つ素子の試作。本講演では, 開発の現状と見通しを報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W133a ガンマ線バーストを用いた初期宇宙探査計画 HiZ-GUNDAM の進捗 (3)

澤野達哉, 米徳大輔 (金沢大学), ほか HiZ-GUNDAM ワーキンググループ

赤方偏移が $z > 7$ の宇宙は、宇宙再電離や初代星による最初の重元素合成、星形成歴などの現代宇宙論の重要課題の宝庫である。遠方宇宙についての観測はこれまで分光観測により赤方偏移 $z = 8.26$ が、測光観測により $z = 9.4$ が報告されており、将来はさらに遠方の宇宙が観測されることが期待されている。我々は宇宙最大の爆発現象であるガンマ線バースト (GRB) を用いてこれらの重要課題に挑戦するべく小型科学衛星 HiZ-GUNDAM を計画している。強く赤方偏移を受けた GRB を数 keV の X 線帯域で検出し、自律制御で衛星姿勢を変更して追観測を実施する。GRB 直後の明るい近赤外線残光を利用して赤方偏移を同定し、地上の大型望遠鏡と協力しながら高分散スペクトルを取得することで初期宇宙の物理状態を解明したいと考えている。

本講演では、GRB を発見するための広視野 X 線撮像検出器の設計思想とこれまでの開発状況について紹介する。X 線センサーへの要求事項である、約 1 ステラジアン of 広視野と 1 keV 程度の低エネルギー X 線の読み出しを可能にするため、ストリップ型のシリコン検出器アレイに符号化マスクを用いたシステムを検討してきた。今回、各ストリップの静電容量が数 pF 程度となるシリコン検出器を試作し、その容量特性や漏れ電流などの基本性能の評価を行った。また、宇宙科学研究所と協力して制作した、シリコン検出器で 1 keV 相当の入力電荷に感度をもつ読み出し集積回路 (ASIC) の回路単体での利得や雑音について性能評価を行った。本講演では、HiZ-GUNDAM の科学目標から課される X 線撮像検出器への要求観測性能・検出感度とこれらをふまえた設計概念と開発状況について紹介したい。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W134a 小型科学衛星 HiZ-GUNDAM 搭載を目指した X 線撮像検出器の開発

吉田和輝, 米徳大輔, 澤野達哉, 高田俊介, 加川保昭, 河合謙太郎 (金沢大学), HiZ-GUNDAM WG

ガンマ線バースト (Gamma-Ray Burst : GRB) は 10^{52} erg ものエネルギーをガンマ線放射として解放する宇宙最大の爆発現象である。短時間ではあるが極めて明るく輝き、その多くは赤方偏移 $z > 1$ で発生していることから、初期宇宙を探るための光源として利用されてきている。これまでに分光観測されている GRB の多くは $z < 7$ の頃までのものであるが、宇宙再電離や重元素合成など宇宙が劇的に変化したのはそれ以前のことである。そこで我々は、 $z > 7$ の GRB を観測することでその当時の宇宙の物理状態を探ることを目的とした小型科学衛星 HiZ-GUNDAM を計画している。

金沢大学では、強く赤方偏移をして数 keV の X 線帯で輝く GRB を検出し、その到来方向を決定するための広視野 X 線撮像検出器を開発している。目標として 1~20 keV で輝く GRB を検出するため、検出器には 1 次元のストリップ型の電極を 64 本配置したシリコン半導体検出器 (SSD) とその読み出しに特化した信号増幅率の高い集積回路 (ASIC) を用いる。SSD は電極の長さや幅が異なる 6 種類のものを開発した。素子性能を調べるため、リーク電流、静電容量の測定、スペクトルを取得して基礎特性の評価を行った。ASIC は宇宙科学研究所で開発されてきた KW04F64 を雛型に増幅率を変更するなどして低エネルギー X 線の読み出しに特化した設計となっている。ダイナミックレンジは 1~23 keV で、 4σ でトリガーをかける場合、読み出し閾値は 1.3 keV を達成している。本講演では SSD および ASIC の性能評価に関する現状を報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W135a **PoGOLite 気球実験:2013年のパスファインダーフライト(2)**

高橋弘充、河野貴文、水野恒史、深沢泰司(広島大)、釜江常好(東京大)、田島宏康(名古屋大)、片岡淳(早稲田大)、高橋忠幸(ISAS/JAXA)、河合誠之(東工大)、M. Axelsson, M. Jackson, M. Kiss, W. Klamra, M. Kole, S. Larsson, E. Moretti, M. Pearce, F. Ryde, S. Rydstrom(KTH), G. Olofsson, H-G. Floren(Stockholm Univ.), G. Varner(Univ. of Hawaii)、PoGOLite チーム

偏光観測は、シンクロトロン放射を生じる磁場、光源の周囲で散乱を起こす物質のジオメトリなど、他の観測手法とは相補的な物理量を調べることができる重要な観測手法の1つである。しかし、X線やガンマ線の帯域ではその観測手段が難しく、これまでガンマ線バーストや「かに星雲」、「はくちょう座 X-1」など数例の天体について限られたエネルギー帯域でしか有意な偏光検出の報告は行われていない。こうした中、日瑞米の国際プロジェクトである PoGOLite 気球実験では、25-80 keV というこれまで未開拓な硬 X 線帯域において世界に先駆けて天体からの偏光検出を目指している(2013年秋季年会 W120a)。

PoGOLite 検出器自身は、2010年にはフライト準備が完了していたが、様々要因で打ち上げが延期されてきた。しかし、昨年2013年7月12日についに最初の科学的なフライトを実施することができた。スウェーデン・キルナ市にある Esrange 気球実験場から放球された後、カナダ、ベーリング海峡を越え、26日にロシア・ノリリスク近郊に着陸するまでの2週間にわたってフライトさせることに成功した。北極圏を周回するこれほど長期間のフライトは世界初の成果である。この間に、X線天体として「かに星雲」と「はくちょう座 X-1」、GRS 1915+105 の方向の観測を実施している。着陸したゴンドラも、2013年末にロシアから輸出されて無事にスウェーデンまで戻って来た状態である。本講演では、フライトの状況と PoGOLite プロジェクトの今後の見通しについて報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W136a X線ガンマ線偏光観測小型衛星 PolariS : 開発の現状 2014

林田清, 吉永圭吾, キムジュヨン, 井出舜一郎, 上司文善, 穴吹直久, 常深博 (大阪大), 郡司修一, 柴田晋平, 片桐惇, 中森健之 (山形大), 米徳大輔 (金沢大), 三原建広, 玉川徹, 早藤麻美, 杉本樹梨, 高木利紘 (理研), 水野恒史, 高橋弘充 (広島大), 谷津陽一 (東工大), 堂谷忠靖, 斎藤芳隆 (JAXA), 古澤彰浩 (名大), 窪秀利 (京大), 當真賢二 (東北大), 岸本祐二 (KEK), Keith Jahoda, Joe Hill (GSFC), 他 PolariS-WG

PolariS (Polarimetry Satellite) は、X線ガンマ線偏光観測に特化した小型衛星計画で、JAXA 小型衛星の候補としてデザイン検討をすすめている。PolariS は、天体からの硬 X 線放射の偏光度と偏光方向を測定することを目的とした硬 X 線偏光撮像望遠鏡と、ガンマ線バーストなどの突発的現象の偏光度を測定する広視野 X 線ガンマ線偏光計を搭載する。硬 X 線偏光撮像望遠鏡は、伸展式光学台に搭載した焦点距離 6m の多層膜ミラー 3 台と、その焦点面に設置したイメージング散乱偏光計で構成される。我々は、10mCrab 以上の数十個の天体に対して、10keV 以上の領域での世界初の偏光測定をめざしている。

イメージング散乱偏光計のプロトモデルに関する放射光施設での評価結果に関しては 2014 年春学会で報告した。本学会では、同実験の追加解析の結果と、反同時計数を利用したバックグラウンド削減の効果に関して報告する。

また、広視野 X 線ガンマ線偏光計に関して、IKAROS/GAP の成果をベースに感度を向上させるデザインの検討を実施しており、一方で、NASA/GSFC の GEMS チームと協力体制をすすめている。本講演では、これらの活動を含めた PolariS 開発の現状と今後の見通しを報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W137a 光電子追跡型 X 線偏光計の製作および基礎性能評価

武内陽子 (理研/東京理科大), 玉川徹, 北口貴雄, 早藤麻美, 榎戸輝揚, 岩切渉 (理研), 吉川瑛文, 金子健太, 窪田恵, 西田和樹 (理研/東京理科大)

X 線偏光観測は天文学に新たな分野を切り開くと期待されているが、その実現は技術的に難しく、軟 X 線帯域の観測例は 1976 年に OSO-8 衛星によるブラッグ散乱型偏光計で、かに星雲などの明るい天体に対して数例しかない。我々は宇宙での 10 keV 以下の X 線偏光観測を実現させるため、NASA と共同で飛翔体に搭載する偏光計の開発を行ってきた。

X 線は物質と光電効果を起こして、その電場ベクトル (偏光) 方向に依存して光電子を放出する。我々の偏光計は光電子の飛跡を撮像できるタイムプロジェクションチェンバーで、ブラッグ散乱型より検出効率が 2 桁高く、また偏光と同時にエネルギーも測定できる。光電子の飛跡は、その上にできた 2 次電子の位置を 121 μm ピッチのストリップ電極と電子の到着時間差から、2 次元イメージとして取得される。こうして得られたイメージから光電子の放出方向を求め、その角度分布から入射 X 線の偏光方向を特定する。

我々は、GEMS 衛星の再提案に向けて、封入ガスの基礎特性やキーデバイスであるガス電子増幅フォイルの動作テストを詳細かつ簡単に行うために、衛星搭載の基準は満たさない地上試験用の簡易型偏光計を製作した。ガス電子増幅フォイルは、増幅率の場所均一性、十分な増幅率、時間安定性、放電の起こりにくさを評価し、より動作が安定しているものを設置した。これまでに鉄 55 線源からの 5.9 keV と X 線発生装置の 4.5 keV の X 線を用いて、光電子の飛跡イメージを取得することができた。今年秋に大型放射光施設 SPring-8 で、10 keV 以下の偏光ビームを用いた性能試験を予定している。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W138a MPPCとプラスチックシンチレータの組み合わせを用いた天体偏光 X 線 検出器の検討

中岡竜也, 水野恒史, 深沢泰司 (広島大学)

天体からの X 線を偏光観測することによって、通常の撮像では分解できない、コンパクト天体の磁場や散乱体の構造を理解するための重要な情報を得ることができる。一般的な偏光 X 線検出器は、コンプトン散乱によって偏光を測定できるプラスチックシンチレータと、増幅率の高い PMT (photomultiplier tube) の組み合わせである。これは PMT の持つ高い増幅率と低いダークカレントという利点を生かし、通常目標とされる 30 keV の X 線が散乱体で落とすエネルギー 2-3 keV という微弱な信号を検出するためである。しかし PMT はサイズが大きいことに加え高電圧を必要とするため、扱いやすい光検出器とは言い難い。一方 MPPC (multi-pixel photon counter) は、小型で比較的低電圧で動作し、更に PMT よりも量子効率が高いという利点を持つ。そのため従来と同等の性能で、より自由度の高いデザインが可能であると期待される。しかし MPPC は光電面が小さく、ダークカレントが大きいため、これらのデメリットを軽減し、目指す感度を実現する必要がある。そこで本研究では、MPPC の開口率 (S10985-50C:61.5%, S10985-100C:78.5%) やシンチレータのサイズ ($4 \times 4 \times 15$ cm, $5 \times 10 \times 15$ cm) による違いを比較検討した。また、MPPC を動作させる温度 ($-10^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$) や、読み出し信号の整形速度 (50 ns \sim 1 μs) を変化させ、ダークカレントに対する影響を見た。この結果、 ^{55}Fe の 6.4 keV の信号を検出することができた。目標とする 2-3 keV の光子の検出のためには、MPPC を従来品よりもノイズが低減されている新製品 (S12573-50C, S12573-100C) に変更する、コンプトン散乱後の光子を同時計数する等が挙げられる。

本講演では、上記の MPPC+シンチレータのシステムにおいて行った実験の詳細について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W139a 超小型衛星 TSUBAME のソフトウェア開発と統合試験

栗田真、伊藤慶、有元誠、谷津陽一、河合誠之(東工大理)、太田佳、古賀将哉、鈴木聡太、依京佑、宮里和良、長洲孝、河尻翔太、松下将典、松永三郎(東工大工/ISAS)、木村真一(東京理科大)、久保信(クリアパルス)、ほか TSUBAME 開発チーム

東工大ではガンマ線バースト (GRB) の硬 X 線偏光観測を目標とした超小型衛星 TSUBAME を開発しており、2014 年中の打ち上げを予定している。本衛星は GRB の検知と位置決定を行う広視野バーストモニタ (WBM) と硬 X 線偏光計 (HXCP) の 2 種類の検出器を持ち、高速姿勢制御装置によって GRB 検出から 15 秒以内での偏光観測を目指す。現在はハードウェアはほぼ完成しており、動作プログラムの開発を行っている。

これまでのソフトウェア開発は単機能開発が主だったが、今回初めて衛星全体の観測シーケンスを模擬した試験を行い、シーケンスに沿ったシステムの構築を行った。地上局を模擬したシステムと衛星フライトモデルを用意し、実際の運用通りに衛星が連動して動作するかの試験をした。この結果衛星のモード移行時などに単機能試験では明らかにならなかったバグを数多く発見し、デバッグにより衛星システム全体の完成度を大きく向上させた。特に今回の試験においては理学センサ系システムのみならず、衛星バス系システムが割り込み処理で予期せぬリセットをする問題などについても理工学間で協力して解決を図った。

同時に行った地上局との通信試験ではコマンドのやりとりのみではなく、観測データの大容量ダウンリンクや機上でのプログラム書き換えについても試験した。また衛星と地上局の連動試験をするなかで新たに必要なコマンドを列挙、衛星内部および地上局側にコマンドの修正や追加を行った。

本講演では、GRB 観測を始めとした各種の統合シーケンス試験および運用模擬試験の詳細について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W140a 小型衛星搭載用・ガンマ線バーストの硬 X 線偏光度検出器の開発

中森健之、郡司修一、片桐惇、岸川達哉、老川由馬、高倉美華、上田達也（山形大理）、當真賢二（東北大理）、米徳大輔（金沢大理）、三原建弘（理研）

X 線・ガンマ線の偏光観測は放射機構や磁場の構造などを知るための強力なプローブであるにもかかわらず、技術的な困難さから未だ開拓が進んでいない高エネルギー天文学のフロンティアである。その中でも、宇宙最大の爆発現象であるガンマ線バーストの放射機構を解明するためには、硬 X 線領域の偏光度を計測することが決定的な手がかりとなる。ソーラーセイル実証機イカロスに搭載された GAP 検出器はガンマ線バーストの硬 X 線放射の偏光度測定に成功したが、その数は 3 例にとどまっております、統計的に十分な議論に至らなかった。そこで我々は小型衛星搭載を目指して、GAP より高感度なガンマ線バースト観測用の硬 X 線偏光計を開発している。この偏光計は GAP と同様にコンプトン散乱の異方性を利用した広視野偏光検出器であり、30–500 keV をカバーする。散乱体であるプラスチックシンチレータを光電子増倍管、吸収体である GAGG シンチレータをアバランシェフォトダイオードで読み出す。検出感度を制限する主たる要因は、吸収体シンチレータが宇宙線被ばくによって放射化することで生じるバックグラウンドである。我々は候補となる複数の吸収体シンチレータに対して 150 MeV 陽子線を照射し、バックグラウンドレートの時間変化を継続して測定した。放射化による軌道上でのバックグラウンドレートを見積もった結果、もっともレートが低いと予想される GAGG を吸収体として採用することに決めた。本講演では放射化実験の結果を含め、検出器の概要や予想される性能について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W141a 広視野低雑音 MeV ガンマ線コンプトンカメラを用いた SMILE-II システムの改良

水村好貴, 谷森達, 窪秀利, 高田淳史, Parker Joseph, 水本哲矢, 園田真也, 友野大, 岩城智, 中村輝石, 松岡佳大, 古村翔太郎, 中村祥吾, 小田真, 竹村泰斗, 宮本奨平 (京都大学), 身内賢太郎 (神戸大学), 澤野達哉 (金沢大学)

赤外線から GeV ガンマ線に至るまで、全天探査によって近年の天文学は大きな発展を遂げて来た。しかし、MeV ガンマ線帯は 1990 年代に COMPTEL が全天探査を行ったものの、発見された定常天体は約 30 個に留まっており、天文学での大きな未開拓領域となっている。これは、宇宙線と衛星本体との相互作用で生ずる大量のバックグラウンドと、測定物理量が足りない不完全なイベント再構成での撮像品質の不足による。我々は、COMPTEL の教訓を活かしたガンマ線望遠鏡として、電子飛跡検出型コンプトンカメラ (ETCC: Electron-Tracking Compton Camera) を提案し、人工衛星による全天探査を目指している。

ETCC は、Compton 散乱の反跳電子の三次元飛跡取得により事象再構成問題を解き、1 光子毎に到来方向とエネルギーを一意に決定可能で、 3 sr 以上の広視野を持つ全天探査に最適な検出器である。特に、再構成に必要なパラメータ数以上の測定物理量を持ち、大きい有効面積と高効率なバックグラウンド除去能力を両立可能であり、低雑音なガンマ線撮像偏光計としても高い性能を持つ。

我々は、ETCC の望遠鏡性能実証のため気球実験プロジェクト SMILE-II を推進中で、地上で可能な性能試験を済ませ気球実験での天体検出性能が十分であることを確認した。本講演では、各種地上試験結果に加え、システム準備状況について報告を行う。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W142a 超小型衛星を用いた天文観測の提案とその初号機 ORBIS の開発状況

西頭太郎, 佐原宏典, 江副祐一郎, 佐久間岳志, 堤大樹 (首都大), 磯部直樹 (ISAS/JAXA), 幸村孝由 (東京理科大), 宮村典秀 (明星大), ORBIS チーム

バイナリブラックホール探査衛星「ORBIS(ORbiting Binary black-hole Investigation Satellite)」は、既存の大型衛星や全天監視装置では実現できなかった小グループによる占有性と単一ミッションへの専従性を実現する超小型衛星の利点を活かし、1~10keVのX線領域で数年に渡って継続的にバイナリブラックホール候補天体を高感度で観測する超小型衛星である。ORBISは現在BBM開発段階にあり、2020年頃の打ち上げを目指して衛星各部の開発や機能試験を進めている。ミッション部ではX線に対する十分な感度を確保するためにCCDを-60

以下に冷却する必要がある。そこで、CCDの発熱を模擬したダミーと、実際に冷却に用いる予定のペルチェ素子を用いて冷却実験を真空層中にて行った。結果放熱面と冷却面での最大温度差-85℃を達成できることを確認した。衛星の各バス部はテーブルサットでの機能試験を進めており、また、衛星の熱構造モデルでのH-IIAロケットのQT相当の機械環境試験を行い、ミッション部への機械環境条件を取得した。講演ではバイナリブラックホール探査とORBISの開発状況について説明すると共に、ミッション部へのインタフェース条件を紹介し、特に挑戦的な理学観測を実現する新しい宇宙インフラとしてのORBISの汎用化を提案する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W143a 地球磁気圏 X 線可視化計画の検討現状

江副 祐一郎 (首都大)、三好 由純、(名古屋大)、笠原 慧、満田 和久、藤本 正樹、山崎 敦、長谷川 洋、木村 智樹 (ISAS/JAXA)、大橋 隆哉、石崎 欣尚 (首都大)、三石 郁之 (名古屋大)、石川 久美 (理研)、松本 洋介 (千葉大)、藤本 龍一 (金沢大)、野田 篤司、西城 邦俊 (TKSC/JAXA)

我々はこれまでにない高解像度、高時間分解能の地球磁気圏撮像を目指して、コンパクトな X 線撮像分光装置の開発と、将来計画に向けた検討を進めている。太陽風の酸素などの多価イオンは、ジオコロナと呼ばれる 10 地球半径以上に広がる地球の超高層大気の水素原子などと電荷交換反応を生じ、X 線輝線を放射する (Snowden et al. 1994, Fujimoto et al. 2007, Ezoe et al. 2009 など)。本放射は X 線天文研究者にとっては前景ノイズだが、地球プラズマ研究者にとっては地球磁気圏を探るためのシグナルとなる。

地球磁気圏は太陽風との相互作用によって、太陽側に衝撃波や磁気境界面などが形成される。こうした磁気圏境界層では太陽風密度が高く、またジオコロナの密度も高いため、電荷交換 X 線が強く放射されると予想されている。すなわち X 線は、太陽風と地球磁気圏の相互作用を知るために不可欠な境界層の形状や変動を、かつてない高解像度 (< 0.1 地球半径)、高時間分解能 (< 1 時間以下) で像として捉える新手段となりうる。これは従来の磁気圏観測衛星で行われてきた「その場」点観測と相補的であり、磁気圏観測に革新をもたらす。

そこで我々は独自の超軽量 X 線望遠鏡とピクセル型の半導体検出器を組み合わせた 10 kg, 10 W クラスの軽量装置 (視野 4 deg ϕ 、角度分解能 9 分角 以下、0.3–2 keV) の設計と基礎開発を進めている。具体的な計画としては小型科学衛星 3 号機に提案されている技術実証衛星の搭載機器への提案や、独立した小型科学衛星の可能性を検討している。本講演では装置開発とサイエンスの検討現状、将来計画の見通しについて紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W144a ISS軌道上におけるMAXIのバックグラウンド

中平聡志 (JAXA), 三原建弘, 杉崎睦, 松岡勝 (理研), 志達めぐみ (京大), 富田洋, 木村公 (JAXA), 常深博 (阪大), 他 MAXI チーム

全天 X 全監視装置 (MAXI) はこれまでに十数個の新 X 線源を発見し、多数の天体変動現象の報告している。MAXI がこれまで以上に暗い X 線源や継続時間の短い突発天体の検出を実現するためには、精密にバックグラウンド (BGD) を推定する手法の開発が必要である。MAXI および国際宇宙ステーション (ISS) 軌道上における BGD 研究は、1) 回転する太陽パネルなどの巨大な構造物や、宇宙船発着といった ISS 上のアクティビティによる影響を受け、2) 地球に対して上を向く姿勢制御により地食がなく常に視野が動き、検出器のあらゆる位置を空の領域に対して分割して広視野を実現する装置の特性と 3) 51.6 度の大きい軌道傾斜角 等の要因によって複雑であるが、2009 年以降 5 年間のデータの蓄積によって様々な事がわかってきた。

我々は ISS 上のアクティビティを総ざらいし BGD イベント計数率の離散的な変化との相関を調べた結果、ソユーズ搭載高度計に含まれるガンマ線源、スペースシャトルによる遮蔽、ISS の速度方向に対する前後の反転による影響が特に大きい事がわかった。その後、遮蔽や X 線天体の影響を除去/補正した上で、宇宙 X 線背景放射、ソユーズガンマ線高度計、その他 NXB を起源とする各成分について、検出器位置に依存するエネルギースペクトルとして抽出することに成功した。MAXI/GSC については最終的には、「カウンターとシールド部の反同時計数率」と X 線イベント計数率の相関 (志達他;2012a-W120c) を利用し BGD ジェネレータとして実装した。本講演では MAXI を通して調べた ISS 軌道上の放射線環境、BGD ジェネレータの再現性について述べる。MAXI/SSC については BGD 成分の抽出までおこなった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W201b 「あかり」データアーカイブプロジェクトの現状(4)

山村一誠 (ISAS/JAXA)、「あかり」チーム

赤外線天文衛星「あかり」の残した貴重なデータを天文学研究に有効に活用するため、われわれは衛星運用終了後もデータ処理・解析・アーカイブ活動を継続している。2013年4月より始まった「あかりデータ処理・解析チーム」の活動は5年計画で、最初の3年間はデータ作成期間、後の2年がメンテナンス期間と位置づけられている。データ作成活動では、「あかり」の全天サーベイからのカタログ改訂版の作成、全天イメージマップの作成に加え、指向観測のデータを可能な限りすべて処理し、天文学的解析がすぐに行えるデータとしてアーカイブすることを目指している。

本稿執筆現在、遠赤外線全天イメージマップに対する、チームメンバーによる評価・検証が進められており、その結果を確認後速やかに一般に公開する予定である。その他の各データプロダクトについても作成状況、評価状況、公開予定等、活動の現状を報告する。

「あかり」では、データ作成・評価・アーカイブ活動への参加を呼びかけることに加え、独自の視点で大規模な系統的解析を行ったユーザーが作成したデータを収集し、アーカイブすることも行っている。「あかり」データの有効な活用のために、データに興味を持つ研究者のプロジェクトへの参加・協力を広く呼びかけている。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W202b 「あかり」中間赤外線全天サーベイマップからの暗い天体の検出方法の確立

中道恵一郎, 石原大助, 金田英宏, 大藪進喜, 近藤徹, 天筒智也, 佐野栄俊 (名古屋大学), 尾中敬 (東京大学)

我々は「あかり」中間赤外線全天サーベイデータ (波長 $9\ \mu\text{m}$ 帯および $18\ \mu\text{m}$ 帯) から暗い天体を検出し、新しいカタログの作成を行っている。「あかり」は太陽同期軌道で1年4ヶ月にわたり全天をスキャン観測し、同じ領域を平均6回以上観測している。公開済みの「あかり」中間赤外線点源カタログ (PSC) では、1回のスキャン画像から天体を抜き出し、他のスキャン画像を用いて、検出した天体の信頼性を確認していた。本研究では、複数のスキャン画像を重ねあわせて深い画像を作成 (スタッキング) し、PSCに含まれる天体より暗い天体を検出する。しかし、この方法ではスタッキングの精度と検出天体の信頼性を確認する方法が問題となる。

本研究では、Cepheus B 周囲の $6(\text{deg}) \times 6(\text{deg})$ の領域を用いて、検出精度と信頼性を両立できる検出方法を確立した。まず、2MASS の PSC を位置のリファレンスとして用い、個々のスキャン画像の座標較正を行うことで、スタッキングの精度を向上させた。次に、全スキャン画像を重ねあわせて画像を作成し、天体検出を行った。最後に全スキャンを半年ごとに分けてスタックしたデータ上で、検出天体の測光を行い、十分な精度で位置・フラックスが再現できるものを、信頼性のある検出天体とした。

その結果、従来の「あかり」中間赤外線 PSC に対して検出限界が約2倍に向上し、同じ領域で PSC の約1.5倍の数の天体を検出できた。また、検出した天体の95%以上に対して WISE カタログとのマッチングが確認できた。今後、この方法を全天データに対し適用する計画である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W203a 「あかり」近赤外グリズム分光観測の二次光を考慮したフラックス較正

馬場俊介(東京大, ISAS/JAXA), 中川貴雄, 磯部直樹, 松原英雄(ISAS/JAXA), 白旗麻衣(国立天文台), 大山陽一(ASIAA), 尾中敬(東京大), 矢野健一, 公地千尋(東京大, ISAS/JAXA)

赤外線天文衛星「あかり」に搭載された Infrared Camera (IRC) の近赤外チャンネルは、ゲルマニウム製のグリズムを用いた分光観測機能を持つ。観測可能な波長範囲は 2.5–5.0 μm で、波長分解能は 3.6 μm において $\lambda/\delta\lambda \sim 120$ である (Ohyama et al. 2007)。

このグリズム分光観測のフラックス較正は、K 型星などの青いスペクトルをもつ標準星から求めたレスポンス曲線で行われていた。しかし、赤いスペクトルをもつ天体の観測データを解析する場合、レスポンスを介して求めたフラックスが波長 4.9 μm 以上で急激に減少する不自然な結果になると分かった。この現象は、長波長側の一次光に短波長側の二次光が混入しており、赤いスペクトルでは標準星に比べ二次光の混入が少ないため、フラックスを過小評価しているのだと考えられる。そこで我々は、二次光の混入を考慮した新たなフラックス較正を行った。

二次光の寄与を加味して一次光と二次光のレスポンスを求めるため、一般的な標準星に加え、滑らかで輝線や吸収の少ない赤いスペクトルをもつ活動銀河核を標準天体として利用した。ここで用いた活動銀河核のスペクトルは、2MASS (Two Micron All-Sky Survey)、WISE、Spitzer の観測結果から推測した。二次光の波長と入射するピクセルの関係を、グリズムの設計とゲルマニウムの屈折率から計算した。各ピクセルで受かるカウント数は、フラックスとレスポンスの積を、一次光と二次光について足し合わせたものと考えられる。標準星と活動銀河核の 2 種類の観測結果から連立方程式を立てることで、一次光と二次光の 2 つのレスポンス曲線を同時に求めた。本講演では、この手法で得られた新たなレスポンス曲線と、それらを用いたフラックス較正について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W204a 次世代赤外線天文衛星 SPICA：現状報告

芝井 広 (大阪大), 中川貴雄, 松原英雄, 川勝康弘 (JAXA), 尾中 敬, 河野孝太郎 (東京大), 金田英宏 (名古屋大), 他 SPICA チーム

次世代赤外線天文衛星ミッション SPICA (Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics) は、早期の実現を目指すために国際役割分担を変更した (春季年会 W201a)。これにともなって科学目的・意義を以下のように再定義した。我々の宇宙は約 138 億年前にビッグバンで生まれた。誕生時に一様等方であった宇宙は、多様で豊かな現象に満ち、生命・知性さえ存在する現在の宇宙に変貌を遂げた。この宇宙多様化のクライマックスは、宇宙青年期とよべる時代の銀河の誕生・成長過程、及び惑星系形成過程であろう。これらはいずれも天体の原料であり生産物でもあるガスとダストの性質・役割と深く関わっているため、ガスとダストの果たした役割を同時に理解することが必要であり、最も良い研究手段が赤外線観測である。SPICA は宇宙に多様性と豊かさをもたらした上記二つの過程・現象とガス・ダストの素過程を、高感度の赤外線観測によって解明することを目的とする。

SPICA が口径 3.2m の 6K 冷却の望遠鏡を持つ宇宙赤外線天文台であり、中間赤外線・遠赤外線 においてきわめて優れた感度と空間分解能を達成する。今年度中のプロジェクト準備フェーズの開始をめざし、観測装置・検出器アレイ、宇宙用冷凍機、焦点面姿勢センサー、極低温モーターなどの開発・検討を進めている。2025 年度に打ち上げて 3 年間以上運用する。計画観測と公募観測の組み合わせ、すでに活躍しているであろう TMT や ALMA 等との連携観測・研究も含め、太陽系まで含めた宇宙の天体形成・成長史においてかけがえのない研究成果が得られることが期待される。日本が担当する中間赤外線装置については別の講演参照のこと。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W205a SPICA 搭載 中間赤外線観測装置の仕様の再検討状況

金田 英宏、石原 大助、大藪 進喜（名古屋大学）、和田 武彦、川田 光伸（ISAS/JAXA）、左近 樹（東京大学）、芝井 広（大阪大学）、SMI コンソーシアム、SPICA プリプロジェクトチーム

SPICA 衛星計画における国際役割分担の変更や、国内開発体制などの見直しに伴い、日本が主導する搭載観測装置の最適化が進められた。新しい枠組においては、限られた予算・人的リソースのもと、SPICA が目指す科学目標の先鋭化と、装置機能の効率化が求められた。その結果、日本が主導する観測装置 (SMI: SPICA Mid-infrared Instrument) の仕様に対して、次をベースラインとする検討が進められた。(A) 広視野の撮像と中分散分光の2つの機能に絞る。(B) 波長 $20 \mu\text{m}$ より長波長側を重視し、 $37 \mu\text{m}$ までカバーする。(C) マッピング効率を格段に向上させる。また、装置開発体制は、国内の主要な関連大学で構成される大学コンソーシアムが主導する。

新しい中間赤外線装置 SMI の主な特徴は、(1) 撮像機能として、広い視野 ($5 \text{ 分角} \times 5 \text{ 分角}$) と、非常に高い連続波感度 ($\sim 10 \mu\text{Jy}$; 1 時間、 5σ)、高い空間分解能 (0.5 秒角/pixel 、beam size 2 秒角) を有し、比バンド幅 $R = 20$ の SED (Spectral Energy Distribution) マッピングが視野全面で行えること、および、(2) 分光機能として、広い視野 (長さ 2.5 分角 のスリットによる grating 分光) と、非常に高い輝線感度 ($\sim 3 \times 10^{-20} \text{ W/m}^2$; 1 時間、 5σ)、高い波長分解能 (比波長分解能 $R = 1000$) を有し、高効率なスペクトルマッピングが行えること、である。これらの機能によって、とくに赤方偏移 $z = 0.5 - 4$ の膨大な数の遠方銀河から、有機物 PAH やシリケートなどのダストバンドを検出できることが強みである。このことは、星生成銀河や活動銀河核の成長史の解明だけでなく、宇宙初期からのダスト生成や物質進化の理解にもつながる。

本講演では SPICA/SMI の最新の検討状況とともに、SMI で目指す科学研究の概要について紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W206a 宇宙赤外線背景放射の観測用ロケット実験 CIBER-2

白旗 麻衣 (国立天文台)、松浦 周二、新井 俊明 (ISAS/JAXA)、大西 陽介 (東京工業大学)、津村 耕司 (東北大学)、佐野 圭 (東京大学)、松本 敏雄 (ASIAA)、James Bock (Caltech/JPL)、CIBER-2 チーム

我々は現在、日米韓台の国際協力の下、宇宙赤外線背景放射の高精度観測に特化したロケット実験 CIBER-2 (Cosmic Infrared Background Experiment 2) プロジェクトを進めている。CIBER-2 の望遠鏡は、ロケット許容の最大サイズである口径 28.5 cm のリッチー・クレアン式のカセグレン望遠鏡である。望遠鏡全体を液体窒素冷却することから、熱収縮によるひずみを最小に抑えるため、全てアルミニウムを用いて製作する。宇宙赤外線背景放射の観測に重要な波長 0.5–2.0 μm における広視野撮像装置を搭載し、ビームスプリッタを用いて3つの光学系モジュールが視野を共有する。この光学系モジュールと測光フィルターとを組み合わせることで、一挙に6バンドでの宇宙赤外線背景放射のゆらぎ観測が可能であることに加え、視野の一部にLVF フィルターを追加することで、宇宙赤外線放射のスペクトル観測も行うことができる。打ち上げは、NASA の観測ロケット Black Brant によって行われる予定であり、2015 年度の打ち上げを目指している。

これまでの年会では、CIBER-2 の実現の鍵となる個々の技術開発要素の検討結果について主に報告を行ってきた。本講演では、いよいよ始まったフライトモデルの製作状況について、その評価試験計画とともに報告する。また、新たに開発を進めた技術開発要素として、主鏡取り付け時に発生する機械ストレスが主鏡表面形状に与える影響を緩和させるためのフレクシャ構造の開発、望遠鏡の表面反射率の向上と保護のためのコーティング材料の選定、を行ったので、その結果もあわせて報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W207b 気球搭載型遠赤外線干渉計 FITE : 結像光学系の要求性能評価と公差解析

伊藤哲司, 芝井 広, 佐々木彩奈, 寺農 篤, 中道みのり, 住 貴宏, 深川美里, 桑田嘉大, 小西美穂子, 須藤 淳 (大阪大), 山本広大 (京都大) 成田正直 (宇宙研/JAXA)

FITE は気球搭載型の宇宙遠赤外線干渉計であり、遠赤外線帯における高解像度撮像観測実現を目指す実験である。高解像度撮像観測が実現されれば、星惑星形成、赤外線銀河といった、天体の細かい構造の情報を無視して議論することが困難な現象について、観測に基づいた議論がより深まることが期待される。

FITE で採用されている Fizeau 型干渉計方式では、天体の情報が検出面で計測される干渉縞の複素鮮鋭度として得られるため、光学系の結像性能評価に対して、単一開口の望遠鏡に用いられる性能評価基準をそのまま用いることはできない。そのため、現象の特性を良く反映し、かつ計測が容易な性能評価基準を見つけることで初めて、FITE の目的に応じた要求性能を定めることが可能になる。しかし、どのような性能評価基準が妥当かについて、必ずしも明確な議論が行われてはいなかった。そこで、妥当な性能評価基準を見つけて、それを使って FITE 光学系の要求性能を定めることを試みた。その結果、妥当な基準が計測の容易な幾何光学的結像性能評価基準を用いて表現できること、その値は遠赤外線波長の長さを反映して幾何光学的直感からするとかなり緩いこと、が明確になった。これは結果的には、従来の結像性能への要求が少し厳しすぎたということになる。

求められた要求に対する公差配分のため、光学設計 CAD によるモンテカルロ公差解析を行った結果、光学素子形状が理想的なときに、設置精度の最終性能に及ぼす影響が従来の想定より小さいことが示され、また、6次より低次のツェルニケモードの形状誤差に関してはフライト中の光学調整により補正可能であることが分かった。これらのことから、現状実現可能な結像性能で FITE の目的が達成可能であることが再確認されたといえる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W208b 遠赤外線干渉計 FITE：放物面鏡調整機構の開発

寺農 篤、芝井 広、佐々木彩奈、伊藤哲司、中道みのり、住 貴宏、深川美里、桑田嘉大、小西美穂子 (大阪大)、山本広大 (京都大)、成田正直 (宇宙研/JAXA)

我々は気球搭載型遠赤外線干渉計 (Far-Infrared Interferometric Telescope Experiment: FITE) を開発しており、波長 $100\ \mu\text{m}$ において 1 秒角の空間分解能を実現しようとしている。FITE は Fizeau 型の 2 ビーム干渉計であり、2 枚の軸外放物面鏡 (1 枚: 直径 412 mm、16 kg) で共通の焦点に集光し干渉させる。そのため、高精度な光学調整が必要である。そこで、我々は高精度に放物面鏡の位置と角度を 6 軸制御できる独自の機構 (直径 290 mm×高さ 300 mm、6.9 kg) を開発した。この機構は、6 本の軸が持ちつ持たれつの状態に連結した構造を持つ、準パラレル機構と呼ぶべきものである。この機構を用いて放物面鏡を目標の位置と角度に配置するための、各軸の長さを計算する制御プログラムを作成し、レーザー測長器を用いて精度測定を行った。モーターのバックラッシュが精度に影響していることが判明したが、再現性が十分にあることが確認できた。この再現性を利用して、光軸方向 (z 方向) $80\ \mu\text{m}$ 、鏡の傾き方向 (θ 方向) 7.5 秒角の要求精度以内で位置と角度が制御できることを確認した。再現性を利用しない場合の精度は $z < 27\ \mu\text{m}$ 、 $\theta < 13$ 秒角であったが、利用した場合の精度は $z < 2\ \mu\text{m}$ 、 $\theta < 2$ 秒角である。また、気球高度 (35000 m) の環境 (0.01 気圧以下、 $-60\ ^\circ\text{C}$) を想定した真空低温試験を行った。機構に用いるモーター (のギア部) の保証動作温度は $-30\ ^\circ\text{C}$ なので保温する必要がある。使用できる電力量、モーター周辺部の形状などの制限条件を考慮してヒーターを取り付け、試験を行い、気球高度の環境で動作することを確認した。上記の試験より、この機構は高精度の位置と角度の制御を行うことができ、気球高度の環境でも動作できることが分かった。現在、最終組み立てを行っており、まもなく FITE 干渉計の調整に進む予定である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W209b Solar-C 搭載焦点調節機構の真空環境下連続動作性能評価試験

大場崇義 (総合研究大学院大学), 渡邊恭子, 飯田佑輔, Lee Kyoung-Sun (ISAS/JAXA), 加納龍一, 川畑佑典 (東京大学), 西塚直人 (情報通信研究機構), 清水敏文 (ISAS/JAXA)

次期太陽観測衛星「Solar-C」の概念検討が進められ、搭載される光学磁場診断望遠鏡 (SUVIT) の国内開発が行われている。SUVIT は太陽観測衛星として最大である 1.4m 口径を持つ宇宙望遠鏡である。「ひので」望遠鏡でも実現出来ていない高空間分解能 (0.1") が可能であり、これまで得られていない解像度で太陽表面の微細構造を診断することができ、太陽物理の飛躍的進展が期待されている。SUVIT の回折限界である 0.1" の高空間分解観測を達成するためには、結像レンズ位置をフォーカス方向に微調整できる焦点調節駆動機構が必要である。Solar-C ミッションは 3 年以上の太陽観測を想定していることから、2 万回以上の駆動機構の動作が予想されるが、これまでに多数回動作ができるリニアステージ機構搭載品は国内で開発されたことはない。そこで我々は高信頼・長寿命の焦点調節駆動機構の開発を推進している。焦点調節駆動機構の試作品を用いて、真空環境下にて 10 万回の連続動作試験を行った。駆動機構の可動全域である $\pm 30\text{mm}$ に加え、フォーカス微調整のために駆動機構の僅かな動作が想定されることから、 $\pm 2\text{mm}$ の範囲で同様に連続動作試験を行った。駆動機構は、ボールねじに回転運動を加えることで直線運動に変換している。モータが与える回転トルク値を計測することで、駆動による運動特性変化の有無やトレンドを調べ、寿命性能を評価できる。試験の結果、10 万回以上の連続動作を問題無く実施し、トルク値に劣化を示す特性変化は認められなかった。本発表において、連続動作試験中に得られたトルク値の解析を示して、試作した焦点調節駆動機構が、SUVIT の科学性能を実現するために重要な機能・性能を持つことを報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W210a 宇宙用太陽分光器の可視光マイクロイメージスライサーの開発

末松芳法 (国立天文台), 小山祐嗣, 助川隆, 榎田弓貴也, 大倉幸伸, 中保友直, 斎藤洸輔 (CANON), 尾崎忍夫 (国立天文台), 常田佐久 (ISAS/JAXA)

近年の天文分光では、面分光装置 (IFU) は必須のものである。特に太陽観測では、太陽面で起こる局所的、ダイナミックな磁気流体現象を的確に捉え、高精度分光偏光観測により現象の物理パラメータを精度よく求めることが重要であり、偏光観測に対応できる面分光装置が必要となる。これまで面分光装置は様々な方式で開発され実用化されてきているが、宇宙用でしかも可視光用のものは実例がない。本講演では次期太陽観測衛星「SOLAR-C」搭載を念頭に置き開発中のイメージスライサー式の面分光装置の光学設計とプロトタイプ装置の光学性能評価を報告する。本面分光装置の特徴は、1つの分光器で通常のスリット分光と面分光を可動機構無しで両立でき、宇宙用ということで最小限のコンパクトな光学系を実現していることである。このため1つのスライサー鏡の幅は、スリット幅として許容できる $30 \mu\text{m}$ (0.18 秒角相当) (長さ 1.58mm) と非常に狭く (ゆえにマイクロスライサーと呼ぶ)、面精度の良いガラス研磨では実現できないものである。できるだけ広い視野を確保するため、スライサーを 45 枚スタックし、高精度の異なる反射角設定を実現する必要もある (8 秒角 \times 9.5 秒角)。キヤノンの一体切削加工技術により、可視光 (紫外でも) 観測に使用できる面粗度 1 nm rms 以下の高性能金属鏡マイクロイメージスライサーユニットと軸外しコニック面からなる瞳鏡 (1 鏡の大きさ $10\text{mm} \times 20\text{mm}$ 、3 列 \times 15 行) ユニットが実現できる目処が立った。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W211a Nano-JASMINE と小型 JASMINE の全体的状況

郷田直輝, 小林行泰, 辻本拓司, 矢野太平, 白旗麻衣, 山口正輝, 宇都宮 真, 鹿島伸悟, 亀谷 收, 浅利一善, 中島 紀 (国立天文台), 山田良透 (京大理), 原 拓自 (東大理), 吉岡 諭 (東京海洋大), 穂積俊輔 (滋賀大), 梅村雅之 (筑波大), 西 亮一 (新潟大), 浅田秀樹 (弘前大), 長島雅裕 (長崎大), 對木淳夫, 野田篤司, 歌島昌由 (SE 推進室/JAXA), 安田 進 (研究開発本部/JAXA), 石村康生, 坂井真一郎, 小川博之, 福田盛介 (宇宙研/JAXA), 中須賀真一 (東大工), 酒匂信匡 (キャノン電子), ほか JASMINE ワーキンググループ同

Nano-JASMINE は、2010 年に FM の組み立ては完了しており、FM の維持管理、運用訓練の実施、および地上通信局やデータ解析の準備を進めている。打ち上げ時期は国際情勢にも左右されているが、2015 年後半が予定されている。Nano-JASMINE は、Gaia が観測できない明るい星に対しても観測できることから、将来は Gaia と Nano-JASMINE の観測データを合わせたデータアーカイブも制作することとなっていて、Gaia コミュニティとの合同検討会が 7 月にウィーンで開催される。一方、小型 JASMINE は、年周視差を $10 \sim 70 \mu$ 秒角の精度 (固有運動 $10 \sim 70 \mu$ 秒角/年) で、主テーマである巨大ブラックホールとバルジの共進化の解明のため、中心核バルジ領域を測定するとともに、その他興味ある特定天体 (CygX-1、ガンマ線連星や系外惑星、褐色矮星、星形成領域等) 方向に対しても位置天文観測を行う計画である。JAXA 宇宙研による公募型小型計画 (イプシロン搭載宇宙科学ミッション) へのミッション提案を行った。衛星システムの検討に関しては、ミッション・システム要求を満たす概念設計や仕様案ができてきた。さらに、重要課題である衛星の熱設計と望遠鏡構造の熱変動安定性の実証実験を精力的に進めている。また、小型 JASMINE で拓ける新たなサイエンスの詳細な検討も進んでいる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W212b 小型 JASMINE ミッション部の姿勢と熱の検討

矢野太平, 郷田直輝, 小林行泰, 白旗麻衣, 宇都宮真, 鹿島伸悟 (国立天文台), 山田良透 (京都大学), 安田進 (ISAS/JAXA), 他 JASMINE ワーキンググループ

次期位置天文観測衛星小型 JASMINE は、銀河系中心領域の星の年周視差を $10 \sim 70\mu$ 秒角の精度、固有運動を $10 \sim 70\mu$ 秒角/年の精度で決定する計画である。今年度進行中の JAXA 宇宙科学研究所の小型科学衛星のミッション提案が無事採択されれば、2017 年ごろ上げられる予定となっている。

姿勢に関して、これまでミッション部における熱環境が出来るだけ低温化するように姿勢案が検討されてきたが、検討されてきた姿勢案は地球周回中の非観測時間毎に複雑な姿勢運用を行い、太陽電池パドルも随時回転を与える必要があった。そこで、「あかり」の姿勢運用を参考にした運用に対する負荷の小さい姿勢案における熱環境を調べた。

小型 JASMINE ミッション部は検出器部、望遠鏡部の 2 つにわけ、熱的に切ってそれぞれ独立に温度管理をおこなうコンセプトに設計変更した熱モデルとなっており、検出器部分に関しては 180K 以下に保ちつつ望遠鏡部は 5 程度の常温に近い運用を行う要求をしている。

これまでの検討で、「あかり」を参考にした姿勢案のもとで熱環境が要求を満たす事が確認出来た。ただし、温度や温度幅についての要求は満たしているものの、マージンが小さく望遠鏡の場所ごとの温度が異なっており、改善の余地がある。

本講演では以上熱環境改善の検討状況を報告するとともに小型 JASMINE の全般的な検討状況についての報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W213b 小型 JASMINE 光学系の变形解析と測定

鹿島 伸悟、郷田直輝、小林行泰、矢野太平、白旗麻衣、宇都宮真（国立天文台）、山田良透（京都大学）、安田進（JAXA）

これまで小型 JASMINE 光学系に関して様々な机上検討を行ってきたが、いよいよ実際に製造するステップに移り、より具体的な検討及び部分試作品による様々な実測を行うフェーズに入った。

光学系で最もクリティカルなのは主鏡と副鏡であるため、主鏡周り・副鏡周り及び、それらを繋ぐ構造を試作し、熱構造等による变形を実測する。そのために必要な部分試作モデルの構造を明確化し、組み上げた状態で主鏡・副鏡の形状を干渉計測する手法に関して検討した。なお、この測定に関しては、主鏡副鏡共に变形を測定しやすい球面ダミーミラーとする予定である。

また、小型 JASMINE は地球周回衛星であり、実際には無重力下で運用されるため、無重力シミュレーションを行う必要がある。まずは有限要素法により求めた重力变形が光学系に及ぼす影響を解析し、干渉計 (Zygo) で十分測定可能なレベルの劣化であることを確認した。また地上での無重力シミュレーション方法についても検討した。

本発表では、これらの検討結果及び今後の実験計画等に関して詳細に報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W214b 超小型赤外線位置天文衛星 Nano-JASMINE の星像実験による星像解析

原拓自 (東京大学), 郷田直輝, 矢野太平, 鹿島伸悟 (国立天文台), 山田良透, 吉岡諭 (海洋大), 穂積俊輔 (滋賀大), 酒匂 信匡 (信州大学), 中須賀真一 (東京大学)

JASMINE 計画の第一弾である Nano-JASMINE は、2014 年までの打ち上げ予定の超小型位置天文観測衛星である。有効口径 5cm の望遠鏡を搭載し、2 方向同時観測大円サーベイ方式で全天の観測を行う。波長域は z-band ($\sim 0.8 \mu\text{m}$) である。大きさ 50cm 立方、質量 35kg という超小型衛星でありながら、HIPPARCOS 衛星級の数ミリ秒角精度を目指す。開発は国立天文台・京都大学・東京大学を中心に進められている。Nano-JASMINE が目標とする位置決定精度は 7.5 等級で 3mas (milli arc second) である。

観測から得らる星像データから位置天文パラメーターを導出するためには、各星像の星像中心位置を 1/600 pixels 以上の高精度で求めることが必要となる。これまで我々は Gaia の検討を参考にした星像 fitting 法を Nano-JASMINE で用いる星像中心位置決定方に適用し、一枚の星像に生じるアルゴリズムの系統誤差を評価してきた。星像 fitting 法には観測データに fit させる星像モデルの精度が重要であるが、これまでは現在の Nano-JASMINE のフライトモデルの光学系で得られる星像形状がわからないため、理論的に予想される波面収差や星の色を用いて星像のモデル化を行い、星像中心位置決定誤差の評価を行ってきた。

そこで、今回はフライトモデルに疑似光源を用いて撮像実験を行い、現在の光学系から得られる星像を解析して理論値と比較し評価を行った。今回の発表ではこれらの結果を報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W215c Nano-JASMINE:完全空乏型CCDのピクセル応答関数の測定

小林行泰、矢野太平、郷田直輝（国立天文台）、原拓自（東大理）、山田良透（京大理）

Nano-JASMINEは口径5cmの超小型位置天文観測衛星である。ウクライナ情勢にもよるが、ブラジル・アルカンタラ国際宇宙基地より2015年には高度800kmの太陽同期軌道に打ち上げられ、観測を開始する予定となっている。本講演では、2012年から続けてきている、Nano-JASMINE衛星搭載の浜松ホトニクス社製完全空乏型CCDのピクセル応答関数の測定について報告する。

Nano-JASMINEでは全天の主に9等級より明るい星の位置天文観測を行う。7.5等級の星については最終的に3ミリ秒角の位置決定精度を期待しているが、これはピクセルに換算すると千分の一ピクセルに近いものになる。一方、軌道上での宇宙放射線の影響でCCDの転送性能が劣化することが確認されている。転送性能が劣化すると、星像の形状に尾を引いたりなどの形状の変化が現れ、位置決定精度に影響を及ぼす恐れがある。

そこで、ピクセル応答関数を精密に測定し、望遠鏡の星像プロファイルに、たとえば転送性能、望遠鏡の追尾誤差などを付け加えることにより実際の衛星からの出力をシミュレーションすることを試みる。これらのシミュレーションにより、位置決定のための必要な補正項の導出、位置決定精度の評価などを行う。

測定では、CCD動作温度、光源の波長、逆バイアス電圧、光源の明るさなどを変えてピクセル応答関数を求め、これを用いて、正孔の易動度や分散係数を決定した。これらの物理パラメータを用いることによって現実的な条件でのNano-JASMINE衛星からの出力星像プロファイルを確実にシミュレーションすることができる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W216c 小型 JASMINE で拓くバルジサイエンス

辻本拓司, 郷田直輝, 小林行泰, 矢野太平, 白旗麻衣, 山口正輝, 宇都宮 真, 鹿島伸悟, 亀谷 收, 浅利一善, 中島 紀 (国立天文台), 山田良透 (京大理), 原 拓自 (東大理), 吉岡 諭 (東京海洋大), 穂積俊輔 (滋賀大), 梅村雅之 (筑波大), 西 亮一 (新潟大), 浅田秀樹 (弘前大), 長島雅裕 (文教大), 對木淳夫, 野田篤司, 歌島昌由 (SE 推進室/JAXA), 安田 進 (研究開発本部/JAXA), 石村康生, 坂井真一郎, 小川博之, 福田盛介 (宇宙研/JAXA), 中須賀真一 (東大工), 酒匂信匡 (キャノン電子), ほか JASMINE ワーキンググループ同

小型 JASMINE は、銀河系バルジの形成・進化を解明することを最大の目的として掲げている。中でも、未だ未解決な問題である「バルジと巨大ブラックホールの共進化」の解明に向け、銀河系での事例を通して洞察を得ることを目指している。この実現はまさに、銀河系に限らず銀河一般へ拡張され得るバルジ形成論および巨大ブラックホール形成論へのブレイクスルーを呼び起こす可能性を秘めている。この主題へのヨーロッパ宇宙機構から昨年末に打ち上げられた高精度位置天文衛星 Gaia の貢献は極めて限定的にならざるを得ない。何故ならば、共進化を理解する上で重要な領域となるのはバルジとブラックホールの境界領域とも言える中心からおよそ 200 ~ 300 pc 以内と考えられるが、この領域はダストによる吸収減光が甚だしいために可視光では見えないからである。その領域では、合体などに伴うブラックホール成長の痕跡が星の運動に刻まれていることが期待される。さらに、その領域の星の運動を解析することから重力ポテンシャルを導出することで、バー構造による銀河中心へのガスの流入過程を明らかにできると期待される。このような小型 JASMINE が拓くサイエンスを紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W217a Nano-JASMINE データ解析の準備状況

山田 良透 (京都大学)、Uwe Lammers(ESA)、Daniel Michelik(Lund 大学)、小林行泰、郷田直輝、矢野 太平、原拓司 (国立天文台)、吉岡諭 (海洋大)、穂積俊輔 (滋賀大)、酒匂 信匡 (信州大学)、中須賀真一 (東京大学)

Nano-JASMINE は、2014 年 12 月から 2015 年 12 月の間に打ち上げ予定の日本の位置天文観測衛星である。データ解析では、ESA の大型位置天文観測衛星 Gaia 用に構築された core 解析ソフトウェア AGIS(Astrometric Global Iterative Solution) を、Nano-JASMINE 用に一部修正して用いる。AGIS の Nano-JASMINE 用の修正、および日本担当の Nano-JASMINE 用前処理プログラムを用いた end to end 試験が進行中である。本講演では、とくに前処理部分のプログラムの改良および評価について報告する。これまで LSF(Line spread function) 推定により星像中心座標を求めていた部分は PSF(Point spread function) 推定に変更する作業を進めており、distortion のキャリブレーション等の機能を導入した。

また、位置天文観測データの解析を衛星システムに関するシステム同定問題ととらえて、データに含まれる誤差要因を含めてモデル化を行う試みを進めている。位置天文は、システム同定の精度が向上すると天文カタログ精度も向上することは、“Hipparcos, the New Reduction of the Raw Data”(van Leeuwen 2007) により示されている。Hipparcos は物理モデルが構築できる静かな環境での衛星であったが、Nano-JASMINE も小型 JASMINE も制御を行いながら観測を行う初めての位置天文衛星になるため、システム同定の問題としても非常に興味深い例となる。こちらの検討状況についても報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W218a 科学衛星を用いた宇宙背景放射偏光精密測定計画 LiteBIRD の概要

石野 宏和、樹林 敦子(岡山大)小栗 秀悟、木村 誠宏、佐藤 伸明、鈴木 敏一、田島 治、茅根裕司、都丸 隆行、永田 竜、羽澄 昌史、長谷川 雅也、服部 香里、堀 泰人、森井 秀樹、山口 博史、吉田 光宏 (KEK)、秋葉 祥希、石塚 光、井上 優貴、渡辺 広記(総研大)、高倉理(大阪大)、松村知岳、河野 功、坂井真一郎、佐藤 洋一、篠崎 慶亮、杉田 寛之、竹井 洋、西堀 俊幸、野田 篤司、福家 英之、松原英雄、満田 和久、山崎 典子、吉田 哲也、四元 和彦、和田武彦(JAXA)、永井 誠(筑波大)、高田 卓(核融合研)、William Holzapfel、Adrian Lee、Paul Richards、Aritoki Suzuki(UC Berkeley)、Matt Dobbs (McGill University)、Julian Borrill (LBNL)、小松 英一郎(MPA)、片山 伸彦、西野 玄記(Kavli IPMU)、中村 正吾、夏目 浩太、水上 邦義(横浜国大)、鶴澤 佳徳、唐津 謙一、関本 裕太郎、野口 卓(国立天文台)、成瀬 雅人(埼玉大)、小川 英夫、木村 公洋、岡田望、井上将徳(大阪府大)、大谷 知行、美馬 覚、古賀 健祐(理研)、石徹白 晃治、服部 誠、森嶋 隆裕(東北大)、大田 泉(甲南大)

LiteBIRD は、宇宙背景放射の偏光を精密に観測し、Bモード偏光を測定することにより、インフレーション時に生成された原始重力波の強度を表すテンソル・スカラー比 r を 0.001 の精度で測定することを目的とする。60-270GHz の観測帯域を約 1 度の角度分解能を持つ光学系で、2000 素子の超伝導検出器を用いて $2 \mu\text{Karcmin}$ の感度で測定する。JAXA の衛星プロジェクトとして認証されるために、Mission Definition Review に向けて、衛星システム全体の検討を行っている。また、LiteBIRD は、日本学術会議のマスタープラン 2014 において、重点大型研究計画の一つに選定された。本講演では、LiteBIRD の概要とその実現性検討の進捗状況を報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W219a ミリ波/サブミリ波帯用広帯域コルゲートホーンの評価

関口繁之(東京大学/国立天文台)、杉本正宏(国立天文台)、Shibo Shu、関本裕太郎、関根正和、岡田隆(東京大学/国立天文台)、新田冬夢、唐津謙一、岡田則夫、三ツ井健司(国立天文台)、成瀬雅人(埼玉大学)

我々はCMB B-mode 偏光観測衛星: LiteBIRD 用の超伝導共振器 (MKID: Microwave Kinetic Inductance Detector) カメラの開発を行っている。これまでに 220 GHz 帯観測用の 600 画素 MKID カメラの開発を行い、およそ 95% の歩留まりを達成している(新田他、2014 年春季年会)。カメラの集光系には集積度に優れたシリコンレンズアレイとダブルスロットアンテナを採用している。ビーム対称性、サイドローブ特性、偏波特性がより優れた広帯域コルゲートホーン的设计も設計された(杉本他 本年会)。この広帯域コルゲートホーンをアレイ化し、平面 OMT アンテナと結合することで CMB 偏光観測用のカメラとして用いることができる。さらに、平面 OMT アンテナで受信した信号を周波数分割フィルター(成瀬他、2014 年春季年会)に通して MKID で検出することにより、1つの画素で多色観測を行うことが可能となる。

電磁界シミュレータを用いて広帯域コルゲートホーンの解析を行ったところ、120 GHz ~ 280 GHz、及び 320 GHz 帯においてリターンロスが -10 dB 以下を達成しており、どの周波数においてもビームパターン対称性は優れている事を確認した。また、アルミの切削加工によりホーンアレイの試作を行った。本講演では、製作したホーンの評価及びシミュレーション結果との比較について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W220b **LiteBIRD 衛星用光学系 -広視野・低サイドローブを目指した設計-**

岡田 望, 木村 公洋, 井上 将徳, 大西 利和, 小川 英夫 (大阪府立大学), 関本 裕太郎, 稲谷 順司, 鹿島 伸悟 (NAOJ), 羽澄 昌史 (KEK), 大田 泉 (甲南大学), 松村 知岳, 村田泰宏, 西堀 俊幸, 紀伊 恒男 (JAXA), LiteBIRD working group

我々は宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) の中からインフレーションの痕跡となりうる偏光パターン B モードの観測を目的とした LiteBIRD 衛星の開発を進めている (石野他本年会)。この観測を行う為 TES もしくは MKID の検出器を採用する予定であり、周波数:60/78/100 GHz 帯および 140/195/280 GHz 帯、視野:約 30 deg が光学系に要求される。

我々はこれらの要求を満たす為クロスドラゴンという光軸が交差する光学系を候補として検討している。この光学系は主鏡、副鏡、フィード (400 × 200 mm の広い焦点面) から構成され、広視野かつコンパクトという利点を持つ。しかし、クロスドラゴン型光学系は上記の特長を有する一方、迷光や多重反射の影響が現れやすいものとなっている。この迷光等の影響で、アンテナビームパターンのメインローブ付近や裾野部分において局部的に強度の強いサイドローブ成分が現れてしまう。CMB の B モード偏光は大変微弱である為、それらの影響を低減することが重要である。そこで物理光学手法を用いたシミュレーションによりアンテナビームパターンやスピルオーバー等を評価し、上記のサイドローブ成分の原因を追及した。また、開口部に取り付ける迷光対策用のバツフル (フード) の大きさを検討し、サイドローブレベル軽減への寄与を計算した。

本講演では各周波数帯におけるアンテナビームパターンの評価および開口の設定によるサイドローブの低減について発表する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W221c 気球 VLBI ミッションの検討 III

土居明広（宇宙航空研究開発機構）、河野裕介、小山友明（国立天文台）、木村公洋、岡田望（大阪府立大学）、佐藤泰貴（宇宙航空研究開発機構）、松本尚子、本間希樹、鈴木駿策、金口政弘（国立天文台）、秋山和徳、上原顕太（東京大学）、中原聡美（鹿児島大学）、および研究協力者

成層圏は、高周波電波帯での天文観測にとって、大気の影響をほぼ完全に避けることのできるサイトである。将来の高周波電波干渉計/VLBIにとっても、地上の電波望遠鏡・スペースの人工衛星に次いで第三の観測プラットフォームとなりうる、気球搭載型の電波干渉計望遠鏡の検討をおこなっている。技術的なフィージビリティの検証のために、実験機を北海道広尾郡大樹町のJAXA大樹航空宇宙実験場から放球し、22 GHz帯で地上VLBI局とのフリンジを検出することを目指している。本講演では、2014年春季年会の報告に引き続き、観測システムの概要、開発状況、今後の開発計画について述べる。

検討の初年度であった2013年では、主鏡直径1.5メートルの電波望遠鏡をインハウス製作、ファーストライト、国立天文台水沢10メートル電波望遠鏡との間でファーストフリンジの検出を経て、ホログラフィー試験を実施した。2014年前半は、ひきつづき電波望遠鏡の受信機を整備するとともに（岡田ほか、本年会講演）、搭載予定の水晶周波数標準源振OCXOについて振り子（加速度変動）環境における周波数安定度の検証実験（河野ほか、本年会講演）、また、VSTAR + pro-spotを用いたフォトグラメトリーによる鏡面形状計測をおこなった。今後は、現在設計中のゴンドラと姿勢決定・制御システムを製作し、地上で吊られ揺れる状態での指向追尾試験およびVLBI観測実験へ進む予定である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W222b 気球 VLBI 電波望遠鏡搭載 22GHz 帯受信機の開発

岡田 望, 木村 公洋, 大西 利和, 小川 英夫 (大阪府立大学), 河野 裕介, 小山 友明, 松本 尚子, 山下一芳, 鈴木 駿策, 金口 政弘, 本間希樹 (国立天文台), 秋山 和徳, 上原 顕太 (東京大学), 中原 聡美 (鹿児島大学), 土居 明広, 佐藤 泰貴 (宇宙航空研究開発機構)

我々は 22 GHz 帯における気球電波望遠鏡の開発を進めている。この開発目的は、飛翔体における VLBI フリッジ検出および将来のサブミリ波 VLBI を見据えた技術検証である (土居他本年会他)。

本望遠鏡光学系は口径 1.5 m のクラシカルカセグレンを採用しており、主鏡、副鏡、フィードホーンで構成される。今回、主鏡の焦点距離は製作の制約上決まっている為、副鏡およびフィードホーンの最適化を進め、開口能率の向上を目指した。またフィードホーンにはビーム対称性がよいとされるコルゲートホーンを採用した。受信機 RF 系の構成としては、ホーンで給電された天体信号がセプタム型ポラライザで偏波分離されたのち二つの増幅器を通して増幅され、ミキサにより 0.5-2.5 GHz へとダウンコンバートされるものとなっている。これら上記の RF 系部品は FE BOX と呼ばれるカセグレン焦点に設置された箱の中に配置する。

我々はこれまでに受信機光学系の設計、光学素子の製作および受信機 RF 系のシステムデザイン (左旋円偏波) を終了しており、2013 年 12 月に上記の受信機系を用いた地上 VLBI 試験を行った (木村他 2014 年度春季年会)。現在はフライトに向けて、成層圏環境より若干過酷な低真空低温下 (圧力:1 torr、温度:-70 程度) における受信機各部品等の性能評価や、冗長性の観点から受信機システムデザインの改良 (FE BOX の再設計による両偏波化等) を行う予定である。

本講演では、上記の受信機光学系および RF 系の開発進捗状況について報告を行う。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

W223c 気球 VLBI 搭載周波数標準の安定度評価

河野裕介 (国立天文台), 土居明広 (JAXA), 金口政弘, 鈴木駿策, 小山友明, 秋山和徳, 松本尚子, 本間希樹 (国立天文台), 木村公洋, 岡田望 (大阪府立大), 気球 VLBI 検討チーム

高周波数の VLBI 観測は高分解能の天体の情報を得る電波天文学の手法の一つである。高い周波数は大気による減衰とコヒーレンスの劣化が大きいため地上では高地など観測場所が限られている。地上以外で大気による減衰が少ない場所の一つが成層圏であり、成層圏による VLBI 観測はこれまで実現されておらず、気球に VLBI 観測装置を成層圏滞在させ高周波数の VLBI 観測ができた場合には、新たな高周波数 VLBI 観測の可能性を切り開くことができる。

気球 VLBI を実現するための技術的課題の一つが周波数標準の搭載化である。気球 VLBI では重量、電力、サイズや技術的成熟度を考慮して BVA タイプの温度制御型水晶発振器 (OCXO) を搭載することを考えている。しかしながら OCXO の発振周波数は加速度に関して感度があり、振り子運動による周波数揺らぎが問題となる。また一般的な水晶発振器では周波数変動の磁場依存性も示唆されている。そこで安定した水素メーザ周波数標準を基準にして評価用振り子にて周波数安定度を計測する基礎実験を行った。その結果、それらの VLBI 観測に与える影響は十分小さいことが明らかとなった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

【X. 銀河形成】

9月12日(金) 午前(09:30-11:30) [A会場]

X01a	09:30	化粧するハロー星：金属降着によるハロー星の表面汚染の観測的検証 服部公平 (University of Cambridge)
X02a	09:42	銀河系及びアンドロメダ矮小銀河の新たな化学動力学関係 林 航平 (東北大学)
X03a	09:54	アンドロメダ銀河における、さすらいのブラックホールとダークマターハローの姿 森 正夫 (筑波大学)
X04a	10:06	Re-examining the Too-Big-To-Fail Problem for Dark Matter Halos with Central Density Cores Go Ogiya (Universitaets-Sternwarte Muenchen (USM))
X05b	10:18	COBE/DIRBE による近赤外線背景放射の再測定 佐野 圭 (東京大学)
X06b	10:18	アンドロメダ銀河の潮汐破壊を耐えきった衛星銀河中心部に期待される観測的特徴 川口俊宏 (国立天文台)
X07a	10:30	New Numerical Galaxy Catalog (ν^2 GC) Model. 0. 新しい準解析的銀河・AGN 形成モデルの完成 長島雅裕 (文教大学)
X08a	10:42	New Numerical Galaxy Catalog (ν^2 GC) Model. I. 新たな数値銀河カタログの構築 真喜屋龍 (東京大学)
X09a	10:54	New Numerical Galaxy Catalog (ν^2 GC) Model. II. 超大規模宇宙論的 N 体シミュレーション 石山智明 (筑波大学)
X10a	11:06	New Numerical Galaxy Catalog (ν^2 GC) Model. III. SMBH and AGN evolution 榎 基宏 (東京経済大学)
X11a	11:18	New Numerical Galaxy Catalog (ν^2 GC) Model. IV. AGN のクラスタリングとその進化 大木 平 (文教大学)
X12c		New Numerical Galaxy Catalog (ν^2 GC) Model. V. High- z Galaxies 小林正和 (愛媛大学)

9月12日(金) 午後(13:30-15:30) [A会場]

X13a	13:30	DISPH 法によるサンタバーバラクラスターのエントロピーコア形成 斎藤貴之 (東京工業大学)
X14a	13:42	銀河間吸収の新しい解析的モデル 清水一紘 (東京大学)
X15b	13:54	MOSFIRE and LDSS3 Spectroscopy for an [OII] Blob at $z=1.18$: Gas Outflow and Energy Source 播金優一 (東京大学)
X16b	13:54	$z = 2.4$ の 53W002 原始銀河団における大質量銀河探索 II 濱口恵梨香 (愛媛大学)
X17b	13:54	ハーシェル宇宙望遠鏡による原始銀河団探索 II 加藤裕太 (東京大学)
X18b	14:06	高赤方偏移原始銀河団候補のダークハロー質量の推定 玉澤裕子 (東京大学)
X19b	14:06	赤方偏移 7 での $Ly\alpha$ 光度関数の加速的進化とその物理的描像 今野 彰 (東京大学)
X20b	14:06	数値シミュレーションで探る遠方 [CII] 輝線銀河の検出可能性と統計的特徴 早津夏己 (東京大学)
X21a	14:18	Two gamma-ray bursts from dusy regions with little molecular gas 廿日出文洋 (国立天文台)
X22a	14:30	赤外線天文衛星「あかり」で探る、スターバースト銀河の PAH 欠乏 村田一心 (総合研究大学院大学/宇宙航空研究開発機構)
X23a	14:42	$z \sim 1.4$ の星形成銀河におけるガス・ダスト比 世古明史 (京都大学)
X24a	14:54	The mass-metallicity relation and the fundamental metallicity relation of star-forming galaxies at $z \sim 1.4$ 矢部清人 (国立天文台)

(次頁に続く)

【X. 銀河形成】

X25a 15:06 AGN/Stellar Feedback Evolution at High Redshifts: Systematic Study with [OII], [OIII], and H α Blobs Yuma, Suraphong (東京大学)

X26a 15:18 The FMOS-COSMOS survey of star-forming galaxies at $z \sim 1.6$: Outflow properties 柏野大地 (名古屋大学)

9月13日(土) 午前 (09:30-11:30) [A会場]

X27a 09:30 $z \sim 2$ の Lyman α 輝線銀河 (LAEs) のダスト放射の性質とその応用 日下部晴香 (東京大学)

X28a 09:42 Close Comparison between Observed and Modeled Ly α Lines 橋本拓也 (東京大学)

X29a 09:54 広域探査に基づく $z \sim 2$ における星形成銀河の HOD 解析 石川将吾 (総合研究大学院大学)

X30a 10:06 UltraVISTA を用いた赤方偏移 $z \sim 2$ における passive 銀河の星質量関数 市川あき江 (愛媛大学)

X31a 10:18 How galaxies were formed in a over dense region in the early universe? : Deep Jansky VLA S-band view of dusty starburst galaxies in a proto-cluster at redshift $z=2.5$ Minju Lee (University of Tokyo/NAOJ)

X32a 10:30 銀河形成の最盛期前夜 ($z > 3$) における [OIII] 輝線銀河の物理的性質 鈴木智子 (総合研究大学院大学)

X33a 10:42 UltraVISTA DR2 谷口義明 (愛媛大学)

X34a 10:54 Photometric Redshifts with Bayesian Priors on Physical Properties of Galaxies 田中賢幸 (国立天文台)

X35a 11:06 TMT-AGE:多天体面分光で探る遠方銀河 秋山正幸 (東北大学)

X36a 11:18 弱い重力レンズ効果を用いた銀河の星質量直接測定の可能性 小林将人 (名古屋大学)

9月13日(土) 午後 (13:30-15:06) [A会場]

X37a 13:30 おおかみ座 I 分子雲方向に偶然検出された極高光度サブミリ波銀河の性質 田村陽一 (東京大学)

X38a 13:42 ALMA アーカイブデータを用いたミリ波分子輝線銀河の検出 山口裕貴 (東京大学)

X39a 13:54 ALMA imaging survey for $z \gtrsim 4-5$ 1100- μm -selected galaxy candidates Soh Ikarashi (European Southern Observatory)

X40a 14:06 高赤方偏移クェーサー母銀河の星間ダスト進化と減光曲線 野沢貴也 (国立天文台)

X41a 14:18 $K - [3.6]$ 赤銀河の性質: $z > 5$ の大質量銀河候補 馬渡 健 (東北大学)

X42a 14:30 Probing cosmic re-ionization with gamma ray burst 130606A at $z \sim 5.91$ Tomotsugu Goto (National Tsing Hua University)

X43a 14:42 Hubble Frontier Fields 観測に基づく星形成銀河の電離光子脱出率への制限 石垣真史 (東京大学)

X44a 14:54 重力レンズで探る高赤方偏移銀河のサイズ進化とそのダークハロー依存性 川俣良太 (東京大学)

X01a 化粧するハロー星：金属降着によるハロー星の表面汚染の観測的検証

服部公平 (University of Cambridge), 吉井謙 (東京大学), Timothy C. Beers (NAOA), Daniela Carollo (Macquarie University), Young Sun Lee (New Mexico State University)

宇宙の誕生以来、宇宙空間の鉄の量は単調に増加している。恒星は宇宙空間のガスから形成されるため、初期宇宙で生まれた恒星は誕生時の金属量が低く、最近生まれた恒星は誕生時の金属量が高い。これまで、恒星表面の金属量は誕生時の先天的な値のまま変化しないと考えられてきた。しかし一方で、この従来通説とは反する「金属降着仮説」も提唱されている (Yoshii 1981)。この仮説では、金属量の低い高年齢の恒星に金属量の高いガスが降着することで、恒星が「化粧」をするかのように表面金属量を増すことが予想される。

恒星に降着したガスは、恒星表面で攪拌される。そのため、金属降着による表面金属量の増加は、表面对流層の薄い恒星ほど顕著なはずである。例えば、G型星はK型星に比べて表面温度が高く、したがって表面对流層が薄いため、金属降着の影響を受けやすい。このことから、同じ歴史を経験してきたG型・K型星の表面を比較すれば、G型星は相対的に金属量が高いことが予想される。そこで我々はSDSSによって得られた太陽近傍の約1万天体のG型・K型主系列星を利用し、軌道の似た(つまり同様の歴史を経験してきた)G型・K型主系列星の表面を統計的に比較した。その結果、銀河系ハローに属するG型主系列星の中には、表面の $[\text{Fe}/\text{H}]$ が本来の値より0.2 dex増加しているものが存在することが明らかとなった。これは金属降着仮説を裏付ける結果である。

現時点では、表面に重元素を含まない恒星は未発見である。この観測事実は「全ての第一世代星は大質量星であり、すでに超新星爆発を起こした」ためだと説明されることが多い。しかし、金属降着による恒星の表面汚染を認めると、低質量で長寿命の第一世代星が生き残っていても観測事実と矛盾しない (Hattori et al. 2014)。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X02a 銀河系及びアンドロメダ矮小銀河の新たな化学動力学関係

林航平, 千葉証司 (東北大学)

銀河系やアンドロメダ銀河に付随する矮小銀河は質量-光度比が10から1000に達しダークマターが支配的な系であり、したがって矮小銀河はダークマターの基本的な性質を調べる上で理想的な天体である。我々は、これまでハローや恒星系の密度分布を球対称とした簡単なモデルのみであった先行研究に対し、速度非等方性を考慮した軸対称質量分布モデルを構築し、銀河系及びアンドロメダ銀河の矮小銀河から得られる星の視線速度分布の解析からダークハローの非球対称構造に対するより詳細な解析を行った。この力学解析に基づき、我々は主に2つの重要な結果を得た。

(1) 矮小銀河のダークハローは非球対称であり、オブレイトまたはプロレイトな形状をしていることがわかった。またダークハロー中心の密度分布は全てがコア構造をしているわけではなく、カスプ構造をもつ矮小銀河も存在することがわかった。これは環境効果によるカスプからコアへの遷移が生じた可能性があることを示唆している。

(2) 矮小銀河の半径300pc内の全質量を計算すると、その質量は球対称モデルの場合の一定とはならないことがわかった。さらにこの質量は矮小銀河ダークハローの中心密度を反映しているだけでなく、矮小銀河の星質量や金属量と相関を持つことが新たに明らかになった。この新たな化学動力学関係は矮小銀河ダークハローの形成時期とその星形成史に重要な関連性があることを示唆している。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X03a **アンドロメダ銀河における、さすらいのブラックホールとダークマターハローの姿**

森正夫, 桐原崇宣, 三木洋平 (筑波大), 川口俊宏 (国立天文台), 斎濟祐理子 (総研大)

近年、ハッブル宇宙望遠鏡やすばる望遠鏡に代表される大型望遠鏡を最大限活用した近傍宇宙の大規模探査により、現在も続く銀河進化の過程を垣間見ることができるようになってきた。近傍のアンドロメダ銀河においては、おびただしい数の暗い矮小銀河が発見されるとともに、それら矮小銀河の衝突によるものと思われるステラーストリームやステラーシェル、あるいは銀河円盤上で見られるリング構造等、銀河衝突の痕跡が続々と明らかにされてきている。本講演では、銀河衝突の重力多体計算及び流体力学計算による銀河衝突過程のみならず、アンドロメダ銀河に付随するダークマターハローの構造や、銀河円盤の構造、銀河ハロー中を徘徊するブラックホールの存在可能性について議論する。特に、アンドロメダ銀河のダークマターハローに関する解析では、現在の標準理論として考えられているコールドダークマター模型の予言するユニバーサル密度分布に従わない可能性を示唆しており、理論と観測の深刻な矛盾点について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X04a **Re-examining the Too-Big-To-Fail Problem for Dark Matter Halos with Central Density Cores**

Go Ogiya (Univ. of Tsukuba, Universitaets-Sternwarte Muenchen, Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics), Andreas Burkert (Universitaets-Sternwarte Muenchen, Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics)

According to the standard theory of galaxy formation, the most massive dark substructures of galaxies should also contain the brightest satellite galaxies, like classical dwarf spheroidal galaxies (dSphs). However, recent studies found the masses of dark matter (DM) subhalos which surround nearby dSphs to be significantly lower than those of the most massive subhalos expected around Milky Way sized galaxies in cosmological simulations (e.g., Boylan-Kolchin et al. 2011, 2012). This problem is the so called “too-big-to-fail” (TBTF) problem of cold dark matter cosmology.

A caveat of previous work has been that dark substructures were assumed to contain steep density cusps in the center of DM halos even though the central density structure of DM halos is still under debate. For example, Walker & Peñarrubia (2011) showed that DM halos of some dSphs prefer cored models to cuspy models. In this study, we re-examine the TBTF problem for models of DM density structure with cores or shallowed cusps. Our analysis demonstrates that the TBTF problem is alleviated as the inner slope of the central cusp becomes shallower. We also derive the critical inner slope of DM density profile required in order to solve the TBTF problem. This result provides suggestions for future observations.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X05b

COBE/DIRBE による近赤外線背景放射の再測定

佐野圭 (東京大学, ISAS/JAXA), 川良公明 (東京大学), 松浦周二 (ISAS/JAXA), 片ざ宏一 (東京大学, ISAS/JAXA), 松岡良樹 (国立天文台/プリンストン大学), T.Brandt(プリンストン高等研究所)

近赤外線域の宇宙背景放射には遠方の銀河から来る光や、未知の素粒子の崩壊によって放出される光などが含まれている可能性があり、宇宙の星生成史や、新たな放射過程を探るための重要な指標になると考えられている。この波長域には、太陽光が惑星間ダストに散乱された成分である黄道光や、銀河系内の星の光などの強い前景放射が存在しており、これらを高い精度で除去しなければ宇宙背景放射を検出することは困難である。

我々はCOBE(COsmic Background Explorer)衛星に搭載された観測装置DIRBE(Diffuse Infrared Background Experiment)によって得られた全天マップを用いてJ、Kバンドにおいて宇宙背景放射の再測定を試みている。過去にDIRBEのデータを用いて宇宙背景放射を測定した研究の問題点として、星の光が星間ダストに散乱された成分である銀河拡散光を無視していたということがあった。我々はDIRBEの観測値を黄道光、銀河系内の星の光、銀河拡散光、および等方放射成分の一次結合としてそれぞれの成分に分離した。これにより、考えられる前景放射をすべて加味して等方放射成分を求めたことになる。求められた等方放射成分の輝度は銀河カウントから求められる系外銀河の積算光の輝度を上回り、黄道光のスペクトルに似る。このことは黄道光モデルで引き切れていない黄道光の成分が、等方放射成分に混入している可能性を示唆する。

本講演では、得られた黄道光、銀河拡散光、等方放射成分の輝度、スペクトルについて議論を行う。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X06b アンドロメダ銀河の潮汐破壊を耐えきった衛星銀河中心部に期待される観測的特徴

川口 俊宏 (国立天文台), 済藤 祐理子 (総研大), 三木 洋平, 森 正夫 (筑波大)

各銀河の中心に存在するブラックホールの質量は、銀河のバルジ (又は楕円銀河本体) の質量に比例しているが、その相関関係の起源は未解明である。銀河が衝突・合体する際に巨大ブラックホールどうしも合体することが共進化の起源として有力であるものの、いまだ観測的に検証されていない。

我々はまずば抜けて近いために過去の銀河衝突の履歴が詳細に明らかになっているアンドロメダ銀河に着目し、大規模数値シミュレーションと放射スペクトルの理論計算を基に、共進化のこの重要な過程の解明に取り組みつつある (Miki et al. 2014; Kawaguchi et al. 2014)。

本講演では、アンドロメダ銀河との衝突の際に潮汐破壊された衛星銀河の中心部に期待される観測的特徴を報告する。衛星銀河の大部分は、潮汐力により散り散りになりアンドロメダストリームなどを形成している。一方、潮汐破壊を耐えて生き残った衛星銀河中心部は、中心に大質量ブラックホールを含む星団として、現在、アンドロメダ銀河円盤の外縁部に居ると考えられる (三木 他, 2014 年春季年会講演)。この残骸星団の質量は、主に両銀河の近心点距離で決まり、アンドロメダ銀河中心から約 1kpc の位置を衛星銀河中心が通過したこの衝突では、衛星銀河の中心ブラックホール質量の約 1 割、すなわち合計約 10^6 太陽質量の星々が衛星銀河中心ブラックホールに引き連れられていると考えられる。星種族合成モデル (Fioc et al. 1997) を用いて年齢が 10–100 億年の場合について星団の放射スペクトルを見積もると、例えば Vバンドでは、 $\nu L_\nu = 10^{(38.7-39.5)}$ [erg/s] と予想され、見かけの明るさは $\nu F_\nu = 10^{-(10.4-11.2)}$ [erg/s/cm²] (AB 等級で 14–16 mag) と期待される。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X07a **New Numerical Galaxy Catalog (ν^2 GC) Model. 0. 新しい準解析的銀河・AGN 形成モデルの完成**

長島 雅裕 (文教大学)、榎 基宏 (東京経済大学)、石山 智明 (筑波大学)、小林 正和 (愛媛大学)、真喜屋 龍 (東京大学)、大木 平 (文教大学)

冷たい暗黒物質宇宙論モデルの構造形成理論に基づいた銀河の形成過程を解析する有力な手法の一つとして、銀河形成の準解析的アプローチが発展してきた。我々はこの手法による準解析的モデルを長年にわたり開発してきたが、今回、理研の「京」や国立天文台の「アテルイ」を駆使して得られた世界最高レベルの質のダークハローの形成史をベースにした、新しい準解析的銀河・AGN 形成モデル「 ν^2 GC」を構築したので報告する。

ダークハローの形成史を得るための超大規模宇宙論的 N 体計算は複数用意されており、ボックスサイズは最大で $1.12\text{Gpc}/h$ 、分解能は最高で最小ハロー質量 (40 粒子) が $1.4 \times 10^8 M_\odot/h$ となっている。これにより、明るい AGN のような稀な天体でも統計的に扱うことが可能なだけの個数を得ることができ、また宇宙再電離後の $z \sim 5$ での Jeans 質量を分解することも可能になった。

また、超大質量ブラックホール (SMBH) 形成過程を標準で含み、銀河と AGN の進化を同時に追うことができるほか、簡単な AGN フィードバックモデルも装備するようにした。

本講演では、銀河・AGN 研究における準解析的モデルの意義を確認するとともに、これまでの我々の研究の到達点を振り返りつつ、 ν^2 GC に関する連続した最初の講演として、全体の概観を行う。あわせて、今後の大規模サーベイ観測へどのような貢献ができるかについても議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X08a **New Numerical Galaxy Catalog (ν^2 GC) Model. I. 新たな数値銀河カタログの構築**

真喜屋龍 (東京大学), 榎基宏 (東京経済大学), 石山智明 (筑波大学), 小林正和 (愛媛大学), 長島雅裕, 大木平 (文教大学)

本講演では、我々の持つ宇宙論的銀河形成モデル (ν^2 GC) についてその最新の開発状況を報告する。

我々のモデルは、ダークマターハローの形成史については N 体シミュレーションを用いて詳細に計算する一方で、ガスの冷却や星形成、化学進化といった銀河形成に伴う複雑なバリオンの進化過程については簡単な物理モデルを用いて解くものである (ν GC, Nagashima et al. 2005)。これまでの研究で、このモデルで近傍銀河の光度関数や宇宙の星形成率密度の進化などといった観測を上手く再現できることがわかっている。

今回我々は、超大質量ブラックホールの形成進化過程や、活動銀河核による星形成へのフィードバックといった物理過程をモデルに新たに導入した (Makiya et al., in prep.)。またダークマターの形成史についても、世界最高レベルの解像度・体積での N 体シミュレーションの結果 (Ishiyama et al., in prep.) を新たに用いることで、これまでよりも小さい銀河まで計算でき、またより多くの統計を得られるようになった。さらに、マルコフ連鎖モンテカルロ法によるパラメータフィッティングを行うコードを開発し、各パラメータについて統計的な議論を行った。

ここでは、我々のモデルの最新結果を紹介するとともに、モデルによって生成される擬似的な銀河カタログを用いた将来観測への理論予測など、モデルの応用例についても議論したい。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X09a **New Numerical Galaxy Catalog (ν^2 GC) Model . II. 超大規模宇宙論的
 N 体シミュレーション**

石山 智明 (筑波大学), 榎 基宏 (東京経済大学), 小林 正和 (愛媛大学), 真喜屋 龍 (東京大学), 長島 雅裕, 大木 平 (文教大学)

宇宙論的構造形成理論に基づく準解析的銀河形成モデル ν GC (Nagashima et al. 2005) を拡張した新しいモデル、New ν GC (ν^2 GC, Makiya et al., in prep.) で用いている宇宙論的 N 体シミュレーションについて紹介する。

銀河や活動銀河核の宇宙論的な形成と進化、そしてそれらの空間分布を明らかにするためには、大きい計算体積の中でのダークハロー形成史を高分解能で追う必要がある。我々は国立天文台の「アテルイ」や、理化学研究所の「京」といったスーパーコンピュータを駆使することで、最大でダークマター粒子数約 5500 億 (8192^3)、ボックスサイズ $1.12\text{Gpc}/h$ 、粒子質量 $2.2 \times 10^8 M_\odot/h$ の世界最大級の超大規模シミュレーションを実行し、ダークハロー形成史を作成した。また、ダークマター粒子数約 86 億 (2048^3)、ボックスサイズ $140\text{Mpc}/h$ と $70\text{Mpc}/h$ の高分解能シミュレーションに基づいたダークハロー形成史も作成した。最大のものとは比べボックスサイズは小さいものの、質量分解能がそれぞれ 8 倍、64 倍高いため、矮小銀河や高赤方偏移銀河の研究に適している。これらのシミュレーションの宇宙論パラメーターは、Planck 衛星の最新の観測結果に基づいている。

本講演では、シミュレーションの詳細やダークハロー形成史の作り方、ダークハロー質量関数や質量進化史、merger rate などの基本統計量を紹介するとともに、世界の他のグループによって行われてきた大規模シミュレーションに対する優位性を議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X10a New Numerical Galaxy Catalog (ν^2 GC) Model. III. SMBH and AGN evolution

榎 基宏 (東京経済大学), 石山 智明 (筑波大学), 小林 正和 (愛媛大学), 真喜屋 龍 (東京大学), 長島 雅裕, 大木 平 (文教大学)

これまで、我々は、宇宙論的構造形成論に基づく準解析的銀河形成モデル ν GC (Nagashima et al. 2005) を開発し、銀河や超大質量ブラックホール (SMBH)、活動銀河核 (AGN) の形成と進化について研究を進めてきた。AGN の個数密度が銀河と比べると低いことから、AGN の統計的な研究においては、計算体積を大きくとることが本質的に重要となってくる。しかし、 ν GC モデルでダークハローの形成史を求めるために用いていた宇宙論的 N 体シミュレーションでは、計算体積が十分ではないという問題があった。

そこで、今回、我々は ν GC モデルを改良した、New ν GC (ν^2 GC) モデルを構築した (Makiya et al., in prep.)。これは、AGN によるフィードバックを銀河形成の物理過程としてモデル化して新たに導入するとともに、世界最高レベルの解像度・計算体積である新しい超大規模宇宙論的 N 体シミュレーションの計算結果 (Ishiyama et al., in prep.) を用いてダークハローの形成史を求めることで、AGN の統計的な研究をより良く進めることを可能にしたものである。加えて、マルコフ連鎖モンテカルロ法によるパラメータフィッティングを行うコードを開発したことで、モデルのパラメタを従来より精度良く決定できるようになった。

本講演では、 ν^2 GC モデルから得られる SMBH の質量函数や AGN の光度函数などの統計量の計算結果を紹介し、観測結果との定量的比較によって銀河や SMBH/AGN の進化過程についてどのようなことが分かるのかを議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X11a New Numerical Galaxy Catalog (ν^2 GC) Model. IV. AGN のクラスタリングとその進化

大木平 (文教大学), 榎基宏 (東京経済大学), 石山智明 (筑波大学), 小林正和 (愛媛大学), 真喜屋龍 (東京大学), 長島雅裕 (文教大学)

銀河中心の超大質量ブラックホール (SMBH) / 活動銀河核 (AGN) の形成過程と宇宙論的進化を理論的に明らかにするため、我々はこれまでに、準解析的銀河形成モデル ν GC (Nagashima et al. 2005) の枠組みの中で、銀河と SMBH/AGN の形成・進化を統一的に取り扱うモデルを構築してきた。このモデルは近傍銀河の光度関数を再現するとともに、近傍のブラックホール質量関数、AGN 光度関数を再現することに成功している。

今回、新たに改良を加えたモデル New ν GC (ν^2 GC, Makiya et al., in prep.) では、これまでのモデルに加え AGN によるフィードバックもモデル化して導入した。これにより、より首尾一貫した銀河と SMBH/AGN の形成・進化モデルとなっている。さらにダークハローの形成史に超大規模宇宙論的 N 体シミュレーション (Ishiyama et al., in prep.) を用いている。これにより、大スケールでの AGN のクラスタリングを調べることが可能になった。AGN のクラスタリングは、光度関数などと相補的かつ基礎的な観測量であり、AGN のトリガー機構などを解明するため、理論的にこれを予言することは重要である。

本講演では、 $0 < z < 5$ の範囲での、我々の最新のモデルから予言される AGN-銀河相互相関関数とその AGN 光度依存性、赤方偏移依存性の結果を示す。また、相関関数が AGN light curve model のパラメータにどのように依存するかについても紹介する。さらに、結果を AGN のクラスタリングの現状の観測と比較し、モデルの妥当性について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X12c

New Numerical Galaxy Catalog (ν^2 GC) Model. V. High- z Galaxies小林 正和 (愛媛大学)、榎 基宏 (東京経済大学)、石山 智明 (筑波大学)、真喜屋 龍 (東京大学)、
長島 雅裕、大木 平 (文教大学)

ν GC モデル (Nagashima et al. 2005) は銀河形成の準解析的モデルの一種であり、 N 体シミュレーションによるダークマターハロー形成史をベースに、ガスの冷却や星形成、超新星フィードバックなどに関する現象論的モデルでバリオンの進化過程を扱うモデルである。我々のこれまでの研究から、 ν GC モデルは近傍・遠方銀河の光度関数などの観測データをよく再現することが分かっている。

今回我々は、 ν GC モデルに世界最高レベルの解像度・計算体積での複数の新しい N 体計算結果 (Ishiyama et al., in prep.) と、超大質量ブラックホールの形成進化過程や活動銀河核によるフィードバックといった物理過程を新たに導入し、New ν GC (ν^2 GC) モデルを構築した (Makiya et al., in prep.)。モデルのパラメータについても、マルコフ連鎖モンテカルロ法によるパラメータフィッティングを行うコードを開発し、統計的な議論を行った。

本講演では、 ν^2 GC モデルから得られる結果のうち、特に high- z 銀河の Ly α 輝線や静止系紫外連続光の光度関数などについて紹介する。本研究では、最もハロー質量分解能 $M_{\text{halo}}^{\text{min}}$ の高い N 体計算結果であるダークマター粒子数約 86 億個 ($= 2,048^3$)、ボックスサイズ 140 Mpc/h および 70 Mpc/h のものを用いた (それぞれ $M_{\text{halo}}^{\text{min}} = 1.10 \times 10^9 M_{\odot}/h$, $1.37 \times 10^8 M_{\odot}/h$)。これまで我々が構築してきたモデル (Kobayashi et al. 2007, 2010) の結果との違いについても議論する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

X13a **DISPH 法によるサンタバーバラクラスターのエントロピーコア形成**

齋藤貴之(東京工業大学)、牧野淳一郎(理化学研究所)

サンタバーバラクラスター比較プロジェクト (Frenk et al. 1999) は、メッシュ法及びラグランジュ法による自己重力流体コードを用いて銀河団形成シミュレーションを行い、その結果を比較したものである。このテストで、メッシュ法で得られた銀河団は中心にエントロピーコアを持つが、ラグランジュ法である Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) 法で得られた銀河団はエントロピーコアを持たないという系統的な違いが報告された。SPH 法を用いた場合にコアを持たないということは、低エントロピーのガスが直接銀河団中心に供給されているということを示している。放射冷却や星形成などの複雑な物理は一切考慮していないため、流体スキーム固有の問題-従来の SPH 法が相混合を扱うことが出来ない-が原因であると考えられる。そこで我々は、我々の開発した流体不安定性とそれに伴う相混合を扱うことが出来る Density Independent SPH (DISPH) 法をサンタバーバラクラスターテストに適用し、形成される銀河団のエントロピー分布について調べた。

我々のシミュレーションによると、従来の SPH を用いた場合ではサブクランプが非物理的 surface tension によって守られながら銀河団中心部分に落下するため、エントロピーの低い成分を中心部に持ち込む。これにより中心部分のエントロピー分布が下がりカスプ状になる。一方 DISPH を用いると、サブクランプは中心部に落下する過程で破壊され混ざり、エントロピー分布はコア構造を持つ。また、DISPH で作られるコアはメッシュ法で作られるコアよりもエントロピーが低い。この傾向はムービングメッシュ法を用いた結果に近い。これは通常のメッシュ法では数値拡散により過剰にエントロピーが生成されている可能性を示唆する。DISPH は今後銀河形成研究において主要なツールとなりうると思われる。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

X14a 銀河間吸収の新しい解析的モデル

井上昭雄 (大阪産業大学), 清水一紘 (東京大学), 岩田生, 田中賢幸 (国立天文台)

遠方銀河のスペクトルにはライマン α の森を始めとする銀河間中性水素による吸収が刻まれる。Yoshii & Peterson (1994) や Madau (1995) は、平均的な吸収スペクトルモデルを提示した。特に Madau (1995) は、簡単な解析的表式を与えており、現在、遠方銀河の研究において標準的に用いられている。

この銀河間吸収スペクトルモデルは、銀河間中性水素雲の柱密度および赤方偏移分布関数を仮定して得られるが、Madau (1995) は当時のキューサー吸収線系の観測結果をもとにしていた。その後およそ 20 年が経過し、キューサー吸収線系観測にもかなりの進展があった。特に、20 年前には著しく乏しかったデータとして、ライマンリミットシステムの赤方偏移分布がある。これらは銀河のライマン連続光に対して主要な吸収体となり、銀河の電離光子脱出率の観測などで特に重要になる。

本研究では、最新のキューサー吸収線系の分布関数をもとに Madau (1995) モデルを更新することを試みた。まず、最新の吸収線系分布関数を記述する関数形を見つけ、それにもとづき、銀河間吸収スペクトルの解析的モデルを導出した。結果として、Madau (1995) モデルに対し、新しいモデルはライマン α 吸収ではあまり差が無いが、ライマン連続光吸収においては 0.5 等級以上吸収量が少なくなった。この結果は、銀河の電離光子脱出率の観測において、Madau (1995) モデルは大きく過補正してしまうことを意味する。また、銀河間吸収モデルの違いによる測光的赤方偏移推定への影響を調べたところ、その影響は赤方偏移の差で 0.05 程度と小さいことが分かった。

新しい解析的銀河間吸収モデルの Fortran 90 コードは次のウェブサイトで入手できる。

<http://www.las.osaka-sandai.ac.jp/inoue/ANAIGM/ANAIGM.tar.gz>

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X15b MOSFIRE and LDSS3 Spectroscopy for an [OII] Blob at $z=1.18$: Gas Outflow and Energy Source

播金優一、大内正己、Suraphong Yuma (東京大学)、Michael Rauch (カーネギー研究所)、中島王彦 (国立天文台)、小野宜昭 (東京大学)

銀河のアウトフローは星形成を抑制するフィードバックなど、銀河形成において重要な役割を担っていると考えられている。Yuma et al. 2013 はすばる望遠鏡の広領域狭帯域撮像データにより、 $z = 1.2$ に [OII] Blob と呼ばれる銀河を 12 個発見した。[OII] Blob とは [OII] $\lambda\lambda 3726, 3729$ 輝線が 30 kpc 以上の範囲に広がっている銀河で、この電離ガスの広がりアウトフローによるものだと考えられる。我々は Keck/MOSFIRE と Magellan/LDSS3 を用いた [OII] Blob 10 の分光観測の研究を行ってきた。前回の講演 (2014 年春季年会 X11b) では、 $H\beta$ や [OIII] $\lambda\lambda 4959, 5007$ 輝線から赤方偏移は $z = 1.18$ であり、MgII $\lambda\lambda 2796, 2800$ や FeII $\lambda 2587$ の青方偏移した吸収線から [OII] Blob 10 には $80 - 260 \text{ km s}^{-1}$ のアウトフローが存在することを報告した。今回の講演ではさらに進めた詳細な解析の結果を示す。まず、isothermal なハローを仮定したときの脱出速度は $250 \pm 140 \text{ km s}^{-1}$ であることが分かった。この速度はアウトフロー速度と同等であり、アウトフローしているガスの一部は [OII] Blob 10 を抜け出し、星形成が抑制されると考えられる。ガスの流出量を星形成率で規格化した mass loading factor は 0.8 以上と比較的高い値になった。このアウトフローの主要なエネルギーソースは今回の結果だけでは明らかではないが、輝線比や星質量、色指数から [OII] Blob 10 は星形成銀河と AGN の composite であり、星形成活動 (超新星爆発、恒星風、輻射圧) と AGN の両方がアウトフローに寄与している可能性がある。本講演ではこれらの結果から、[OII] Blob 10 という天体の全体像について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X16b $z = 2.4$ の 53W002 原始銀河団における大質量銀河探査 II

濱口恵梨香, 鍛冶澤賢, 谷口義明, 長尾透, 小林正和, 塩谷泰広, 相田優 (愛媛大学), 馬渡健, 山田亨 (東北大学)

現在の宇宙では、大質量の早期型銀河は銀河団に多く見られる。また、これまでの観測から、これらの早期型銀河は比較的古い星から構成されていることがわかっており、 $z = 2$ よりも昔の時代に形成されたと考えられている。したがって、高密度領域での早期型銀河の形成過程を明らかにするためには、 $z > 2$ の原始銀河団を直接観測することが重要となる。本研究では、近赤外撮像観測を用いて、 $z = 2.4$ の 53W002 原始銀河団における大質量銀河探査を行った。

電波銀河 53W002 の周辺では、低質量の星形成銀河である Ly α 輝線銀河 (LAE) によってトレースされた高密度構造が報告されており (Mawatari et al. 2012)、原始銀河団であると考えられている。その LAE の構造をカバーするように、すばる/ MOIRCS 4 視野にわたる近赤外線撮像観測 (J 、 H 、 K_S バンド) を行った。まず、 $z = 2-3$ の銀河が Balmer/4000 Å プレイクによって特徴的な JHK_S カラーを示すことを利用して、 $z \sim 2.4$ の銀河候補を選出した。これらの天体は、 $z \sim 2$ の銀河と仮定するとその等級から $10^{10} M_{\odot}$ 以上の星質量を持つ大質量銀河と期待される。この JHK_S 選択銀河の空間分布を調べると、LAE の構造に沿って大質量銀河の密度超過 ($K_S < 21$ で一般領域の 2 倍以上) が見られた。また、その JHK_S 選択銀河の J 、 H 、 K_S 、Spitzer/IRAC [3.6] のカラーを調べたところ、これらの銀河の中には星形成銀河だけでなく、passive 銀河も存在することが示唆された。特に $J - K_S \sim 3$ の非常に赤い色を示す JHK_S 選択銀河の多くは $10^{11} M_{\odot}$ 以上の星質量を持つ passive 銀河である可能性が高く、red sequence が明るい側から出来上がっていくところを見ているのかもしれない。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X17b ハーシェル宇宙望遠鏡による原始銀河団探査 II

加藤裕太 (東京大学), 松田有一 (国立天文台), 河野孝太郎, 田村陽一, 梅畑豪紀, 久保真理子 (東京大学), 山田亨, 林野友紀 (東北大学), Ian Smail, Mark Swinbank, David Alexander (ダーラム大学), James Geach (ハートフォードシャー大学), Bret Lehmer (ジョンズ・ホプキンス大学), Dawn Erb (ウィスコンシン大学ミルウォーキー校), Charles Steidel (カリフォルニア工科大学)

我々は遠方宇宙における原始銀河団において爆発的星形成銀河がどれくらい出現するのかを調べるため、SSA22, HS1700, 2QZ Cluster (赤方偏移 $z = 3.1, 2.3, 2.2$) という3つの原始銀河団をハーシェル宇宙望遠鏡を用いて観測した。前回はその初期解析として $S_{350} > 25$ mJy, $S_{350} > S_{250}$ という天体選択を用いたが、今回は各原始銀河団の赤方偏移にあわせた修正黒体輻射 ($T_d \sim 30 \sim 40$) のSEDを仮定し、その色 ($S_{500}, S_{350}, S_{250}$) と合う $S_X > 12$ mJy の天体を選択するという手法を取った。その結果、少なくともHS1700においては静止系紫外光の観測から見つかっている銀河の密度ピーク付近の $2.5'$ (~ 4 Mpc) の領域で $L_{\text{FIR}} > 5.0 \times 10^{12} L_{\odot}$ の銀河の高密度領域を高い有意性で検出できた。これは原始銀河団での爆発的星形成銀河の活発な星形成活動を捉えている可能性を示唆しているが、正確な赤方偏移が分からないため星形成率密度を求めることが難しい。そこで今後は多波長データに基づいて爆発的星形成銀河の対応天体を同定し、分光観測に繋げていきたい。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X18b 高赤方偏移原始銀河団候補のダークハロー質量の推定

玉澤裕子, 大内正己, 小野宜昭, 内藤嘉章 (東京大学)

高赤方偏移銀河の密度超過領域は、将来銀河団に進化すると考えられているため、原始銀河団と呼ばれている。しかし、このような密度超過領域が本当に将来銀河団になるか明らかになっていない上、中心に存在するであろうダークハロー質量も分かっていない。観測的にこれらの問題に取り組むため、我々は、SXDS領域で $z \sim 4-6$ の銀河の密度超過領域を探索した。その結果、 $z \sim 5$ 銀河が半径8 Mpcの円内に25個集まり、密度超過 δ にして $\delta \sim 1.8$ をもつ原始銀河団候補を1つ見つけた。このダークハロー質量を求めるために、観測結果とMillennium Simulation (MS)に基づく準解析的銀河形成モデル(Guo et al. 2011)を比較した。銀河の密度超過に基づいて比べたところ、この原始銀河団候補のハロー質量は $\sim 2.4 \times 10^{12} M_{\odot}$ と推定された。しかし、観測とモデルの銀河の天球密度を比較すると、モデルの方が約2倍大きく、観測と矛盾していることが分かった。本講演では、モデルの矛盾点も含め、原始銀河団研究の問題点を議論し、今後すべき観測を提案したい。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X19b 赤方偏移7でのLy α 光度関数の加速的進化とその物理的描像

今野彰, 大内正己, 小野宜昭, 嶋作一大, 澁谷隆俊, 古澤久徳, 中島王彦, 内藤嘉章, 百瀬莉恵子, ユ
マスラポン, 冢正則

Ly α 光度関数(LF)の進化は、宇宙再電離と銀河進化の指標となる。過去の観測研究では、最遠方となる $z = 6.6$ と $z \sim 7.3$ の間でLy α LFが無進化であるという主張と減少するという主張があり、両者は対立していた。すばる望遠鏡を用いた $z \sim 7.3$ LAE 探査の研究もあるが、それらの研究ではLy α LFの明るい側しか観測することができず、 $z = 6.6 - 7.3$ でのLy α LFの進化に明確な結論が出せなかった。そこで暗い $z = 7.3$ LAEを検出するため、我々は独自の狭帯域フィルターNB101を開発した。NB101をすばる主焦点カメラに搭載し、合計106時間の深撮像観測を行った。この観測で我々は、過去のすばる望遠鏡を用いた $z \sim 7.3$ LAE探査の ~ 4 倍深く、かつ過去の $z = 3 - 6$ LAE探査と同等の深さである、 $L(\text{Ly}\alpha) = 2.4 \times 10^{42} \text{ erg s}^{-1}$ の限界光度まで達し、 $z = 7.3$ Ly α LFをこれまでに無く高い精度で求めることを可能にした。我々は $z = 7.3$ LAEを合計7天体検出し、これを基に $z = 6.6 - 7.3$ でLy α LFは $> 90\%$ の信頼性で有意に進化していると結論づけた。さらに我々は、 $z \gtrsim 7$ でのLy α LFの加速的進化を初めて明らかにした。宇宙の星形成率の指標となる紫外線連続光のLFは $z \sim 7$ で急速な減少が見られない。従って我々は、Ly α LFの加速的進化は星形成率の進化とは異なるメカニズムで生じている可能性を示した。また我々は、単純な理論モデルを基に $z = 7.3$ での銀河間物質中の中性水素割合 x_{HI} を推定したが、Ly α LFの加速的進化が x_{HI} の急激な増加によるものだとすると、宇宙背景放射のトムソン散乱の光学的厚みを説明できない可能性を示した。本講演では、宇宙再電離とは別の物理的描像によってLy α LFの加速的進化を議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X20b 数値シミュレーションで探る遠方 [CII] 輝線銀河の検出可能性と統計的特徴

早津夏己, 吉田直紀 (東京大学), 松田有一 (国立天文台), 清水一紘 (東京大学)

近年まで、遠方星生成銀河は主に紫外域で観測されてきた。しかしダストが多い銀河の場合は、紫外光はダストに吸収され赤外域で再放射される。それゆえ宇宙の星生成史を明らかにするには紫外線で明るい銀河だけでなく、赤外線で見やすいサブミリ波銀河を観測することが重要である。さらに、ALMAをはじめとする近年の遠方サブミリ波銀河探査では [CII]158 μm 輝線観測が大きな成果を上げている。[CII] 輝線の長所は、非常に明るい輝線であること、ダスト放射のピーク付近にいるため赤方偏移による減光の影響を受けにくいこと、 $z \sim 6-8$ では大気の吸収が少ない領域に入ることなどが挙げられる。一方で明るいサブミリ波銀河には、遠赤外線光度に対し相対的な [CII] 輝線光度が小さい場合がある (line deficit)。この現象のメカニズムは未解明であり、このとき問題となるのは、明るい遠方サブミリ波銀河を [CII] 輝線で追観測した場合に期待より検出されないことである。

[CII] 輝線観測によって星生成史を明らかにするには、物理的な過程を考慮した [CII] 輝線光度の見積りと、観測と比較可能な理論予測が重要である。[CII] 輝線の主な起源である中性水素ガスの理論モデルに、二相モデルがある。二相モデルは中性水素ガスにおける加熱・冷却・電離・再結合の素過程を熱平衡・電離平衡状態を仮定して解くことで、観測的に知られる水素原子雲の二相の圧力安定状態を再現するモデルである。本研究では二相モデルを宇宙論的銀河形成シミュレーションに応用し、さらに [CII] 輝線光度の計算に紫外線輻射強度のダスト減光の効果を取り入れる。すでに Shimizu et al.(2012) の銀河形成モデルと二相モデルによって line deficit が再現され、分布が既存の観測と一致することは確認済みである。本講演では ALMA observing tool を用いて設定した ALMA 大型観測の観測条件を用いて、将来観測の検出可能性と物理的特徴を議論する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

X21a **Two gamma-ray bursts from dusty regions with little molecular gas**

廿日出文洋（国立天文台），太田耕司（京都大学），遠藤光（デルフト工科大学），中西康一郎（国立天文台），田村陽一（東京大学），橋本哲也（国立天文台），河野孝太郎（東京大学）

Long-duration gamma-ray burst (GRB) は、大質量星の爆発に関係しており、従って分子ガスを伴う星形成領域に存在すると考えられている。しかし、これまでの GRB 母銀河における CO 分子輝線（分子ガスのトレーサー）探査では、放射は全く検出されてこなかった。GRB 残光のスペクトル中の吸収線として検出されたことはあるが、吸収線は視線方向の情報しか得られないため、GRB 発生領域における一般的な特性を示しているかどうか明らかではない。

我々は、ALMA を用いて 2 つの GRB 母銀河 (GRB 020819 at $z = 0.41$, GRB 051022 at $z = 0.81$) の CO 輝線及び 1.2 mm 連続波の観測を行った。その結果、両銀河において CO 輝線と連続波を、空間分解して検出することに成功した。CO 輝線を検出したのは GRB 母銀河では初めてである。CO 輝線強度から求めた母銀河全体の分子ガス量はそれぞれ $2.4 \times 10^9 M_{\odot}$ 、 $2.1 \times 10^9 M_{\odot}$ である。十分に空間分解できた GRB 020819 母銀河では、分子ガスは母銀河中心の星形成領域では検出されたが、GRB が発生した星形成領域では検出されなかった。一方で連続波は GRB 発生場所で強く検出された。連続波は、その検出位置や SED 等から星形成活動に起因するダスト熱放射であると考えられる。GRB 発生場所での分子ガス/ダスト質量比 ($< 9-14$) は、天の川銀河や近傍・遠方の星形成銀河における値よりも有意に小さい。この要因として、GRB が発生した星形成領域に存在する大質量星からの強い UV 輻射場によって分子ガスが散逸されたことが考えられる。今回の成果は、GRB 母銀河を分子ガスの観点から研究する新たな手法を提示するとともに、高空間分解能観測の重要性を指摘するものである。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X22a 赤外線天文衛星「あかり」で探る、スターバースト銀河のPAH欠乏

村田一心、松原英雄 (総研大/宇宙研)、稲見華恵 (NOAO)、和田武彦 (宇宙研)、後藤友嗣 (国立清華大學)、Lee Armus (Spitzer Science Center)、Chris Pearson (RAL)、Stephen Serjeant (Open University)、宮地崇光 (UNAM)

赤外線天文衛星「あかり」を用いて $z=0.3-1.4$ の星形成銀河における多環式芳香族炭化水素 (PAH) の振る舞いを調べた。本研究では、北後極領域深探査のカタログから 1868 天体の銀河サンプルを用いた。このデータセットは $2-24\mu\text{m}$ 帯を 9 つのバンドで連想的にカバーしているため、 $z \lesssim 2$ までの銀河について PAH の $7.7\mu\text{m}$ の放射を測定できる。我々は $\text{IR8}(=\text{Lir}/\text{L}(8))$ と $\text{L8}/\text{L4.5}$ という 2 つの変数を PAH 強度の指標とし、スターバーストパラメータ R_{sb} と比較した。その結果、 $\text{L8}/\text{L4.5}$ は $\log R_{\text{sb}} < 0$ の領域では R_{sb} と共に増加したが、より大きい R_{sb} では変化が見られなかった。一方、 IR8 は $\log R_{\text{sb}} < 0$ では一定で、より大きな R_{sb} では R_{sb} と共に増加する傾向が見られた。これらの振る舞いは $z=0.3-1.4$ の銀河すべてについて見られた。これらの結果は、スターバースト銀河中で PAH の放射が相対的に弱くなっていることを示している。PAH 放射が弱くなる原因としては、PAH がスターバースト現象で壊されている、または PAH を励起させる紫外光が欠如していることが考えられる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X23a $z \sim 1.4$ の星形成銀河におけるガス・ダスト比

世古 明史, 太田 耕司 (京都大学), 廿日出 文洋, 矢部 清人, 伊王野 大介 (国立天文台)

$z = 1 - 2$ の時代は銀河進化の激動期であり、この時代の銀河を調べることは銀河進化の理解に不可欠である。近年、Herschel 宇宙望遠鏡により $z \sim 2$ までの main sequence 銀河のダスト放射を調べることが可能になってきた。これにより遠方銀河でダスト質量から分子ガス質量を見積もる研究が行われている。これらの研究では、見積もりの際に近傍銀河のガス・ダスト比を仮定している。しかしガス・ダスト比は遠方銀河ほど値が大きいという理論予想もあり、観測的検証が必要であった。我々は $z \sim 1.4$ にある太陽金属量程度のガス金属量をもち、Spitzer/MIPS、Herschel/SPIRE 250 μm 、350 μm で検出されている main sequence 付近の 3 つの星形成銀河について、 $^{12}\text{CO}(J = 2 - 1)$ 輝線の観測からガス質量の上限値を、Herschel/SPIRE のデータからダスト質量を算出し、そのガス・ダスト比が近傍銀河の値に近いことを示した (Seko et al. 2014, PASJ in press)。

今回、昨年観測した 1 銀河と新たに同様の方法で選出した 1 銀河について、野辺山 45 m 電波望遠鏡/TZ 受信機を用いて $^{12}\text{CO}(J = 2 - 1)$ 輝線の観測を行った。観測の結果、1 天体で CO 輝線を有意に検出した。分子ガス質量は $9.6 \times 10^{10} M_{\odot}$ 、ガス・ダスト比は 220 ± 50 であった。もう 1 天体では輝線光度の上限値が求まり、分子ガス質量、ガス・ダスト比の上限値はそれぞれ $6.4 \times 10^{10} M_{\odot}$ 、190 であった。これらのガス・ダスト比は同程度のガス金属量をもつ近傍銀河の値と比べてファクター 2 程度に収まっており、銀河のガス・ダスト比の赤方偏移進化は $z \sim 1.4$ まではあまり見られないという、Seko et al. (2014) を支持する結果となった。これはダスト成長のタイムスケールが短いことに起因していると考えられる。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

X24a The mass-metallicity relation and the fundamental metallicity relation of star-forming galaxies at $z \sim 1.4$

矢部清人(国立天文台)、戸谷友則、舎川元成、岡田裕行(東京大学)、太田耕司、岩室史英(京都大学)、秋山正幸(東北大学)、田村直之(Kavli IPMU)、他 FMOS FastSound チーム

ガス金属量は銀河の過去の星形成史をガスの infall/outflow などを含めて理解する上で重要なパラメータのひとつである。近傍において、星質量が大きい銀河ほど金属量が高いという星質量-金属量関係(MZ 関係)が知られている。MZ 関係の分散を探る事はその起源を探る上でも重要であるが、近年、MZ 関係の分散は星形成率(SFR)と関係するという Fundamental Metallicity Relation (FM 関係)が提唱されている(Mannucci ら 2010)。しかしながら、サンプル数が少ない事もあり、高赤方偏移における MZ 関係と FM 関係については不明な点が多い。

我々は、すばる望遠鏡ファイバー多天体分光器 FMOS を用い、 $z = 1.2-1.5$ の星形成銀河の近赤外分光サーベイ(FastSound 計画)を行っており、これまでに約 4,000 天体について $H\alpha$ 輝線を $S/N \geq 4$ で検出している。このサンプルをいくつかのサブグループに分けスペクトルのスタッキング解析を行ない、 $[NII]\lambda 6584/H\alpha$ 輝線比から金属量を求めた。本研究ではこの赤方偏移範囲においてかつてない大規模な近赤外分光サンプルを用いて、 $z \sim 1.4$ 付近の星形成銀河の MZ 関係を構築し、FM 関係について調査を行なった。得られた MZ 関係はこれまでに FMOS GT 観測などで得られた同様の赤方偏移範囲の結果と概ね一致する。この MZ 関係に対する SFR の依存性を調べた結果、クリアな依存性はないことが明らかになった。星質量、SFR、金属量の 3 次元空間で見た場合、近傍の FM 関係での高 SFR 側の外挿と比べ、異なる分布(同じ星質量/SFR で見た場合、金属量が高い)を示すことが分かった。本講演では、この違いを追究し、高赤方偏移における化学進化について議論を行なう。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X25a AGN/Stellar Feedback Evolution at High Redshifts: Systematic Study with [OII], [OIII], and H α Blobs

Suraphong Yuma, 大内正己 (東京大学), Alyssa B. Drake, Chris Simpson (LJMU)

In the last ASJ meeting, we introduced the systematic way to select outflowing galaxies at high redshift via spatially extended [OII] emission over at least 30 kpc, which we call “[OII] blobs”. Some of these galaxies are probably experiencing the final phase of star formation with their gas heated and expelled out by AGN/stellar feedback, and quenching star formation whose process is a key to produce passively-evolving ellipticals. Searching for [OII], [OIII], and H α blobs that are galaxies with spatially extended emission of [OII], [OIII], and H α , respectively, in our Subaru/Suprime-Cam narrowband images, we extend our study of blobs to cover outflowing galaxies in the redshift ranges up to $z = 1.5$ in SXDS field. $z < 0.4$. With more stringent criteria used for identifying blobs than in our previous study, we are able to select large than 40 kpc as H α blobs at $z \sim 0.4$, [OIII] blobs at $z \sim 0.8$, and [OII] blobs at $z \sim 1.2$ and $z \sim 1.5$. Fractions of blobs against entire emitters are roughly constant over the redshift range, indicating that this strong outflowing phase is shorter than one Gyr and only a small fraction of galaxies experiences galactic scale outflow that is strong enough to expel gas out of the galaxies at each epoch.

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

X26a The FMOS-COSMOS survey of star-forming galaxies at $z \sim 1.6$: Outflow properties

柏野大地 (名古屋大学), John Silverman (Kavli IPMU), COSMOS team

すばる望遠鏡 FMOS による近赤外分光観測 (FMOS-COSMOS サーベイ) の概要と最新の成果を発表する。我々はこれまでに COSMOS 領域において、約 2000 個の $1.4 \lesssim z \lesssim 1.6$ の銀河を観測し、約 1000 個について $H\alpha$, $[NII]$, $H\beta$, $[OIII]$ などの輝線から赤方偏移を測定した。

近年、高赤方偏移の星形成銀河に強いアウトフローが存在することを示す観測的証拠が多く得られている。このようなフィードバック現象は銀河進化における本質的な要因の一つであり、重要な研究テーマとなっている。我々は FMOS 観測により測定した赤方偏移を用いて、zCOSMOS-deep プロジェクトによる可視光 (静止波長系では紫外線領域) スペクトルのスタッキング解析を行った。FMOS と zCOSMOS の両方に含まれる約 160 個のサンプル銀河についてスペクトルをスタックしたところ、紫外線領域 ($\sim 1500\text{--}2700\text{\AA}$) に見られる金属吸収線を多数検出した。これらの吸収線の多くは、本来の波長よりも短波長側にシフトしており、大局的なガスの吹き出し (アウトフロー) が存在することを示している。鉄イオン吸収線 ($FeII \lambda 2344\text{--}2600$) からサンプル銀河の平均的なアウトフローガスの速度を求めたところ、約 $200\text{--}300 \text{ km s}^{-1}$ であることがわかった。また、速度シフトと星形成率・星質量との間に相関があることを示す証拠を得た。本発表ではこれらの結果を発表し、吸収線による速度シフトの違いや銀河の性質とアウトフローの関係について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X27a $z \sim 2$ の Lyman α 輝線銀河 (LAEs) のダスト放射の性質とその応用

日下部晴香、嶋作一大、大内正己 (東京大学)、中島王彦 (国立天文台)

LAEs のダスト吸収量は、星成分のみからの SED fitting から小さいとされていたが、正確な見積もりにはダスト放射の直接観測が必要である。しかし、 $z \gtrsim 1$ では、非常に明るいごく少数の LAEs をのぞき、個別にダスト放射は検出されていない。スタッキング解析を行った例もあるが、 2σ で $\text{SFR}_{\text{IR}}/\text{SFR}_{\text{UV}} \lesssim 3 - 12$ (Wardlow+13) と高い上限値しか得られていない。そこで GOODS-S で我々の $z \sim 2$ の LAEs の大きなサンプル ($N = 213$ 個) に対して、Herschel/PACS と Spitzer/MIPS の公開データの深いスタッキング解析を行なった。これらの LAEs の平均的な紫外線光度は、 $L_{\text{UV}} \sim 5 \times 10^9 L_{\odot}$ ($M_{1600} \sim -18.3$)、星形成率は $\text{SFR}_{\text{UV}} \sim 1.4 M_{\odot}/\text{yr}$ と同時代の典型的な紫外連続光銀河 (Reddy+12) の 1 割程度しかない。LAEs の平均的な赤外光度の 2σ 上限値は、 $L_{\text{IR}} \sim \times 10^9 L_{\odot}$ と極めて暗いことがわかった。対応する星形成率は $\text{SFR}_{\text{IR}} \lesssim 1.2 M_{\odot}/\text{yr}$ となり、 $\text{SFR}_{\text{IR}}/\text{SFR}_{\text{UV}} \lesssim 1$ に相当する。本サンプルの UV slope に Meurer+99 の local starburst の吸収曲線を適用して推定した赤外光度は、過大評価になることがわかった。さらに、紫外に対する光度比 $\text{IRX} = L_{\text{IR}}/L_{\text{UV}} \lesssim 1.5$ ($A_{1500} \lesssim 0.9$) と低く、Ly α 光子の脱出率は $0.23 \lesssim f_{\text{esc}} \lesssim 0.43$ と高く、同時代の平均的な値 (Burgarella+13, Hayes+11) とかけ離れており、むしろ $z \sim 5, 6$ の値に近い。 $z \sim 5, 6$ では、明るい銀河も含む多くの銀河が LAEs だが (Stark+11)、ダスト形成が進んだ $z \sim 2$ では、LAEs になりえるのは、 $\text{IRX} \lesssim 1$ の暗い銀河 (本サンプルの平均は $M_{1600} \sim -18.3$) に偏る。今回の結果から推定されるサブミリ銀河のフラックスは非常に暗く、波長 1.2mm で 0.01mJy 以下である。従って、現在得られている最も深い ($\sim 0.1\text{mJy}$) サブミリ銀河の銀河計数にもほとんど含まれていないと考えられる。本講演では、nebular emission 入りの SED fitting から得られる物理量も合わせて、LAEs の性質について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

X28a **Close Comparison between Observed and Modeled Ly α Lines**

橋本拓也, 大内正己, 嶋作一大, 澁谷隆俊, 小野宜昭 (東京大学), 中島王彦 (国立天文台), Anne Verhamme, Daniel Schaerer (ジュネーヴ天文台), Michael Rauch (カーネギー研究所)

遠方小質量銀河 Ly α 輝線銀河 (LAE) で強い Ly α 輝線を放射する機構はまだ十分に理解されていない。これまで我々は、世界最大の $z \sim 2.2$ LAE サンプルを利用し、ガス運動・ガス電離状態・形態について調べると共に、Ly α 放射機構との関係を探ってきた。これらの総合的な解釈は、LAE は小さな中性水素ガス柱密度 (N_{HI}) を持つため Ly α を放射しやすいというものである。しかし遠方銀河の N_{HI} を直接測定することは困難なため、上記解釈を具体的に検証することは不可能である。そこで本研究は、過去に我々が Ly α 輝線に加えて星雲輝線 (H α など) を同時分光検出した計 13 天体の $z \sim 2.2$ LAE に対し、3次元 Ly α 輻射輸送コード McLy α (Verhamme et al. 2006) を適用することで、間接的に中性水素量を推定した。本コードは、星間ガスを特徴づける ガスの運動速度・ N_{HI} ・ダスト量・温度 パラメータと、Ly α 放射源を特徴づける 放射源の赤方偏移・intrinsic な Ly α 輝線の太さ (FWHM(Ly α)_{int.}) というパラメータを持つ。特に本サンプルは、独立した観測結果からガスの運動速度 (一部天体)・ダスト量が推定されており、後者 2 パラメータも星雲輝線から既知である利点を持つ。この結果、8 天体で Ly α プロファイル及び複数の観測量を再現する結果が得られた。得られた代表的な N_{HI} は 10^{19}cm^{-2} であった。一方で残り 5 天体では、Ly α プロファイルを再現するには通常考えられないほど大きい FWHM(Ly α)_{int.} ($\geq 500 \text{ km s}^{-1}$) を必要とする問題点があった。この 5 天体に共通するのは、Ly α プロファイルが通常のピークに加え 1216 Å より短波長側にもう 1 つ blue-bump を持つことである。本講演では、最初の 8 天体について得られた N_{HI} を考察し、後者 5 天体について blue-bump 形成過程を理論観測の両面から考察する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X29a 広域探査に基づく $z \sim 2$ における星形成銀河の HOD 解析

石川将吾（総合研究大学院大学）、柏川伸成、浜名崇（国立天文台）、利川潤、尾上匡房（総合研究大学院大学）

本講演では $z \sim 2$ の星形成銀河におけるクラスタリング解析による結果から得られたクラスタリング強度やダークハロー質量、およびその進化について議論する。すばる望遠鏡による本研究独自の撮像データと日本国内外のアーカイブデータを活用することで、およそ 5 平方度に及ぶ過去最大の領域に g_zK 選択法を適用し、 $K < 23.0$ で 41,112 個もの $z \sim 2$ における星形成銀河 ($sgzK$ 銀河) を得ることに成功した。まず、 $sgzK$ 銀河の二体角度相関関数を高い精度で求め、クラスタリング強度が明るさに依存するという過去の結果を確認したことは 2014 年春季年会で報告したとおりである。次に、 $sgzK$ 銀河の二体角度相関関数が高い S/N 比で求められたため HOD 解析を行い、ダークハロー質量や銀河数期待値といったサンプルが存在するホストハローの詳細について調べた。得られた二体角度相関関数は小スケールでべき乗関数からの明らかなずれが確認され、1-ハロー項と 2-ハロー項で定式化された HOD モデルと良く近似されることが示された。さらに HOD 解析から評価したダークハロー質量と K バンド等級と $z - K$ のカラーから推定した星質量を用いて $z \sim 2$ における星質量・ダークハロー質量比を求めたところ、大質量ハローの方がこの質量比が小さくなり、星形成効率が悪くなるという $z=0$ での結果が $z \sim 2$ においても成り立つということが明かとなった。HOD 解析により詳細に求められたダークハロー質量を用いて、 $sgzK$ 銀河のホストハローの質量とその進化モデルとして近傍の SDSS 銀河や遠方のライマンブレイク銀河のダークハロー質量の比較も行った。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X30a UltraVISTA を用いた赤方偏移 $z \sim 2$ における passive 銀河の星質量関数

市川あき江, 鍛冶澤賢, 谷口義明, 塩谷泰広, 小林正和, 長尾透 (愛媛大学), 古澤久徳 (国立天文台), UltraVISTA チーム

銀河進化を理解する上で、銀河がいつどのように星形成を止めたのかを知ることは大変重要である。銀河は大まかに、星形成活動が活発な star-forming 銀河と、星形成が終わり古い星で構成される passive 銀河とに分けることができる。特に、星形成の止まった passive 銀河の星質量関数 (各星質量をもつ銀河の個数密度) の進化に注目することで、いつ、どの程度の星質量を持つ、どれ程の数の銀河が星形成活動を止めたのかを調べることができる。先行研究から、 $\sim 10^{11} M_{\odot}$ の星質量を持つ passive 銀河は $z \sim 2$ から 1 にかけて個数密度が急激に増加していることが分かっている。しかし、passive 銀河は star-forming 銀河に比べ質量光度比が大きいため、高赤方偏移における低質量の passive 銀河ほど観測が難しく、低質量の passive 銀河の星質量関数の進化は明らかになっていない。そこで本研究では、広視野で深い近赤外領域のデータである UltraVISTA のデータと、すばる望遠鏡 Suprime-Cam による非常に深い z' バンドデータを用いることで、COSMOS 天域における $z = 1.5 - 2.0$ の銀河の星質量関数を低質量側まで求めた。色選択法を用いて、 $z = 1.5 - 2.0$ の passive 銀河と、星形成が終わったばかりで A 型星からの光が卓越している post-starburst 銀河をそれぞれ選び出し、各々の星質量関数を求めた。得られた passive 銀河の星質量関数は、 $\sim 10^{11} M_{\odot}$ で個数密度のピークを持ち、それより低質量側では低質量の銀河ほど個数密度が小さくなっていた。一方 post-starburst 銀河の星質量関数の低質量側での傾きは passive 銀河よりもフラットであることが分かった。これらの結果から、 $z \sim 2$ の時代以降低質量の passive 銀河は急速に増え始めようとしていることが示唆された。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X31a **How galaxies were formed in a over dense region in the early universe?
: Deep Jansky VLA S-band view of dusty starburst galaxies in a proto-
cluster at redshift $z=2.5$**

Minju Lee(University of Tokyo), Ryohei Kawabe, Daisuke Iono(NAOJ), Kotaro Kohno, Yoichi Tamura, Kenta Suzuki(University of Tokyo), Bunyo Hatsukade, Tadayuki Kodama, Ichi Tanaka, Kenichi Tadaki, Kouichiro Nakanishi, Soh Ikarashi(University of Tokyo / ESO), Junko Ueda(NAOJ), Hideki Umehata, Toshiki Saito(University of Tokyo)

We report the recent results on observations of proto-cluster around radio galaxy 4C23.56, using our JVLA (2-4 GHz) deep continuum data sets. Our narrow band survey of H-alpha emitters(HAEs) with Subaru/MOIRCS has revealed that this proto-cluster has an overdensity exceeding 5 times bigger than blank fields. This proto-cluster is likely a progenitor of a present-day cluster of galaxies. AzTEC/ASTE deep 1.1 mm imaging and PdBI 1.8 mm high-resolution observations followed them up, disclosing overlaps of submm galaxies(SMGs) and HAEs. This implied the heavily dust-obscured starbursts, although the redshifts of SMGs were poorly constrained. Uncertainties on star formation rates(SFRs) of each galaxies and the associations of SMGs hindered translations of environmental effects on galaxy formation in the proto-cluster. Our μ Jy-JVLA deep continuum observations elucidate solutions on these questions. We achieved subarcsec resolution ($\sim 0.7'' \times 0.7''$) with $\sim 4\mu$ Jy rms level in the central region where the datasets were terribly affected by radio frequency interferences(RFIs). We will report the latest results of the observations with implications of galaxy formation in an over-dense region.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X32a 銀河形成の最盛期前夜 ($z > 3$) における [OIII] 輝線銀河の物理的性質

鈴木智子 (総合研究大学院大学), 児玉忠恭, 但木謙一, 林将央 (国立天文台), 小山佑世 (ISAS/JAXA), 田中壱, 美濃和陽典 (ハワイ観測所), 嶋川里澄, 山元萌黄 (総合研究大学院大学)

宇宙の大局的な星形成活動がピークを迎えた赤方偏移 2 から 3 の時代は銀河形成・進化の最盛期にあたり、現在までに数多くの研究がなされてきている。そしてその最盛期の前夜とも言える $z \sim 3 - 3.6$ の時代は、そもそも何故 $z \sim 2 - 3$ で銀河形成がピークを迎えたのかを理解する上で鍵を握る、非常に重要な時代であると言える。すばる望遠鏡の近赤外線撮像装置 MOIRCS と多数の挟帯域フィルターを用いて行われた遠方の星形成銀河探査プロジェクト (Mahalo-Subaru; Kodama et al. 2013) では、 $z \sim 2.5$ までの $H\alpha$ 輝線銀河の大規模な探査が行われた。これらの観測ではターゲットとなる $H\alpha$ 輝線銀河だけではなく、異なる赤方偏移に存在するその他の輝線銀河も同時に観測され、SXDF-CANDELS フィールドにおいては $z \sim 3.2$ と $z \sim 3.6$ にある [OIII] 輝線銀河があわせて 40 天体ほど観測されている (Tadaki et al. 2013)。

本研究では、 $z > 3$ の時代の星形成銀河がどのような物理的特性を持っているのかを明らかにするために、これらの [OIII] 輝線銀河に着目し、それらの星質量や星形成率といった基本的な物理量を調べた。また、HST による観測で得られた画像から個々の銀河の形態を調べ、それらのサイズの見積もりを行った。その結果、[OIII] 輝線銀河が示す星質量-星形成率関係は $z \sim 2$ の $H\alpha$ 輝線銀河に見られるよりも高い比星形成率を示す傾向にあること、形態に関しては比較的コンパクトなものが多く、クランピーな構造を持つものはあまり見られないことなどが分かった。本講演では、これらの結果を報告するとともに、サンプル選択による影響を考慮した上で $z > 3$ の星形成銀河が $z \sim 2$ のものに比べてどのような性質、関係になっているかを示し、両者の進化経路について議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X33a **UltraVISTA DR2**

谷口義明, 鍛冶澤賢, 市川あき江 (愛媛大学), UltraVISTA チーム

UltraVISTA は ESO の VISTA 望遠鏡 (口径 4m の近赤外線サーベイ専用望遠鏡) による近赤外線ディープサーベイ・プロジェクトである (概要及び DR1 [Data Release 1] については McCracken et al. 2012, A&A, 544, A156 を参照)。観測天域はハッブル宇宙望遠鏡の『宇宙進化サーベイ (COSMOS プロジェクト: Scoville et al. 2007, ApJS, 172, 1)』の天域内に設定されており、次の 3 種類のサーベイが行われてきている。[1] ディープサーベイ (1.5 平方度、観測時間 = 212 時間)、[2] ウルトラ・ディープサーベイ (0.73 平方度、観測時間 = 1408 時間)、及び [3] 狭帯域フィルターサーベイ (天域はウルトラ・ディープサーベイと同じ、観測時間 = 180 時間)。使用されているフィルターは広帯域が Y、J、H、及び K_s、狭帯域は NB1185 (ライマン redshift は $z=8.7$) である。観測は現在も進行中であるが、2014 年 1 月 (チームメンバーへの公開は 2013 年 11 月) に DR2 が公開されたので、本講演では DR2 の概要について報告する。

DR2 で公開されたデータの積分時間は Y、J、H、K_s、及び NB1185 でそれぞれ 53.2 時間、34.9 時間、29.4 時間、81.6 時間、及び 22.8 時間であり、限界等級 (AB、5、2") は 25.4、25.1、24.7、24.8、及び 23.6 (誤差は NB1185 については 0.2 等であるが、他の 4 バンドでは 0.1 等) である。また、PSF サイズは全バンドで 0.8" である。UltraVISTA チームでは DR2 のデータに基づいて研究を進めてきているので、それらについて紹介する。また、今後の DR の予定についても言及する。UltraVISTA は地上望遠鏡を用いた近赤外線のサーベイとしては、最も広域で、限界等級の深いプロジェクトなので、是非皆様にもご利用頂ければと考えている。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

X34a Photometric Redshifts with Bayesian Priors on Physical Properties of Galaxies

田中賢幸 (国立天文台)

測光的赤方偏移は銀河進化のみならず、重力レンズを用いたダークエネルギー探査のような観測的宇宙論でも重要なツールである。測光的赤方偏移にはいくつかの手法があるが、本講演では我々の開発した新しい手法を紹介する。

現在までの観測的研究により、銀河の星質量・星形成率・ダスト吸収量といった銀河の基本的な性質の間の相関はおおまかに理解できている。そこで、その知識を事前確率として spectral energy distribution (SED) fitting から得られる likelihood にベイズ統計に従い叩きこむ、という手法を開発した。これは実質的には、SED テンプレートの物理パラメタを現実的な幅に制限する、ということに対応し、多色空間での赤方偏移の縮退を緩めるのに有効である。

こうして計算された測光的赤方偏移は、非常に高い精度を出すことが分光赤方偏移との比較でわかった。この手法では、推測される (そして銀河研究に使われる) 銀河の物理パラメタにバイアスが入ることが当然のように懸念されるが、実はそれは SED fitting 一般につきまとう系統誤差よりも十分小さい。この手法は現在観測が進んでいる Hyper Suprime-Cam Survey で活用される予定である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X35a TMT-AGE:多天体面分光で探る遠方銀河

秋山正幸(東北大), 大野良人(東北大), 大屋真(国立天文台), 他 TMT-AGE チーム

我々は TMT の次世代観測装置として多天体補償光学に基づいた多天体面分光観測装置 TMT-AGE (TMT-Analyzer for Galaxies in the Early universe) を提案している。この装置は直径 10 分角という広視野の中に存在する 20 個程度の天体を多天体補償光学で同時に補償しながら面分光観測する装置である。シミュレーションからは直径 5 分角の視野においては回折限界に近い補償性能 (H バンドで $0.05'' \times 0.05''$ に 50% の光が入る) を達成し、直径 10 分角の視野においても $0.2''$ の開口にシーイングリミットに比べて 2.5 倍の光が入るという性能を達成する、と予想される。本講演ではこの観測装置の 2 つの科学目標、(1) 赤方偏移 1-5 の銀河の内部構造の赤方偏移進化を明らかにする、(2) 赤方偏移 5 を超える銀河の星形成の様子を明らかにする、について予想される検出限界を元に具体的にどのような観測が期待されるかを議論する。

(1) の科学目標に対しては高空間分解能で銀河の内部構造を分解した観測が重要となる。空間的に広がった輝線に対する検出限界は K バンドで $0.05'' \times 0.05''$ の開口あたり $3.6 \times 10^{-20} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ (10 時間、SN=10、R=3,000 で分解されない場合) と予想される。 $z=2.5$ の銀河に対して K バンドに赤方偏移した $H\alpha$ 輝線の観測を想定する場合、この検出限界は開口あたり $0.01 M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ の星形成率に相当する。

(2) の科学目標に対しては銀河の積分スペクトルに対して高感度の観測を行うことが重要となる。 $z > 5$ の銀河でも TMT の回折限界に対しては十分な広がりを持ち、積分スペクトルに対しては「そこそこの」補償を行って $0.2''$ 程度の開口で観測することで高感度の観測が出来る。この場合の検出限界は広がった銀河 (有効半径 $0.1''$) に対して J バンド 25.5AB 等の検出限界 (10 時間、SN=10、R=3,000 を R=500 にビニング) と推定される。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

X36a 弱い重力レンズ効果を用いた銀河の星質量直接測定の可能性

小林将人 (名古屋大学), Alexie Leauthaud, Surhud More (KavliIPMU)

銀河形成・進化を評価するにあたって、銀河の星質量は基本的な物理量である。星質量の測定には、SED, stellar dynamics, 強い重力レンズ効果などの方法がある。今回我々は、これら以外の質量直接測定方法である弱い重力レンズ効果に着目した。弱い重力レンズ効果のシグナルは、天球面上に射影した2次元の質量分布を反映する。銀河個々の周囲でこの2次元質量分布は、銀河を包含するハロー (暗黒物質) が支配的であるが、銀河から数十 kpc のスケールでは銀河が持つバリオン質量が支配的である。(我々はこの寄与が等しくなる場所を、レンズ銀河からの距離 R_{eq} と名付けた。) 従ってこの R_{eq} より小さいスケールで弱い重力レンズ効果を測定できれば、銀河のバリオン質量、特に星質量を直接推定することが可能となる。弱い重力レンズ効果は、質量を算出したい銀河 (レンズ銀河) の周囲に見えている複数の背景の銀河 (背景銀河) について、形状がどの程度歪んでいるかを解析しその情報を重ね合わせることで評価される。しかしレンズ銀河の近傍では背景銀河が少ないため、先行研究では大質量の楕円銀河などごく限られた対象でのみ星質量の推定に成功している。

本研究では、今後の大規模サーベイがもたらす統計精度向上から、広範な赤方偏移・幅広い星質量の銀河について、その星質量を弱い重力レンズ効果から直接推定する可能性を検証した。この検証には、 R_{eq} の推定など解析的に予測可能な要素と、解析的予測が困難な要素がある。我々は後者の要素の中でも、見かけ上他銀河と重なっていることで形状測定をできない背景銀河がどの程度存在するかについて、ハッブル宇宙望遠鏡 ACS のデータを利用して考慮した。その結果として、本年3月から稼働を始めたすばる望遠鏡 HSC および将来観測である Euclid など、SN 比2程度の星質量推定を達成できるという展望を得たので、本発表ではこれを紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

X37a おおかみ座I分子雲方向に偶然検出された極高光度サブミリ波銀河の性質

田村陽一 (東京大学), 川邊良平, 西合一矢 (国立天文台), 島尻芳人 (CEA), 塚越崇 (茨城大学), 谷口暁星, 河野孝太郎 (東京大学), 中島康 (一橋大学), 大朝由美子 (埼玉大学), 富田賢吾 (Princeton), D. Wilner (Harvard-Smithsonian CfA), C. Chandler, R. Dickman, M. Goss (NRAO), M. S. Yun (UMass)

我々は、おおかみ座I分子雲 (4 平方度) に対する AzTEC 1.1 ミリ波カメラと ASTE サブミリ波望遠鏡を用いた星なしコア探査中に偶然同定された、2つの極高光度サブミリ波銀河 MMJ1545 および MMJ1541 の検出を報告する。これらの2天体は、これまで AzTEC 深宇宙探査で検出された約 1000 個のサブミリ波銀河 (典型的に $S_{1.1\text{mm}} \sim 3 \text{ mJy}$) のなかで最も明るい ($S_{1.1\text{mm}} = 43.9, 27.1 \text{ mJy}$; 遠赤外線光度 $L_{\text{FIR}} \simeq 1 \times 10^{14} L_{\odot}$)。うち MMJ1545 に対するサブミリ波干渉計 SMA を用いた高分解能観測では、 $890 \mu\text{m}$ および 1.3 mm 対応天体を高い位置精度 ($0.1''$) で同定することに成功した。中間赤外線 (Spitzer/MIPS, $24 \mu\text{m}$) からセンチ波 (JVLA, 6 cm) にいたるデータを用いた測光的赤方偏移は、それぞれ $z \simeq 4, 3$ である。また、両天体にはそれぞれ $0.9'', 3''$ 離れた位置に低赤方偏移の楕円銀河と推定される近赤外線天体が付随しており、これらのサブミリ波銀河の見かけの光度はこの楕円銀河による重力レンズ増光によるものと考えられる。高光度側 ($S_{1.1\text{mm}} > 25 \text{ mJy}$) の 1.1 mm 波銀河計数は $N(> S) = 0.70 \pm 0.35 \text{ deg}^{-2}$ であり、これは強い重力レンズ増光を考慮した銀河形成モデルとよく一致することがわかった。赤方偏移が3を超えるサブミリ波銀河と銀河系内分子雲の初期段階の原始星 (first hydrostatic core) の中間赤外線-ミリ波の測光的性質と空間構造 ($\geq 1''$) は意外にも類似しており、両者の区別には可視光からセンチ波にいたる広範囲の測光と分光観測による距離推定がきわめて重要である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X38a ALMA アーカイブデータを用いたミリ波分子輝線銀河の検出

山口裕貴 (東京大学)、河野孝太郎 (東京大学)、田村陽一 (東京大学)

本研究では ALMA アーカイブデータを用いた手法によるミリ波輝線銀河の検出を報告する。近年の研究により宇宙の星形成率密度の変遷が明らかになりつつあるが、次なるステップとして、無バイアスなミリ波分子輝線銀河の探査による分子ガス質量の変遷を調べるのが不可欠である。本研究では重力レンズ領域である銀河団 Abell 1689 ($z = 0.1832$) の ALMA アーカイブデータを用いて、ミリ波分子輝線銀河探査を行なった。使用したアーカイブデータは ALMA cycle 0 で行なわれた band 6 (230 GHz 帯) による観測で、広さはおよそ 5 平方分にわたり深さは連続波で $\sigma = 90 \mu\text{Jy}/\text{beam}$ を達成している。速度分解能を変えた 3 次元データを作成し、clumpfind による天体抽出を行ったところ、観測周波数 241.03 GHz 付近におよそ 3σ で輝線天体を検出した。再解析後は約 30 km/s の速度分解能で $\sigma = 2.5 \text{mJy}/\text{beam}$ を達成している。輝線天体位置に HST/ACS および WFPC3 イメージで可視・近赤外線対応天体を同定した。HST 対応天体の測光値から推定される測光的赤方偏移は、 $z_{\text{phot}} = 0.853^{+0.045}_{-0.241}$ となり、この輝線は CO(4-3) である可能性が高いことが分かった。重力レンズによる増光率 $\mu = 4.3$ を考慮すると、検出した輝線は $S\Delta v = 208 \pm 76 \text{ mJy km/s}$ 、FWHM = $138 \pm 38 \text{ km/s}$ であり、この天体の分子ガス質量は近傍の星形成銀河 M82 と同等の $(7.3 \pm 0.3) \times 10^8 M_{\odot}$ と推測される。このような種類の天体を検出したことは、本研究が提案する手法が無バイアスなミリ波分子輝線探査に有用な手段であることを示し、今後我々が計画する輝線天体の大規模探査にとっても非常に有意義なものであるといえる。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

X39a **ALMA imaging survey for $z \gtrsim 4-5$ 1100- μm -selected galaxy candidates**

Soh Ikarashi, Rob J. Ivison (ESO), Karina I. Caputi (University of Groningen), Kotaro Kohno, Kentaro Motohara, Yoichi Tamura, Hideki Umehata, Takuma Izumi (University of Tokyo), Kouji Ohta (Kyoto University), Ryohei Kawabe, Daisuke Iono, Kouichiro Nakanishi, Bunyo Hatsukade, Kiyoto Yabe (NAOJ), James S. Dunlop (ROE), David H. Hughes, Itziar Aretxaga (INAOE), Grant W. Wilson, Min S. Yun (UMASS)

We present the initial result of ALMA 1100- μm imaging of 30 Herschel/VLA-faint AzTEC sources in the SXDF/UDS carried out in ALMA cycle-1. We selected 30 AzTEC sources among 281 AzTEC sources by using deep VLA 21 cm, and Herschel 100-500- μm data, aiming to reveal the nature of these ‘submm-radio-faint’ 1100- μm -selected galaxies which are expected to be dusty starburst galaxies at $z \gtrsim 4$. The resultant ALMA images achieve a sensitivity of 70-88 $\mu\text{Jy}/\text{beam}$, $\gtrsim 6$ times better than that of the AzTEC/ASTE observation, and achieve a synthesized beam size of $0''.4-0''.7$ (FWHM), $\gtrsim 2000$ times better than that of AzTEC/ASTE map. We find 35 ALMA continuum sources ($\geq 5\sigma$; $L_{\text{IR}} = 0.4-3.5 \times 10^{12} L_{\odot}$) in total, and 25/30 (=83%) of the ‘submm-radio-faint’ AzTEC sources have at least one significant ALMA continuum source. Deep Optical /Near and Mid infrared data indicate that at least 13/35 (=37%) can be located at $z \gtrsim 4-5$. The baseline lengths of our ALMA data range up to 1200 k λ for 10 AzTEC sources (and up to 400 k λ for remaining 20 sources). We find that all of the 16 bright ALMA/AzTEC sources with ≥ 1 mJy and $\geq 10 \sigma$ detection are resolved, and the median size is ($0''.2$, FWHM). These can be progenitors of the most massive galaxies in the local Universe.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X40a 高赤方偏移クェーサー母銀河の星間ダスト進化と減光曲線

野沢貴也 (国立天文台)、浅野良輔、竹内努 (名古屋大学)、平下博之 (台湾中央研究院)

赤方偏移が4以上のクェーサーの減光曲線は、低赤方偏移のクェーサーのものとは異なることが知られている。減光曲線はその視線方向上に存在するダストの組成やサイズ分布に依存するため、この減光曲線の違いは宇宙初期の星間ダストの性質や生成史が近傍のものと異なっていることを示唆する。その一方で遠赤外線やサブミリ波の観測は、高赤方偏移クェーサーの母銀河に大量のダストが存在することを示す。ダスト進化モデルの多くは、この観測されたダスト量を説明するには、我々の銀河系と同様に分子雲中でのダスト成長が支配的なダスト生成過程でなければならないと指摘する。それゆえもしこの指摘が正しければ、高赤方偏移クェーサーの特異な減光曲線は、必ずしもダストの性質・生成史の違いを反映するということにはならない。

従来のダスト進化モデルでは、ダストのサイズ分布として一般に単一サイズを仮定している。しかしながら、ダストの成長・破壊効率はサイズ分布に強く依存し、サイズ分布は時間とともに大きく変化する。それゆえ、星間ダストの生成・進化史をより正確に評価するためには、ダストのサイズ分布の進化を適切に取り扱う必要がある。

本研究では、近年我々が構築した星間ダストのサイズ分布進化モデルに基づき、高赤方偏移クェーサーで観測された減光曲線と大量のダストの存在を同時に説明できるかどうかを検討した。その結果、星間空間中の分子雲の割合、すなわち分子雲中での重元素の降着によるダスト成長とダスト同士の付着合体の効率が近傍のものよりずっと高ければ、このような若い系で観測されたダスト質量と減光曲線を矛盾なく説明できることがわかった。分子雲の高い割合は、高赤方偏移のクェーサーの非常に高い星形成率やCOの観測から推定された水素分子の存在量からも支持される。我々はまた、高・低赤方偏移における炭素質ダストの性質の違いについても議論する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X41a $K - [3.6]$ 赤銀河の性質： $z > 5$ の大質量銀河候補

馬渡健, 山田亨 (東北大学), Jiasheng Huang, Giovanni Fazio, Matthew Ashby (Smithsonian Astrophysical Observatory)

現代天文学において極端に赤い色を持つ銀河サンプルは興味深い情報を与え続けている。赤いカラーで選ばれる銀河種族としてはERO($R-K > 5$)やDRG($J-K > 2.3$)などがよく知られているが、それらは主にバルマー/4000Åブレイクが発達した受動進化期の銀河とダストで覆われた星形成銀河という物理性質が異なる二種類の銀河を含む。我々はこれらのセレクションをより長波長側へ拡張し、 $K - [3.6] > 1.3$ という極めて赤い色を持つ銀河の性質を調べた。探査領域であるSEDS/UDS領域では0.34平方度という広視野に渡って、 $K = 24.5$, $[3.6] = 25.4$ (AB, 5σ)という深い赤外データが利用可能であり、より高赤方偏移もしくは希少種族の天体まで検出されることが期待される。 $K - [3.6] > 1.3$ を満たす38天体に対して可視から近赤外波長域でSEDフィッティング解析を行った所、このサンプルの中には $z > 5$ のポストスターバースト銀河(星形成活動を止めてから0.3Gyr以上)/低赤方偏移のダストで赤い銀河/ $z > 5$ の輝線銀河/AGNの異なる四種類の銀河が含まれる事が判明した。38天体の中で16天体は $24\mu\text{m}$ バンドで検出があり、AGNと $z = 2-3$ のダスト銀河であった。中間赤外よりも長波長側での検出が無い22天体については、個別天体の解析から種族を絞り込む事が出来なかったためスタッキング解析を行った。その結果、 $[3.6] - [4.5]$ ($z > 5$ でバルマーブレイクの長波長側に相当)で青い色を持つ5天体は、 $z > 5$ のポストスターバースト銀河を含む可能性が高い事が示唆された。 $z > 5$ のポストスターバースト銀河はこれまで観測されてこなかった新種族であるが、近年見つけ始めているダストで覆われた爆発的星形成銀河と進化系列の上で結びつける事が出来ると我々は考えている。本講演ではこれらの結果の詳細について議論を行う。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

X42a **Probing cosmic re-ionization with gamma ray burst 130606A at $z \sim 5.91$**

Tomotsugu Goto (National Tsing Hua University), O. E. Hartoog, D. Malesani, J. P. U. Fynbo, and VLT/Xshooter team

Understanding the cosmic re-ionization is one of the key goals of the modern observational cosmology. The bright UV continuum of high-redshift QSOs have been used as a background light source to probe the cosmic re-ionization since it is absorbed by neutral hydrogen. However, the original QSO continuum was difficult to be fit, and thus have been the largest source of uncertainty. We present the first gamma ray burst used for Gunn-Peterson re-ionization test. With one of the quickest follow-up observation using VLT/X-shooter, we obtained high S/N spectrum of a gamma ray burst 130606A. Our measurements have much smaller uncertainty than QSOs because of relatively flat, and simple synchrotron emission continuum of GRB afterglows.

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X43a Hubble Frontier Fields 観測に基づく星形成銀河の電離光子脱出率への制限

石垣真史, 川俣良太, 大栗真宗, 大内正己, 嶋作一大, 小野宜昭 (東京大学)

宇宙再電離は、主に星形成銀河がもたらす電離光子により引き起こされたと考えられているが、星形成銀河からの電離光子脱出率のメカニズムはよくわかっていない。さらに $z \sim 8$ で紫外線絶対光度が-19 等級より暗い星形成銀河の個数密度についてはほとんど制限が付いておらず、星形成銀河がもたらす電離光子数を見積もる上で大きな不定性となっている。そのような暗い星形成銀河を観測するプロジェクトとして、2013年10月から Hubble Frontier Fields (HFF; J. Lotz et al.) による6つの銀河団領域の深撮像探査が始まった。銀河団背後にある遠方銀河は重力レンズ効果によって増光されるため、HFF では従来の探査より暗い星形成銀河を検出することが可能になる。本研究では HFF のデータを用いて $z \sim 6 - 8$ の星形成銀河の光度関数を絶対等級にして-17 等級まで求め、これまでの研究で得られた光度関数や CMB の観測から得られるトムソン散乱の光学的厚みの結果と合わせ、宇宙再電離について詳細な解析を行った。その結果、星形成銀河がもたらす電離光子だけで再電離が起きるとすると電離光子脱出率は 1σ レベルで4%以上、80%以下だとわかった。以上の結果はこれまでに観測が終わった銀河団 Abell 2744 のデータによるものだが、講演では現在観測を行っている MACSJ0416.1-2403 と付随するパラレルフィールドのデータの一部も加えた結果を示したい。これにより星形成銀河の光度関数に対しより強い制限を与え議論を行う。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

X44a 重力レンズで探る高赤方偏移銀河のサイズ進化とそのダークハロー依存性

川俣良太, 石垣真史, 大栗真宗, 嶋作一大, 大内正己 (東京大学)

高赤方偏移の銀河の性質や、現在の銀河に至るまでの銀河進化の過程を追うためには、銀河のサイズや形態の進化を知ることが重要となる。銀河のサイズや形態は、光度や色に比べて星質量や角運動量などの力学的物理量に直接結びついており、それらと相補的な情報をもたらすからである。サイズや形態とは、UV 連続光での半光度半径とそれでの形態を指す。我々はこれまでに、Hubble Frontier Fields (PI: J. Lotz) の1つ目の銀河団である Abell 2744 のデータを用いて、重力レンズ効果を利用した $z \sim 7-8$ の銀河のサイズ測定を行い、サンプルを既存の研究 (Ono et al. 2013) から倍増させて、それらの銀河の性質を研究してきた (2014 年春季年会 X15b 参照)。

今回は新たに、銀河と銀河の性質を強く決定づけるダークハローとを定量的に結びつけた議論を行った。 $z \sim 7-8$ の銀河のダークハロー質量は、最近の研究 (Behroozi et al. 2013) で経験的に求められた。その結果を用いると、 $z \sim 7-8$ の銀河の光度とダークハローのピリアル半径を結びつけることが可能となる。 $z \sim 7$ と 8 それぞれで、銀河の平均サイズは 4.8kpc, 5.8kpc、ダークハローの平均サイズは 19.4kpc, 16.0kpc であった。我々は、初めて銀河のサイズとダークハローのサイズの進化を定量的に比較し、 $z \sim 4-8$ の間でサイズ比が一定の 3.5% で進化していることを明らかにした。サイズ進化の理論 (Mo et al. 1998) と組み合わせると、銀河とダークハローの質量比、角運動量比、ダークハローのスピンパラメータの3つの物理量の進化に制限を与えられる。

現在、2つ目の銀河団である MACSJ0416 の観測が、9月上旬の完成に向けて段階的に進行中である。この銀河団領域のサンプルも追加することで、より高い統計的精度で議論を行える。本講演では、より統計精度が高いサンプルを用いて、銀河とダークハローのサイズ比の進化を中心とした議論を行う。

[セッションのトップに戻る](#)[スケジュールに戻る](#)

【Y. 天文教育・他】

9月11日(木)午前(11:00-12:36) [C会場]

Y01a	11:00	「天文教育・その他」の論文はどこに投稿すればよいのか?(II) 縣 秀彦(国立天文台)
Y02a	11:12	「宇宙を学べる大学」のデータで見る大学における天文研究者の変遷 沢 武文(愛知教育大学)
Y03b	11:24	全国の大学生を対象とした天文分野の理解度調査報告 大朝由美子(埼玉大学)
Y04b	11:24	海外の天文教育との比較と大学生の天文分野における意識調査 佐藤太基(埼玉大学)
Y05b	11:24	小学校の教員志望学生を対象にした「月の満ち欠け」の理解度調査 下井倉ともみ(東京学芸大学)
Y06a	11:36	星のソムリエのための「星空の文化に親しむ」講義要綱の改訂について 柴田晋平(山形大学)
Y07b	11:48	岡山理科大学での星空案内人資格認定講座について 福田尚也(岡山理科大学)
Y08c		学生を対象とした公募型宇宙企画の試み 九州大学の事例紹介 藤原智子(九州大学)
Y09b	11:48	地域の文化資源を活用したサイエンスコミュニケーション - 「スペースカフェ お茶の水」の取り組み 阪本成一(宇宙航空研究開発機構)
Y10b	11:48	金星の太陽面通過による1天文単位教材の作成 洞口俊博(国立科学博物館)
Y11a	12:00	ブラックホール研究から科学教育へのリンク 大西浩次(国立長野高専)
Y12b	12:12	スマートフォンアプリのソーシャル機能を用いた夜空の明るさ測定 亀谷和久(東京理科大学)
Y13b	12:12	ホームスターを用いたモバイルプラネタリウム投影 鈴木裕司(京都大学)
Y14b	12:12	JVO ポータル第二版:検索インターフェイスの改善 白崎裕治(国立天文台)
Y15b	12:24	分光器 LHIRES Lite と望遠鏡の接続アダプタの製作とその試用報告 竹内彰継(米子工業高等専門学校)

Y01a 「天文教育・その他」の論文はどこに投稿すればよいのか？(II)

縣 秀彦(国立天文台)、鴈野重之(九産大工)

2013年春季年会において、年会での「天文教育・その他」セッションでの講演数の推移と講演数全体に占める割合が増えていることを紹介した。それとともに、日本天文学会の論文誌 PASJ には、投稿論文種別に天文教育や天文アウトリーチ研究といったカテゴリーが無いため、すでに発表されている「天文教育・その他」講演の多くが学術論文としては完成していない懸念があること、およびその問題点を指摘した。

今回、「天文教育・その他」で発表された講演が、他の学会誌等に掲載された例および天文教育や広報・アウトリーチに関しての過去の学術論文掲載先を調査した。天文教育普及研究会誌「天文教育」の他、日本地学教育学会、日本科学教育学会、日本教育工学会、日本サイエンスコミュニケーション協会等の和文論文誌への論文掲載数や引用率を考慮すると、これらの論文や研究成果が分散されて発表されている現状は、研究の深化において大きな障害となっていることが予想される。このため、本講演では、天文教育やアウトリーチに関しての専用の天文教育・普及論文データベース構築の可能性とその効果について論じる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Y02a 「宇宙を学べる大学」のデータで見る大学における天文研究者の変遷

沢武文 (愛知教育大学)

これまで、1993年、1998年、2001年、2005年、2009年、2013年の6回にわたり「宇宙を学べる大学・天文学者のいる大学」のアンケート調査を実施し、その結果を紙媒体やホームページに公開してきた。これらのデータは、これから大学で宇宙を学びたいと考える高校生に、より正確なデータを提供する目的で整理されたものである。1993年、1998年は紙媒体で、2001年以降は紙媒体と共に、ホームページでも公開を行っている。

これらのデータは、大学や研究機関に対してアンケート（データの提供）を依頼し、回答のあったものだけを、原則、その回答のまま掲載している。ホームページ用のhtmlファイルや紙媒体用のtexファイルは、提供されたテキストデータを、Visual Basicで作成した専用のプログラムを用いて、ほぼ自動的に作成できるようにしてある。

1993年では83大学113機関295名、1998年では55大学68機関324名（総合研究大学院大学102名を含む）、2001年では58大学68機関273名、2005年では70大学87機関381名（総合研究大学院大学60名を含む）、2009年では80大学94機関423名（総合研究大学院大学63名を含む）、2013年では69大学82機関362名の研究者のデータ（氏名、研究テーマ）が掲載されている。これらのデータを用いることで、例えばある年にその大学からデータ提供がなく、「宇宙を学べる大学」のデータとして登録されていなくても、その前後に掲載されているその大学のデータから、その年のスタッフのメンバーを推測できることになる。ここでは、これらの6回の「宇宙を学べる大学・天文学者のいる大学」に記録された大学とそこでの研究者のデータを解析することで、大学における天文研究者数や研究テーマのこの21年間の変遷を明らかにし、それらの結果を報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Y03b 全国の大学生を対象とした天文分野の理解度調査報告

大朝由美子, 佐藤太基, 前原雄太 (埼玉大学), 塩田真彩 (埼玉大学/入間市立黒須小学校), 埼玉大学教育学部 / 大学院理工学研究科天文学研究室, 矢治健太郎 (国立天文台)

「太陽と月は何が違うか？」

毎日のように目にする最も身近な天体であるにも関わらず、明確に答えられない児童生徒が少なくない。太陽と月や銀河系を含む宇宙については、小学校4年、6年、及び中学校3年で取り扱う。特に、中学校の新学習指導要領には、「恒星については、自ら光を放つことや太陽もその一つであることを扱うこと。その際、恒星の集団としての銀河系の存在にも触れること」とあるが、地球より月が大きいと考えている大学生や、太陽系の外の宇宙について全く知らない大学生もいる。これは、(特に以前のカリキュラムにおいて) 学校現場で天文分野があまり取り扱われていないことが一つの原因であり、ひいては、子どもたちの科学的認識力を育成する立場にある小中学校の教員や、将来教壇に立つ教員志望の大学生の天文分野の自然認識形成の不足が問題といえるだろう。

この検証を目的として、全国の教育学部(教員養成系)の大学生、及び比較のために教員志望以外の理学部などの大学生を対象として、「太陽と月、天の川」の理解度についての調査を行った。全国27大学から協力を得て、2500人以上の大学生及び、新課程で学んでいる高校生約50人について回答が得られた。結果、太陽や月の分類については約1/4が不正解であり、光るメカニズムについては約1/3が正しく認識していないことが明らかになった。全ての回答を比較したところ、太陽が昇ってくる方角などの「位置天文学」の要素を含んだ分野に比べて、天体の物理的特徴を扱う「天体物理学的」要素については、正答率が低いことがわかった。本講演では、この調査を興味関心の度合い、文・理や高校地学選択の有無などから分析した結果や課題について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Y04b 海外の天文教育との比較と大学生の天文分野における意識調査

佐藤太基, 大朝由美子 (埼玉大学)

昨年、我々が行った全国 27 大学、約 2500 人に対する「太陽、月、天の川」の理解度調査の結果、位置天文学に比べ天体物理学の理解度が低い傾向が明らかになった。一方、現在の中学校天文教育のねらいには「身近な天体の観察を通して、地球の運動について考察させるとともに、太陽や惑星の特徴及び月の運動と見え方を理解させ、太陽系や恒星など宇宙についての認識を深める」(中学校学習指導要領解説 平成 20 年 9 月) と、明記されている。つまり、日本の中学校課程の天文教育は、位置天文学に関する内容が多く、天体物理や太陽系外の宇宙についてあまり教えられてきていない現状にあると考えられる。そこで我々は、① 日本の中学校理科教科書の天文分野の内容と海外の中学校段階における天文学の教科書の内容の比較、② 小中高理科教員を目指す埼玉大学教育学部理科専修の全学生約 180 人を対象として天文分野における意識調査(興味や苦手事項)、を実施した。調査の結果、① 日本の教科書に比べ海外の教科書では、太陽系内の内容に加え、星の一生、銀河、宇宙論や宇宙観の変遷等のより幅広い天文学の内容が扱われている事、② 将来理科教員を目指している学生の多くが位置天文分野に苦手意識を持つ一方で、星の一生などに興味を抱いている事がわかった。

本講演では、詳細な調査分析結果から現在の日本の中学校天文教育について考察するとともに、「観察と実験に基づいて理解を深める」という観点から、我々が行っている教員志望の大学生に対する教育の取り組み等を紹介する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Y05b 小学校の教員志望学生を対象にした「月の満ち欠け」の理解度調査

下井倉ともみ, 土橋一仁 (東京学芸大学)

本研究では、全国の教員養成系大学の小学校教員養成課程の理科専修以外の学生（非理科学生）を対象に、彼らの抱える理科指導に関する問題等を把握するための全国調査を行った。同時に、小学校理科で取り扱う「月の満ち欠け」の理解度についての調査も行った。日本各地の15大学の協力を得て、1815人の非理科学生から回答を得た（2014年天文学会春季年会で一部報告）。調査により、非理科学生は、小学校理科で取り扱う31項目の中で天体に関する内容『月と星』、『月と太陽』について教える自信が低いことが明らかになった。また、「月の満ち欠け」の理解度についての調査結果では、非理科学生の約80%がその仕組みを理解していないことが明らかになった。

そこで、その原因を探るために、月の満ち欠けの理解について非理科学生がどこでつまづいているのかを追試調査することにした。東京学芸大学の非理科学生138人を対象として月の満ち欠けについての実習を取り入れた授業実践を2時限かけて行った。授業実践後に彼らに月の満ち欠けについての理解度調査を再度行った。月の満ち欠けの仕組みを理解しているかどうか、手順を追って説明ができていないかどうか注目して彼らの回答を分類した。その結果、(a)十分な説明ができていない学生が20%、(b)一応及第点の説明ができていない学生が66%であり、(a),(b)をあわせて86%が満ち欠けの仕組みを理解し、説明ができるようになった。残りは、全く理解していない学生が8%、説明の中に「正午には月は新月となり、日没には半月になる」とあり、月の公転と地球の自転についての理解不足と思われる記述をする学生が6%いた。授業後にも理解できない学生は、空間的な認識力の不足が推測される。非理科学生に満ち欠けの仕組みについて理解させるためには、2時限分くらいの時間をかけて基本的な知識の伝授と、空間的に視点を切り換えて思考させる経験を積み重ねることが必要である。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Y06a 星のソムリエのための「星空の文化に親しむ」講義要綱の改訂について
柴田晋平, 甲田昌樹, 渡邊瑛里, 安藤享平, 熊谷美恵, 富田晃彦, 水谷雅寛, 藤原 智子, ほか星空案内人資格認定制度運営機構機構サポーター

星空案内人(星のソムリエ)資格認定制度カリキュラムのなかでは内容の精選がもっとも難しい科目の一つが、「星空の文化に親しむ」という科目であろう。内容が多岐におよぶので、定まった学問大系に沿うことが難しく、また、この分野の教材研究が少ないためである。星空案内や講座の現場の実情を考えると、現行の認定基準や教科書の内容はやや難しくレベル設定の見直しが必要であった。2012年の機構の誕生以来この科目の内容について、天文学史などの該当分野に詳しい講座講師や星のソムリエの意見を取り入れて機構で原案を作成し、毎年開いているシンポジウムでの議論を経て、内容の検討を重ねてきた。その結果、新しい要綱案がまとまったので紹介する。この科目の目的は、「星空や宇宙」と「人」との様々な関わりについて学ぶことによって星空案内を豊かにするために現場に必要な事項を学ぶことにある。以下の項目より構成されている：(1) 星・星座の呼び名とその起源, (2) 星・星座にまつわる神話、説話など, (3) 暦の仕組み, (4) 太陽・月、星にまつわる風俗・習慣, (5) 星占い, (6) 宇宙観の変遷。これらの項目はさらに小項目にわかれており、その小項目の中から各制度実施団体が選択して講座を開講する。ただし、以下の小項目は必須としている：現在使われている88星座の成立過程、旧暦の仕組み、太陽暦の仕組み。改訂にあたっては、この分野の研究の立場でなく、現実の星空案内活動で使うことを念頭に置いた。また、実際の受講生を想定した難易度にした。さらに、星空案内人制度のカリキュラム全体の中での整合性、この科目にかけることのできる時間数も考慮した。いろいろのエピソード、固有名詞の呼び方などには寛容の立場を取っている。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Y07b 岡山理科大学での星空案内人資格認定講座について

福田尚也 (岡山理科大学), 栗野諭美 (岡山天文博物館)

星空案内人(星のソムリエ)とは、星空や宇宙の楽しみ方を教えることができる人物として、星空案内人資格認定制度によって認定される資格である。天文学に興味がある人や宇宙を学ぶ人にとって、関心を集めている資格となっている。岡山理科大学では、2013年度より岡山天文博物館(浅口市)とともに実施団体として参加し、星空案内人資格認定講座を実施したので、その運用や特徴について紹介する。

岡山理科大学では、受講対象者を一般的な学生にせず、博物館の学芸員の資格取得を目指す学生で岡山天文博物館での博物館実習に参加する学生を対象とし、プラネタリウム館や科学館への就職を視野に入れる学生が星空案内人の資格を取得できるようにした。博物館実習に参加できる学生は、それまでに学芸員の資格取得に必要な博物館に関する講義科目の単位をすべて取得したものに限られる。加えて、博物館実習の実習地が岡山天文博物館となるものは、天文・物理系の学生に限られ、これによって少人数の教育が可能となっている。実際、2013年度の受講者は5名、2014年度の受講者は4名であった。これらの学生は天文系の研究室への配属を希望するものが多く、大学での4次元デジタル宇宙シアターの公開や地域の星空観望会のボランティアへの参加など星空案内人に向けてのフォローが行ないやすくなっている。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Y08c 学生を対象とした公募型宇宙企画の試み 九州大学の事例紹介

藤原智子, 片山千春, 鈴木右文, 花田俊也, 山岡均 (九州大学)

平成 23 年度より、九州大学では学内研究者による分野横断型宇宙教育活動「ペガサスプロジェクト」を開始した。活動の一環であり、学生の科学コミュニケーションの実践の場として、平成 25 年度後期より主として星空案内人(準案内人)資格取得者を対象とし、宇宙に関するイベント企画(天体観望会や出前授業など)を公募する「ペルセウスチャレンジ」という制度を新設した。この取り組みは、イベントを機に参加者に宇宙への理解を深めてもらうだけでなく、実施する学生のコミュニケーション能力やプレゼンテーション能力、企画力の向上も視野に入れている。

これまでのところ、ペルセウスチャレンジには 2 件の応募があり、いずれもペガサスプロジェクトの審査を経て採択された。企画の内容は 2 件とも、九州大学伊都キャンパスに設置されているペガサス天体望遠鏡(40cm カタディオプトリック式)を用いた一般向け観望会であった。スタッフは、九州大学の様々な学部・学科及び学年の学生が混合で構成され、ペガサスプロジェクトのメンバーがサポートを行う。最初に提案された 1 件は昨年 12 月に予定されていたが、雨天のため中止となった。次の 1 件は 7 月下旬に実施される予定である。

本講演では、ペルセウスチャレンジの紹介と実施報告及びその教育効果について発表する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Y09b 地域の文化資源を活用したサイエンスコミュニケーション – 「スペースカフェ お茶の水」の取り組み

阪本成一, 大川拓也, 安田大介 (宇宙航空研究開発機構), 左近樹, 臼井文彦 (東京大学), 京田綾子, 高木俊暢 (日本宇宙フォーラム), ほか「スペースカフェ お茶の水」実行委員会

宇宙航空研究開発機構の東京事務所や日本宇宙フォーラム、東京大学の本郷キャンパスなどが位置するお茶の水エリアは、宇宙の研究・開発や教育・普及における国内有数の拠点であるだけでなく、多くの大学や専門学校、予備校が集まる国内最大の学生街や、国内最大の書店街・楽器店街・スポーツ用品店街、さらには神田神社、湯島聖堂、ニコライ堂等をはじめとする宗教施設、老舗名店街などの名所を多く抱え、知的好奇心にあふれる街の特性を活かして広範な文化ゾーンを形成している。

このような恵まれた立地を活用して宇宙の研究・開発の成果やプロセスなどへの関心を喚起するため、上述の関連機関をはじめ地元の商店会などからなる実行委員会を組織し、イベントを開催している。この「スペースカフェ お茶の水」では、いわゆるサイエンスカフェ形式にはこだわっていない。開催の方針はたいへんシンプルで、新しい聴衆を開拓するために、開催場所を固定しないこと、イベントのスタイルを固定しないこと、可能な限り天体観望会を実施するというものであり、実行委員会で議論しながら進めている。

2013年12月にECOM駿河台で初回を開催して以来、ほぼ2か月に1度のペースで回を重ねている。約1年を迎えるにあたり、これまでの取り組みを紹介するとともに、得られた知見について報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Y10b 金星の太陽面通過による1天文単位教材の作成

畠浩二(岡山商科大学附属高等学校), 洞口俊博(国立科学博物館), 古荘玲子(都留文科大学/国立天文台), 半田利弘(鹿児島大学), 大西浩次(長野高専), PAOFITS WG

われわれ PAOFITS ワーキンググループは、2012年6月6日に起こった、金星の太陽面通過を利用した1天文単位(以下 au)の大きさを求める教材を作成した。この教材の狙いは、金星の太陽面通過という現象から1auの距離が求まることを、実際の測定で確認することである。金星の太陽面通過から1auを求める試みは、17世紀から注目されているが、観測機材の精度や2地点間の距離が十分に必要であること、約120年に2度、しかもその2度は8年間に集中している現象であるなど、様々な理由から、教材化はされていなかった。

今回の周期での金星太陽面通過でも、1回目の2004年は、ライブ!ユニバースのチームによりマルチポイントでの観測とライブ中継が計画されたが、全国的に天候が悪く、教材化には至らなかった。一方、2012年の金星太陽面通過では、近年急速に発達してきたデジタルカメラを利用し「金星太陽面通過共同観測・画像共通プロジェクト」として、国内外に広く呼びかけ観測を行った結果、国内の天候は比較的良好であり多くのデータが得られたが、海外のデータが非常に少なく、唯一タイのLASA高校で取られた画像が教材に使用できるものであった。そこで、タイの画像およびそれと撮影時間の一致している岐阜のデータを使用して教材化を進めた。

教材化に当たり、データ解析には「マカリ」を使用することを前提とし、観測地2地点の距離と太陽の視直径、当日の太陽・金星・地球の距離比は既知とした。また、授業での時間を考慮し、天体画像の処理に慣れていない指導者や生徒が利用できるようにデータの画像サイズはあらかじめ揃えてある。2014年1月に行われたPAOFITSワークショップにおいて、この教材の実習を行った結果、求めた1auの距離は誤差10%程度に収まった。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Y11a ブラックホール研究から科学教育へのリンク

大西浩次 (長野高専)

私たちの銀河系中心にある巨大ブラックホール天体 SgrA*の近傍に、いま、地球の3倍の質量を持つガス雲 G2 が通過中である。ガス雲 G2 は潮汐力によって、一部が10年オーダーで銀河系中心に落下すると考えられている。このとき、SgrA*の電波や赤外線での光度が上がり、フレア現象などが起きると予測されている (SgrA*事象)。この事象の観測から、巨大ブラックホールの性質が判ってくる。G2と同様に、SgrA*の周りの星団の星のひとつ、S2が注目されている。S2は、公転周期15.6年、近星点距離17光時の恒星で、次の近星点通過が、2018年である。この詳細観測から、SgrA*による重力レンズ効果を検出し、SgrA*の周りの時空のゆがみを測定する計画が進められている。

2014年6月時点で、SgrA*に顕著な現象が起きてはいない。しかし、多くの人々の関心を引きやすいブラックホールをキーワードにして、SgrA*や銀河系の研究の進展状況を市民・児童・生徒と共有する事によって、「科学的概念や手法に関する知識と理解」の向上を目指したい。これらは、新学習指導要領(中学校理科第2分野)で導入された、銀河と銀河系をはじめとする宇宙の広がりを理解するための教材としても適しており、このような活動全体を通して、市民の科学リテラシーを向上させるための科学教育プログラムとして発展させたい。今後も、SgrA*事象の動向を注意しつつ、「銀河と銀河系」の教育普及活動のために、(1) SgrA*事象以外の銀河系や銀河に関わる幅広い天文学的現象の利用の検討を行い、(2) 研究者と教育者による普及活動のグループを作る準備を進めている。これらの活動から、研究者と科学コミュニケーターとの連携を超えて、研究者と市民が直接交流する新しい科学教育のスタイルになると期待する。皆さんも、ブラックホール研究から科学教育へ繋いでみませんか。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Y12b スマートフォンアプリのソーシャル機能を用いた夜空の明るさ測定

亀谷和久(東京理科大), 塚田健(平塚市博物館), 井上博貴, 坂井友香(株式会社ウェザーニューズ)

我々は今回、株式会社ウェザーニューズとの協力により、同社が運営するスマートフォン用アプリを通じて夜空の明るさ測定を試みた。同アプリの機能は主に気象情報の提供だが、天文情報も例えば日食や流星群などの現象について当日の気象情報と併せて提供されている。利用者は情報を受け取るだけでなく、ソーシャル機能を使用して自身がいる場所の空の様子をリアルタイムに報告したり運営側からの質問に答えたりすることにより、コンテンツ作成に参加できる機能も持つ。このようなソーシャル機能の登録者 650 万人の主な興味は気象情報だと考えられるが、そのため天文にもともと興味の薄い層を含む多くの人に星を見る動機を提供すると同時に、利用者の参加により広い地域で同時に測定も行なうことができる環境となる。

上記のような利用者が参加可能な企画のひとつとして、オリオン座の三ツ星より南側の領域に見えている星を回答する4択式のアンケートを「星空を見上げよう!」と題して実装した。これに回答することにより、その場所で何等星まで見えているかを簡易的に測定できる。星座に不慣れな人でも比較的に見つけやすいオリオン座を選択し、さらに解説ページを設けることで予備知識が少なくても参加できるように工夫した。同社のテレビ番組「SOLiVE24」でも著者らが出演して告知と解説を行なった。全国的に晴天の地域が多い日を選び、2014年2月5日、23日、24日、26日の4日間の夜間に回答を受け付けたところ、合計でのべ1万7千人以上から回答を得た。各日とも回答者は全国にくまなく分布し、一晩で全国の測定を集められることが確認できた。簡単な4択アンケートのため精密な測定ではないが、膨大なデータの恩恵により例えば関東地方では都心から離れるほど暗い星が見えるなどの地域差も認められた。本講演では、今回の結果と今後の展開について詳しく述べる。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Y13b ホームスターを用いたモバイルプラネタリウムの投影

鈴木裕司 (京都大学)

プラネタリウムといえば大型の施設が一般的であるが、移動できる小型のドームを用いたモバイルプラネタリウムもある。投影機の進歩によって、モバイルプラネタリウムにおいても、小型で性能の良い投影機が登場している。しかしながら、多機能の投影機は重量が数十キロあり、価格も高価であることから、ボランティアなどでは導入がしづらい。事実、私の所属する天文ボランティアではピンホール式の投影機を用いており、星像としては物足りない面があった。

その一方で、家庭で手軽にプラネタリウムを体験できる「ホームスター」が発売されている。軽量、安価でありながら天の川を含め6万個の星を投影できる。ホームスター自体は天井に投影する設計であるが、そのレンズを魚眼レンズに交換することによってドームへと星を投影することが可能になる。

このホームスターを用いたモバイルプラネタリウムを大学の総合博物館で行っている。直径5mのエアードームに星を映し、1回の投影は15分程度としている。恒星原板をLEDで照らしているため、惑星は映せず、星の色も白一色であるが、ドームへ入った時に多くの方が星の多さに驚く。原板を交換することで星空を変えることが可能であり、初めに星座の線を出して、その日に見える星空を紹介した後に、星座の線が無い星空の中から、紹介した星座を探すといった投影が可能である。暗闇に目が慣れてくると見える星の数が増えることに気付く方もいる。投影を行っていく中で、簡易な投影機でありながら、十分満足してもらえる投影を行うことができると分かった。

本発表では、このホームスターを用いたモバイルプラネタリウムの投影とその効果について紹介をする。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Y14b JVO ポータル第二版：検索インターフェイスの改善

白崎裕治, 小宮悠, 江口智士, 大石雅寿, 水本好彦, (国立天文台) 石原康秀, 内田賢志, 檜山貴博, 布施純平 (富士通), 寺西広太郎 (富士通デザイン) 小蔵圭輔 (Scriptorium)

Japanese Virtual Observatory (JVO) 開発グループでは様々な天文データへのポータルサイト、JVO ポータルの開発を進めてきた。本サービスは 2008 年より運用を開始し、<http://jvo.nao.ac.jp/portal> から利用できる。国立天文台が取得した主要な観測データである、すばる望遠鏡や ALMA 望遠鏡のデータの配信に加え、世界各国の天文データセンターが国際標準仕様に従って公開している天文データサービス (VO) への一元的なアクセス機能を提供している。

これまで運用を行ってきた JVO ポータルは、機能追加が毎年度逐次的に行われ、基本的機能は充実している。一方、UI の不統一性などにより検索シーケンスが分かりにくいという利用者の声があった。そこで、さらに JVO の利用を促進するために、GUI の利用しやすさという観点から系統的に評価し、改善点を洗い出した。その結果、動線が多く、デザイン・レイアウトの個別施行が目立ち、汎用的な使い易さ・習得しやすさを提供できていない、といった点を改善するべきという結果が得られた。

そこで、昨年度よりこの評価結果にもとづき、1) 新規ユーザが理解しやすいこと、2) マニュアルレスな操作性を提供すること、3) 動線を整理し、レイアウト、パーツの見え、使い勝手を統一すること、4) 情報アシストのタイミングとネーミング、方法を精査すること、といった事項を念頭に GUI の再構成を行ってきた。現在までに、基本的な検索機能についてはこれまでに比べ、より見通しのよい操作性を提供できるようになっている。本講演では新しい GUI の紹介と今後の開発スケジュールについて報告する。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)

Y15b 分光器 LHIRES Lite と望遠鏡の接続アダプタの製作とその試用報告

竹内彰継, 山脇貴士 (米子高専)

LHIRES Lite とはフランスの Shelyak Instruments 社が製造している安価な太陽スペクトル観察用小型分光器である。これは、単に太陽スペクトルを眼視で観察するだけの分光器であるが、格子定数 2400 本/mm の回折格子を使用しており、NaD 線で 15.5 \AA/mm という比較的高い波長分解能を実現している。したがって、もしこの分光器を望遠鏡にとりつけられれば、手持ちの望遠鏡でも分光観測可能となる。そこで、株式会社ビクセン製造のフリップミラーを改造して、LHIRES Lite を市販の小口径天体望遠鏡に接続するアダプタを製作した。このとき、天体の導入を容易にするため、本アダプタにはスリットビューアも設けた。なお、スリットビューアのレンズにはアサヒペンタックスの古い標準レンズを利用した。

まず、テスト観測として H α 線や CaK 線のスペクトロヘリオグラムを作成した。その結果、市販の H α フィルターや CaK フィルターと同等画質の単色画像が得られることがわかった。さらに、土星の赤道に沿ってスリットをあてて H α 線のスペクトルを撮像したところ、本体や環の速度も簡単に測定できた。

本アダプタを利用すると小型分光器 LHIRES Lite があらゆる望遠鏡に接続可能となる。そして、LHIRES Lite は比較的安価なので、地方大学での天体観測実習や公共天文台での天体観測会に分光観測を採り入れることができるようになる。また、ハイエンドアマチュアの分光観測への道を開く道具にもなると期待される。

[セッションのトップに戻る](#)

[スケジュールに戻る](#)