

東京大学 大学院理学系研究科
天 文 学 教 室
天文学教育研究センター

年次報告

2024 (令和 6) 年度

2025 (令和 7) 年 8 月

目次

第1部 天文学教室	5
1.1 天文学教室の沿革と現状	7
1.1.1 天文学教室の歴史	7
1.1.2 天文学教室の所在地	8
1.1.3 理学部卒業生	8
1.1.4 大学院修士課程修了者	8
1.1.5 大学院博士課程修了学位取得者	8
1.1.6 大学院博士課程修了学位取得者(修業年限の特例による)	8
1.1.7 大学院博士課程退学後学位取得者(1990年度からの統計)	8
1.2 教員, 職員, および研究員	9
1.2.1 教員および職員	9
1.2.2 特任研究員	9
1.2.3 特任研究員(日本学術振興会特別研究員)	9
1.2.4 日本学術振興会特別研究員	9
1.2.5 客員共同研究員	9
1.2.6 名誉教授	10
1.2.7 学部・大学院教育に参加する関連研究機関の教員	10
1.3 学部学生, 大学院学生, および研究生	10
1.3.1 学部学生	10
1.3.2 大学院学生([]内は指導教員)	11
1.3.3 博士論文, 修士論文および課題研究発表	12
1.4 授業	14
1.4.1 学部	14
1.4.2 大学院	15
1.5 研究活動	16
1.5.1 宇宙及び系外銀河	16
1.5.2 宇宙の高エネルギー現象	18
1.5.3 銀河系および星間物質	18
1.5.4 恒星	20
1.5.5 太陽系外惑星および星惑星形成	23
1.5.6 太陽系	25
1.5.7 機器・ソフトウェア開発	25
1.6 論文および出版物	26
1.6.1 英文報告	26
1.6.2 和文論文および解説記事	45
1.6.3 著書, 訳書, 編書	45

1.7	学会発表	46
1.7.1	日本天文学会 2024 年秋季年会, 関西学院大学 (2024/9/11-9/13)	46
1.7.2	日本天文学会 2025 年春季年会, 水戸市民会館 (2025/3/17-3/20)	46
1.7.3	国際研究会	47
1.7.4	国内研究会	49
1.7.5	一般向け講演	51
1.7.6	記者会見, プレスリリース, 新聞報道	51
1.7.7	受賞	51
1.7.8	他学部での講義	52
1.7.9	委員その他	52
1.7.10	科研費等	53
1.7.11	出張記録	53
1.8	来訪者	55
1.9	教室談話会	56
第 2 部	天文学教育研究センター	58
2.1	天文学教育研究センターの沿革と現状	60
2.1.1	東京大学アタカマ天文台 – TAO 計画の経緯	62
2.2	教員, 職員, 名誉教授, 研究員等	63
2.2.1	教員及び職員	63
2.2.2	研究員及び専門員	63
2.2.3	名誉教授	64
2.3	天文学教育研究センター運営委員会	64
2.4	敷地, 建物, 及び主な設備・備品	64
2.5	研究活動	65
2.5.1	宇宙および系外銀河	65
2.5.2	銀河系および星間物質	70
2.5.3	恒星および系外惑星	71
2.5.4	太陽及び太陽系	72
2.5.5	望遠鏡, 観測機器, ソフトウェアの製作と開発	73
2.5.6	TAO 計画	76
2.6	論文及び出版物	90
2.6.1	英文報告	90
2.6.2	著書, 訳書, 編書	103
2.7	学会, 研究会における発表	103
2.7.1	日本天文学会 2024 年秋季年会, 関西学院大学 (2024/09/11-13)	103
2.7.2	日本天文学会 2025 年春季年会, 水戸市民会館 (2025/03/17-20)	104
2.7.3	日本地球惑星科学連合 2024 年大会, 幕張メッセ (2024/05/26-31)	105
2.7.4	日本気象学会 2024 年秋季大会, つくば国際会議場 (2024/11/12-15)	105
2.7.5	地球電磁気・地球惑星圏学会 2024 年秋季年会, 国立極地研究所 (2024/11/24-27)	105
2.7.6	国際研究会	105
2.7.7	国内研究会	106
2.7.8	その他の講演 (談話会等)	108
2.7.9	研究会の主催	108

2.8	天文センター談話会	109
2.9	広報普及活動・社会貢献	110
2.9.1	特別公開	110
2.9.2	東大オープンキャンパス	110
2.9.3	普及講演	111
2.9.4	普及活動	111
2.9.5	雑誌等取材記事	111
2.10	その他の活動	111
2.10.1	講義等 (学部)	111
2.10.2	講義等 (大学院)	112
2.10.3	各種委員	112
2.10.4	科研費等	112
2.10.5	PI 共同利用時間	113
2.10.6	受賞	114
2.10.7	国外出張	114
2.10.8	来訪研究者	119
第 3 部	天文学教育研究センター木曽観測所	121
3.1	沿革と現状	123
3.1.1	始めに	123
3.1.2	沿革	123
3.1.3	現状	123
3.2	木曽観測所の活動	126
3.2.1	木曽広視野動画カメラ Tomo-e Gozen の開発	126
3.2.2	Tomo-e Gozen を用いた研究	128
3.2.3	望遠鏡とドームの保守, 整備	139
3.2.4	計算機の保守, 整備	141
3.2.5	ネットワーク・通信機器の保守, 整備	142
3.2.6	データアーカイブ	142
3.2.7	所員の研究活動	144
3.2.8	論文および出版物	146
3.2.9	学会, 研究会等での報告	156
3.2.10	学生実習	161
3.2.11	地域貢献事業	165
3.2.12	教育 (パブリックアウトリーチ)・広報活動	168
3.2.13	木曽観測所 50 周年記念事業	175
3.3	施設, 設備	183
3.3.1	観測所	183
3.3.2	105cm シュミット望遠鏡	184
3.3.3	30cm 望遠鏡	184
3.3.4	広視野動画カメラ Tomo-e Gozen	185
3.3.5	遠隔自動観測システム	185
3.3.6	観測サポート機器: 気象観測機器と監視カメラ	186
3.3.7	計算機	188

3.3.8	観測所のネットワーク設備	192
3.3.9	外部機関管理機器	193
3.4	運用, 管理	196
3.4.1	他機関との協力	196
3.4.2	東京大学木曾天文台協力会	196
3.4.3	木曾観測所共同利用相談会 (東京大学天文学教育研究センター, 2025/4/8)	196
3.4.4	旅館営業	197
3.4.5	日誌	198
3.4.6	役務, 営繕工事等	198
3.4.7	晴天率・観測統計	198
3.4.8	環境安全衛生	199
3.4.9	環境維持・環境整備	200
3.5	所員	201
3.5.1	教員および職員	201
3.5.2	外国人来訪研究者	201
3.5.3	記録事項	201

第1部

天文学教室

東京大学大学院理学系研究科天文学専攻 (天文学教室)

〒 113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1

電話: 03-5841-4254

FAX: 03-5841-7644

ホームページ: <http://www.astron.s.u-tokyo.ac.jp/>

表 1.1: 天文学教室 (2025 年 3 月 31 日)

氏名	電子メールアドレス	研究者番号
理学系研究科・理学部 1 号館		
事務室 (尾島)	ojima.atsushi@mail.u-tokyo.ac.jp	
事務室 (濱森)	hamamori.asami@mail.u-tokyo.ac.jp	
事務室 (永山)	yamamura.etsuko@mail.u-tokyo.ac.jp	
戸谷	totani@astron.s.u-tokyo.ac.jp	90321588
田村	motohide.tamura@astron.s.u-tokyo.ac.jp	00260018
相川	aikawa@astron.s.u-tokyo.ac.jp	40324909
柏川	n.kashikawa@astron.s.u-tokyo.ac.jp	00290883
嶋作	shimasaku@astron.s.u-tokyo.ac.jp	00251405
梅田	umeda@astron.s.u-tokyo.ac.jp	60447357
藤井	fujii@astron.s.u-tokyo.ac.jp	90722330
高田	takata@astron.s.u-tokyo.ac.jp	20334245
松永	matsunaga@astron.s.u-tokyo.ac.jp	80580208
Kwon	kwon.jungmi@astron.s.u-tokyo.ac.jp	60724094

1.1 天文学教室の沿革と現状

1.1.1 天文学教室の歴史

東京大学理学部天文学教室の歴史は1877年(明治10年)に東京大学の創設と同時に理学部第2グループの数学科、物理学科と共に星学科が発足した時にまで遡る。1886年(明治19年)に東京大学は帝国大学に改組され、分科大学として理科大学が制定されて東京大学理学部を継承したが、その7学科の一つとして星学科が開設された。当初星学科は他学科と同じく本郷にあったが、1888年(明治21年)星学科は、理学部天象台の理学部東京天文台への改組移転と共に本郷から麻布飯倉に移転した。1897年(明治30年)に帝国大学は東京帝国大学に改称し、1919年(大正8年)に理科大学をはじめとする分科大学は東京帝国大学に統合されて理科大学は東京帝国大学理学部に改められ、星学科は天文学科と改称された。その後、東京天文台は、1921年(大正10年)に理学部を離れて大学附置の研究所となり、1924年(大正13年)には三鷹に移転したが、天文学教室は麻布飯倉に留まった。第二次大戦中戦況の激化に伴い、天文学教室は1945年(昭和20年)3月上諏訪に疎開し、麻布飯倉の教室は同年5月空襲により消失した。同年10月に疎開先から戻った天文学教室は、一時本郷キャンパス内に仮教室を置いたが、1947年(昭和22年)4月再び飯倉に戻った。同年10月、東京帝国大学は東京大学と改称した。

1949年(昭和24年)に新制東京大学が発足し、1951年(昭和26年)天文学科は物理学科天文学課程と改称されたが、1967年(昭和42年)に再び天文学科に戻った。この間1960年(昭和35年)には、長く過ごした麻布飯倉の地を去り、東京大学本郷キャンパスの浅野地区に新築された理学部3号館に移転した。1995年(平成7年)、本郷キャンパス内に分散している理学部の学科や施設の集中化計画の中核となる理学系研究科・理学部1号館新設の第一期工事が着工され、1997年(平成9年)に安田講堂裏に12階建ての西棟が完成した。これに伴い同年12月に天文学科は、講義室や実験室などを3号館に残し、主要部分を新設された1号館西棟の11階に移転した。浅野地区の3号館は1999年(平成11年)に大規模な改修工事が行われた。2004年(平成16年)には理学系研究科・理学部1号館中央棟が完成し、3号館から講義室や実験室などが移転した。

1949年(昭和24年)に新制の東京大学が発足すると共に、1953年(昭和28年)修士課程2年、博士課程3年の新制東京大学大学院が発足した。天文学の課程は数物系研究科天文学専門課程とされた。その後1965年(昭和40年)に、数物系は理学系と工学系に改組され、天文学課程は大学院理学系研究科天文学専門課程となった。なお1987年(昭和62年)に専門課程は専攻と改称されたので、大学院理学系研究科天文学専攻として現在に至っている。大学附置研の東京天文台の多くの教員(20余名)も大学院天文学専攻の教育に参画していたが、1988年(昭和63年)7月に、東京天文台が東京大学を離れ大学共同利用機関の国立天文台として改組されたのに伴い、これに代わり、東京大学には木曾観測所を擁する理学部天文学教育研究センターが三鷹に新設され、3講座から成る本郷の天文学教室と協力して東京大学における天文学の教育と研究に当たることとなった。

新生東京大学の発足以来長らく、理学部天文学科の講座は天文学第1-第3講座の3講座であった。1993年(平成5年)度に理学部天文学科の3講座は、東京大学の大学院重点化構想に基づく大学院部局化により、大学院理学系研究科天文学専攻の「天文宇宙理学講座」という名前の大学院講座に改組された。これに伴い、教員・職員は大学院の天文学専攻が主務となり理学部の天文学科が兼務となった。5年遅れて1998年(平成10年)には、天文学教育研究センターも大学院部局化されて大学院理学系研究科附属天文学教育研究センターとなり、天文学専攻の協力講座「観測天文学講座」として大学院の教育と研究に当たることになった。1999年(平成11年)4月のビッグバン宇宙国際研究センター(大学院理学系研究科附属施設)の発足にあたり、天文宇宙理学講座のポストを一つ振り替えた。

2004年(平成16年)、東京大学をはじめとする国立大学は、それぞれ法人組織となり、東京大学は国立大学法人東京大学となった。この法人化に伴い様々な変革がなされた。大学院天文学専攻は、天文学教室から成る基幹講座(天文宇宙理学講座並びに広域理学講座)、天文学教育研究センターとビッグバン宇宙国際研究センター(一部)から成る協力講座(それぞれ観測天文学講座並びに初期宇宙データ解析講座)、それに独立行政法人宇宙

航空研究開発機構宇宙科学研究本部並びに大学共同利用機関法人自然科学研究機構国立天文台(それぞれ一部)の教員が参加する連携講座(それぞれ学際理学講座並びに観測宇宙理学講座)から成る体制に整備された。

1.1.2 天文学教室の所在地

天文学教室は本郷キャンパス内にある理学系研究科・理学部1号館(西棟, 中央棟)と浅野地区の3号館に以下の部屋を所有している。

1号館西棟(11階)	教員室(10室), 院生室(4室), 事務室, 名誉教授室・ビジター室, 研究員室, 会議室, 談話室, コピー室, 輪講室
1号館中央棟(10階)	教員室(2室), 客員研究員室, 研究員室, 講師控室, 学部学生控室, 学部学生端末室, 学部学生実習室, 大学院講義室, 学部講義室, 実験室(2室), 計算機室
1号館東棟(地下2階)	実験室
3号館(3階)	研究室(1室)

1.1.3 理学部卒業生

星学科	(1877年度-1918年度)	20名	
旧制天文学科	(1919年度-1953年度)	127名	
新制天文学科	(1953年度-2024年度)	550名	(うち2024年度9名)

1.1.4 大学院修士課程修了者

数物系研究科天文学専門課程	(1954年度-1964年度)	36名	
理学系研究科天文学専門課程/専攻	(1965年度-2024年度)	795名	(うち2024年度25名)

1.1.5 大学院博士課程修了学位取得者

数物系研究科天文学専門課程	(1957年度-1963年度)	3名	
理学系研究科天文学専門課程/専攻	(1967年度-2024年度)	429名	(うち2024年度9名)

1.1.6 大学院博士課程修了学位取得者(修業年限の特例による)

理学系研究科天文学専攻	(2003年度-2024年度)	7名	(うち2024年度0名)
-------------	-----------------	----	--------------

1.1.7 大学院博士課程退学後学位取得者(1990年度からの統計)

博士課程満期退学者・課程博士	(1990年度-2024年度)	24名	(うち2024年度1名)
博士課程退学者・論文博士	(1990年度-2024年度)	10名	(うち2024年度0名)
論文博士(天文以外の出身者)	(1990年度-2024年度)	8名	(うち2024年度0名)

1.2 教員, 職員, および研究員

1.2.1 教員および職員

教授	戸谷 友則	(とたに とものり)
	田村 元秀	(たむら もとひで)
	相川 祐理	(あいかわ ゆり)
	柏川 伸成	(かしかわ のぶなり)
准教授	嶋作 一大	(しまさく かずひろ)
	梅田 秀之	(うめだ ひでゆき)
	藤井 通子	(ふじい みちこ)
助教	高田 将郎	(たかた まさお)
	松永 典之	(まつなが のりゆき)
	古家 健次	(ふるや けんじ) (2024 年 11 月まで)
特任助教	Kwon Jungmi	(くおん じょんみ)
事務職員	尾島 敦	(おじま あつし)
	濱森 麻美	(はまもり あさみ)
臨時職員	永山 悦子	(ながやま えつこ)
	帖佐 江里奈	(ちょうさ えりな)
	田淵 ゆかり	(たぶち ゆかり)
派遣職員	久綱 寛子	(くつな ひろこ)
	七五三葉子	(しめ ようこ)
	大井 彰子	(おおい あきこ)

1.2.2 特任研究員

鈴木 大輝 [相川]
FEENEY JOHANSSON ANTON FIACHARA GEORGE [相川]
原田 直人 [藤井]

1.2.3 特任研究員 (日本学術振興会特別研究員)

菊田 智史 [柏川]

1.2.4 日本学術振興会特別研究員

伊藤 慧 (PD) [嶋作]

1.2.5 客員共同研究員

百瀬 莉恵子 [嶋作]
平野 信吾 [梅田]
谷口 大輔 [松永]
DINNBIE FRANTISEK [藤井]

1.2.6 名誉教授

尾崎 洋二 野本 憲一 岡村 定矩 柴橋 博資 尾中 敬

1.2.7 学部・大学院教育に参加する関連研究機関の教員

学部教育には上記の天文学教室教員のほかに、天文学教育研究センター教員(名簿は第2章参照)とビッグバン宇宙国際研究センターの茂山俊和教授が参加している。また、非常勤講師として、国立天文台の関井隆特任教授、宇宙科学研究所の吉川真准教授、宇宙科学研究所の河原創准教授、東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構のSILVERMAN John 教授、理化学研究所の古家健次研究員が参加している。

大学院教育には上記の天文学教室教員のほかに、天文学教育研究センター教員(名簿は第2章参照)と、ビッグバン宇宙国際研究センターの茂山俊和教授、また、非常勤講師として、国立天文台の郡和範教授、北海道大学の岡本崇教授が参加している。さらに下記の関連研究機関の教員が加わっている。

1.2.7.1 兼任教員(東京大学)

教授 鈴木 建 (総合文化研究科)
教授 SILVERMAN John (カブリ数物連携宇宙研究機構)

1.2.7.2 兼任教員(国立天文台)

教授	小久保英一郎	本原顕太郎 (2024年9月まで)	深川美里	本間希樹
	鹿野良平	都丸隆行	勝川行雄	土居 守
准教授	奥田武志	中村文隆	廿日出文洋	

1.2.7.3 兼任教員(宇宙科学研究所)

教授 海老沢研 関本裕太郎
准教授 河原 創

1.3 学部学生, 大学院学生, および研究生

1.3.1 学部学生

4年	大木亮吾	奥田伊武来	奥村珠希	菊地泰輝	近藤大航
	鮫島直人	鈴木はるか	安井佑一	米田 隼	渡辺恵文
3年	今井爽人	江川諒太	岸 史恭	小松侑生	是友健太郎
	齋田知克	高村洋佑	中澤 悠	蜂巢直暉	若井香佳

1.3.2 大学院学生 ([] 内は指導教員)

D3	池内綾人 [左近] 張 天放 [土居] (2021 年 10 月 1 日進学) (2024 年 10 月 31 日修了) 小藤由太郎 [本間] 平島敬也 [藤井] 大和義英 [相川] 徐 弈 [Silverman] (2022 年 10 月 1 日進学)	桑田敦基 [田村] 孫 東昇 [Silverman] 水越翔一郎 [峰崎] 吉岡岳洋 [柏川] 黄 天銳 [茂山] 辻田旭慶 [河野] HAFIEDUDDIN Mohammad [本間]	橘 健吾 [宮田] 陳 諾 [本原] 森井嘉穂 [中村] DASH Prathamesh [梅田] 越諒太郎 [酒向] 徳野鷹人 [鈴木] FARIYANTO Erika Prameswari [本間] (2023 年 10 月 1 日進学) 谷 子羸 [田村] (2023 年 10 月 1 日進学) LIANG Zhuoxi [小林] (2023 年 10 月 1 日進学) RAFI Sayyed Ali [田村] (2023 年 10 月 1 日進学) YUN Jeung [本原] (2023 年 10 月 1 日入学)
D2	栗原明稀 [海老沢] 武田佳大 [柏川] 西野耀平 [都丸] 林 祺紘 [藤井]	栗原明稀 [海老沢] 武田佳大 [柏川] 西野耀平 [都丸] 林 祺紘 [藤井]	栗原明稀 [海老沢] 武田佳大 [柏川] 西野耀平 [都丸] 林 祺紘 [藤井]
D1	松坂 怜 [江草] 生方すばる [峰崎] 小道雄斗 [相川] 成田佳奈香 [廿日出] 三橋康平 [都丸] CHEN Junling [戸谷] (2024 年 10 月 1 日進学) DONG Chenze [Silverman] (2024 年 10 月 1 日進学) LIU Zhaoxuan [Silverman] (2024 年 10 月 1 日進学)	有田淳也 [柏川] 大木愛花 [本間] 篠田兼伍 [鈴木] 成瀬日月 [宮田] 望月雄友 [海老沢] CHEN Junling [戸谷] (2024 年 10 月 1 日進学) DONG Chenze [Silverman] (2024 年 10 月 1 日進学) LIU Zhaoxuan [Silverman] (2024 年 10 月 1 日進学)	井上修平 [河野] 神原祐樹 [小久保] 中島 健 [深川] 松井思引 [嶋作] 森塚章恵 [勝川] CHEN Junling [戸谷] (2024 年 10 月 1 日進学) DONG Chenze [Silverman] (2024 年 10 月 1 日進学) LIU Zhaoxuan [Silverman] (2024 年 10 月 1 日進学)
M2	小澤良樹 [深川] CHEN Junling [戸谷] (2022 年 10 月 1 日入学) (2024 年 9 月 20 日修了) DONG Chenze [Silverman] (2022 年 10 月 1 日入学) (2024 年 9 月 20 日修了) LIU Zhaoxuan [Silverman] (2022 年 10 月 1 日入学) (2024 年 9 月 20 日修了) 石黒航平 [梅田] 北村涼太 [小久保] 笹岡大雅 [酒向] 妹尾梨子 [宮田] 星 宏樹 [柏川] 山中逸輝 [河野] 李 欣儒 [廿日出] FAN Kai [戸谷] (2023 年 10 月 1 日入学)	車 彩乃 [本原] CHEN Junling [戸谷] (2022 年 10 月 1 日入学) (2024 年 9 月 20 日修了) DONG Chenze [Silverman] (2022 年 10 月 1 日入学) (2024 年 9 月 20 日修了) LIU Zhaoxuan [Silverman] (2022 年 10 月 1 日入学) (2024 年 9 月 20 日修了) 大塚宗丈 [都丸] 倉島啓斗 [酒向] 澤村真星 [奥田] 田中 匠 [Silverman] 正岡滉翔 [本間] 幸野友哉 [本原] 和久井開智 [田村]	長谷川智也 [茂山] CHEN Junling [戸谷] (2022 年 10 月 1 日入学) (2024 年 9 月 20 日修了) DONG Chenze [Silverman] (2022 年 10 月 1 日入学) (2024 年 9 月 20 日修了) LIU Zhaoxuan [Silverman] (2022 年 10 月 1 日入学) (2024 年 9 月 20 日修了) 柏崎未有 [海老沢] 児玉瑠美 [藤井] 庄 芮 [深川] 藤森愛梨沙 [勝川] 安田知明 [河原] 吉野碧斗 [中村] 和田空大 [小林]
M1	厚地 凧 [海老沢] 海老原将 [藤井] 小島諒也 [奥田] 清水駿太 [柏川] 高橋理音 [関本] 中村健太 [本間]	石田侑一郎 [小久保] 小口和真 [峰崎] 児玉ヱ門 [酒向] 盛 宇凡 [鈴木] 田中健翔 [本原] 永安雄熙 [戸谷]	嬉野大和 [河原] 小島裕樹 [宮田] 坂元祐志 [鹿野] ZOU Kehan [梅田] 長田真季 [河野] 西田明正 [深川]

(次ページに続く)

根津正大 [小林] 福富一真 [相川] 藤井扇里 [本原]
葉 与衡 [都丸]
郭 奇 [Silverman] (2024 年 10 月 1 日入学)
柳 美至 [中村] (2024 年 10 月 1 日入学)
MA Minghui [本間] (2024 年 10 月 1 日入学)
張 柏舟 [鈴木] (2024 年 10 月 1 日入学)

1.3.3 博士論文, 修士論文および課題研究発表

1.3.3.1 博士論文 (2024 年 10 月 31 日取得)

張 天放 A Study on the Relation Between Photon Indices and Optical Variability of Blazars: Light Curve and Emission Lines Analyses Using Tomo-e Gozen Photometry and OISTER Spectroscopy

1.3.3.2 博士論文 (2025 年 3 月 24 日取得)

小藤由太郎 Investigating the Intrinsic Structure and Scattering Properties of Sgr A* with Wide-band VERA Observations
孫 東昇 Demographics of the High-z Galaxy Dynamics Probed with ALMA
陳 諾 A comprehensive study of Emission-line Galaxies at Cosmic Noon
平島敬也 Star-by-star Galactic Disk Simulations Achieved by Using AI Surrogate Modeling of Supernova Feedback
水越翔一郎 Multi-phase Gas Structures of the Active Galactic Nuclei Unveiled with Time-domain Astronomy
森井嘉穂 Observational Constraints on the Initial Conditions of High-Mass Star Formation: A Statistical Study of Cores in Infrared Dark Clouds
大和義英 Elucidating Chemistry and Physics of Planetary System Formation with Millimeter/centimeter Observations
吉岡岳洋 Spatial Mapping of Cosmic Reionization by Ly α Emitters using Large Observational Data

1.3.3.3 修士論文 (2024 年 9 月 20 日修了)

CHEN Junling Contribution to the cosmic γ -ray background radiation from star-forming galaxies
DONG Chenze Observations and Simulations on a Galaxy Protocluster with Large-Scale Gas Heating at $z = 2.3$
LIU Zhaoxuan A spatially-resolved study of the ISM and obscured star formation in starbursts near cosmic noon

1.3.3.4 修士論文 (2025 年 3 月 24 日修了)

小澤良樹 ALMA を用いた原始惑星系円盤における炭素原子輝線の空間分布に関する観測的研究
車 彩乃 AKARI 近傍高光度赤外線銀河での分子ガスと星形成活動の関係

石黒航平	対不安定型超新星の痕跡に対しての Abundance profiling による分析
大塚宗丈	Study on Parametric Instabilities for Enhancing kHz Band Sensitivity of KAGRA Gravitational Wave Telescope
柏崎未有	LiteBIRD 搭載極低温検出器に対する外来雑音評価システムの整備および外来雑音の評価
北村涼太	原始惑星の巨大衝突によって形成される惑星系の軌道構造の研究
児玉瑠美	矮小銀河による摂動が円盤銀河の棒状構造の力学的進化に与える影響
笹岡大雅	Tomo-e Gozen 広域サーベイにおける突発現象アラートの高精度化
澤村真星	高赤方偏移レッドクエーサーにおける AGN フィードバックの ALMA データによる観的研究
庄 芮	Dust Grain Growth in the Protostellar Disk around the V883 Ori
妹尾梨子	Properties of circumstellar organic dust: chemical structure analysis of cosmic dust analogue and observation of organic dust around Wolf-Rayet 140
田中 匠	Relations between supermassive black holes and galaxies over cosmic history as revealed by James Webb Space Telescope
藤森愛梨沙	「ひので」衛星観測を用いた太陽極域磁場の導出方法に関する研究
星 宏樹	The powering mechanisms of the Ly α haloes around high- z quasars probed by slit spectroscopy
正岡滉翔	Development of a Real-Time Wide Field-of-View Observation System for Fast Radio Burst (FRB) Survey
安田知明	系外惑星探査衛星 LOTUS 用カメラへの応用へむけた大フォーマット CMOS センサの性能評価
山中逸輝	The Properties of Transient Objects and Their Host Galaxies through Interstellar Gas and Continuum Observations with ALMA and VLA
幸野友哉	近赤外線観測装置 SWIMS の分光観測データのエラー推定と低金属量銀河に対する近赤外線診断図の信頼性評価
吉野碧斗	Core Growth and Triggered Star Formation Probed by Numerical Simulation of Core Collisions and Mergers
李 欣儒	Automated extraction of peculiar velocity structures in nearby star-forming clouds with the FilFinder algorithm
和久井開智	Evaluation of the performance of JWST for observing the atmospheres of young exoplanets
和田空大	ライトカーブ遅延法による地球接近小惑星の熱慣性推定

1.3.3.5 課題研究発表

安井佑一	[江草]	渦巻銀河 M83 における星間原子・分子ガスと星形成率の関係性
大木亮吾	[酒向]	Tomo-e Gozen 広域サーベイで検出された人工天体のライトカーブのクラスター分析
奥田伊武来	[藤井]	機械学習による分子雲中の星形成領域の予測
奥村珠希	[河野]	ALMA により力学的・化学的に示された赤外線銀河 ESO173-G015 の分子アウトフロー
菊地泰輝	[柏川]	隣接クエーサーで探る宇宙再電離期の中性水素の空間相関
近藤大航	[戸谷]	ブラックホールコロナ領域のガンマ線・ニュートリノ放射モデル
鯨島直人	[宮田]	Variability of T Tauri Stars Between JWST data and Spitzer data
鈴木はるか	[左近]	あかり衛星 IRC カメラ LG2 スリット分光による系内拡散光源の中間赤外線分光観測
米田 隼	[峰崎]	補償光学用レーザガイド星の基礎実験

1.4 授業

1.4.1 学部

1.4.1.1 教養学部主題科目

31700 (S セメスター) 全学自由研究ゼミナール「最新の宇宙像」峰崎岳夫、他

1.4.1.2 理学部第2学年専門科目

0520002 (A セメスター第4学期) 天体物理学演習Ⅰ 松永典之
0520003 (A セメスター第4学期) 天文地学概論 戸谷友則・田村元秀・相川祐理・柏川伸成

1.4.1.3 天文学科3年

0520013 (S セメスター) 銀河天文学 柏川伸成・嶋作一大
0520015 (S セメスター) 天体観測学 宮田隆志・酒向重行
0520031 (S セメスター) 計算天文学Ⅰ 藤井通子
0520033 (A セメスター) 天体輻射論Ⅰ 相川祐理・小林尚人・左近 樹
0520034 (S セメスター) 天体物理学演習Ⅱ 諸隈佳菜
0520038 (A セメスター) 天文学ゼミナール 鮫島寛明・古家健次
0520040 (通年) 基礎天文学実験 小西真広、他
0520041 (通年) 基礎天文学観測 峰崎岳夫、他
0520042 (S セメスター) 位置天文学・天体力学 吉川 真
0520046 (A セメスター) 太陽恒星物理学 今田晋亮・関井 隆
0520801 (S セメスター) 研究倫理 嶋作一大

1.4.1.4 天文学科4年

0520021 (S セメスター) 恒星進化論 梅田秀之
0520022 (S セメスター) 宇宙論 戸谷友則
0520028 (通年) 天文学課題研究Ⅰ 各教員
0520029 (通年) 天文学課題研究Ⅱ 各教員
0520036 (A セメスター) 天体輻射論Ⅱ 茂山俊和
0520043 (S セメスター) 星間物理学Ⅰ 相川祐理・江草英実
0520044 (S セメスター) 星間物理学Ⅱ 河野孝太郎・峰崎岳夫
0520045 (S セメスター) 系外惑星 相川祐理・河原 創
0520047 (A セメスター) 天文学のための科学英語 SILVERMAN John
0590101 (A セメスター) 重力波物理学 都丸隆行・Cannon Kipp

1.4.2 大学院

35604-0010 (S セメスター) 天文力学特論Ⅴ 小久保英一郎
35604-0011 (S セメスター) 光赤外線天文学特論Ⅰ 左近 樹
35604-0016 (A セメスター) 理論天体物理学特論Ⅰ 梅田秀之

35604-0025	(A セメスター)	太陽物理学特論V	勝川行雄
35604-0027	(S セメスター)	電波天文学特論II	奥田武志
35604-0035	(S セメスター)	銀河天文学特論V	嶋作一大
35604-0039	(A セメスター)	恒星物理学特論IV	相川祐理・小林尚人・左近 樹
35604-0041	(S セメスター)	星間物理学特論I	中村文隆
35604-0056	(S セメスター)	系外惑星特論I	相川祐理・河原 創
35604-0057	(A セメスター)	系外惑星特論II	生駒大洋
35603-0115	(A セメスター)	重力波物理学	都丸隆行・CANNON Kipp
35603-0083	(S2 ターム)	科学英語演習I	MARTENS Kai
35604-0061	(A セメスター)	天文学のための科学英語	SILVERMAN John
35604-1006	(A セメスター)	観測天文学特別講義VI	Michael Richmond
35604-1007	(A セメスター)	観測天文学特別講義VII	Jeong-Eun Lee
35604-1016	(A セメスター)	理論天文学特別講義VI	岡本 崇
35604-1017	(A セメスター)	理論天文学特別講義VII	郡 和範
35604-3001	(通年) 論文輪講I	各教員	
35604-3002	(通年) 論文輪講II	各教員	
35604-3003	(通年) 天文学考究I	各教員	
35604-3004	(通年) 天文学考究II	各教員	
35604-2003	(通年) 天文学特別実習I	各教員	
35604-2004	(通年) 天文学特別実習II	各教員	
35604-2005	(通年) 天文学特別実習III	各教員	
35604-2006	(通年) 天文学特別問題考究I	各教員	
35604-2007	(通年) 天文学特別問題考究II	各教員	
35604-2008	(通年) 天文学特別問題考究III	各教員	
35604-2009	(通年) 天文学特別研究	各教員	

1.5 研究活動

1.5.1 宇宙及び系外銀河

1. JWST によるクラスタリング解析に基づいて発見された低輝度 AGN の性質：低赤方偏移クエーサーの祖先か？ (有田, 柏川, 尾上, 吉岡, 武田, 星, 清水)

JWST は広がったバルマー線を持つ高赤方偏移の低光度 AGN を数多く発見した。しかし、これらの天体の高い数密度、X 線放射の欠如、およびホスト銀河の星質量に対するブラックホール質量の過度に高い値は、これらが一般的なタイプ 1 クエーサーとは異なる種族であることを示唆している。本研究では、JWST で発見された 27 個の低輝度 AGN (JWST AGNs) について、679 個の光度選択銀河との相互相関解析に基づき、ホスト暗黒物質ハロー (DMH) 質量を特徴付けるためのクラスタリング解析を提示した。角度相関関数と投影相関関数から、これらの AGN の典型的な DMH 質量はそれぞれ $\log(M_{\text{halo}}/h^{-1}M_{\odot}) = 11.46^{+0.19}_{-0.25}$ と $11.53^{+0.15}_{-0.20}$ であることが判明した。この結果は、これらの AGN のホスト DMH が明るいクエーサーの DMH よりもはるかに小さいことを示している。JWST AGNs の DMH は、 $z < 3$ で $10^{12-13}h^{-1}M_{\odot}$ に成長すると予測され、これは同じ時代におけるより明るいクエーサーの DMH 質量とほぼ同等である。測定された DMH 質量に経験的な恒星からハローへの質量比を適用することで、ホスト恒星質量を評価したところ、SED 適合法で推定された値よりも高い値を得た。また、JWST AGN の寿命を $\sim 4 \times 10^6$ 年、duty cycle を 0.37% と評価した。JWST AGN が単に低質量型 1 クエーサーである可能性は排除できないが、これらの結果は、JWST AGN が 1 型クエーサーとは異なる種族であり、クエーサーの祖先である可能性を示唆している。

2. 深層学習を用いた $z \sim 4$ の原始銀河団の探査 (武田, 柏川, 伊藤, 百瀬, 石本, 吉岡, 有田)

原始銀河団は、 $z = 0$ で銀河団に進化する高赤方偏移の過密領域であり、環境の影響によって加速すると予想される銀河進化を研究するのに理想的な天体である。しかし、赤方偏移の不確実性が大きく、統計的研究が困難であるため、 $z = 3$ を超える原始銀河団を測光のみによって特定することは困難であった。この問題に対処するため、我々は、原始銀河団を点群として扱う、ディープラーニングに基づく新しい原始銀河団検出モデル「PCFNet」を開発した。 $z \sim 4$ の原始銀河団を光学広帯域測光のみを用いて検出するため、準解析的モデルを用いた N 体シミュレーションに基づく模擬 g-dropout 銀河を用いて PCFNet を訓練し、評価した。天球上のターゲット銀河の周囲の空分布、i バンド等級、(g - i) 色、および赤方偏移確率密度関数を使用した。PCFNet は、従来の方法よりも 5 倍多くの原始銀河団候補を、高い純度 (再現率 = $7.5\% \pm 0.2\%$ 、精度 = $44\% \pm 1\%$) で検出した。さらに、PCFNet は、髪の毛座銀河団のような超巨大銀河団よりも質量の小さい、より多くの原始銀河団を検出することができる。PCFNet を Hyper Suprime-Cam 戦略的観測プログラム Deep/UltraDeep 層 (約 17 平方度) の測光データセットに適用し、 $z \sim 4$ で 121 個の原始銀河団候補を検出した。原始銀河団メンバー候補の残光紫外線光度は、フィールド銀河のそれよりも明るいことがわかり、これまでの研究結果と一致する。さらに、衛星銀河の星形成停止は、 $z \sim 4$ における中心銀河のハロー質量と $z = 0$ までの累積質量の両方に依存することがシミュレーションで明らかになった。PCFNet は非常に柔軟性が高く、他の赤方偏移や、Euclid, Legacy Survey of Space and Time, Roman による将来の大規模調査でも原始銀河団を発見することができる。

3. ニューラルネットワークアーキテクチャを用いた遠方銀河からの $\text{Ly}\alpha$ 線放射の予測 (吉岡, 柏川, 武田, 伊藤, 石本, 有田, 西村, 星, 清水)
- $\text{Ly}\alpha$ 輝線は、高赤方偏移の銀河に見られる特徴的なスペクトル線であり、宇宙の再電離の探査手段として利用されている。これまでの研究では、 $\text{Ly}\alpha$ 発光と母銀河の物理的性質とのさまざまな相関関係が報告されているが、 $\text{Ly}\alpha$ 発光を主に決定する特性は依然として不明である。本研究では、銀河の複数の物理的性質を同時に処理するためのニューラルネットワークアプローチを導入した。スペクトルエネルギー分布適合性から得られた 6 つの物理的性質 (星形成率、恒星質量、UV 絶

対等級 M_{UV} 、年齢、UV 勾配 β 、ダスト減光 $E(B-V)$ から $\text{Ly}\alpha$ 発光天体 (LAEs) を同定するニューラルネットワークベースの予測モデルを提案した。ネットワークは、VANDELS と MUSE 分光調査の銀河サンプルで訓練され、77% の真陽性率と 14% の偽陽性率の性能を達成した。パーミュテーション特徴重要度法により、 β 、 M_{UV} 、および M_* が LAE の予測に重要であることが示された。独立した検証として、JWST で分光的に確認された LAE の 91% が、このモデルで 70% を超える LAE 確率を有することが確認されました。この予測モデルは、光度データのみを使用して広範で連続的な赤方偏移空間において大規模な LAE サンプルを効率的に構築することを可能にする。この予測モデルを JWST の光度測定銀河サンプルに適用し、以前の研究と一致する $\text{Ly}\alpha$ 割合を得た。さらに、モデルで予測された LAE の分布と分光的に同定された LAE の分布の差が、H II 泡のサイズに対する強い制約を与えることを示した。

4. $z = 3.44$ における星形成を終えた銀河のペアの発見 (伊藤慧)

遠方の成長を終えた銀河の形態進化には衝突合体が重要であると考えられている。本研究では James Webb Space Telescope (JWST) の Cycle 2 において $z = 3-4$ における星形成を終えた銀河 10 天体の NIRSpec 分光観測を行った。その内の 1 天体から 4.5kpc の距離に別の星形成を終えた銀河があることを分光的に確認し、この 2 天体の赤方偏移から実際に距離の近いペアであることを確認した。距離の近さからこれらは近いうちに major merger を起こすと考えられる。このシナリオは複数のシミュレーション、準解析的モデル (Illustris-TNG, GAIA, SHARK) においても支持されることがわかった。本研究結果は Ito et al. (2024), A & Ap, 697, 111 で報告された。

5. 大規模銀河シミュレーション Illustris-TNG300 による銀河中心の SMBH が急激に成長する原因の調査 (松井思引, 嶋作一大, 伊藤慧, 安藤誠, 田中匠)

銀河の中心に存在する超大質量ブラックホール (SMBH) は、銀河と足並みを揃えて成長しているわけではなく (例: Matsui+24), その進化の途中でクェーサー (QSO) のような短期間で急激に質量を増加させるフェーズ (QSO モード) を経ると考えられている。しかし、この QSO モードが起きる原因はまだよくわかっていない。銀河同士の合体 (merger) によって起きるとする仮説 (Hopkins+08) が比較的受け入れられているが、merger 以外の原因で発現するとする仮説 (Kormendy & Kennicutt 2004) もある。観測的には、QSO は中心が明るすぎて母銀河成分が見えず、その発現の原因を調べるのは困難である。そこで、銀河の性質とその進化をよく再現できている最新の宇宙論的銀河進化シミュレーション Illustris-TNG300 を用いて、QSO モードがどのような原因で発現しているかを調べた。具体的には、QSO モードの銀河とそうでない銀河について、merger イベントの数、冷たいガスの質量、銀河の置かれた環境 (周囲の銀河の overdensity) を比較した。その結果、QSO モードの銀河とそうでない銀河とでこれらの量に明らかな違いがないことが判明した。このことから、QSO モードの発現の主因は、merger、冷たいガスの増加、環境ではないといえる。比較的受け入れられている merger 仮説が支持されないのは興味深い。ではなぜ QSO モードは起きたのか。その原因を調査するために、より空間解像度が高い TNG100 を用いて SMBH 近傍のガス密度を調査したところ、QSO モードになっているときの銀河はそうでない銀河に比べてガス密度が高いことがわかった。さらに、QSO モードの SMBH 近傍でガス密度が高くなっている原因を調べたところ、QSO モードにおいて SMBH 近傍のガスが角運動量を失っていることが判明した。この角運動量を失う原因について今後引き続き調査していくこととしたい。

6. 銀河シミュレーションで探る銀河化学進化への超大質量星の寄与 (海老原将, 藤井通子, 斎藤貴之)

GN-z11 は Isobe et al (2023) ほかににおいて、分光観測より窒素 (N) が豊富であることが示されている。Isobe et al (2023) は、N-rich な元素組成を生み出し得る因子として、ウォルフ-ライエ星 (Wolf-Rayet star, WR)、超大質量星 (Supermassive star, SMS)、潮汐破壊現象 (Tidal disruption event, TDE) の三つを提案している。本研究では、SMS の銀河化学進化への寄与に着目し、 N 体/Smoothed-particle hydrodynamics (SPH) シミュレーションコード "ASURA" (Saitoh et al. 2009) を用い、銀河形成シミュレーションを実

行し、ポストプロセスとして SMS の効果を追加する。これまでの解析で、 $z = 10$ までに銀河中心に降着する SMS やガスによる汚染では GN-z11 に匹敵する窒素は獲得し得ないことがわかった。今後は、銀河中心で形成される SMS による汚染の効果を調査していく。

7. First Result for Dark Matter Search by WINERED (松永典之, 鮫島寛明, 殷文, 池田優二, 谷口大輔, 他)
本研究は、暗黒物質の正体解明に向けた新手法として、高分散近赤外分光を用いた観測により暗黒物質の崩壊から放たれる光子を探索した初の試みである。6.5 m マゼラン望遠鏡に設置した WINERED 分光器を用いて、矮小楕円銀河 Leo V および Tucana II の中心付近に対して、星の無い視線を数時間積分する観測を実施し、eV スケールの暗黒物質粒子が崩壊する場合に生じる輝線の探査を行っている。今回、2023 年に観測にもとづき、アクシオン様粒子の光子結合定数に対して $g_{\phi\gamma\gamma} \leq (2-3) \times 10^{-11} \text{ GeV}^{-1}$ という上限を得た (標準的なダークマタープロファイルを仮定した場合)。これは、暗黒物質の寿命に対して、1.8~2.7 eV の質量領域においてこれまでに得られた最も厳しい制限の一つである。(Yin et al. 2025, Phys Rev Lett, 134, 051004)

1.5.2 宇宙の高エネルギー現象

1. 高速電波バーストの時間・エネルギー相関解析 (戸谷, 都筑, Fan, 永安)
高速電波バースト (FRB) の中には繰り返してバーストを起こすものがあり、いくつかのソースから、すでに数千を超えるバーストが検出されている。我々はこのデータを用いて、時間とエネルギーの二次元空間における相関関数を計算し、その性質を調べた。戸谷他 (2023) による、地震の余震との類似性の発見に続いて、FRB を起こした銀河系内のマグネターの周期電波パルスについて同様の解析を行ったところ、マグネター周期パルスにも一定の確率で相関した余震パルスが生じていて、その性質が FRB と地震に似ていることがわかった。さらに、FRB のピーク振動数が、相関した2つのイベントで比較すると、後に起きたほうが系統的に低くなっているという法則を初めて発見した。また、地震の余震については、自己組織化臨界現象での数理モデルを用いてよく研究されてきているが、そのシンプルな OFC モデルを用いて相関関数を解析し、FRB のパラメータを再現できるかどうか、研究を進めている。
2. 星形成銀河からの宇宙ガンマ線背景放射への寄与 (戸谷, Chen)
宇宙ガンマ線背景放射には活動銀河核や星形成銀河などが寄与していると考えられるが、その正確な量はまだわかっていない。我々も含めて、多くの研究では、星形成銀河の寄与は比較的小さいと考えられてきたが、最近、ほぼ 100% を説明できると主張する論文が出版され、議論になっている。我々の理論モデルは近傍銀河のガンマ線光度に注意深く合うように検討されたモデルであり、それに最新の遠方銀河の星形成率データを組み合わせることで、最高精度の見積もりを行う研究を進めた。その結果、100% 説明できるという先行研究の結果は再現できず、多くのこれまでの研究と近い結果になった。
3. 銀河系ハロー領域における暗黒物質対消滅ガンマ線の探索 (戸谷)
フェルミ衛星の最新データを用いて、銀河系ハローに広がった、暗黒物質の対消滅から期待されるガンマ線のシグナルの探査を行った。結果は現在、論文として取りまとめ中である。

1.5.3 銀河系および星間物質

1. 分子雲形成時の分子進化 (小道, 相川, 古家)
近年の観測および流体計算から、分子雲は星間衝撃波による圧縮層で形成されると考えられている。一方でそのような描像に基づいた分子雲の組成進化の研究例は非常に限られている。そこで我々は、原子ガスの収束流の三次元磁気流体力学シミュレーションを行い、これをもとに構築した一次元の平均流モデ

ルにおいて詳細な化学反応ネットワーク計算を行って組成進化を調べた。磁場と収束流のなす角度、衝撃前の密度、速度といった物理パラメータや、宇宙線イオン化率、多環芳香族炭化水素 (PAHs)、ガス中金属量などの化学パラメータへの依存性も調べた。その結果、圧縮層内の視線減光 (A_V) が 1 mag 以下の段階では炭素鎖の増加は顕著でなく、 A_V が 1 mag を超えると水氷の形成により気相の C/O 比が上昇し、CN や HCN、炭素鎖分子の生成が急激に進むことが分かった。衝撃波のパラメータは圧縮層の物理構造や化学進化に影響を与える。高密度かつゆっくりとしたガス蓄積条件では炭素鎖分子が多く生成される。圧縮層内の分子柱密度は diffuse cloud や translucent cloud の観測結果と概ね一致した。

2. 吸着サイトのエネルギー分布を組み込んだ反応ネットワークコードの開発 (古家)

星間雲においてはダストの表面に分子が吸着し、吸着分子や原子同士の反応で新たな分子が生成する。従来の化学反応ネットワークモデルでは吸着エネルギーは分子種毎に1つの値を仮定していた。この仮定により、ある温度で特定の分子種の拡散や脱離が一斉に起きることになり、モデルの振る舞いが温度に強く依存する。しかし表面化学反応実験などによると、吸着サイトのエネルギー (深さ) は実際にはさまざまである。これを吸着サイトのエネルギー分布と呼ぶ。古家は吸着サイトのエネルギー分布を表面反応モデルに組み込む定式化を考案し、実際にシミュレーションを行った。浅いサイトは脱離率が高いため、各分子種はある臨界値よりも深いサイトにしか吸着分子として存在せず、この臨界値が温度とともに徐々に高くなる。組成進化の温度依存性は、従来のモデルよりも緩やかであり、さまざまな星形成領域で主要な星間水の組成が大きく変わらないことと整合的である。この結果は 2025 年 3 月に San Diego で行われた American Chemical Society の Astrochemistry シンポジウムで発表し高い評価を受けた。反応ネットワーク計算の public code "Nautilus" を作成している KIDA グループなど、複数の海外グループから本研究の計算法をコードに取り入れるための質問や協力要請を受けている。

3. 機械学習を用いた超新星フィードバックの高解像度化・高速化 (平島敬也, 藤井通子, 原田直人)

高解像度の天の川銀河形成シミュレーションの実現へ向け、超新星フィードバックの高速化手法を機械学習を用いて行なった。銀河進化はマルチスケールな現象であり、銀河の腕などの大規模な構造から、星形成領域や超新星爆発など微細な構造まで同時に解く考慮する必要がある。スーパーコンピュータの発展 (CPU コア数の増大など) に伴い、シミュレーション内の粒子数が増加してきたが、そのような小さなスケールの現象は短い時間刻み幅が必要であり、全体の計算のボトルネックとなっていた。本年度は、これまで開発してきた超新星フィードバックを再現する深層学習モデル (サロゲートモデル) を実際に銀河シミュレーションのコードに実装し、リアルタイムで推論を行うシミュレーションを世界で初めて実施した (Hirashima et al. 2024)。矮小銀河の初期条件を用いてテストを行い、深層学習を用いた場合でも星形成率やアウトフローなどの超新星フィードバックにより駆動される銀河の性質を高速に再現可能であることを実証した。

4. 原始連星を考慮した星団形成過程の調査 (原田直人, 藤井通子)

大質量星の多くは分子雲の中で星団の一員として生まれる。星団内に連星系が存在すると、三体遭遇によって星、特に大質量星が星団外へ弾き飛ばされることが N 体シミュレーションによって明らかにされている。観測は若い星形成領域ほど連星率が高いことを示しており、多くの星が連星として誕生することを示唆している。しかし、力学的進化が重要となる大質量 ($\gtrsim 1000$ 太陽質量) の星団形成シミュレーションでは連星形成の空間スケールを分解することができないため、星はすべて単独星として生成されていた。そこで本研究では、三体遭遇による星の運動の変化を精密に計算可能な N 体/SPH シミュレーションコード ASURA+BRIDGE を拡張し、星が連星として生まれるケースを取り扱えるようにした。このコードを用いることで、より現実的な星・連星形成モデルに基づいた星団形成シミュレーションを実施することができる。

5. Clues to growth and disruption of two neighbouring spiral arms of the Milky Way (船越菜月, 松永典

之, 河田大介, 馬場淳一, 谷口大輔, 藤井通子)

本研究は、銀河系の構造形成を理解する上で重要な渦状腕の進化的性質に新たな知見を与えるものである。Gaiaによって得られたデータを用いて古典的セフィイドの運動の解析を行い、ペルセウス腕とアウトター腕という隣接する二つの渦状腕が異なる運動傾向を示すことを明らかにした。観測された速度の相関は、数値シミュレーションで再現される動的渦状腕構造と整合的であり、ペルセウス腕が崩壊しつつあり、アウトター腕が成長している段階にあることを示唆する。これは、同一銀河内に進化段階の異なる渦状腕が混在していることを初めて明確に示したものであり、銀河円盤の時空間的な多様性と動的進化を理解するうえで重要な手がかりとなる。(Funakoshi et al. 2024, MNRAS, 533, pp. 4324–4333)

6. The globular cluster VVV CL002 falling down to the hazardous Galactic centre (松永典之, Dante Minniti, Jose Fernandez-Trincado, Iaria Petralia, 他)

本研究は、銀河系中心に最も近い球状星団 VVV CL002 の視線速度と元素組成を高分散近赤外分光により初めて明らかにしたものである。VVV CL002 は、銀河系中心からわずか 0.4 kpc に位置し、400 km/s という高い横断速度をもつことが知られていた。今回の我々の観測結果から、星団の 3 次元速度を求め、その軌道の計算を行ったところ、奥行方向の正確な位置に依存する不定性はあるものの、星団がハローから落ち込んでくる軌道ではなく銀河系中心に束縛された逆行軌道にあることがわかった。銀河中心部の強い潮汐場は多くの星団を破壊したとされるが、VVV CL002 はその破壊過程がまさに現在起こっている事例を提供している可能性がある。また、 $[\text{Fe}/\text{H}] = -0.54$ 、 $[\alpha/\text{Fe}] = +0.4$ という典型的なバルジ球状星団と類似の元素組成がもっていることがわかった。なお、本研究は、VVV 赤外線撮像探査の PI である Minniti 教授が率いるチリ側チームとの二国間交流事業 (日本学術振興会、2023～2024 年度) の一環として行い、赤外線でない詳しい分光観測が行えない (そのために運動や化学組成が測定できていなかった) 天体に対する WINERED 分光器による観測を進めている。(Minniti et al. 2024, A&A, 26, A683)

7. The epoch of the Milky Way's bar formation: dynamical modelling of Mira variables in the nuclear stellar disc (松永典之, Jason Sanders, 河田大介, 他)

本研究は、天の川銀河中心に存在する Nuclear Stellar Disk (NSD) の年齢を明らかにし、銀河全体の構造進化に重要な「棒構造」の形成時期を推定することを目的とする。この領域にある恒星種族のトレーサとして高輝度かつ変動周期に基づく年齢指標を提供するミラ型変光星が有効であり、その固有運動を力学モデルと比較することで NSD の形成時期や進化過程を解析した。結果として、ミラの脈動周期約 350 日のあたりで、NSD に付随する運動を示すミラの割合が高くなる遷移が観測され、これは約 80 億年前の激しい星形成イベントによって NSD が形成されたことを示唆する。この時期は銀河棒構造の誕生と一致している可能性が高く、棒構造が銀河のガス流入や中心星形成に果たした役割を理解する上で極めて重要な時間的指標となる。(Sanders et al. 2024, MNRAS, 530, pp. 2972–2993)

1.5.4 恒星

1. General relativistic instability supernovae (Umeda)

We continued research into general relativistic (GR) instability supernovae originating from supermassive stars. We first developed a rigorous GR stability analysis to determine when supermassive stars become unstable. We then applied that analysis to numerical models from our stellar evolution code. When the stars became unstable, we transferred them to a GR hydrodynamics code linked to a nuclear network. We performed a convergence study on the number of isotopes in the network and identified the importance of including aluminum isotopes. Then, we determined the mass range for the GR instability supernova as well as finding several pulsations, analogous to the pulsational pair instability. Finally, we transferred the exploding and pulsating models to SNEC, a 1D open source

radiation hydrodynamics code, in order to compute the lightcurves from these events. We find that the pulsations are clearly visible ($j25$ AB Mag) to JWST even above a redshift of thirty. We have also conducted preliminary research on analogous events from metal enriched supermassive stars which could be formed by gas rich galaxy mergers.

2. 低質量重力崩壊型超新星の親星と元素合成 (梅田, 石黒)

低質量の重力崩壊型超新星の親星の計算を行い、その超新星爆発時の元素合成の計算を行っている。その元素合成パターンにはユニークな特徴があるため、銀河ハローの中の低金属星の組成観測と比較することによって、そのパターンが見つかるかもしれない。本研究では特に、そのような候補星の一つの観測データと観測することによって、親星の質量や超新星爆発のエネルギーなどに制限がつくかどうか調べている。

3. Examining the Applicability of Core-Collapse Supernova Nucleosynthesis in 2D (Zou, Umeda)

Technological advance in recent years have enabled long term simulation studies for core-collapse supernova (CCSN) in 3D and thus calculations of nucleosynthesis yields based on simulation results. However, the time-consuming aspect of 3D simulations remains to be a realistic challenge. Therefore, the less computationally demanding 2D simulations is still a favorable way to study CCSNe. We plan to calculate nucleosynthesis yields based on 2D simulation results, compare them to the 3D results in Wang & Burrows (2024), and examine the extent of accuracy for nucleosynthesis calculations in 2D.

4. 磁場内部磁場の振動への影響についての考察 (高田将郎)

近年の星震学において最も成功した新しい探査法の一つは、赤色巨星の内部磁場をその周波数から測定するものである。この成果は星震学のみならず、恒星物理学全般に大きな影響を与えた。一方、日震学においては、かつて太陽活動に伴う振動周波数の変化は表層付近の磁場に起因すると主張されていた。しかし、予測された磁場強度の変化は光球で実際に観測された変化よりもはるかに大きいことが判明し、状況は複雑化した。そこで本研究では、赤色巨星と太陽の二つの事例がなぜこれほどまでに異なるのかについて追究した。その結果以下の理由により、太陽の場合の方が本質的に問題が難しいことを明らかにした。(1) 太陽の方が詳細に観測できるため、説明すべき事項(拘束条件)が多い。(2) 磁場による振動への影響としては、ローレンツ力の復元力への寄与と(振動が起きる前の)平衡構造の変形があるが、赤色巨星では、励起されている振動モードの違いから、後者の効果が無視できる。(3) 太陽の表層付近では、磁場以外に乱対流、非断熱効果といった複雑な要因により振動が変化する(表面効果)。本考察により、赤色巨星の場合に何故星震学の手法がうまくいっているのかが明確になる一方で、太陽をはじめとする低質量主系列星の場合には異なる手法を考案する必要があることが明らかになった。

5. ヘリウム核燃焼星の振動スペクトルに見つかった新たな構造について (高田将郎)

B. Mosser (パリ天文台)らとの共同研究。近年特にケプラー探査機による観測の結果、多数の赤色巨星で太陽型振動が検出され、赤色巨星の星震学は大きく進展した。この分野において注目すべき点は、(中心部では内部重力波、外層では音波として振る舞う)双極子混合モードを用いることで、これらの進化した星の中心核を探索できることにある。混合モードの振動周波数スペクトルからは、進化状態、中心核の回転、質量移動、中心核の不連続構造といった独自の情報が得られる。今回の研究では、特にヘリウム核燃焼段階にある星に着目し、その振動スペクトルを詳細に解析した結果、従来の描像では説明のつかない構造の存在が示された。さらに、この新たな周波数構造は、従来考慮されていなかった複雑な構造(不連続構造や中間対流層)にも対応する周波数表式(Cunha et al. 2015; Deheuvels & Belkacem 2018; Pinçon & Takata 2022)によって説明可能なこともわかった。これらの結果は、ヘリウム核燃焼星の中心部、特に中心対流層とその外側にある輻射層の境界付近の構造に関する新たな知見を与える。

6. Astrophysical calibration of the oscillator strengths of YJ-band absorption lines in classical Cepheids (松永典之, Scarlet Saez Elgueta, Mingjie Jian, 谷口大輔, 他)

本研究では、近赤外分光観測により得られる恒星スペクトルに含まれる吸収線の振動子強度 ($\log gf$) を、古典的セファイド変光星を用いて天体物理学的に校正した。WINERED 分光器によって取得された8個のセファイドの反復観測スペクトルをもとに、温度、重力、微視的乱流速度、金属量といった基本的な恒星パラメータが導出方法の確認を行い、元素組成測定結果を文献値と比較することで吸収線強度が求めた。これにより、近赤外領域においても光学観測と同程度の精度 (≤ 0.1 dex) で10個近くの元素の組成を決定できることが示された。特に、中性子捕獲元素を含む多数の元素の吸収線について、 $\log gf$ が校正された新たな吸収線リストを確立したことは、セファイドを用いた宇宙の化学進化研究に大きな貢献を果たすものである。(Elgueta et al. 2024, MNRAS, 532, pp. 3694–3712)

7. Establishment of an abundance analysis procedure for red supergiants and its evaluation with nearby stars (松永典之, 谷口大輔, 小林尚人, Mingjie Jian, Brian Thorsbro, 他)

本研究は、赤色超巨星 (RSG) の元素組成を近赤外高分散分光で正確に測定するための新たな解析手法を確立し、その妥当性を近傍の10天体で検証したものである。WINERED 分光器を用いて得た YJ バンド ($0.97\text{--}1.32\ \mu\text{m}$) のスペクトルは分子線が比較的少ない波長域をカバーし、スペクトルが複雑な赤色超巨星にたいして比較的正確な元素組成測定を行える可能性がある。我々の解析では、温度、重力、乱流速度を導出した上で、10元素の組成を高精度で決定した。 $[\text{Fe}/\text{H}]$ や $[\text{Mg}/\text{Fe}]$ については、若い星の代表であるセファイドとの比較において 0.1 dex 未満の整合性を示し、高い信頼性が確認された。RSG は高光度で遠方銀河においても観測可能であるため、本手法は天の川系外の星形成領域の化学的性質を調べる上で重要な基盤となる。(Taniguchi et al. 2025, A&A, 693, A163)

8. Measurement of the He I 10 830 Å line in the open cluster Stock 2 (松永典之, Mingjie Jian, 谷口大輔, Fu Xiaoting, 他)

ヘリウムは、ビッグバン元素合成以来、すべての恒星による核合成によっても存在量が増えている元素である。その組成は、恒星の内部構造をはじめ、天体物理学上の様々な問題を理解するために重要な意味をもつが、特に晩期型星においてはスペクトルに現れる吸収線が限られていて分光観測による直接的な組成測定は難しい。我々は He I 10 830 Å 吸収線に注目し、近赤外線分光観測にもとづくヘリウム組成測定を目指して研究を進めている。本研究では、散開星団 Stock 2 の巨星 9 個を対象に、TNG 望遠鏡と GIANO 分光器による近赤外高分散分光スペクトルを解析した。同一の散開星団に属するそれらの星のヘリウム組成は一定だと考えられるが、ヘリウムの吸収線強度は星によって異なっている。その吸収強度は、H および K 線 (Ca II) のラインプロファイルによって与えられる彩層の活動性の指標 ($\log R'_{\text{HK}}$) と相関していることがわかった。ヘリウム線を元素量指標とする際には、彩層構造を考慮すべきことが明らかとなった。(Jian et al. 2024, A&A, 26, A687)

9. The elderly among the oldest: new evidence for extremely metal-poor RR Lyrae stars (松永典之, Valentina D'Oragi, Vittorio Braga, Giuseppe Bono, 他)

本研究では、極端に金属量の少ない3つの RR ライリ型変光星に対して高分散分光解析を行い、これまで未踏だった低金属量領域にある RR ライリの詳細な化学組成を明らかにした。得られた金属量は $[\text{Fe}/\text{H}] = -3.40 \sim -2.77$ であり、非常に初期の宇宙で形成された星であることを示唆する。運動学的解析により、これらの星の一部は銀河ハロー起源であるが、一部は円盤成分との関係も示唆される。アルミニウムやマグネシウムの比から星の起源を探ったが、極低金属量では既存の化学的診断法が有効に機能しないことが判明した。現時点での観測的結果は、水平分枝上で進化した後には RR ライリ星になるという進化理論とも整合し、今後の大規模観測により同様の極低金属量星の発見がさらに進むことが期待される。RR ライリ星は宇宙年齢の指標として重要であり、本研究は初期銀河の形成史に新たな手がかり

りを与えるものである。(D'Orazi et al. 2025, A&A, 694, A158)

1.5.5 太陽系外惑星および星惑星形成

1. 系外惑星および円盤の直接観測

すばる望遠鏡戦略枠 SEEDS および Post-SEEDS プロジェクトなどに基づく国際共同研究。超補償光学系 SCExAO/赤外面分光器 CHARIS/可視偏光器 VAMPIRES を用いた高コントラスト観測を行い、直接観測法による系外惑星・円盤の探査を行っている。とりわけ、これまでのようなブラインドサーベイ直接観測よりも惑星などの軽い伴星を効率的に発見する手法を用いた結果、HIP 39017 および HD 33632 A を周回する超低質量天体の発見に成功した。また、AB Aur b の追観測を行った。さらに、JWST 宇宙望遠鏡による系外惑星の直接観測の論文を出版した。

2. 赤外線高分散分光器 IRD による系外惑星の観測

すばる望遠鏡用赤外線高精度ドップラー装置 IRD を用いて地球型惑星等の戦略枠・集中・一般共同利用観測を推進した。これにより、「第二の金星」とも呼べる Gliese12b の発見、K2-33b のトランジット分光などの研究を推進した。

3. 星惑星形成領域の偏光観測

独自の赤外線偏光装置 SIRPOL や JCMT の新偏光器 POL2 による国際共同観測。Kwon 博士らとの共同研究により、多数の星惑星形成領域の磁場構造および散乱放射場についての情報を得て、電波および可視光観測により星形成における磁場の役割を解明している。

4. トランジット観測による惑星検出と系外惑星大気の研究

系外惑星のトランジット観測を進めた。TESS 衛星の各種地上フォローアップ観測を進めた。その結果、多数の地球サイズの惑星およびミニネプチューンを発見・特徴づけた。

5. 系外惑星研究のための観測装置の開発

系外惑星・円盤の直接観測のための系外惑星観測装置の開発・保守・運用に関与している(すばる超補償光学 SCExAO, すばる望遠鏡用面分光器装置 CHARIS)。

地球型惑星探査のための、すばる望遠鏡用超高精度視線速度分光器 IRD の開発・保守・運用に関与している。科研費新学術研究に基づき、若い惑星の探査のための高精度視線速度分光器の開発を行なった。

高コントラスト観測装置 PSI の開発を SCExAO チーム・京都大学・国立天文台・北海道大学等と進めている。また、TMT の第一期装置である赤外線高分散分光器 MODHIS の開発や第二期装置のための基礎開発も進めている。これら装置によって地球型惑星の観測や特徴づけを実現することを目指している。

NASA が計画する Roman 宇宙望遠鏡のためのコロナグラフ用偏光素子の開発を Kwon 博士らと共同で東大主導で進めている。これによって前人未到のスペース高コントラスト偏光観測を実現する。

欧州の LIFE ミッションの検討に参加している。

南アフリカ天文台にある IRSF 望遠鏡のための広視野多色赤外線偏光器 SIRPOL (サーポール) の保守・運用も行っている。

6. 星間物質の気相・固相相互作用 (古家, 相川)

低温な分子雲ではさまざまな分子が固相(氷)にも存在する。しかし氷の観測は、気相の分子輝線観測に比べて分子同定力や検出感度が低い。そこで、反応素過程を考慮した理論モデルを用いて、分子輝線観測から固相を含めた星間物質組成を解明することが重要である。古家は、星なしコア L1544 で Phosphine (PH₃) の高感度観測を行った。観測で得られた上限値と、室内実験を基に構築したリンの化学反応ネッ

トワークモデルを用いて、揮発性氷に含まれるリンは宇宙元素存在度の $1/60$ 以下であることを示した。つまり、リンの大部分は難揮発性の固体物質に取り込まれている。一方で、彗星では $1/60$ よりも多くのリンが揮発性分子に存在する。これは星なしコアから彗星に至る星・惑星系形成過程において、衝撃波などで難揮発性のリンが気相に放出されることを示唆する。また、古家と相川は、非極性氷上での有機分子生成や、 SO_2 、 CH_4 の氷表面での破壊・生成反応についてスペインや北海道大学のグループと共同研究を行った。

7. 星・惑星系形成領域での同位体比異常 (古家, 相川)

太陽系近傍では炭素の同位体比 $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ は約 60 であるが、星形成領域では近年、同位体比 $^{12}\text{CX}/^{13}\text{CX}$ がこの値からずれている分子が観測されている。古家は、国立天文台や KASI (韓国) の研究者と共同で、星形成コアや原始惑星系円盤での分子の炭素同位体比進化モデルを構築すると共に、観測との比較を行った。同位体異常は主に同位体交換反応 $^{13}\text{C}^+ + \text{CO} \rightarrow \text{C}^+ + ^{13}\text{CO}$ に起因する。最近の実験で提言されている C 原子の水反応が同位体の変動に大きな役割を果たすことも分かった。原始惑星系円盤では、気相の C/O 比の変化も同位体比に大きな影響をおよぼす。また、相川はソウル大の研究者と共同で、outburst 星である V883 Ori の円盤内での分子組成および同位体比の研究を行った。

8. 原始惑星系円盤での大型有機分子の検出 (大和, 相川, 古家)

彗星探査はやぶさによる Ryugu 試料解析により、太陽系始原物質には多量の有機物が含まれていることが分かっている。一方で、系外惑星の形成現場である原始惑星系円盤では、低温のため、揮発性が水と同程度以下の大型有機分子の検出は非常に限られている。そこで近年、比較的温度の高い円盤中心領域で CH_3OH などの大型有機分子の検出が試みられている。大和は、ALMA で MWC480 周囲の円盤観測を行い、 CH_3OCH_3 を検出した。中心に cavity を持たない円盤での大型有機分子の検出はこれが初めてである。また、観測から導出された $\text{CH}_3\text{OCH}_3/\text{CH}_3\text{OH}$ 比は、原始星コアでの比よりも高く、原始星段階で取り込まれたガスや氷が原始惑星系円盤内で組成変化していることを示唆する。

9. 原始惑星系円盤での有機分子進化の理論モデル (鈴木, 相川, 古家)

原始惑星系円盤での大型有機分子の生成については、紫外線によるラジカル (有機分子の材料) の生成が重要であると考えられている。従来、円盤内を乱流拡散するダストへの紫外線照射量を計算し、これに比例する量の大型有機分子が生成するというモデルが受け入れられてきた。しかし、このモデルは紫外線による大型分子自体の破壊や、近年注目されているダスト表面反応の温度依存性などが無視されている。そこで鈴木は、弱い乱流をもつ円盤において乱流拡散、沈殿, radial drift するダスト粒子の軌跡を追跡し、軌跡に沿った温度、密度、紫外線フラックスの時間進化をもとに氷や有機分子の組成進化を数値計算によって調べた。その結果、大型有機分子の存在量は紫外線照射量には比例せず、個々のダストの温度履歴も反映することを示した。また、原始星段階から引き継いだメタノールが破壊される紫外線照射量を導出できた。酸素を含む大型有機分子と窒素を含む大型有機分子で紫外線照射量に対する存在度進化が大きく異なること、その違いが酸素と窒素の主要キャリア (CO_2 , N_2 , NH_3) の反応ネットワークで決まっていることも分かった。また、古家は大阪大学の研究者と共同で、X 線フレアが円盤の電離度に与える影響について研究を行った。

10. HD 冷却による初代星形成効率の低下 (梅田, 西嶋, 平野 (神奈川大学))

初代星形成において、水素分子を解離する外部からの Lyman - Werner (LW) 輻射は、ガス雲の熱進化を左右する。LW 輻射が一般的な初代星形成に与える影響を理解するためには、幅広い強度で包括的に調べる必要がある。我々は、3 次元の宇宙論的シミュレーションから取得した初代星形成ガス雲に対して、LW 輻射強度を $J_{\text{LW}}/J_{21} = 0$ (輻射なし) から 30 (水素原子冷却) の範囲で 18 通り変化させ、その影響を調べた。計算より、 $J_{\text{LW}}/J_{21} = 0.025 - 0.09$ で HD 冷却が有効になり、降着期 10 万年間にわたって密度 10^4 cm^{-3} 以上のガス温度を 200 K 以下に保つことがわかった。このとき、 10^8 cm^{-3} 以上のガス質量 (コ

ア質量) は $1.2 - 16 M_{\odot}$ と予想に反して小さくなった。また、10 万年の時点でのコア質量とビリアル半径内のガス質量の比 ($f_{\text{III}} = M_{\text{core}}/M_{\text{vir, gas}}$; 星形成効率) は、輻射強度が強くなるに連れて減少する傾向が見られ ($J_{\text{LW}}/J_{21} = 0.003 \rightarrow 10$ の間に $f \sim 10^{-2} \rightarrow 10^{-4}$)、HD 冷却によってコア質量が小さくなる範囲では、さらに減少した ($f_{\text{III}} \sim 10^{-5.5} - 10^{-4.5}$)。LW 輻射によってハロー内のガス質量は増加するが、初代星の総質量はそれに応じて増えるわけではない事を明らかにした。

11. 初代星形成における Streaming Velocity の影響 (梅田, 酒井, 平野 (神奈川大学))

初代星形成過程における Streaming Velocity の影響について、ハロー内部に形成される星の数や質量に着目した研究を行った。20 モデルのハローに対し 6 種類の SV を加えた初期条件についてジーンズ不安定性により重力収縮するような高密度ガス雲 (数密度 10^6cm^{-3} 以上) がハロー内で最初に生じてから 2.00 Myr の数値シミュレーションを行った。そのうち、高密度ガス雲の合体を merger tree を作成することにより調べ、初代星質量を見積もった。その結果、ハロー内部で形成される初代星について、SV が $1.5 - 3.0\sigma_{\text{SV}}$ と大きい領域における初代星形成では、1 つのハローにおいて 10 - 50 個程度の星形成ガス雲が形成される場合があることが示された。SV の大きさごとの星質量分布をまとめたところ、ハローがホストする初代星の合計質量はハロー内部の高密度ガス雲の合計質量と強い相関を持つが、ガス雲の分裂・合体を考慮すると、1 つ 1 つの平均星質量は SV によらず $\sim 200 M_{\odot}$ 程度であることが示された。

12. A High-resolution Non-detection of Escaping Helium in the Ultrahot Neptune LTT 9779b: Evidence for Weakened Evaporation (松永典之, Shreyas Vissapragada, Andrew McWilliam, 他)

本研究は、公転周期 1 日未満の「超高温ネプチューン型惑星」LTT 9779b に対して、大気放出の兆候を探る観測を行ったものである。これほど恒星に近接した惑星が揮発性ガスを保持していることは従来の理論と矛盾しており、その謎を解明する鍵として、近赤外 He I 10830 Å 三重項の吸収線検出が試みた。惑星トランジット時の WINERED 分光器による高分散分光観測の結果、惑星大気による吸収は検出されず、理論的予測を大きく下回る質量放出率の上限が与えられた。これは金属に富む大気がスケールハイトを小さくし、冷却を促進することで大気放出を抑制している可能性を示す。今後、JWST などによる観測で、こうした惑星の大気金属量を直接測定することにより、この仮説は検証可能であり、小型惑星の大気進化と生存の理解に新たな道を拓く成果である。(Vissapragada et al. 2024, ApJL, 962, L19)

1.5.6 太陽系

1.5.7 機器・ソフトウェア開発

1. WINERED 近赤外線高分散分光器のマゼラン望遠鏡における観測運用 (松永典之, 鯨島寛明, 谷口大輔, 大坪翔悟, 竹内智美, 猿楽祐樹, 佐川英夫, 河北秀世, 池田優二, 他 WINERED チーム)

WINERED は、京都産業大学神山天文台と東京大学が開発した近赤外線高分散分光器であり、極めて高い感度 (全体スループット約 60%) を特徴とする。2022 年にチリのラス・カンパナス天文台のマゼラン望遠鏡に移設され、2023 年より本格的な科学観測を開始した。16 等級の天体に対して 1 時間露光で信号対雑音比 30 のスペクトルを取得可能であり、その性能は 10m 級望遠鏡の分光器を上回る。2024 年度には、2024 年 4 月、9 月と 2025 年 2 月に 3 回の観測ランを行い、合計 55 夜の観測がアロケートされた。このうち、2 割に相当する 11 夜は WINERED の装置運用チームが観測を行い、それ以外の夜には米国およびチリの研究者の観測を行った。我々運用チームの観測では、セファイド変光星・赤色超巨星や太陽系惑星 (金星、他) などさまざまな観測を行い、米国研究者の観測では系外惑星のトランジット中に行う大気透過分光観測が多い。

1.6 論文および出版物

1.6.1 英文報告

- [1] J. Arita, X. Ding, X. Fan, T. Izumi, N. Kashikawa, D. Kashino, Y. Matsuoka, M. Onoue, C. L. Phillips, J. D. Silverman, and M. A. Strauss, “How do dark matter halos connect with supermassive black holes and their host galaxies?.” JWST Proposal. Cycle 4, ID. #7519, Mar. 2025.
- [2] Y. Matsuoka, M. Onoue, M. Akiyama, J. Arita, X. Ding, M. Imanishi, K. Iwasawa, T. Izumi, N. Kashikawa, T. Kawaguchi, S. Kikuta, K. Kohno, C.-H. Lee, T. Nagao, C. L. Phillips, J. D. Silverman, M. A. Strauss, A. Takahashi, and Y. Toba, “Probing hidden active SMBHs in the epoch of reionization: the missing link between classical quasars and faint JWST AGNs.” JWST Proposal. Cycle 4, ID. #7491, Mar. 2025.
- [3] J. Toshikawa, S. Wuyts, N. Kashikawa, H. Uchiyama, M. Bremer, M. Sawicki, Y. Ono, M. Kubo, K. Ito, and S. S. Ali, “Galaxy properties from the outskirts to the core of a protocluster at $z = 3.70$,” *MNRAS*, vol. 537, pp. 3561–3574, Mar. 2025.
- [4] H. Zhang, Z. Cai, M. Li, Y. Liang, N. Kashikawa, K. Ma, Y. Wu, Q. Li, S. D. Johnson, S. Kikuta, M. Ouchi, X. Fan, and Y. Ning, “MAMMOTH-Subaru. IV. Large Scale Structure and Clustering Analysis of Ly α Emitters and Ly α Blobs at $z = 2.2$ – 2.3 ,” *ApJ*, vol. 981, p. 70, Mar. 2025.
- [5] J. Arita, N. Kashikawa, M. Onoue, T. Yoshioka, Y. Takeda, H. Hoshi, and S. Shimizu, “The nature of low-luminosity AGNs discovered by JWST based on clustering analysis: progenitors of low- z quasars?,” *MNRAS*, vol. 536, pp. 3677–3688, Feb. 2025.
- [6] T. Yoshioka, N. Kashikawa, Y. Takeda, K. Ito, Y. Liang, R. Ishimoto, J. Arita, Y. Nishimura, H. Hoshi, and S. Shimizu, “Predicting Ly α emission from distant galaxies with neural network architecture,” *MNRAS*, vol. 536, pp. 3386–3400, Feb. 2025.
- [7] Y. Harikane, A. K. Inoue, R. S. Ellis, M. Ouchi, Y. Nakazato, N. Yoshida, Y. Ono, F. Sun, R. A. Sato, G. Ferrami, S. Fujimoto, N. Kashikawa, D. J. McLeod, P. G. Pérez-González, M. Sawicki, Y. Sugahara, Y. Xu, S. Yamanaka, A. C. Carnall, F. Cullen, J. S. Dunlop, E. Egami, N. Grogin, Y. Isobe, A. M. Koekemoer, N. Laporte, C.-H. Lee, D. Magee, H. Matsuo, Y. Matsuoka, K. Mawatari, K. Nakajima, M. Nakane, Y. Tamura, H. Umeda, and H. Yanagisawa, “JWST, ALMA, and Keck Spectroscopic Constraints on the UV Luminosity Functions at $z \sim 7$ – 14 : Clumpiness and Compactness of the Brightest Galaxies in the Early Universe,” *ApJ*, vol. 980, p. 138, Feb. 2025.
- [8] R. Iwamoto, Y. Matsuoka, M. Imanishi, K. Iwasawa, T. Izumi, N. Kashikawa, T. Kawaguchi, M. Sawamura, M. A. Strauss, A. Takahashi, and Y. Toba, “Subaru High- z Exploration of Low-luminosity Quasars (SHELLQs). XXI. Candidate Red Quasars at $z \geq 6$ from Near-infrared Photometry,” *ApJ*, vol. 979, p. 183, Feb. 2025.
- [9] M. Li, H. Zhang, Z. Cai, Y. Liang, N. Kashikawa, K. Ma, X. Fan, J. X. Prochaska, B. H. C. Emonts, X. Wang, Y. Wu, S. Zhang, Q. Li, S. D. Johnson, M. Yue, F. Arrigoni Battaia, S. Cantalupo, J. F. Hennawi, S. Kikuta, Y. Ning, M. Ouchi, R. Shimakawa, B. Wang, W. Wang, Z. Zheng, and Z.-Y. Zheng, “MAMMOTH-Subaru. II. Diverse Populations of Circumgalactic Ly α Nebulae at Cosmic Noon,” *ApJS*, vol. 275, p. 27, Dec. 2024.

- [10] Y. Takeda, N. Kashikawa, K. Ito, J. Toshikawa, R. Momose, K. Fujiwara, Y. Liang, R. Ishimoto, T. Yoshioka, J. Arita, M. Kubo, and H. Uchiyama, “Mining for Protoclusters at $z \sim 4$ from Photometric Data Sets with Deep Learning,” *ApJ*, vol. 977, p. 81, Dec. 2024.
- [11] M. Onoue, X. Ding, J. D. Silverman, Y. Matsuoka, T. Izumi, M. A. Strauss, C. Ward, C. L. Phillips, I. T. Andika, K. Aoki, J. Arita, S. Baba, R. Bieri, S. E. I. Bosman, A.-C. Eilers, S. Fujimoto, M. Habouzit, Z. Haiman, M. Imanishi, K. Inayoshi, K. Ito, K. Iwasawa, K. Jahnke, N. Kashikawa, T. Kawaguchi, K. Kohno, C.-H. Lee, J. Li, A. Lupi, J. Lyu, T. Nagao, R. Overzier, J.-T. Schindler, M. Schramm, M. T. Scoggins, K. Shimasaku, Y. Toba, B. Trakhtenbrot, M. Trebitsch, T. Treu, H. Umehata, B. Venemans, M. Vestergaard, M. Volonteri, F. Walter, F. Wang, J. Yang, and H. Zhang, “A Post-Starburst Pathway to Forming Massive Galaxies and Their Black Holes at $z \lesssim 6$,” *arXiv e-prints*, p. arXiv:2409.07113, Sept. 2024.
- [12] J. Arita, N. Kashikawa, Y. Matsuoka, W. He, K. Iwasawa, and Y. Toba, “Quasars reside in massive dark matter halos at redshift 6,” in *45th COSPAR Scientific Assembly. Held 13-21 July*, vol. 45, p. 1447, July 2024.
- [13] T. Izumi, Y. Matsuoka, M. Onoue, S. Fujimoto, T. Nagao, K. Iwasawa, N. Kashikawa, K. Kohno, H. Umehata, Y. Toba, K. Inayoshi, J. Silverman, A. Inoue, K. Nakanishi, Y. Ueda, and Y. Harikane, “Rapid mass assembly and co-evolution in $z \lesssim 6$ low-luminosity quasars studied by ALMA,” in *45th COSPAR Scientific Assembly. Held 13-21 July*, vol. 45, p. 1443, July 2024.
- [14] M. Li, Z. Cai, B. Emonts, X. Fan, E. G. Golden-Marx, N. Kashikawa, J. Li, J. Li, Y. Liang, M. Ouchi, J. X. Prochaska, H. Rottgering, R. Shimakawa, M. M. Villar Martin, X. Wang, and H. Zhang, “Origin and Feedback of a Giant Radio Galaxy in an Extreme Protocluster at $z=2.3$,” HST Proposal. Cycle 31, ID. #17627, May 2024.
- [15] Y. Matsuoka, T. Izumi, M. Onoue, M. A. Strauss, K. Iwasawa, N. Kashikawa, M. Akiyama, K. Aoki, J. Arita, M. Imanishi, R. Ishimoto, T. Kawaguchi, K. Kohno, C.-H. Lee, T. Nagao, J. D. Silverman, and Y. Toba, “Discovery of Merging Twin Quasars at $z = 6.05$,” *ApJL*, vol. 965, p. L4, Apr. 2024.
- [16] J. Chen and T. Totani, “The diffuse extragalactic γ -ray background radiation: star-forming galaxies are not the dominant component,” *MNRAS*, vol. 540, pp. 3221–3230, July 2025.
- [17] S. Yamasaki and T. Totani, “Time–Frequency Correlation of Repeating Fast Radio Bursts: Correlated Aftershocks Tend to Exhibit Downward Frequency Drifts,” *ApJL*, vol. 983, p. L16, Apr. 2025.
- [18] D. Yonetoku, A. Doi, T. Mihara, H. Matsuhara, T. Sakamoto, K. Tsumura, K. Ioka, M. Arimoto, T. Enoto, K. Fujimoto, H. Goto, S. Gunji, J. Hiraga, S. Ikunaga, N. Kawai, R. Kondo, S. Kurosawa, J. Li, Y. Maeda, I. Mitsuishi, T. Murakami, I. Nagataka, Y. Nakagawa, N. Ogino, T. Owari, R. Sato, M. Sato, T. Sato, T. Sawano, M. Serino, H.-C. Shen, S. Sugita, S. Takahashi, T. Tamagawa, K. Tamura, T. Tanaka, T. Tanimori, M. S. Tashiro, T. Togashi, H. Tomida, K. Watanabe, K. Yamaoka, M. Yamauchi, Y. Yatsu, A. Yoshida, H. Akitaya, A. Fukui, H. Fukui, Y. Ita, K. Kawabata, S. Matsuura, A. Miyasaka, K. Motohara, N. Narita, H. Noda, H. Okita, K. Sano, K. Shinozaki, S. Tajima, Y. Urata, T. Wada, K. Yanagisawa, M. Yoshida, N. Bando, I. Jikuya, K. Minesugi, Y. Miyazaki, Y. Kono, N. Takase, S. Nakatsubo, T. Kaga, K. Asano, K. Inayoshi, S. Inoue, H. Ito, H. Izumiura, N. Kawanaka, T. Kinugawa, S. Kisaka, K. Kiuchi, K. Kyutoku, J. Matsumoto, A. Mizuta, K. Murase, H. Nagakura, S. Nagataki, Y. Nakada, T. Nakamura, Y. Niino, Y. Suwa, K. Takahashi, T. Tanaka,

- K. Toma, T. Totani, R. Yamazaki, J. Yokoyama, Y. Harikane, M. Tanaka, S. Kimura, and M. Kimura, “High-z gamma-ray bursts unraveling the dark ages and extreme space-time mission: HiZ-GUNDAM,” in *Space Telescopes and Instrumentation 2024: Ultraviolet to Gamma Ray* (J.-W. A. den Herder, S. Nikzad, and K. Nakazawa, eds.), vol. 13093 of *Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series*, p. 1309320, Aug. 2024.
- [19] Y. Tsuzuki, T. Totani, C.-P. Hu, and T. Enoto, “Similarity to earthquakes again: periodic radio pulses of the magnetar SGR 1935+2154 are accompanied by aftershocks like fast radio bursts,” *MNRAS*, vol. 530, pp. 1885–1893, May 2024.
- [20] J. Karoly, D. Ward-Thompson, K. Pattle, S. N. Longmore, J. Di Francesco, A. Whitworth, D. Johnstone, S. Sadavoy, P. M. Koch, M.-Z. Yang, R. Furuya, X. Lu, M. Tamura, V. P. Debattista, D. Eden, J. Hwang, F. Poidevin, N. Bijas, S.-T. Chen, E. J. Chung, S. Coudé, S.-J. Lin, Y. Doi, T. Onaka, L. Fanciullo, T. Liu, G. Li, P. Bastien, T. Hasegawa, W. Kwon, S.-P. Lai, and K. Qiu, “The JCMT BISTRO Survey: Magnetic Fields Align with Orbital Structure in the Galactic Center,” *ApJL*, vol. 982, p. L22, Mar. 2025.
- [21] M. El Morsy, T. Currie, D. Bovie, M. Kuzuhara, B. Lacy, Y. Li, T. Tobin, T. D. Brandt, J. Chilcote, O. Guyon, T. D. Groff, J. Lozi, S. Vievard, V. Deo, N. Skaf, F. Bouchy, I. Boisse, E. Dykes, N. J. Kasdin, and M. Tamura, “Dynamical and Atmospheric Characterization of the Substellar Companion HD 33632 Ab from Direct Imaging, Astrometry, and Radial-velocity Data,” *ApJ*, vol. 981, p. 20, Mar. 2025.
- [22] S. Rahmouni, M. Tanaka, N. Domoto, D. Kato, K. Hotokezaka, W. Aoki, T. Hirano, T. Kotani, M. Kuzuhara, and M. Tamura, “Revisiting Near-infrared Features of Kilonovae: The Importance of Gadolinium,” *ApJ*, vol. 980, p. 43, Feb. 2025.
- [23] J. P. Perry, K. Pattle, D. Johnstone, W. Kwon, T. L. Bourke, E. J. Chung, S. Coudé, Y. Doi, L. Fanciullo, J. Hwang, Z. A. Khan, J. Kwon, S.-P. Lai, V. J. M. Le Gouellec, C. W. Lee, N. Ohashi, S. Sadavoy, G. Savini, E. Sharma, and M. Tamura, “The JCMT BISTRO Survey: the magnetized evolution of star-forming cores in the Ophiuchus molecular cloud interpreted using histograms of relative orientation,” *MNRAS*, vol. 536, pp. 1736–1751, Jan. 2025.
- [24] Y. Tampo, T. Kato, K. Isogai, M. Kimura, N. Kojiguchi, D. Nogami, J. Ito, M. Shibata, M. Yamanaka, K. Taguchi, H. Maehara, H. Itoh, K. Matsumoto, M. Nakagawa, Y. Nishida, S. Dvorak, K. L. Murata, R. Hosokawa, Y. Imai, N. Ito, M. Niwano, S. Sato, R. Noto, R. Yamaguchi, M. Schramm, Y. Oasa, T. Kanai, Y. Sasaki, T. Tordai, T. Vanmunster, S. Kiyota, N. Katysheva, S. Y. Shugarov, A. M. Zubareva, S. Antipin, N. Ikonnikova, A. Belinski, P. A. Dubovsky, T. Medulka, J. Takahashi, M. Takayama, T. Ohshima, T. Saito, M. Tozuka, S. Sako, M. Tanaka, N. Tominaga, T. Horiuchi, H. Hanayama, D. E. Reichart, V. V. Kouprianov, J. W. Davidson, Jr., D. B. Caton, F. D. Romanov, D. J. Lane, F.-J. Hambsch, N. Narita, A. Fukui, M. Ikoma, M. Tamura, K. S. Kawabata, T. Nakaoka, and R. Imazawa, “MASTER OT J030227.28+191754.5: An unprecedentedly energetic dwarf nova outburst,” *Publications of the Astronomical Society of Japan*, vol. 76, pp. 1228–1245, Dec. 2024.
- [25] J. Wu, K. Qiu, F. Poidevin, P. Bastien, J. Liu, T.-C. Ching, T. L. Bourke, D. Ward-Thompson, K. Pattle, D. Johnstone, P. M. Koch, D. Arzoumanian, C. W. Lee, L. Fanciullo, T. Onaka, J. Hwang, V. J. M. Le Gouellec, A. Soam, M. Tamura, M. Tahani, C. Eswaraiah, H.-B. Li, D. Berry, R. S.

- Furuya, S. Coudé, W. Kwon, S.-J. Lin, J.-W. Wang, T. Hasegawa, S.-P. Lai, D.-Y. Byun, Z. Chen, H.-R. V. Chen, W. P. Chen, M. Chen, J. Cho, Y. Choi, Y. Choi, M. Choi, A. Chrysostomou, E. J. Chung, S. Dai, J. Di Francesco, P. N. Diep, Y. Doi, H.-Y. Duan, Y. Duan, D. Eden, J. Fiege, L. M. Fissel, E. Franzmann, P. Friberg, R. Friesen, G. Fuller, T. Gledhill, S. Graves, J. Greaves, M. Griffin, Q. Gu, I. Han, S. Hayashi, T. Hoang, M. Houde, T. Inoue, S.-i. Inutsuka, K. Iwasaki, I.-G. Jeong, V. Könyves, J.-h. Kang, M. Kang, J. Karoly, A. Kataoka, K. Kawabata, S. Kim, M.-R. Kim, K. H. Kim, K.-T. Kim, J. Kim, H. Kim, G. Kim, F. Kirchschlager, J. Kirk, M. I. N. Kobayashi, T. Kusune, J. Kwon, K. Lacaille, C.-Y. Law, H. Lee, C.-F. Lee, S.-S. Lee, J.-E. Lee, D. Li, D. Li, G. Li, S.-Y. Liu, T. Liu, H.-L. Liu, X. Lu, A. R. Lyo, S. Mairs, M. Matsumura, B. Matthews, G. Moriarty-Schieven, T. Nagata, F. Nakamura, H. Nakanishi, N. B. Ngoc, N. Ohashi, G. Park, H. Parsons, N. Peretto, F. Priestley, T.-S. Pyo, L. Qian, R. Rao, J. Rawlings, M. Rawlings, B. Retter, J. Richer, A. Rigby, S. Sadavoy, H. Saito, G. Savini, M. Seta, E. Sharma, Y. Shimajiri, H. Shinnaga, Y.-W. Tang, X. Tang, H. D. Thuong, K. Tomisaka, L. N. Tram, Y. Tsukamoto, S. Viti, H. Wang, A. Whitworth, J. Xie, M.-Z. Yang, H.-W. Yen, H. Yoo, J. Yuan, H.-S. Yun, T. Zenko, G. Zhang, C.-P. Zhang, Y. Zhang, J. Zhou, L. Zhu, I. d. Looze, P. André, C. D. Dowell, S. Eyres, S. Falle, J.-F. Robitaille, and S. van Loo, “A Tale of Three: Magnetic Fields along the Orion Integral-shaped Filament as Revealed by the JCMT BISTRO Survey,” *ApJL*, vol. 977, p. L31, Dec. 2024.
- [26] E. Dykes, T. Currie, K. Lawson, M. Lucas, T. Kudo, M. Chen, O. Guyon, T. D. Groff, J. Lozi, J. Chilcote, T. D. Brandt, S. Vievard, N. Skaf, V. Deo, M. E. Morsy, D. Bovie, T. Uyama, C. Grady, M. Sitko, J. Hashimoto, F. Martinache, N. Jovanovic, M. Tamura, and N. J. Kasdin, “SCEXAO/CHARIS Near-infrared Scattered-light Imaging and Integral Field Spectropolarimetry of the AB Aurigae Protoplanetary System,” *ApJ*, vol. 977, p. 172, Dec. 2024.
- [27] M. Tomoyoshi, K. Masuda, T. Hirano, Y. Kasagi, H. Kawahara, T. Kotani, T. Kudo, M. Tamura, and S. Vievard, “Weighing Single-lined Spectroscopic Binaries Using Tidal Effects on Radial Velocities: The Case of V723 Monocerotis,” *ApJ*, vol. 977, p. 151, Dec. 2024.
- [28] Y. Choi, W. Kwon, K. Pattle, D. Arzoumanian, T. L. Bourke, T. Hoang, J. Hwang, P. M. Koch, S. Sadavoy, P. Bastien, R. Furuya, S.-P. Lai, K. Qiu, D. Ward-Thompson, D. Berry, D.-Y. Byun, H.-R. V. Chen, W. P. Chen, M. Chen, Z. Chen, T.-C. Ching, J. Cho, M. Choi, Y. Choi, S. Coudé, A. Chrysostomou, E. J. Chung, S. Dai, V. Debattista, J. Di Francesco, P. N. Diep, Y. Doi, H.-Y. Duan, Y. Duan, C. Eswaraiah, L. Fanciullo, J. Fiege, L. M. Fissel, E. Franzmann, P. Friberg, R. Friesen, G. Fuller, T. Gledhill, S. Graves, J. Greaves, M. Griffin, Q. Gu, I. Han, T. Hasegawa, M. Houde, C. L. H. Hull, T. Inoue, S.-i. Inutsuka, K. Iwasaki, I.-G. Jeong, D. Johnstone, J. Karoly, V. Könyves, J.-h. Kang, M. Kang, A. Kataoka, K. Kawabata, F. Kemper, J. Kim, S. Kim, G. Kim, K. H. Kim, M.-R. Kim, K.-T. Kim, H. Kim, F. Kirchschlager, J. Kirk, M. I. N. Kobayashi, T. Kusune, J. Kwon, K. Lacaille, C.-Y. Law, C. W. Lee, H. Lee, C.-F. Lee, J.-E. Lee, S.-S. Lee, D. Li, D. Li, G. Li, H.-b. Li, S.-J. Lin, H.-L. Liu, T. Liu, S.-Y. Liu, J. Liu, S. Longmore, X. Lu, A. R. Lyo, S. Mairs, M. Matsumura, B. Matthews, G. Moriarty-Schieven, T. Nagata, F. Nakamura, H. Nakanishi, N. B. Ngoc, N. Ohashi, T. Onaka, G. Park, H. Parsons, N. Peretto, F. Priestley, T.-S. Pyo, L. Qian, R. Rao, J. Rawlings, M. Rawlings, B. Retter, J. Richer, A. Rigby, H. Saito, G. Savini, M. Seta, E. Sharma, Y. Shimajiri, H. Shinnaga, A. Soam, M. Tahani, M. Tamura, Y.-W. Tang, X. Tang, K. Tomisaka, L. N. Tram, Y. Tsukamoto, S. Viti, H. Wang, J.-W. Wang, A. Whitworth, J. Wu, J. Xie, M.-Z. Yang, H.-W. Yen, H. Yoo, J. Yuan, H.-S. Yun, T. Zenko, G. Zhang, Y. Zhang, C.-P. Zhang, J. Zhou, L. Zhu, I. de Looze,

- P. André, C. D. Dowell, D. Eden, S. Eyres, S. Falle, V. J. M. Le Gouellec, F. Poidevin, and S. van Loo, “The JCMT BISTRO Survey: The Magnetic Fields of the IC 348 Star-forming Region,” *ApJ*, vol. 977, p. 32, Dec. 2024.
- [29] L. Cesario, T. Lichtenberg, E. Alei, Ó. Carrión-González, F. A. Dannert, D. Defrère, S. Ertel, A. Fortier, A. García Muñoz, A. M. Glauser, J. T. Hansen, R. Helled, P. A. Huber, M. J. Ireland, J. Kammerer, R. Laugier, J. Lillo-Box, F. Menti, M. R. Meyer, L. Noack, S. P. Quanz, A. Quirrenbach, S. Rugheimer, F. van der Tak, H. S. Wang, M. Anger, O. Balsalobre-Ruza, S. Bhattarai, M. Braam, A. Castro-González, C. S. Cockell, T. Constantinou, G. Cugno, J. Davoult, M. Güdel, N. Hernitschek, S. Hinkley, S. Itoh, M. Janson, A. Johansen, H. R. A. Jones, S. R. Kane, T. A. van Kempen, K. G. Kislyakova, J. Korth, A. B. Kovačević, S. Kraus, R. Kuiper, J. Mathew, T. Matsuo, Y. Miguel, M. Min, R. Navarro, R. M. Ramirez, H. Rauer, B. Vow Ricketti, A. Romagnolo, M. Schlecker, E. L. Sneed, V. Squicciarini, K. G. Stassun, M. Tamura, D. Viudez-Moreiras, R. D. Wordsworth, and LIFE Collaboration, “Large Interferometer For Exoplanets (LIFE): XIV. Finding terrestrial protoplanets in the galactic neighborhood,” *A&A*, vol. 692, p. A172, Dec. 2024.
- [30] S. Vievard, M. Lallement, S. Leon-Saval, O. Guyon, N. Jovanovic, E. Huby, S. Lacour, J. Lozi, V. Deo, K. Ahn, M. Lucas, S. Sallum, B. Norris, C. Betters, R. Amezcua-Correa, S. Yerolatsitis, M. P. Fitzgerald, J. Lin, Y. J. Kim, P. Gatkine, T. Kotani, M. Tamura, T. Currie, H. D. Kenchington, G. Martin, and G. Perrin, “Spectroscopy using a visible photonic lantern at the Subaru Telescope: Laboratory characterization and the first on-sky demonstration on Ikiiki (α Leo) and 'Aua (α Ori),” *A&A*, vol. 691, p. A140, Nov. 2024.
- [31] A. Peláez-Torres, E. Esparza-Borges, E. Pallé, H. Parviainen, F. Murgas, G. Morello, M. R. Zapatero-Osorio, J. Korth, N. Narita, A. Fukui, I. Carleo, R. Luque, N. A. García, K. Barkaoui, A. Boyle, V. J. S. Béjar, Y. Calatayud-Borras, D. V. Cheryasov, J. L. Christiansen, D. R. Ciardi, G. Enoc, Z. Essack, I. Fukuda, G. Furesz, D. Galán, S. Geraldía-González, S. Giacalone, H. Gill, E. J. Gonzales, Y. Hayashi, K. Ikuta, K. Isogai, T. Kagetani, Y. Kawai, K. Kawauchi, P. Klagyvik, T. Kodama, N. Kusakabe, A. Laza-Ramos, J. P. de Leon, J. H. Livingston, M. B. Lund, A. Madrigal-Aguado, P. Meni, M. Mori, S. M. Torres, J. Orell-Miquel, M. Puig, G. Ricker, M. Sánchez-Benavente, A. B. Savel, J. E. Schlieder, R. P. Schwarz, R. Sefako, P. Sosa-Guillén, M. Stangret, C. Stockdale, M. Tamura, Y. Terada, J. D. Twicken, N. Watanabe, J. Winn, S. G. Zheltoukhov, C. Ziegler, and Y. Zou, “Validation of up to seven TESS planet candidates through multi-colour transit photometry using MuSCAT2 data,” *A&A*, vol. 690, p. A62, Oct. 2024.
- [32] M. C.-Y. Chen, L. M. Fissel, S. I. Sadavoy, E. Rosolowsky, Y. Doi, D. Arzoumanian, P. Bastien, S. Coudé, J. di Francesco, R. Friesen, R. S. Furuya, J. Hwang, S.-I. Inutsuka, D. Johnstone, J. Karoly, J. Kwon, W. Kwon, V. J. M. Le Gouellec, H.-L. Liu, S. Mairs, T. Onaka, K. Pattle, M. G. Rawlings, M. Tahani, M. Tamura, J.-W. Wang, and BISTRO Team, “Relative alignments between magnetic fields, velocity gradients, and dust emission gradients in NGC 1333,” *MNRAS*, vol. 533, pp. 1938–1959, Sept. 2024.
- [33] S. A. Rafi, S. K. Nugroho, M. Tamura, L. Nortmann, and A. Sánchez-López, “Evidence of Water Vapor in the Atmosphere of a Metal-rich Hot Saturn with High-resolution Transmission Spectroscopy,” *AJ*, vol. 168, p. 106, Sept. 2024.

- [34] R. K. Saito, M. Hempel, J. Alonso-García, P. W. Lucas, D. Minniti, S. Alonso, L. Baravalle, J. Borissova, C. Caceres, A. N. Chené, N. J. G. Cross, F. Duplancic, E. R. Garro, M. Gómez, V. D. Ivanov, R. Kurtev, A. Luna, D. Majaess, M. G. Navarro, J. B. Pullen, M. Rejkuba, J. L. Sanders, L. C. Smith, P. H. C. Albino, M. V. Alonso, E. B. Amôres, R. Angeloni, J. I. Arias, M. Arnaboldi, B. Barbuy, A. Bayo, J. C. Beamin, L. R. Bedin, A. Bellini, R. A. Benjamin, E. Bica, C. J. Bonatto, E. Botan, V. F. Braga, D. A. Brown, J. B. Cabral, D. Camargo, A. Caratti o Garatti, J. A. Carballo-Bello, M. Catelan, C. Chavero, M. A. Chijani, J. J. Clariá, G. V. Coldwell, C. Contreras Peña, R. Contreras Ramos, J. M. Corral-Santana, C. C. Cortés, M. Cortés-Contreras, P. Cruz, I. V. Daza-Perilla, V. P. Debattista, B. Dias, L. Donoso, R. D’Souza, J. P. Emerson, S. Federle, V. Fermiano, J. Fernandez, J. G. Fernández-Trincado, T. Ferreira, C. E. Ferreira Lopes, V. Firpo, C. Flores-Quintana, L. Fraga, D. Froebrich, D. Galdeano, I. Gavignaud, D. Geisler, O. E. Gerhard, W. Gieren, O. A. Gonzalez, L. V. Gramajo, F. Gran, P. M. Granitto, M. Griggio, Z. Guo, S. Gurovich, M. Hilker, H. R. A. Jones, R. Kammerers, M. A. Kuhn, M. S. N. Kumar, R. Kundu, M. Lares, M. Libralato, E. Lima, T. J. Maccarone, P. Marchant Cortés, E. L. Martin, N. Masetti, N. Matsunaga, F. Mauro, I. McDonald, A. Mejías, V. Mesa, F. P. Milla-Castro, J. H. Minniti, C. Moni Bidin, K. Montenegro, C. Morris, V. Motta, F. Navarete, C. Navarro Molina, F. Nikzat, J. L. Nilo Castellón, C. Obasi, M. Ortigoza-Urdaneta, T. Palma, C. Parisi, K. Pena Ramírez, L. Pereyra, N. Perez, I. Petralia, A. Pichel, G. Pignata, S. Ramírez Alegría, A. F. Rojas, D. Rojas, A. Roman-Lopes, A. C. Rovero, S. Saroon, E. O. Schmidt, A. C. Schröder, M. Schultheis, M. A. Sgró, E. Solano, M. Soto, B. Stecklum, D. Steeghs, M. Tamura, P. Tissera, A. A. R. Valcarce, C. A. Valotto, S. Vasquez, C. Villalon, S. Villanova, F. Vivanco Cádiz, R. Zelada Bacigalupo, A. Zijlstra, and M. Zoccali, “The VISTA Variables in the Vía Láctea extended (VVVX) ESO public survey: Completion of the observations and legacy,” *A&A*, vol. 689, p. A148, Sept. 2024.
- [35] T. Kotani, N. Jovanovic, T. Sukegawa, J. Fucik, E. Kress, A. Baker, R. Gibson, M. Fitzgerald, D. Mawet, A. Takahashi, and M. Tamura, “Development of diffraction-limited, high-throughput Germanium echelle grating,” in *Advances in Optical and Mechanical Technologies for Telescopes and Instrumentation VI* (R. Navarro and R. Jedamzik, eds.), vol. 13100 of *Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series*, p. 131005T, Aug. 2024.
- [36] M. Gillon, P. P. Pedersen, B. V. Rackham, G. Dransfield, E. Ducrot, K. Barkaoui, A. Y. Burdanov, U. Schroffenegger, Y. Gómez Maqueo Chew, S. M. Lederer, R. Alonso, A. J. Burgasser, S. B. Howell, N. Narita, J. de Wit, B.-O. Demory, D. Queloz, A. H. M. J. Triaud, L. Delrez, E. Jehin, M. J. Hooton, L. J. Garcia, C. Jano Muñoz, C. A. Murray, F. J. Pozuelos, D. Sebastian, M. Timmermans, S. J. Thompson, S. Zúñiga-Fernández, J. Aceituno, C. Aganze, P. J. Amado, T. Baycroft, Z. Benkhaldoun, D. Berardo, E. Bolmont, C. A. Clark, Y. T. Davis, F. Davoudi, Z. L. de Beurs, J. P. de Leon, M. Ikoma, K. Ikuta, K. Isogai, I. Fukuda, A. Fukui, R. Gerasimov, M. Ghachoui, M. N. Günther, S. Hasler, Y. Hayashi, K. Heng, R. Hu, T. Kagitani, Y. Kawai, K. Kawauchi, D. Kitzmann, D. D. B. Koll, M. Lendl, J. H. Livingston, X. Lyu, E. A. Meier Valdés, M. Mori, J. J. McCormac, F. Murgas, P. Niraula, E. Pallé, I. Plauchu-Frayn, R. Rebolo, L. Sabin, Y. Schackey, N. Schanche, F. Selsis, A. Sota, M. Stalport, M. R. Standing, K. G. Stassun, M. Tamura, Y. Terada, C. A. Theissen, M. Turbet, V. Van Grootel, R. Varas, N. Watanabe, and F. Zong Lang, “Detection of an Earth-sized exoplanet orbiting the nearby ultracool dwarf star SPECULOOS-3,” *Nature Astronomy*, vol. 8, pp. 865–878, July 2024.
- [37] H. Kang, G. Chen, E. Pallé, F. Murgas, N. A. García, J. de Leon, G. Enoc, E. Esparza-Borges,

- I. Fukuda, A. Fukui, D. Galán, Y. Hayashi, K. Isogai, T. Kagitani, K. Kawauchi, J. Korth, J. H. Livingston, R. Luque, Y. Ma, A. Madrigal-Aguado, P. Meni, P. M. Rodriguez, M. Mori, S. M. Torres, N. Narita, J. Orell-Miquel, H. Parviainen, A. Peláez-Torres, M. Stangret, M. Tamura, and N. Watanabe, “Correction to: Simultaneous multicolour transit photometry of hot Jupiters HAT-P-19b, HAT-P-51b, HAT-P-55b, and HAT-P-65b,” *MNRAS*, vol. 531, pp. 4929–4929, July 2024.
- [38] K. Barkaoui, R. P. Schwarz, N. Narita, P. Mistry, C. Magliano, T. Hirano, M. Maity, A. J. Burgasser, B. V. Rackham, F. Murgas, F. J. Pozuelos, K. G. Stassun, M. E. Everett, D. R. Ciardi, C. Lamman, E. K. Pass, A. Bieryla, C. Aganze, E. Esparza-Borges, K. A. Collins, G. Covone, J. de Leon, M. Dévora-Pajares, J. de Wit, I. Fukuda, A. Fukui, R. Gerasimov, M. Gillon, Y. Hayashi, S. B. Howell, M. Ikoma, K. Ikuta, J. M. Jenkins, P. R. Karpoor, Y. Kawai, T. Kimura, T. Kotani, D. W. Latham, M. Mori, E. Pallé, H. Parviainen, Y. G. Patel, G. Ricker, H. M. Relles, A. Shporer, S. Seager, E. Softich, G. Srdoc, M. Tamura, C. A. Theissen, J. D. Twicken, R. Vanderspek, N. Watanabe, C. N. Watkins, J. N. Winn, and B. Wohler, “Three short-period Earth-sized planets around M dwarfs discovered by TESS: TOI-5720 b, TOI-6008 b, and TOI-6086 b,” *A&A*, vol. 687, p. A264, July 2024.
- [39] M. Yamaguchi, T. Muto, T. Tsukagoshi, H. Nomura, N. Hirano, T. Nakazato, S. Ikeda, M. Tamura, and R. Kawabe, “ALMA 2D super-resolution imaging of Taurus-Auriga protoplanetary disks: Probing statistical properties of disk substructures,” *Publications of the Astronomical Society of Japan*, vol. 76, pp. 437–474, June 2024.
- [40] M. Kuzuhara, A. Fukui, J. H. Livingston, J. A. Caballero, J. P. de Leon, T. Hirano, Y. Kasagi, F. Murgas, N. Narita, M. Omiya, J. Orell-Miquel, E. Palle, Q. Changeat, E. Esparza-Borges, H. Harakawa, C. Hellier, Y. Hori, K. Ikuta, H. T. Ishikawa, T. Kodama, T. Kotani, T. Kudo, J. C. Morales, M. Mori, E. Nagel, H. Parviainen, V. Perdelwitz, A. Reiners, I. Ribas, J. Sanz-Forcada, B. Sato, A. Schweitzer, H. M. Tabernero, T. Takarada, T. Uyama, N. Watanabe, M. Zechmeister, N. A. García, W. Aoki, C. Beichman, V. J. S. Béjar, T. D. Brandt, Y. Calatayud-Borras, I. Carleo, D. Charbonneau, K. A. Collins, T. Currie, J. P. Doty, S. Dreizler, G. Fernández-Rodríguez, I. Fukuda, D. Galán, S. Geraldía-González, J. González-Rodríguez, Y. Hayashi, C. Hedges, T. Henning, K. Hodapp, M. Ikoma, K. Isogai, S. Jacobson, M. Janson, J. M. Jenkins, T. Kagitani, E. Kambe, Y. Kawai, K. Kawauchi, E. Kokubo, M. Konishi, J. Korth, V. Krishnamurthy, T. Kurokawa, N. Kusakabe, J. Kwon, A. Laza-Ramos, F. Libotte, R. Luque, A. Madrigal-Aguado, Y. Matsumoto, D. Mawet, M. W. McElwain, P. P. Meni Gallardo, G. Morello, S. Muñoz Torres, J. Nishikawa, S. K. Nugroho, M. Ogihara, A. Peláez-Torres, D. Rapetti, M. Sánchez-Benavente, M. Schlecker, S. Seager, E. Serabyn, T. Serizawa, M. Stangret, A. Takahashi, H.-Y. Teng, M. Tamura, Y. Terada, A. Ueda, T. Usuda, R. Vanderspek, S. Vievard, D. Watanabe, J. N. Winn, and M. R. Zapatero Osorio, “Gliese 12 b: A Temperate Earth-sized Planet at 12 pc Ideal for Atmospheric Transmission Spectroscopy,” *ApJL*, vol. 967, p. L21, June 2024.
- [41] Y. Hori, A. Fukui, T. Hirano, N. Narita, J. P. de Leon, H. T. Ishikawa, J. D. Hartman, G. Morello, N. A. García, L. Álvarez Hernández, V. J. S. Béjar, Y. Calatayud-Borras, I. Carleo, G. Enoc, E. Esparza-Borges, I. Fukuda, D. Galán, S. Geraldía-González, Y. Hayashi, M. Ikoma, K. Ikuta, K. Isogai, T. Kagitani, Y. Kawai, K. Kawauchi, T. Kimura, T. Kodama, J. Korth, N. Kusakabe, A. Laza-Ramos, J. H. Livingston, R. Luque, K. Miyakawa, M. Mori, F. Murgas, J. Orell-Miquel, E. Palle, H. Parviainen, A. Peláez-Torres, M. Puig-Subirà, M. Sánchez-Benavente, P. Sosa-Guillén, M. Stangret, Y. Terada, S. Muñoz Torres, N. Watanabe, G. Á. Bakos, K. Barkaoui, C. Beichman, Z. Benkhaldoun, A. W. Boyle, D. R. Ciardi, C. A. Clark, K. A. Collins, K. I. Collins, D. M. Conti, I. J. M. Crossfield, M. E. Everett,

- E. Furlan, M. Ghachoui, M. Gillon, E. J. Gonzales, J. Higuera, K. Horne, S. B. Howell, E. Jehin, K. V. Lester, M. B. Lund, R. Matson, E. C. Matthews, F. J. Pozuelos, B. S. Safonov, J. E. Schlieder, R. P. Schwarz, R. Sefako, G. Srdoc, I. A. Strakhov, M. Timmermans, W. C. Waalkes, C. Ziegler, D. Charbonneau, Z. Essack, N. M. Guerrero, H. Harakawa, C. Hedges, M. Ishizuka, J. M. Jenkins, M. Konishi, T. Kotani, T. Kudo, T. Kurokawa, M. Kuzuhara, J. Nishikawa, M. Omiya, G. R. Ricker, S. Seager, T. Serizawa, S. Striegel, M. Tamura, A. Ueda, R. Vanderspek, S. Vievard, and J. N. Winn, “The Discovery and Follow-up of Four Transiting Short-period Sub-Neptunes Orbiting M Dwarfs,” *AJ*, vol. 167, p. 289, June 2024.
- [42] T. Hirano, E. Gaidos, H. Harakawa, K. W. Hodapp, T. Kotani, T. Kudo, T. Kurokawa, M. Kuzuhara, A. W. Mann, J. Nishikawa, M. Omiya, T. Serizawa, M. Tamura, P. C. Thao, A. Ueda, and S. Vievard, “Transit spectroscopy of K2-33b with subaru/IRD: Spin-Orbit alignment and tentative atmospheric helium,” *MNRAS*, vol. 530, pp. 3117–3126, May 2024.
- [43] M. Mori, K. Ikuta, A. Fukui, N. Narita, J. P. de Leon, J. H. Livingston, M. Ikoma, Y. Kawai, K. Kawauchi, F. Murgas, E. Palle, H. Parviainen, G. Fernández Rodríguez, Y. Terada, N. Watanabe, and M. Tamura, “Characterization of starspots on a young M-dwarf K2-25: multiband observations of stellar photometric variability and planetary transits,” *MNRAS*, vol. 530, pp. 167–189, May 2024.
- [44] S. Petrus, N. Whiteford, P. Patapis, B. A. Biller, A. Skemer, S. Hinkley, G. Suárez, P. Palma-Bifani, C. V. Morley, P. Tremblin, B. Charnay, J. M. Vos, J. J. Wang, J. M. Stone, M. Bonnefoy, G. Chauvin, B. E. Miles, A. L. Carter, A. Lueber, C. Helling, B. J. Sutcliffe, M. Janson, E. C. Gonzales, K. K. W. Hoch, O. Absil, W. O. Balmer, A. Boccaletti, M. Bonavita, M. Booth, B. P. Bowler, Z. W. Briesemeister, M. L. Bryan, P. Calissendorff, F. Cantalloube, C. H. Chen, E. Choquet, V. Christiaens, G. Cugno, T. Currie, C. Danielski, M. De Furio, T. J. Dupuy, S. M. Factor, J. K. Faherty, M. P. Fitzgerald, J. J. Fortney, K. Franson, J. H. Girard, C. A. Grady, T. Henning, D. C. Hines, C. E. Hood, A. R. Howe, P. Kalas, J. Kammerer, G. M. Kennedy, M. A. Kenworthy, P. Kervella, M. Kim, D. Kitzmann, A. L. Kraus, M. Kuzuhara, P.-O. Lagage, A.-M. Lagrange, K. Lawson, C. Lazzoni, J. M. Leisenring, B. W. P. Lew, M. C. Liu, P. Liu, J. Llop-Sayson, J. P. Lloyd, B. Macintosh, M. Málin, E. Manjavacas, S. Marino, M. S. Marley, C. Marois, R. A. Martinez, E. C. Matthews, B. C. Matthews, D. Mawet, J. Mazoyer, M. W. McElwain, S. Metchev, M. R. Meyer, M. A. Millar-Blanchaer, P. Mollière, S. E. Moran, S. Mukherjee, E. Pantin, M. D. Perrin, L. Pueyo, S. P. Quanz, A. Quirrenbach, S. Ray, I. Rebollido, J. Adams Redai, B. B. Ren, E. Rickman, S. Sallum, M. Samland, B. Sargent, J. E. Schlieder, K. R. Stapelfeldt, M. Tamura, X. Tan, C. A. Theissen, T. Uyama, M. Vasist, A. Vigan, K. Wagner, K. Ward-Duong, S. G. Wolff, K. Worthen, M. C. Wyatt, M. Ygouf, A. Zurlo, X. Zhang, K. Zhang, Z. Zhang, and Y. Zhou, “The JWST Early Release Science Program for Direct Observations of Exoplanetary Systems. V. Do Self-consistent Atmospheric Models Represent JWST Spectra? A Showcase with VHS 1256–1257 b,” *ApJL*, vol. 966, p. L11, May 2024.
- [45] S. Itoh, T. Matsuo, and M. Tamura, “Wide-spectral-band Nuller Insensitive to Finite Stellar Angular Diameter with a One-dimensional Diffraction-limited Coronagraph,” *AJ*, vol. 167, p. 235, May 2024.
- [46] T. L. Tobin, T. Currie, Y. Li, J. Chilcote, T. D. Brandt, B. Lacy, M. Kuzuhara, M. Vincent, M. El Morsy, V. Deo, J. P. Williams, O. Guyon, J. Lozi, S. Vievard, N. Skaf, K. Ahn, T. Groff, N. J. Kasdin, T. Uyama, M. Tamura, A. Gibbs, B. L. Lewis, R. Bowens-Rubin, M. Salama, Q. An, and M. Chen, “Direct-imaging Discovery of a Substellar Companion Orbiting the Accelerating Variable Star HIP 39017,” *AJ*, vol. 167, p. 205, May 2024.

- [47] M. Cointepas, F. Bouchy, J. M. Almenara, X. Bonfils, N. Astudillo-Defru, H. Knierim, M. Stalport, L. Mignon, N. Grieves, J. Bean, M. Brady, J. Burt, B. L. Canto Martins, K. A. Collins, K. I. Collins, X. Delfosse, J. R. de Medeiros, B. O. Demory, C. Dorn, T. Forveille, A. Fukui, T. Gan, Y. Gómez Maqueo Chew, S. Halverson, R. Helled, I. Helm, T. Hirano, K. Horne, S. B. Howell, K. Isogai, D. Kasper, K. Kawauchi, J. H. Livingston, B. Massey, R. A. Matson, F. Murgas, N. Narita, E. Palle, H. M. Relles, L. Sabin, N. Schanche, R. P. Schwarz, A. Seifahrt, A. Shporer, G. Stefansson, J. Sturmer, M. Tamura, T. G. Tan, J. D. Twicken, N. Watanabe, R. D. Wells, F. P. Wilkin, G. R. Ricker, S. Seager, J. N. Winn, and J. M. Jenkins, “TOI-663: A newly discovered multi-planet system with three transiting mini-Neptunes orbiting an early M star,” *A&A*, vol. 685, p. A19, May 2024.
- [48] M. Narang, P. Manoj, C. H. I. Chandra, B. Banerjee, H. Tyagi, M. Tamura, T. Henning, B. Mathew, J. Lazio, A. Surya, and P. K. Nayak, “A uGMRT search for radio emission from planets around evolved stars,” *MNRAS*, vol. 529, pp. 1161–1168, Apr. 2024.
- [49] T. Serizawa, T. Kurokawa, Y. Tanaka, J. Nishikawa, T. Kotani, and M. Tamura, “Laser frequency comb system for the infrared Doppler instrument on the Subaru Telescope,” *Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems*, vol. 10, p. 025006, Apr. 2024.
- [50] C. J. Law, R. Le Gal, Y. Yamato, K. Zhang, V. V. Guzmán, C. Hernández-Vera, L. I. Cleeves, G. Guidi, and A. S. Booth, “A Multiline Analysis of the Distribution and Excitation of CS and H₂CS in the HD 163296 Disk,” *ApJ*, vol. 985, p. 84, May 2025.
- [51] Y. Aikawa, S. Okuzumi, and K. Pontoppidan, “The Physical and Chemical Processes in Protoplanetary Disks: Constraints on the Composition of Comets,” in *Comets III* (K. J. Meech, M. R. Combi, D. Bockelée-Morvan, S. N. Raymodn, and M. E. Zolensky, eds.), pp. 33–62, 2024.
- [52] I. Cleeves, Y. Aikawa, A. Anderson, D. Anderson, S. M. Andrews, E. Artur de la Villarmois, N. Arulanantham, N. Ballering, E. A. Bergin, J. Bergner, G. A. Blake, R. A. Booth, J. Calahan, J. Carpenter, M. J. Colmenares Diaz, A. Diop, C. Gonzalez-Ruilova, A. Gupta, V. Guzman, T. Haworth, C. Hernandez-Vera, M. Kama, C. J. Law, D. Long, C. F. Manara, A. Miotello, K. Oberg, T. Paneque-Carreno, J. Pegues, G. Rosotti, C. Salyk, J. Teske, M. Vioque, C. Walsh, J. P. Williams, D. Wilner, and H.-W. Yen, “Unveiling the Changing C/O Chemistry in Young Planet-Forming Disks with JWST and ALMA.” JWST Proposal. Cycle 4, ID. #7099, Mar. 2025.
- [53] T. Hirota, B. Lefloch, Y. Oya, M. Bouvier, S. Charnley, I. Jiménez-Serra, A. López-Sepulcre, A. Miotello, J. Ospina-Zamudio, C. Vastel, S. Viti, C. J. Chandler, B. Svoboda, C. Ceccarelli, C. Codella, N. Sakai, Y. Aikawa, N. Balucani, E. Bianchi, P. Caselli, E. Caux, N. Cuello, M. De Simone, F. Dulieu, L. Evans, D. Fedele, S. Feng, F. Fontani, T. Hama, T. Hanawa, E. Herbst, A. Isella, D. Johnstone, H. B. Liu, L. Loinard, L. T. Maud, M. J. Maureira, F. Menard, G. Moellenbrock, H. Nomura, Y. Oba, S. Ohashi, Y. Okoda, J. Pineda, L. Podio, A. Rimola, G. Sabatini, T. Sakai, D. Segura-Cox, Y. Shirley, L. Testi, N. Watanabe, Y. Watanabe, Y. Zhang, and S. Yamamoto, “FAUST: XXIII. SiO outflow in the protobinary system L483,” *A&A*, vol. 695, p. A278, Mar. 2025.
- [54] J. Frediani, M. De Simone, L. Testi, L. Podio, C. Codella, C. J. Chandler, C. Ceccarelli, L. Loinard, A. López-Sepulcre, B. Svoboda, N. Sakai, L. Chahine, Y. Aikawa, E. Bianchi, M. Bouvier, L. Cacciapuoti, P. Caselli, S. B. Charnley, I. Jimenez-Serra, D. Johnstone, G. Sabatini, Y. Shirley, and S. Yamamoto, “FAUST: XX. The chemical structure and temperature profile of the IRAS 4A2 hot corino at 20–50 au,” *A&A*, vol. 695, p. A78, Mar. 2025.

- [55] J.-H. Jeong, J.-E. Lee, S. Lee, G. Baek, J.-H. Kang, S. Lee, C.-H. Kim, H.-S. Yun, Y. Aikawa, G. J. Herczeg, D. Johnstone, and L. Cieza, “ALMA Spectral Survey of an Eruptive Young Star, V883 Ori (ASSAY). II. Freshly Sublimated Complex Organic Molecules in the Keplerian Disk,” *ApJS*, vol. 276, p. 49, Feb. 2025.
- [56] Y. Oya, E. Saiga, A. Miotello, M. Koutoulaki, D. Johnstone, C. Ceccarelli, C. J. Chandler, C. Codella, N. Sakai, E. Bianchi, M. Bouvier, S. Charnley, N. Cuello, M. De Simone, L. Francis, T. Hanawa, I. Jiménez-Serra, L. Loinard, F. Menard, G. Sabatini, C. Vastel, Z. Zhang, Y. Aikawa, F. O. Alves, N. Balucani, G. Busquet, P. Caselli, E. Caux, S. Choudhury, F. Dulieu, A. Durán, L. Evans, D. Fedele, S. Feng, F. Fontani, T. Hama, E. Herbst, S. Hirano, T. Hirota, A. Isella, C. Kahane, B. Lefloch, R. Le Gal, H. B. Liu, A. López-Sepulcre, L. T. Maud, M. J. Maureira, S. Mercimek, G. Moellenbrock, S. Mori, H. Nomura, Y. Oba, R. O’Donoghue, S. Ohashi, Y. Okoda, J. Ospina-Zamudio, J. Pineda, L. Podio, A. Rimola, T. Sakai, D. Segura-Cox, Y. Shirley, B. Svoboda, L. Testi, S. Viti, N. Watanabe, Y. Watanabe, Y. Zhang, and S. Yamamoto, “Evidence for Jet/Outflow Shocks Heating the Environment around the Class I Protostellar Source Elias 29: FAUST XXI,” *ApJ*, vol. 980, p. 263, Feb. 2025.
- [57] Y. Komichi, Y. Aikawa, K. Iwasaki, and K. Furuya, “Chemical evolution during molecular cloud formation triggered by an interstellar shock wave: dependence on shock parameters and comparison with molecular absorption lines,” *MNRAS*, vol. 535, pp. 3738–3757, Dec. 2024.
- [58] T. Nguyen, Y. Oba, W. M. C. Sameera, K. Furuya, and N. Watanabe, “Chemical Pathways of SO₂ with Hydrogen Atoms on Interstellar Ice Analogues,” *ApJ*, vol. 976, p. 250, Dec. 2024.
- [59] H. Washinoue, S. Takasao, and K. Furuya, “Effect of Time-varying X-Ray Emission from Stellar Flares on the Ionization of Protoplanetary Disks,” *ApJ*, vol. 976, p. 25, Nov. 2024.
- [60] K. Doi, A. Kataoka, H. B. Liu, T. C. Yoshida, M. Benisty, R. Dong, Y. Yamato, and J. Hashimoto, “Asymmetric Dust Accumulation of the PDS 70 Disk Revealed by ALMA Band 3 Observations,” *ApJL*, vol. 974, p. L25, Oct. 2024.
- [61] L. Chahine, C. Ceccarelli, M. De Simone, C. J. Chandler, C. Codella, L. Podio, A. López-Sepulcre, B. Svoboda, G. Sabatini, N. Sakai, L. Loinard, C. Vastel, N. Balucani, A. Rimola, P. Ugliengo, Y. Aikawa, E. Bianchi, M. Bouvier, P. Caselli, S. Charnley, N. Cuello, T. Hanawa, D. Johnstone, M. J. Maureira, F. Ménard, Y. Shirley, L. Testi, and S. Yamamoto, “FAUST XIX. D₂CO in the outflow cavities of NGC 1333 IRAS 4A: recovering the physical structure of its original prestellar core,” *MNRAS*, vol. 534, pp. L48–L57, Oct. 2024.
- [62] M. Cordiner, S. Milam, S. Charnley, N. Roth, N. Biver, D. Bockelee-Morvan, A. Remijan, J. Boissier, J. Crovisier, C. Qi, Y.-J. Kuan, D. Lis, M. Drozdovskaya, B. Bonev, M. Lippi, K. Furuya, C. Opitom, R. Simon, and M. Jin, “Early results from the Large 12P COMA Survey - COmetary Molecules with ALMA,” in *56th Annual Meeting of the Division for Planetary Sciences*, vol. 56 of *AAS/Division for Planetary Sciences Meeting Abstracts*, p. 314.02, Oct. 2024.
- [63] N. Roth, M. Cordiner, S. Milam, C. Qi, D. Bockelee-Morvan, S. Charnley, N. Biver, I. Coulson, A. Remijan, B. Bonev, D. Lis, J. Crovisier, J. Boissier, C. Opitom, Y.-J. Kuan, M. Drozdovskaya, M. Lippi, M. Jin, R. Simon, K. Furuya, and M. Gurwell, “Sulfur Chemistry in Halley-Type Comet

- 12P/Pons-Brooks Imaged with SMA and ALMA,” in *56th Annual Meeting of the Division for Planetary Sciences*, vol. 56 of *AAS/Division for Planetary Sciences Meeting Abstracts*, p. 301.07, Oct. 2024.
- [64] K. Furuya, “A Framework for Incorporating Binding Energy Distribution in Gas-ice Astrochemical Models,” *ApJ*, vol. 974, p. 115, Oct. 2024.
- [65] Y. Yamato, Y. Aikawa, V. V. Guzmán, K. Furuya, S. Notsu, G. Cataldi, K. I. Öberg, C. Qi, C. J. Law, J. Huang, R. Teague, and R. Le Gal, “Detection of Dimethyl Ether in the Central Region of the MWC 480 Protoplanetary Disk,” *ApJ*, vol. 974, p. 83, Oct. 2024.
- [66] S. Gavino, J. K. Jørgensen, R. Sharma, Y.-L. Yang, Z.-Y. Li, J. J. Tobin, N. Ohashi, S. Takakuwa, A. L. Plunkett, W. Kwon, I. de Gregorio-Monsalvo, Z.-Y. D. Lin, A. Santamaría-Miranda, Y. Aso, J. Sai, Y. Aikawa, K. Tomida, P. M. Koch, J.-E. Lee, C. W. Lee, S.-P. Lai, L. W. Looney, S. Narayanan, N. T. Phuong, T. J. Thieme, M. L. R. van’t Hoff, J. P. Williams, and H.-W. Yen, “Early Planet Formation in Embedded Disks. XI. A High-resolution View Toward the BHR 71 Class 0 Protostellar Wide Binary,” *ApJ*, vol. 974, p. 21, Oct. 2024.
- [67] M. Tsuge, G. Molpeceres, Y. Aikawa, and N. Watanabe, “Methane Formation Efficiency on Icy Grains: Role of Adsorption States,” *ApJ*, vol. 973, p. 80, Oct. 2024.
- [68] M. Sil, A. Roy, P. Gorai, N. Nakatani, T. Shimonishi, K. Furuya, N. Inostroza-Pino, P. Caselli, and A. Das, “Assessing realistic binding energies of some essential interstellar radicals with amorphous solid water: A fully quantum chemical approach,” *A&A*, vol. 690, p. A252, Oct. 2024.
- [69] R. Ghosh, A. Das, P. Gorai, S. K. Mondal, K. Furuya, K. E. I. Tanaka, and T. Shimonishi, “Understanding the various evolutionary stages of the low-mass star-formation process by SO and SO₂,” *Frontiers in Astronomy and Space Sciences*, vol. 11, p. 1427048, Sept. 2024.
- [70] K. Furuya, T. Tsukagoshi, C. Qi, H. Nomura, L. I. Cleeves, S. Lee, and T. C. Yoshida, “Erratum: “Detection of HC¹⁸O⁺ in a Protoplanetary Disk: Exploring Oxygen Isotope Fractionation of CO” (2022, ApJ, 926, 148),” *ApJ*, vol. 973, p. 73, Sept. 2024.
- [71] M. J. Maureira, J. E. Pineda, H. B. Liu, L. Testi, D. Segura-Cox, C. Chandler, D. Johnstone, P. Caselli, G. Sabatini, Y. Aikawa, E. Bianchi, C. Codella, N. Cuello, D. Fedele, R. Friesen, L. Loinard, L. Podio, C. Ceccarelli, N. Sakai, and S. Yamamoto, “FAUST: XVIII. Evidence of annular substructure in a very young Class 0 disk,” *A&A*, vol. 689, p. L5, Sept. 2024.
- [72] T. Suzuki, K. Furuya, Y. Aikawa, T. Shibata, and L. Majumdar, “Chemical evolution of complex organic molecules in turbulent protoplanetary discs: effect of stochastic ultraviolet irradiation,” *MNRAS*, vol. 532, pp. 1796–1813, Aug. 2024.
- [73] T. C. Yoshida, H. Nomura, C. J. Law, R. Teague, Y. Shibaike, K. Furuya, and T. Tsukagoshi, “Outflow Driven by a Protoplanet Embedded in the TW Hya Disk,” *ApJL*, vol. 971, p. L15, Aug. 2024.
- [74] L. Podio, C. Ceccarelli, C. Codella, G. Sabatini, D. Segura-Cox, N. Balucani, A. Rimola, P. Ugliengo, C. J. Chandler, N. Sakai, B. Svoboda, J. Pineda, M. De Simone, E. Bianchi, P. Caselli, A. Isella, Y. Aikawa, M. Bouvier, E. Caux, L. Chahine, S. B. Charnley, N. Cuello, F. Dulieu, L. Evans, D. Fedele, S. Feng, F. Fontani, T. Hama, T. Hanawa, E. Herbst, T. Hirota, I. Jiménez-Serra, D. Johnstone, B. Lefloch, R. Le Gal, L. Loinard, H. B. Liu, A. López-Sepulcre, L. T. Maud, M. J. Maureira,

- F. Menard, A. Miotello, G. Moellenbrock, H. Nomura, Y. Oba, S. Ohashi, Y. Okoda, Y. Oya, T. Sakai, Y. Shirley, L. Testi, C. Vastel, S. Viti, N. Watanabe, Y. Watanabe, Y. Zhang, Z. E. Zhang, and S. Yamamoto, “FAUST. XVII. Super deuteration in the planet-forming system IRS 63 where the streamer strikes the disk,” *A&A*, vol. 688, p. L22, Aug. 2024.
- [75] G. Molpeceres, K. Furuya, and Y. Aikawa, “Enhanced formation of interstellar complex organic molecules on carbon monoxide ice,” *A&A*, vol. 688, p. A150, Aug. 2024.
- [76] G. Molpeceres de Diego, M. Tsuge, K. Furuya, Y. Aikawa, and N. Watanabe, “Carbon condensation on ices: Impact in the formation of O- and N- bearing molecules,” in *45th COSPAR Scientific Assembly. Held 13-21 July*, vol. 45, p. 2292, July 2024.
- [77] T. Shimonishi, K. Tanaka, Y. Zhang, N. Izumi, K. Furuya, C. Yasui, Y. Cheng, and A. Sato, “Organic Molecules in Protostellar Cores: From the outer Milky Way to the Magellanic Clouds,” in *45th COSPAR Scientific Assembly. Held 13-21 July*, vol. 45, p. 2285, July 2024.
- [78] K. Furuya, “A framework for incorporating binding energy distribution in rate equation models,” in *45th COSPAR Scientific Assembly. Held 13-21 July*, vol. 45, p. 2276, July 2024.
- [79] J.-H. Jeong, J.-E. Lee, S. Lee, G. Baek, J.-H. Kang, S. Lee, C.-H. Kim, H.-S. Yun, Y. Aikawa, G. J. Herczeg, D. Johnstone, and L. Cieza, “ALMA Spectral Survey of An eruptive Young star, V883 Ori (ASSAY): Freshly Sublimated Complex Organic Molecules (COMs) in the Keplerian Disk,” in *45th COSPAR Scientific Assembly. Held 13-21 July*, vol. 45, p. 2272, July 2024.
- [80] R. Ghosh, A. das, P. Gorai, S. K. Mondal, K. Furuya, K. Tanaka, and T. Shimonishi, “SO and SO₂ as evolutionary tracers of low-mass star-forming region,” in *45th COSPAR Scientific Assembly. Held 13-21 July*, vol. 45, p. 2246, July 2024.
- [81] B. Bhat, R. Kar, S. K. Mondal, R. Ghosh, P. Gorai, T. Shimonishi, K. Tanaka, K. Furuya, and A. das, “Chemical evolution of complex organic molecules in low-mass star-forming regions,” in *45th COSPAR Scientific Assembly. Held 13-21 July*, vol. 45, p. 2245, July 2024.
- [82] R. Ichimura, H. Nomura, and K. Furuya, “Carbon Isotope Fractionation of Complex Organic Molecules in Star-Forming Cores,” in *45th COSPAR Scientific Assembly. Held 13-21 July*, vol. 45, p. 2240, July 2024.
- [83] G. Molpeceres de Diego, K. Furuya, and Y. Aikawa, “Impact of CO ices in the production of interstellar complex organic molecules in prestellar cores,” in *45th COSPAR Scientific Assembly. Held 13-21 July*, vol. 45, p. 2236, July 2024.
- [84] M. Sil, S. Srivastav, B. Bhat, S. K. Mondal, P. Gorai, T. Shimonishi, B. Sivaraman, A. Pathak, N. Nakatani, K. Furuya, and A. das, “Chemical Complexity of Phosphorous-bearing Species,” in *45th COSPAR Scientific Assembly. Held 13-21 July*, vol. 45, p. 2228, July 2024.
- [85] K. Furuya and T. Shimonishi, “Deep search for phosphine in prestellar core L1544,” in *45th COSPAR Scientific Assembly. Held 13-21 July*, vol. 45, p. 2227, July 2024.
- [86] R. Ichimura, H. Nomura, and K. Furuya, “Carbon Isotope Fractionation of Complex Organic Molecules in Star-forming Cores,” *ApJ*, vol. 970, p. 55, July 2024.

- [87] S. Lee, H. Nomura, and K. Furuya, “Carbon Isotope Chemistry in Protoplanetary Disks: Effects of C/O Ratios,” *ApJ*, vol. 969, p. 41, July 2024.
- [88] H. Sano, Y. Yamane, J. T. van Loon, K. Furuya, Y. Fukui, R. Z. E. Alsaberi, A. Bamba, R. Enokiya, M. D. Filipovic, R. Indebetouw, T. Inoue, A. Kawamura, M. Lakicevic, C. J. Law, N. Mizuno, T. Murase, T. Onishi, S. Park, P. P. Plucinsky, J. Rho, A. M. S. Richards, G. Rowell, M. Sasaki, J. Seok, P. Sharda, L. Staveley-Smith, H. Suzuki, T. Temim, K. Tokuda, K. Tsuge, and K. Tachihara, “ALMA Observations of Supernova Remnant N49 in the Large Magellanic Cloud. II. Non-LTE Analysis of Shock-heated Molecular Clouds,” in *Supernova Remnants III: An Odyssey in Space after Stellar Death*, p. 188, June 2024.
- [89] N. Izumi, H. Sano, K. Furuya, N. Harada, K. Tokuda, and M. Yamagishi, “C I/CO abundance ratio of shock-excited gas in the Magellanic Supernova Remnant N63A,” in *Supernova Remnants III: An Odyssey in Space after Stellar Death*, p. 185, June 2024.
- [90] L. Chahine, C. Ceccarelli, M. De Simone, C. J. Chandler, C. Codella, L. Podio, A. López-Sepulcre, N. Sakai, L. Loinard, M. Bouvier, P. Caselli, C. Vastel, E. Bianchi, N. Cuello, F. Fontani, D. Johnstone, G. Sabatini, T. Hanawa, Z. E. Zhang, Y. Aikawa, G. Busquet, E. Caux, A. Durán, E. Herbst, F. Ménard, D. Segura-Cox, B. Svoboda, N. Balucani, S. Charnley, F. Dulieu, L. Evans, D. Fedele, S. Feng, T. Hama, T. Hirota, A. Isella, I. Jiménez-Serra, B. Lefloch, L. T. Maud, M. J. Maureira, A. Miotello, G. Moellenbrock, H. Nomura, Y. Oba, S. Ohashi, Y. Okoda, Y. Oya, J. Pineda, A. Rimola, T. Sakai, Y. Shirley, L. Testi, S. Viti, N. Watanabe, Y. Watanabe, Y. Zhang, and S. Yamamoto, “Multiple chemical tracers finally unveil the intricate NGC 1333 IRAS 4A outflow system. FAUST XVI,” *MNRAS*, vol. 531, pp. 2653–2668, June 2024.
- [91] K. Furuya and T. Shimonishi, “Deep Search for Phosphine in a Prestellar Core,” *ApJL*, vol. 968, p. L19, June 2024.
- [92] M. De Simone, L. Podio, L. Chahine, C. Codella, C. J. Chandler, C. Ceccarelli, A. López-Sepulcre, L. Loinard, B. Svoboda, N. Sakai, D. Johnstone, F. Ménard, Y. Aikawa, M. Bouvier, G. Sabatini, A. Miotello, C. Vastel, N. Cuello, E. Bianchi, P. Caselli, E. Caux, T. Hanawa, E. Herbst, D. Segura-Cox, Z. Zhang, and S. Yamamoto, “FAUST. XV. A disc wind mapped by CH₃OH and SiO in the inner 300 au of the NGC 1333 IRAS 4A2 protostar,” *A&A*, vol. 686, p. L13, June 2024.
- [93] Z. E. Zhang, N. Sakai, S. Ohashi, N. M. Murillo, C. J. Chandler, B. Svoboda, C. Ceccarelli, C. Codella, L. Cacciapuoti, R. O’Donoghue, S. Viti, Y. Aikawa, E. Bianchi, P. Caselli, S. Charnley, T. Hanawa, I. Jiménez-Serra, H. B. Liu, L. Loinard, Y. Oya, L. Podio, G. Sabatini, C. Vastel, and S. Yamamoto, “FAUST. XIV. Probing the Flared Disk in L1527 with Sulfur-bearing Molecules,” *ApJ*, vol. 966, p. 207, May 2024.
- [94] J.-E. Lee, C.-H. Kim, S. Lee, S. Lee, G. Baek, H.-S. Yun, Y. Aikawa, D. Johnstone, G. J. Herczeg, and L. Cieza, “ALMA Spectral Survey of an Eruptive Young Star, V883 Ori (ASSAY). I. What Triggered the Current Episode of Eruption?,” *ApJ*, vol. 966, p. 119, May 2024.
- [95] T. C. Yoshida, H. Nomura, K. Furuya, R. Teague, C. J. Law, T. Tsukagoshi, S. Lee, C. Rab, K. I. Öberg, and R. A. Loomis, “The First Spatially Resolved Detection of ¹³CN in a Protoplanetary Disk and Evidence for Complex Carbon Isotope Fractionation,” *ApJ*, vol. 966, p. 63, May 2024.

- [96] F. J. Encalada, L. W. Looney, S. Takakuwa, J. J. Tobin, N. Ohashi, J. K. Jørgensen, Z.-Y. Li, Y. Aikawa, Y. Aso, P. M. Koch, W. Kwon, S.-P. Lai, C. W. Lee, Z.-Y. D. Lin, A. Santamaría-Miranda, I. de Gregorio-Monsalvo, N. T. Phuong, A. Plunkett, J. Sai (Insa Choi), R. Sharma, H.-W. Yen, and I. Han, “Early Planet Formation in Embedded Disks (eDisk). XIII. Aligned Disks with Nonsettled Dust around the Newly Resolved Class 0 Protobinary R CrA IRAS 32,” *ApJ*, vol. 966, p. 32, May 2024.
- [97] G. Sabatini, L. Podio, C. Codella, Y. Watanabe, M. De Simone, E. Bianchi, C. Ceccarelli, C. J. Chandler, N. Sakai, B. Svoboda, L. Testi, Y. Aikawa, N. Balucani, M. Bouvier, P. Caselli, E. Caux, L. Chahine, S. Charnley, N. Cuello, F. Dulieu, L. Evans, D. Fedele, S. Feng, F. Fontani, T. Hama, T. Hanawa, E. Herbst, T. Hirota, A. Isella, I. Jiménez-Serra, D. Johnstone, B. Lefloch, R. Le Gal, L. Loinard, H. B. Liu, A. López-Sepulcre, L. T. Maud, M. J. Maureira, F. Menard, A. Miotello, G. Moellenbrock, H. Nomura, Y. Oba, S. Ohashi, Y. Okoda, Y. Oya, J. Pineda, A. Rimola, T. Sakai, D. Segura-Cox, Y. Shirley, C. Vastel, S. Viti, N. Watanabe, Y. Zhang, Z. E. Zhang, and S. Yamamoto, “FAUST. XIII. Dusty cavity and molecular shock driven by IRS7B in the Corona Australis cluster,” *A&A*, vol. 684, p. L12, Apr. 2024.
- [98] C. Zhu, Y. Harikane, M. Ouchi, Y. Ono, M. Onodera, S. Tang, Y. Isobe, Y. Matsuoka, T. Kawaguchi, H. Umeda, K. Nakajima, Y. Liang, Y. Xu, Y. Zhang, D. Sun, K. Shimasaku, J. Greene, K. Iwasawa, K. Kohno, T. Nagao, A. Schulze, T. Shibuya, M. Hilmi, and M. Schramm, “The Physical Origin of Extreme Emission Line Galaxies at High Redshifts: Strong [O III] Emission Lines Produced by Obscured Active Galactic Nuclei,” *ApJ*, vol. 982, p. 27, Mar. 2025.
- [99] T. S. Tanaka, J. D. Silverman, Y. Nakazato, M. Onoue, K. Shimasaku, Y. Fudamoto, S. Fujimoto, X. Ding, A. L. Faisst, F. Valentino, S. Jin, C. C. Hayward, V. Kokorev, D. Ceverino, B. S. Kalita, C. M. Casey, Z. Liu, A. Kaminsky, Q. Fei, I. T. Andika, E. Lambrides, H. B. Akins, J. S. Kartaltepe, A. M. Koekemoer, H. J. McCracken, J. Rhodes, B. E. Robertson, M. Franco, D. Liu, N. Chartab, S. Gillman, G. Gozaliasl, M. Hirschmann, M. Huertas-Company, R. Massey, N. Roy, Z. Sattari, M. Shuntov, J. Sterling, S. Toft, B. Trakhtenbrot, N. Yoshida, and J. A. Zavala, “Crimson Behemoth: A massive clumpy structure hosting a dusty AGN at $z=4.91$,” *Publications of the Astronomical Society of Japan*, vol. 76, pp. 1323–1335, Dec. 2024.
- [100] S. Fujimoto, K. Kohno, M. Ouchi, M. Oguri, V. Kokorev, G. Brammer, F. Sun, J. González-López, F. E. Bauer, G. B. Caminha, B. Hatsukade, J. Richard, I. Smail, A. Tsujita, Y. Ueda, R. Uematsu, A. Zitrin, D. Coe, J.-P. Kneib, M. Postman, K. Umetsu, C. d. P. Lagos, G. Popping, Y. Ao, L. Bradley, K. Caputi, M. Dessauges-Zavadsky, E. Egami, D. Espada, R. J. Ivison, M. Jauzac, K. K. Knudsen, A. M. Koekemoer, G. E. Magdis, G. Mahler, A. M. Muñoz Arancibia, T. Rawle, K. Shimasaku, S. Toft, H. Umehata, F. Valentino, T. Wang, and W.-H. Wang, “ALMA Lensing Cluster Survey: Deep 1.2 mm Number Counts and Infrared Luminosity Functions at $z \simeq 1-8$,” *ApJS*, vol. 275, p. 36, Dec. 2024.
- [101] F. Valentino, S. Fujimoto, C. Giménez-Arteaga, G. Brammer, K. Kohno, F. Sun, V. Kokorev, F. E. Bauer, C. Di Cesare, D. Espada, M. Lee, M. Dessauges-Zavadsky, Y. Ao, A. M. Koekemoer, M. Ouchi, J. F. Wu, E. Egami, J. B. Jolly, C. d. P. Lagos, G. E. Magdis, D. Schaerer, K. Shimasaku, H. Umehata, and W. H. Wang, “The cold interstellar medium of a normal sub- L^* galaxy at the end of reionization,” *A&A*, vol. 685, p. A138, May 2024.

- [102] S. Matsui, K. Shimasaku, K. Ito, M. Ando, and T. S. Tanaka, “X-ray stacking reveals average SMBH accretion properties of star-forming galaxies and their cosmic evolution over $4 \lesssim z \lesssim 7$,” *MNRAS*, vol. 529, pp. 926–940, Apr. 2024.
- [103] S. Fujimoto, M. Ouchi, K. Nakajima, Y. Harikane, Y. Isobe, G. Brammer, M. Oguri, C. Giménez-Arteaga, K. E. Heintz, V. Kokorev, F. E. Bauer, A. Ferrara, T. Kojima, C. d. P. Lagos, S. Laura, D. Schaerer, K. Shimasaku, B. Hatsukade, K. Kohno, F. Sun, F. Valentino, D. Watson, Y. Fudamoto, A. K. Inoue, J. González-López, A. M. Koekemoer, K. Knudsen, M. M. Lee, G. E. Magdis, J. Richard, V. B. Strait, Y. Sugahara, Y. Tamura, S. Toft, H. Umehata, and G. Walth, “JWST and ALMA Multiple-line Study in and around a Galaxy at $z = 8.496$: Optical to Far-Infrared Line Ratios and the Onset of an Outflow Promoting Ionizing Photon Escape,” *ApJ*, vol. 964, p. 146, Apr. 2024.
- [104] R. A. Sato, A. K. Inoue, Y. Harikane, R. Shimakawa, Y. Sugahara, Y. Tamura, T. Hashimoto, K. Ito, S. Yamanaka, K. Mawatari, Y. Fudamoto, and Y. W. Ren, “JWST/NIRSpec spectroscopy of intermediate-mass quiescent galaxies at $z = 3-4$,” *MNRAS*, vol. 534, pp. 3552–3564, Nov. 2024.
- [105] R. Abbott, H. Abe, F. Acernese, K. Ackley, S. Adhicary, N. Adhikari, R. X. Adhikari, V. K. Adkins, V. B. Adya, C. Affeldt, D. Agarwal, M. Agathos, O. D. Aguiar, L. Aiello, A. Ain, P. Ajith, T. Akutsu, S. Albanesi, R. A. Alfaidi, C. Alléné, A. Allocca, P. A. Altin, A. Amato, S. Anand, A. Ananyeva, S. B. Anderson, W. G. Anderson, M. Ando, T. Andrade, N. Andres, M. Andrés-Carcasona, T. Andrić, S. Ansoldi, J. M. Antelis, S. Antier, T. Apostolatos, E. Z. Appavuravther, S. Appert, S. K. Apple, K. Arai, A. Araya, M. C. Araya, J. S. Areeda, M. Arène, N. Aritomi, N. Arnaud, M. Arogeti, S. M. Aronson, H. Asada, G. Ashton, Y. Aso, M. Assiduo, S. Assis de Souza Melo, S. M. Aston, P. Astone, F. Aubin, K. Aultoneal, S. Babak, F. Badaracco, C. Badger, S. Bae, Y. Bae, S. Bagnasco, Y. Bai, J. G. Baier, J. Baird, R. Bajpai, T. Baka, M. Ball, G. Ballardín, S. W. Ballmer, G. Baltus, S. Banagiri, B. Banerjee, D. Bankar, J. C. Barayoga, B. C. Barish, D. Barker, P. Barneo, F. Barone, B. Barr, L. Barsotti, M. Barsuglia, D. Barta, J. Bartlett, M. A. Barton, I. Bartos, S. Basak, R. Bassiri, A. Basti, M. Bawaj, J. C. Bayley, M. Bazzan, B. Bécsy, V. M. Bedakihale, F. Beirnaert, M. Bejger, I. Belahcene, A. S. Bell, V. Benedetto, D. Beniwal, W. Benoit, J. D. Bentley, M. Benyaala, S. Bera, M. Berbel, F. Bergamin, B. K. Berger, S. Bernuzzi, M. Beroiz, C. P. L. Berry, D. Bersanetti, A. Bertolini, J. Betzwieser, D. Beveridge, R. Bhandare, A. V. Bhandari, U. Bhardwaj, R. Bhatt, D. Bhattacharjee, S. Bhaumik, A. Bianchi, I. A. Bilenko, M. Bilicki, G. Billingsley, S. Bini, O. Birnholtz, S. Biscans, M. Bisch, S. Biscoveanu, A. Bisht, B. Biswas, M. Bitossi, M. A. Bizouard, J. K. Blackburn, C. D. Blair, D. G. Blair, R. M. Blair, F. Bobba, N. Bode, M. Boër, G. Bogaert, M. Boldrini, G. N. Bolingbroke, L. D. Bonavena, R. Bondarescu, F. Bondu, E. Bonilla, R. Bonnand, P. Booker, R. Bork, V. Boschi, N. Bose, S. Bose, V. Bossilkov, V. Boudart, Y. Bouffanais, A. Bozzi, C. Bradaschia, P. R. Brady, A. Bramley, A. Branch, M. Branchesi, J. E. Brau, M. Breschi, T. Briant, J. H. Briggs, A. Brillet, M. Brinkmann, P. Brockill, A. F. Brooks, J. Brooks, D. D. Brown, S. Brunett, G. Bruno, R. Bruntz, J. Bryant, F. Bucci, J. Buchanan, T. Bulik, H. J. Bulten, A. Buonanno, K. Burtnyk, R. Buscicchio, D. Buskulic, C. Buy, R. L. Byer, G. S. Cabourn Davies, G. Cabras, R. Cabrita, L. Cadonati, G. Cagnoli, C. Cahillane, J. Calderón Bustillo, J. D. Callaghan, T. A. Callister, E. Calloni, J. B. Camp, M. Canepa, and G. Caneva, “Search for Gravitational-lensing Signatures in the Full Third Observing Run of the LIGO–Virgo Network,” *ApJ*, vol. 970, p. 191, Aug. 2024.

- [106] M. Tanaka, M. Onodera, R. Shimakawa, K. Ito, T. Kakimoto, M. Kubo, T. Morishita, S. Toft, F. Valentino, and P.-F. Wu, “A Protocluster of Massive Quiescent Galaxies at $z = 4$,” *ApJ*, vol. 970, p. 59, July 2024.
- [107] R. Abbott, H. Abe, F. Acernese, K. Ackley, N. Adhikari, R. X. Adhikari, V. K. Adkins, V. B. Adya, C. Affeldt, D. Agarwal, M. Agathos, K. Agatsuma, N. Aggarwal, O. D. Aguiar, L. Aiello, A. Ain, P. Ajith, T. Akutsu, S. Albanesi, R. A. Alfaidi, A. Allocca, P. A. Altin, A. Amato, C. Anand, S. Anand, A. Ananyeva, S. B. Anderson, W. G. Anderson, M. Ando, T. Andrade, N. Andres, M. Andrés-Carcasona, T. Andrić, S. V. Angelova, S. Ansoldi, J. M. Antelis, S. Antier, T. Apostolatos, E. Z. Appavuravther, S. Appert, S. K. Apple, K. Arai, A. Araya, M. C. Araya, J. S. Areeda, M. Arène, N. Aritomi, N. Arnaud, M. Arogeti, S. M. Aronson, H. Asada, Y. Asali, G. Ashton, Y. Aso, M. Assiduo, S. Assis de Souza Melo, S. M. Aston, P. Astone, F. Aubin, K. Aultoneal, C. Austin, S. Babak, F. Badaracco, M. K. M. Bader, C. Badger, S. Bae, Y. Bae, A. M. Baer, S. Bagnasco, Y. Bai, J. Baird, R. Bajpai, T. Baka, M. Ball, G. Ballardín, S. W. Ballmer, A. Balsamo, G. Baltus, S. Banagiri, B. Banerjee, D. Bankar, J. C. Barayoga, C. Barbieri, B. C. Barish, D. Barker, P. Barneo, F. Barone, B. Barr, L. Barsotti, M. Barsuglia, D. Barta, J. Bartlett, M. A. Barton, I. Bartos, S. Basak, R. Bassiri, A. Basti, M. Bawaj, J. C. Bayley, M. Bazzan, B. R. Becher, B. Bécsy, V. M. Bedakihale, F. Beirnaert, M. Beijer, I. Belahcene, V. Benedetto, D. Beniwal, M. G. Benjamin, T. F. Bennett, J. D. Bentley, M. Benyaala, S. Bera, M. Berbel, F. Bergamin, B. K. Berger, S. Bernuzzi, D. Bersanetti, A. Bertolini, J. Betzwieser, D. Beveridge, R. Bhandare, A. V. Bhandari, U. Bhardwaj, R. Bhatt, D. Bhattacharjee, S. Bhaumik, A. Bianchi, I. A. Bilenko, G. Billingsley, S. Bini, R. Birney, O. Birnholtz, S. Biscans, M. Bisch, S. Biscoveanu, A. Bisht, B. Biswas, M. Bitossi, M. A. Bizouard, J. K. Blackburn, C. D. Blair, D. G. Blair, R. M. Blair, F. Bobba, N. Bode, M. Boër, G. Bogaert, M. Boldrini, G. N. Bolingbroke, L. D. Bonavena, F. Bondu, E. Bonilla, R. Bonnand, P. Booker, B. A. Boom, R. Bork, V. Boschi, N. Bose, S. Bose, V. Bossilkov, V. Boudart, Y. Bouffanais, A. Bozzi, C. Bradaschia, P. R. Brady, A. Bramley, A. Branch, M. Branchesi, J. E. Brau, M. Breschi, T. Briant, J. H. Briggs, A. Brillet, M. Brinkmann, P. Brockill, A. F. Brooks, J. Brooks, D. D. Brown, S. Brunett, G. Bruno, R. Bruntz, J. Bryant, F. Bucci, T. Bulik, H. J. Bulten, A. Buonanno, K. Burtnyk, R. Buscicchio, D. Buskulic, C. Buy, R. L. Byer, G. S. Cabourn Davies, G. Cabras, R. Cabrita, L. Cadonati, M. Caesar, G. Cagnoli, C. Cahillane, and J. Calderón Bustillo, “Search for Gravitational-wave Transients Associated with Magnetar Bursts in Advanced LIGO and Advanced Virgo Data from the Third Observing Run,” *ApJ*, vol. 966, p. 137, May 2024.
- [108] R. Shimakawa, M. Tanaka, K. Ito, and M. Ando, “GALAXY CRUISE: Spiral and ring classifications for bright galaxies at $z = 0.01-0.3$,” *Publications of the Astronomical Society of Japan*, vol. 76, pp. 191–204, Apr. 2024.
- [109] K. Ito, F. Valentino, G. Brammer, A. L. Faisst, S. Gillman, C. Gómez-Guijarro, K. M. L. Gould, K. E. Heintz, O. Ilbert, C. K. Jespersen, V. Kokorev, M. Kubo, G. E. Magdis, C. J. R. McPartland, M. Onodera, F. Rizzo, M. Tanaka, S. Toft, A. P. Vijayan, J. R. Weaver, K. E. Whitaker, and L. Wright, “Size–Stellar Mass Relation and Morphology of Quiescent Galaxies at $z \geq 3$ in Public JWST Fields,” *ApJ*, vol. 964, p. 192, Apr. 2024.
- [110] C. Fletcher, J. Wood, R. Hamburg, P. Veres, C. M. Hui, E. Bissaldi, M. S. Briggs, E. Burns, W. H. Cleveland, M. M. Giles, A. Goldstein, B. A. Hristov, D. Kocevski, S. Lesage, B. Mailyan, C. Malacaria, S. Poolakkil, A. von Kienlin, C. A. Wilson-Hodge, Fermi Gamma-Ray Burst Monitor

- Team, M. Crnogorčević, J. Delaunay, A. Tohuvavohu, R. Caputo, S. B. Cenko, S. Laha, T. Parson, R. Abbott, H. Abe, F. Acernese, K. Ackley, N. Adhikari, R. X. Adhikari, V. K. Adkins, V. B. Adya, C. Affeldt, D. Agarwal, M. Agathos, K. Agatsuma, N. Aggarwal, O. D. Aguiar, L. Aiello, A. Ain, P. Ajith, T. Akutsu, S. Albanesi, R. A. Alfaidi, A. Allocca, P. A. Altin, A. Amato, C. Anand, S. Anand, A. Ananyeva, S. B. Anderson, W. G. Anderson, M. Ando, T. Andrade, N. Andres, M. Andrés-Carcasona, T. Andrić, S. V. Angelova, S. Ansoldi, J. M. Antelis, S. Antier, T. Apostolatos, E. Z. Appavuravther, S. Appert, S. K. Apple, K. Arai, A. Araya, M. C. Araya, J. S. Areeda, M. Arène, N. Arimoto, N. Arnaud, M. Arogeti, S. M. Aronson, K. G. Arun, H. Asada, Y. Asali, G. Ashton, Y. Aso, M. Assiduo, S. Assis de Souza Melo, S. M. Aston, P. Astone, F. Aubin, K. Aultoneal, C. Austin, S. Babak, F. Badaracco, M. K. M. Bader, C. Badger, S. Bae, Y. Bae, A. M. Baer, S. Bagnasco, Y. Bai, J. Baird, R. Bajpai, T. Baka, M. Ball, G. Ballardini, S. W. Ballmer, A. Balsamo, G. Baltus, S. Banagiri, B. Banerjee, D. Bankar, J. C. Barayoga, C. Barbieri, B. C. Barish, D. Barker, P. Barneo, F. Barone, B. Barr, L. Barsotti, M. Barsuglia, D. Barta, J. Bartlett, M. A. Barton, I. Bartos, S. Basak, R. Bassiri, A. Basti, M. Bawaj, J. C. Bayley, M. Bazzan, B. R. Becher, B. Bécsy, V. M. Bedakihale, F. Beirnaert, M. Bejger, I. Belahcene, V. Benedetto, D. Beniwal, M. G. Benjamin, T. F. Bennett, J. D. Bentley, M. Benyaala, S. Bera, M. Berbel, F. Bergamin, B. K. Berger, S. Bernuzzi, C. P. L. Berry, D. Bersanetti, A. Bertolini, J. Betzwieser, D. Beveridge, R. Bhandare, A. V. Bhandari, U. Bhardwaj, R. Bhatt, D. Bhattacharjee, S. Bhaumik, A. Bianchi, I. A. Bilenko, G. Billingsley, S. Bini, R. Birney, O. Birnholtz, S. Biscans, M. Bisch, S. Biscoveanu, A. Bisht, B. Biswas, M. Bitossi, M. A. Bizouard, J. K. Blackburn, C. D. Blair, D. G. Blair, R. M. Blair, F. Bobba, N. Bode, M. Boër, G. Bogaert, M. Boldrini, G. N. Bolingbroke, L. D. Bonavena, F. Bondu, E. Bonilla, R. Bonnand, P. Booker, B. A. Boom, R. Bork, V. Boschi, N. Bose, S. Bose, V. Bossilkov, V. Boudart, Y. Bouffanais, A. Bozzi, C. Bradaschia, P. R. Brady, A. Bramley, A. Branch, M. Branchesi, J. E. Brau, and M. Breschi, “A Joint Fermi-GBM and Swift-BAT Analysis of Gravitational-wave Candidates from the Third Gravitational-wave Observing Run,” *ApJ*, vol. 964, p. 149, Apr. 2024.
- [111] T. Narita, H. Uchida, J. Vink, S. Katsuda, H. Umeda, T. Yoshida, T. Sato, K. Matsunaga, and T. G. Tsuru, “Evidence for Type Ib/c Origin of the Supernova Remnant G292.0+1.8,” *ApJ*, vol. 976, p. 146, Nov. 2024.
- [112] C. Nagele and H. Umeda, “Formation of black holes from rapidly accreting supermassive stars is not trivial: Simulations of thermonuclear pulsations and explosions,” *Physical Review D*, vol. 110, p. L061301, Sept. 2024.
- [113] C. Nagele, H. Umeda, and K. Maeda, “STELLA Lightcurves of Energetic Pair-instability Supernovae in the Context of SN2018ibb,” *ApJ*, vol. 972, p. 11, Sept. 2024.
- [114] K. Matsunaga, H. Uchida, R. Enokiya, T. Sato, R. Sawada, H. Umeda, T. Narita, and T. G. Tsuru, “Progenitor Constraint-incorporating Shell Merger: The Case of Supernova Remnant G359.0–0.9,” *ApJ*, vol. 970, p. 4, July 2024.
- [115] T. Narita, H. Uchida, T. Yoshida, K. Matsunaga, M. Anazawa, T. Go Tsuru, J. Vink, S. Katsuda, T. Tanaka, H. Umeda, and T. Sato, “Progenitor constraint with CNO abundances of circumstellar material in supernova remnants,” in *Supernova Remnants III: An Odyssey in Space after Stellar Death*, p. 99, June 2024.

- [116] K. Matsunaga, H. Uchida, R. Enokiya, T. Sato, R. Sawada, H. Umeda, T. Narita, and T. G. Tsuru, “Formation of Mg-rich SNRs by shell merger and its effect on the explodability,” in *Supernova Remnants III: An Odyssey in Space after Stellar Death*, p. 97, June 2024.
- [117] S. Nishijima, S. Hirano, and H. Umeda, “Low-mass Population III Star Formation due to the HD Cooling Induced by Weak Lyman–Werner Radiation,” *ApJ*, vol. 965, p. 141, Apr. 2024.
- [118] Y. Hirai, T. R. Saitoh, M. S. Fujii, K. Kaneko, and T. C. Beers, “SIRIUS: Identifying Metal-poor Stars Enriched by a Single Supernova in a Dwarf Galaxy Cosmological Zoom-in Simulation Resolving Individual Massive Stars,” *ApJL*, vol. 980, p. L25, Feb. 2025.
- [119] N. Funakoshi, N. Matsunaga, D. Kawata, J. Baba, D. Taniguchi, and M. Fujii, “Clues to growth and disruption of two neighbouring spiral arms of the Milky Way,” *MNRAS*, vol. 533, pp. 4324–4333, Oct. 2024.
- [120] M. S. Fujii, L. Wang, A. Tanikawa, Y. Hirai, and T. R. Saitoh, “Simulations predict intermediate-mass black hole formation in globular clusters,” *Science*, vol. 384, pp. 1488–1492, June 2024.
- [121] D. Kawata, H. Kawahara, N. Gouda, N. J. Secrest, R. Kano, H. Kataza, N. Isobe, R. Ohsawa, F. Usui, Y. Yamada, A. W. Graham, A. R. Pettitt, H. Asada, J. Baba, K. Bekki, B. N. Dorland, M. Fujii, A. Fukui, K. Hattori, T. Hirano, T. Kamizuka, S. Kashima, N. Kawanaka, Y. Kawashima, S. A. Klioner, T. Kodama, N. Koshimoto, T. Kotani, M. Kuzuhara, S. E. Levine, S. R. Majewski, K. Masuda, N. Matsunaga, K. Miyakawa, M. Miyoshi, K. Morihana, R. Nishi, Y. Notsu, M. Omiya, J. Sanders, A. Tanikawa, M. Tsujimoto, T. Yano, M. Aizawa, K. Arimatsu, M. Biermann, C. Boehm, M. Chiba, V. P. Debattista, O. Gerhard, M. Hirabayashi, D. Hobbs, B. Ikenoue, H. Izumiura, C. Jordi, N. Kohara, W. Löffler, X. Luri, I. Mase, A. Miglio, K. Mitsuda, T. Newswander, S. Nishiyama, Y. Obuchi, T. Ootsubo, M. Ouchi, M. Ozaki, M. Perryman, T. Prusti, P. Ramos, J. I. Read, R. M. Rich, R. Schönrich, M. Shikauchi, R. Shimizu, Y. Suematsu, S. Tada, A. Takahashi, T. Tatekawa, D. Tatsumi, T. Tsujimoto, T. Tsuzuki, S. Urakawa, F. Uraguchi, S. Utsunomiya, V. Van Eylen, F. van Leeuwen, T. Wada, and N. A. Walton, “JASMINE: Near-infrared astrometry and time-series photometry science,” *Publications of the Astronomical Society of Japan*, vol. 76, pp. 386–425, June 2024.
- [122] A. Tanikawa, L. Wang, and M. S. Fujii, “Compact Binary Formation in Open Star Clusters II: Difficulty of Gaia NS formation in low-mass star clusters,” *The Open Journal of Astrophysics*, vol. 7, p. 39, May 2024.
- [123] R. Ohana, M. McCabe, L. Meyer, R. Morel, F. J. Agocs, M. Beneitez, M. Berger, B. Burkhart, K. Burns, S. B. Dalziel, D. B. Fielding, D. Fortunato, J. A. Goldberg, K. Hirashima, Y.-F. Jiang, R. R. Kerswell, S. Maddu, J. Miller, P. Mukhopadhyay, S. S. Nixon, J. Shen, R. Watteaux, B. Régalo-Saint Blancard, F. Rozet, L. H. Parker, M. Cranmer, and S. Ho, “The Well: a Large-Scale Collection of Diverse Physics Simulations for Machine Learning,” *arXiv e-prints*, p. arXiv:2412.00568, Nov. 2024.
- [124] K. Hirashima, K. Moriwaki, M. S. Fujii, Y. Hirai, T. R. Saitoh, J. Makino, U. P. Steinwandel, and S. Ho, “ASURA-FDPS-ML: Star-by-star Galaxy Simulations Accelerated by Surrogate Modeling for Supernova Feedback,” *arXiv e-prints*, p. arXiv:2410.23346, Oct. 2024.
- [125] M. Takata, “Novel seismic probes: The magnetic field measurement in red giants and the Sun,” in *8th TESS/15th Kepler Asteroseismic Science Consortium Workshop*, p. 83, Sept. 2024.

- [126] B. Mosser, K. Belkacem, M. S. Cunha, S. Deheuvels, M. Matteuzzi, C. Pinçon, M. Takata, and M. Vrad, “Extra trees in the mixed-mode forest,” in *8th TESS/15th Kepler Asteroseismic Science Consortium Workshop*, p. 19, Aug. 2024.
- [127] M. Tatalo, G. Bono, M. Salaris, A. Pietrinferni, M. Monelli, M. Fabrizio, V. F. Braga, A. Calamida, M. Dall’Ora, V. D’Orazi, I. Ferraro, G. Fiorentino, G. Iannicola, M. Marengo, N. Matsunaga, J. P. Mullen, and P. B. Stetson, “The Dwarf Irregular Galaxy NGC 6822. II. Young, Intermediate and Old Stellar Populations: Comparison between Theory and Observations,” *ApJ*, vol. 983, p. 92, Apr. 2025.
- [128] W. Yin, T. Bessho, Y. Ikeda, H. Kobayashi, D. Taniguchi, H. Sameshima, N. Matsunaga, S. Otsubo, Y. Sarugaku, T. Takeuchi, H. Kato, S. Hamano, and H. Kawakita, “First Result for Dark Matter Search by WINERED,” *Physical Review Letters*, vol. 134, p. 051004, Feb. 2025.
- [129] V. D’Orazi, V. Braga, G. Bono, M. Fabrizio, G. Fiorentino, N. Storm, A. Pietrinferni, C. Sneden, M. Sánchez-Benavente, M. Monelli, F. Sestito, H. Jönsson, S. Buder, A. Bobrick, G. Iorio, N. Matsunaga, M. Marconi, M. Marengo, C. E. Martínez-Vázquez, J. Mullen, M. Takayama, V. Testa, F. Cusano, and J. Crestani, “The elderly among the oldest: new evidence for extremely metal-poor RR Lyrae stars,” *A&A*, vol. 694, p. A158, Feb. 2025.
- [130] D. Taniguchi, N. Matsunaga, N. Kobayashi, M. Jian, B. Thorsbro, K. Fukue, S. Hamano, Y. Ikeda, H. Kawakita, S. Kondo, S. Otsubo, H. Sameshima, T. Tsujimoto, and C. Yasui, “MAGIS (Measuring Abundances of red super Giants with Infrared Spectroscopy) project: I. Establishment of an abundance analysis procedure for red supergiants and its evaluation with nearby stars,” *A&A*, vol. 693, p. A163, Jan. 2025.
- [131] S. Otsubo, Y. Sarugaku, T. Takeuchi, Y. Ikeda, N. Matsunaga, A. McWilliam, C. Hull, T. Yoshikawa, H. Katoh, S. Kondo, S. Hamano, D. Taniguchi, and H. Kawakita, “WINERED fully commissioned at the Magellan Clay Telescope,” in *Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy X* (J. J. Bryant, K. Motohara, and J. R. D. Vernet, eds.), vol. 13096 of *Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series*, p. 1309631, July 2024.
- [132] S. S. Elgueta, N. Matsunaga, M. Jian, D. Taniguchi, N. Kobayashi, K. Fukue, S. Hamano, H. Sameshima, S. Kondo, A. Arai, Y. Ikeda, H. Kawakita, S. Otsubo, C. Yasui, and T. Tsujimoto, “Astrophysical calibration of the oscillator strengths of YJ-band absorption lines in classical Cepheids,” *MNRAS*, vol. 532, pp. 3694–3712, Aug. 2024.
- [133] M. Di Criscienzo, S. Leccia, V. Braga, I. Musella, G. Bono, M. Dall’Ora, G. Fiorentino, M. Marconi, R. Molinaro, V. Ripepi, L. Girardi, A. Mazzi, G. Pastorelli, M. Trabucchi, N. Matsunaga, M. Monelli, A. Saha, K. A. Vivas, and R. Zanmar Sanchez, “Light-curve Recovery with Rubin-LSST. II. Unveiling the Darkness of the Galactic Bulge (VESTALE) with RR Lyrae,” *ApJS*, vol. 273, p. 35, Aug. 2024.
- [134] M. Jian, X. Fu, N. Matsunaga, V. D’Orazi, A. Bragaglia, D. Taniguchi, M. Fang, N. Sanna, S. Lucatello, A. Frasca, J. Alonso-Santiago, G. Catanzaro, and E. Oliva, “Stellar Population Astrophysics (SPA) with the TNG. Measurement of the He I 10 830 Å line in the open cluster Stock 2,” *A&A*, vol. 687, p. A189, July 2024.
- [135] V. D’Orazi, N. Storm, A. R. Casey, V. F. Braga, A. Zocchi, G. Bono, M. Fabrizio, C. Sneden, D. Massari, R. E. Giribaldi, M. Bergemann, S. W. Campbell, L. Casagrande, R. de Grijs, G. De Silva, M. Luvaro, D. B. Zucker, A. Bragaglia, D. Feuillet, G. Fiorentino, B. Chaboyer, M. Dall’Ora, M. Marengo,

- C. E. Martínez-Vázquez, N. Matsunaga, M. Monelli, J. P. Mullen, D. Nataf, M. Tantaló, F. Thevenin, F. R. Vitello, R.-P. Kudritzki, J. Bland-Hawthorn, S. Buder, K. Freeman, J. Kos, G. F. Lewis, K. Lind, S. Martell, S. Sharma, D. Stello, and T. Zwitter, “The GALAH survey: tracing the Milky Way’s formation and evolution through RR Lyrae stars,” *MNRAS*, vol. 531, pp. 137–162, June 2024.
- [136] J. L. Sanders, D. Kawata, N. Matsunaga, M. C. Sormani, L. C. Smith, D. Minniti, and O. Gerhard, “The epoch of the Milky Way’s bar formation: dynamical modelling of Mira variables in the nuclear stellar disc,” *MNRAS*, vol. 530, pp. 2972–2993, May 2024.
- [137] H. Katoh, C. Yasui, Y. Ikeda, N. Kobayashi, N. Matsunaga, S. Kondo, H. Sameshima, S. Hamano, M. Mizumoto, H. Kawakita, K. Fukue, S. Otsubo, and K. Takenaka, “[N I] 10400/10410 Å Lines as Possible Disk Wind Tracers in a Young Intermediate-mass Star,” *ApJ*, vol. 965, p. 70, Apr. 2024.
- [138] D. Minniti, N. Matsunaga, J. G. Fernández-Trincado, S. Otsubo, Y. Sarugaku, T. Takeuchi, H. Katoh, S. Hamano, Y. Ikeda, H. Kawakita, P. W. Lucas, L. C. Smith, I. Petralia, E. Rita Garro, R. K. Saito, J. Alonso-García, M. Gómez, and M. Gabriela Navarro, “The globular cluster VVV CL002 falling down to the hazardous Galactic centre,” *A&A*, vol. 683, p. A150, Mar. 2024.
- [139] S. Vissapragada, P. McCreery, L. A. Dos Santos, N. Espinoza, A. McWilliam, N. Matsunaga, J. A. Redai, P. Behr, K. France, S. Hamano, C. Hull, Y. Ikeda, H. Katoh, H. Kawakita, M. López-Morales, K. N. Ortiz Ceballos, S. Otsubo, Y. Sarugaku, and T. Takeuchi, “A High-resolution Non-detection of Escaping Helium in the Ultrahot Neptune LTT 9779b: Evidence for Weakened Evaporation,” *ApJL*, vol. 962, p. L19, Feb. 2024.
- [140] M. Jian, N. Matsunaga, B. Jiang, H. Yuan, and R. Zhang, “Exploring Be phenomena in OBA stars: A mid-infrared search ★,” *A&A*, vol. 682, p. A59, Feb. 2024.
- [141] S. Hamano, Y. Ikeda, S. Otsubo, H. Katoh, K. Fukue, N. Matsunaga, D. Taniguchi, H. Kawakita, K. Takenaka, S. Kondo, and H. Sameshima, “WARP: The Data Reduction Pipeline for the WINERED Spectrograph,” *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, vol. 136, p. 014504, Jan. 2024.
- [142] M. Mizumoto, H. Sameshima, N. Kobayashi, N. Matsunaga, S. Kondo, S. Hamano, C. Yasui, K. Fukue, A. Arai, H. Kawakita, S. Otsubo, G. Bono, and I. Saviane, “Shock Excitation in Narrow-line Regions Powered by AGN Outflows,” *ApJ*, vol. 960, p. 41, Jan. 2024.

1.6.2 和文論文および解説記事

1. 相川祐理, 大和義英, Gianni Cataldi, 野津翔太「小質量星周囲の円盤における化学」特集：アルマ望遠鏡 10 周年、天文月報 2024 年 4 月号

1.6.3 著書、訳書、編書

1. 田村元秀 (天文部, 分担執筆), 高田将郎 (天文部, 分担執筆), 松永典之 (暦部, 分担執筆), 「理科年表 2025」, 2024, 丸善

1.7 学会発表

共同発表者が多数の場合，天文学教室所属でない発表者名は，筆頭発表者以外は省略した。

1.7.1 日本天文学会 2024 年秋季年会，関西学院大学 (2024/9/11–9/13)

1. 工藤智幸ほか：「すばる望遠鏡 IRCS による AB Aur の原始惑星系円盤に対する水氷観測」
2. 米田謙太ほか：「高コントラスト観測法 Coherent Differential Imaging on Speckle Area Nulling (CDI-SAN) の開発 4」
3. 鈴木大輝, 古家健次, 相川祐理, 柴田雄, Liton Majumdar 「乱流状態にある原始惑星系円盤での複雑有機分子の化学進化」
4. 仲谷峻平, Neal J. Turner, 長谷川靖紘, Gianni Cataldi, 相川 祐理, Sebastian Marino, 小林浩「ガスリッチデブリ円盤の起源に関する新モデル：遅延円盤散逸モデル」
5. 大和 義英, 相川 祐理, 古家 健次, 吉田 有宏「原始惑星系円盤における C_2H の重水素化物の観測」
6. 伊藤慧 ほか：「A quiescent galaxy pair at $z = 3.44$ in the Cosmic Vine」
7. 安藤誠 (国立天文台), 伊藤慧, 他「GALAXY CRUISE: classifying HSC-like mock galaxies from the TNG50」
8. 藤井通子ほか：「形成中の球状星団での中間質量ブラックホール形成」
9. 平島敬也, 藤井通子ほか：「AI サロゲートモデルを用いた star-by-star 銀河形成シミュレーションの高速化」
10. 原田直人ほか：「星形成初期段階における個々のダスト粒子の軌道および成長過程」

1.7.2 日本天文学会 2025 年春季年会，水戸市民会館 (2025/3/17–3/20)

1. 塚越崇ほか：「ALMA 1au 分解能で見る TWHya 円盤の微細構造」
2. 渡辺紀治ほか：「高温星 TOI1355 周辺の楕円軌道ホットジュピターの発見」
3. 大宮正士ほか：「IRD-SSP による M 型星周りの惑星サーベイ：6 年目の観測状況」
4. 米田謙太ほか：「高コントラスト観測法 Coherent Differential Imaging on Speckle Area Nulling (CDI-SAN) の開発 5」
5. 小道雄斗, 相川祐理, 古家健次, 岩崎一成, 「磁気流体計算とトレーサー粒子で迫る分子雲形成期の化学進化過程」
6. 大和 義英, 相川 祐理, 古家 健次, Charles J. Law 「HD 163296 周りの円盤における H_2S の検出と硫黄の存在形態」
7. 古家健次「分子雲コアにおけるホスフィンの探索」

8. 伊藤慧 ほか: 「Systematic Exploration of massive quiescent galaxies at high redshift with JWST/NIRSpec」
9. 安藤誠 (国立天文台), 嶋作一大, 松井思引, 伊藤慧, 田中匠 (東京大学/IPMU) 「Anisotropic satellite galaxy quenching in clusters beyond $z = 1$ 」
10. 平島敬也, 藤井通子ほか: 「大規模並列計算と AI で実現する Star-by-star 銀河シミュレーションの高速化」
11. 松永典之ほか: 「近赤外線高分散分光観測によるリン過剰星の元素組成測定」
12. 鮫島寛明, 松永典之ほか: 「褐色矮星 Luhman 16 B における近赤外線スペクトルの分スケール変動の兆候」

1.7.3 国際研究会

1. Tomonori Totani “Statistical nature of aftershocks in repeater FRBs and magnetars, in comparison with earthquakes”, International magnetar seminar online, May, 2024
2. Tomonori Totani “Time correlation of repeating FRBs and magnetar radio pulses: they are similar to earthquakes”, Dialogue at the Dream Field 2024: Supranuclear Matter, Guizhou, China, May, 2024
3. Tomonori Totani “Aftershock properties of repeating FRBs and magnetars, in comparison with earthquakes”, Localization of fast radio bursts in Taiwan 2024, Ilian, Taiwan, June, 2024
4. Yuri Aikawa, “Chemistry in star-forming cores and protoplanetary disks”, A Symposium to Honor Eric Herbst’s Contributions to Our Understanding of the Molecular Universe, ACS symposium, San Diego, USA, March 2025 (invited)
5. Yuri Aikawa, “Search for building blocks of habitable worlds with ALMA”, US-JAPAN Conference on Life on Exoplanets — Insights and Future Prospects, Washington D.C., USA, Sep. 2025 (invited)
6. Yuri Aikawa, “Search for building blocks of habitable worlds with ALMA”, Center for Astrobiology Colloquium, Madrid, Spain, Dec. 2024
7. Yuri Aikawa, “Highlights of theory macro team, Symposium on Next Generation Astrochemistry”, Next Generation Astrochemistry: Reconstruction of the Science Based on Fundamental Molecular Processes, Tokyo, Nov, 2024
8. Yuri Aikawa, “Deuterium chemistry and ionization in protoplanetary disks”, Disk Exoplanet C/Onnection f2f team meeting, Germany, Dec. 2024
9. Yuri Aikawa, “Chemistry during molecular cloud formation”, RIKEN Symposium Evolution of Matter in the Universe, Tokyo, Jun. 2024
10. K. Furuya, “Deep Search for phosphine in prestellar core L1544”, COSPAR 2024, Busan, South Korea, July 2024 (invited)
11. K. Furuya, “A framework for incorporating binding energy distribution in gas-ice astrochemical models”, COSPAR 2024, Busan, South Korea, July 2024 (invited)
12. K. Furuya, “Incorporating binding energy distribution in astrochemical kinetic models”, ACS 2025, San Diego, USA, Mar. 2025

13. Yoshihide Yamato, “ALMA Observations of Complex Organic Molecules in the Disk around the Outbursting Protostar V883 Ori”, Mini Workshop on Star Formation, Kagoshima, Japan, June 2024
14. Yoshihide Yamato, “Dimethyl Ether Emission Tracing Icy Organic Sublimates in the MWC 480 Protoplanetary Disk”, East Asian ALMA Science Workshop 2024, Seoul, South Korea, July 2024
15. Yoshihide Yamato, Yuri Aikawa, Kenji Furuya, Charles J. Law, “Observations of Sulfur-bearing Molecules in the Inner Disk of HD 163296”, Symposium on Next Generation Astrochemistry, Tokyo, Japan, November 2024
16. Yuto Komichi, Yuri Aikawa, Kazunari Iwasaki, Kenji Furuya, “A study on chemical evolution during molecular cloud formation based on 3-dimensional MHD simulations”, Next Generation Astrochemistry 2024: Reconstruction of the Science Based on Fundamental Molecular Processes, Tokyo, Japan, November 2024
17. Yuto Komichi, Yuri Aikawa, Kazunari Iwasaki, Kenji Furuya, “Study on chemical evolution during molecular cloud formation based on 3D MHD simulations: focusing on diffuse cloud chemistry”, Diffuse Gas Workshop, Nagoya, Japan, March 2025
18. K. Ito, “Death of massive galaxies: characterization of quiescent galaxies in the early Universe”, 10th Galaxy Evolution Workshop, Taiwan, 8, 2024
19. K. Ito, “Large-scale structure and galaxy evolution at high redshift”, LSS QUEST 2024, Japan, 6, 2024
20. K. Ito, “Size - Stellar Mass Relation and Morphology of Quiescent Galaxies at $z \geq 3$ in Public *JWST* Fields”, first structures2024, France, 6, 2024
21. Hideyuki Umeda, “Progenitors of lowest mass Fe core collapse supernova explosions”, Theories of Astrophysical Big Bangs 2025 @RIKEN Wako-shi, Japan, 2025/02/17–19
22. Fujii, M. S., ”Star-by-star N-body/smoothed-particle hydrodynamics simulation of star cluster formation”, 2024 Alpbach workshop on clouds, star clusters & black holes, June 2024
23. Fujii, M. S., ”Next-generation simulations of galaxy formation: coupling surrogate models with conventional simulations”, CCS International Symposium 2024, Tsukuba Univ, Japan, October 2024, Keynote speech
24. Fujii, M. S., ”Formation of globular clusters with intermediate-mass black holes”, MODEST24, CAMK, Warsaw, Poland, August 2024
25. Hirashima, K., Surrogate Modeling for Supernova Feedback toward Star-by-Star Simulations of Milky-Way-sized Galaxies, The 2nd edition of the International Conference on Machine Learning for Astrophysics (ML4ASTRO2), Sicily, Italy, 2024/07
26. Hirashima, K., Fujii, M. S., et al., Surrogate Modeling for Supernova Feedback toward Star-by-Star Simulations of Milky-Way-sized Galaxies, XXXII IAU General Assembly 2024, FM7 NEW HORIZONS AT THE INTERFACE BETWEEN COMPUTATIONAL ASTROPHYSICS AND BIG DATA, Cape Town, South Africa, 2024/08

27. Hirashima, K., Accelerating Multi-Scale Fluid Dynamics and Galaxy Simulations with Machine Learning Surrogate Modeling, International Conference on Scientific Computing and Machine Learning 2025, 2025/03 (invited talk)
28. Takata, M., “Novel Seismic Probes”, 8th TESS/15th Kepler Asteroseismic Science Consortium Workshop, Portugal, July 2024
29. Mosser, B., et al. (including Takata, M.) “Extra trees in the mixed-mode forest”, 8th TESS/15th Kepler Asteroseismic Science Consortium Workshop, Portugal, July 2024
30. Takata M., “History and status of asteroseismology”, Asymptotics in astrophysics iTHEMS workshop, Japan, February 2025
31. Matsunaga, “Metallicity gradient of the Galactic disk traced with Cepheids”, MIAPbP 2024 “ABUNDANCE GRADIENTS IN THE LOCAL UNIVERSE (ADONIS)”, Germany, March–April 2024
32. Matsunaga, “Mira variable stars for tracing stellar populations in the Galactic bulge”, The Second SUPER-IRNET Workshop: Sparkling Our Collaboration at the Cosmic Gate, Japan (Oita), August 2024
33. Matsunaga, “Spectroscopic observations -available data/surveys, methods” (online presentation), ISSI-BJ International Team “EXPANDING Universe”, China, January 2025
34. Matsunaga, “PRIME’s power to survey Mira variable stars in the Galactic bulge” (online presentation), 27th International Microlensing Conference, South Africa, January 2025

1.7.4 国内研究会

1. 戸谷友則, “生命の起源と宇宙論”, 第 37 回 理論懇シンポジウム, 国立天文台三鷹, 2024 年 12 月 24-26 日
2. 戸谷友則, “Origin of Life and Cosmology / Dark Energy and Anthropic Principle / Fast Radio Bursts”, 31st ICEPP symposium, Nagano, Japan, Feb 16-19, 2025.
3. 戸谷友則, “生命の起源とインフレーション宇宙”, 第 49 回 生命の起原および進化学会 学術講演会, 海洋研究開発機構 横浜研究所, 2025 年 3 月 27 日
4. Chen, Junling, “Contribution to the cosmic gamma-ray background radiation from star forming galaxies”, 31st ICEPP symposium, Nagano, Japan, Feb 16-19, 2025.
5. 相川祐理, 「新たな星間分子の検出と Astrochemistry の進展」, ALMA Development Workshop: 2040 年代の電波干渉計の展望 (招待講演), 国立天文台, 2024 年 10 月
6. 相川祐理, 「理論班総括」, 次世代アストロケミストリー 第 5 回 領域全体集会, 北海道大学低温科学研究所 (北海道札幌市), 2025 年 3 月 3–5 日
7. Yoshihide Yamato, “Dimethyl Ether Emission Tracing Icy Sublimates in the MWC 480 Protoplanetary Disk”, Astrochemistry Get - together Workshop Ep. 2, 東京大学本郷キャンパス (東京), 2024 年 4 月 2 日
8. Yoshihide Yamato, “ALMA Observations of Complex Organic Molecules in the V883 Ori Disk”, Astrochemistry Mini - workshop, 国立天文台 (三鷹キャンパス), 2024 年 5 月 23, 24 日

9. Yoshihide Yamato, Yuri Aikawa, Kenji Furuya, John J. Tobin, Jes K. Jorgensen, “VLA Observations of Ammonia in Low - mass Protostars”, Astromaterial Science in the ngVLA Era, 東京工業大学（大岡山キャンパス）, 2024 年 8 月 26, 27 日
10. Yoshihide Yamato, 「原始星コアでの NH₃ 観測」ALMA-J セミナー, 国立天文台, 2025 年 3 月
11. Yuto Komichi, Yuri Aikawa, Kazunari Iwasaki, Kenji Furuya, ”chemical evolution during molecular cloud formation based on 3-dimensional MHD”, Gold Mine Workshop on Low-Metallicity Star-Formation, 新潟大学佐渡サテライトキャンパス（新潟県佐渡市）, 2024 年 8 月 21, 22 日
12. Yuto Komichi, Yuri Aikawa, Kazunari Iwasaki, Kenji Furuya, ”Study on chemical evolution during molecular cloud formation based on 3D MHD simulation”, CfCA Users Meeting 2024, 国立天文台三鷹キャンパス（東京都三鷹市）, 2024 年 11 月 25, 26 日
13. 小道雄斗, 相川祐理, 岩崎一成, 古家健次, 「3 次元磁気流体計算による分子雲形成時における化学進化過程の研究」, 第 37 回 理論懇シンポジウム, 国立天文台三鷹キャンパス（東京都三鷹市）, 2024 年 12 月 24–26 日
14. 小道雄斗, 相川祐理, 岩崎一成, 古家健次, 「3 次元磁気流体計算と反応ネットワーク計算で迫る分子雲形成時の化学進化過程」, 次世代アストロケミストリー 第 5 回 領域全体集会, 北海道大学低温科学研究所（北海道札幌市）, 2025 年 3 月 3–5 日
15. 安藤誠（国立天文台）, 伊藤慧, 他「GALAXY CRUISE: シミュレーション銀河を用いた目視形態分類の精度評価」The Violent Universe, 東京, 2024/9
16. 梅田 秀之, 「10⁵ M_☉ 程度の Supermassive Star の進化と爆発」初代星・初代銀河研究会 2024, 信州大学 長野（工学）キャンパス, 2024/11/11–13
17. 藤井通子, 「星一つ一つを再現した大質量星団形成シミュレーション」初代星・初代銀河研究会 FSFG2024, 信州大学, 2024 年 11 月
18. 藤井通子, 「球状星団に中間質量ブラックホールは存在するか」ブラックホール探査研究会 2025, 東京都立大学南大沢キャンパス, 2025 年 3 月
19. 藤井通子, 「星一つ一つまで再現した銀河形成シミュレーションへ向けて」シンポジウム「ポスト富岳で拓くアプリケーションの未来」, 理化学研究所計算科学研究センター, 2025 年 3 月
20. 藤井通子, 「形成中の星団での中間質量ブラックホール形成」CPS セミナー, Zoom, 2024 年 11 月
21. 藤井通子, 「Formation of intermediate-mass black hole in forming star clusters」つくば宇宙フォーラム, 筑波大学, 2024 年 7 月
22. 平島敬也, “Surrogate Modeling for Hydrodynamics and Fluid dynamics”, Nuclear Fusion and its Interdisciplinary Fields, 和光, 2024/05

23. 平島敬也, 藤井通子, 原田直人, First High-Resolution Galaxy Simulations Accelerated by an AI-based Surrogate Model for Supernovae, The 4th Research Workshop of "Program for Promoting Research on the Supercomputer Fugaku", 東京, 2025/2
24. 海老原将, 「銀河の化学進化シミュレーションで探る超大質量星の寄与」, 2024 年度 第 54 回 天文・天体物理若手夏の学校, 三重県, 2024 年 7 月
25. 海老原将, "Can supermassive stars be an origin of Nitrogen in GN-z11?", 第二回 FoPM シンポジウム, 東京大学本郷キャンパス, 2025 年 2 月
26. 松永典之, 「PRIME による銀河系バルジのミラ探査」 JASMINE Consortium Meeting 2024, 東京, 2024 年 8 月
27. 松永典之, 「Phosphorus enrichment over the Milky Way disk observed with near-infrared spectra of Cepheids」, Subaru Users Meeting, 2025 年 1 月
28. 松永典之, 「Chemical abundances of cool stars from NIR high-resolution spectroscopy」 Cool Stars Workshop in Japan, 東京, 2025 年 2 月

1.7.5 一般向け講演

1. 戸谷友則「今知りたい宇宙の謎」文京アカデミア講座, 東京, 2024 年 6 月 14 日～7 月 19 日
2. 戸谷友則「銀河と私たち」品川シルバー大学ふれあいアカデミー, 東京, 2024 年 9 月 18 日～9 月 25 日
3. 相川祐理「星と惑星系の誕生」東京大学理学部ホームカミングデイ 2024 ～家族で体験 理学のワンダーランド～, 東京, 2024 年 10 月 19 日
4. 嶋作一大「銀河と私たち」, 平成 6 年度品川シルバー大学, 「旅する宇宙」, 品川区, 2024/11/20
5. 藤井通子「スーパーコンピュータの中に宇宙を創る」東京大学公開講座, 東京大学, 2024 年 11 月
6. 松永典之「天文学講座『宇宙の灯台「セファイド」が生命の起源を語る?』」京都産業大学神山天文台講演会, 京都市, 2024 年 8 月

1.7.6 記者会見, プレスリリース, 新聞報道

1. 藤井通子, 谷川衝: 「最先端のシミュレーションによって明らかになった中間質量ブラックホール形成過程」東京大学理学部プレスリリース, 2024 年 5 月 31 日

1.7.7 受賞

1. 藤井通子, 公益財団法人 天文学振興財団, 2024 年度古在由秀賞, 2025 年 3 月 18 日
<http://www.fpastron.jp/material/subsidy/pdf/kozai2024.pdf>
2. 平島敬也, 藤井通子, 一般社団法人 HPCI コンソーシアム, 2024 年度 HPCI ソフトウェア 開発部門奨励賞
<https://hpci-c.jp/hrdevelop/award.html>
3. 平島敬也, スーパーコンピュータ「富岳」成果創出加速プログラム, 第 4 回「富岳」成果創出加速プログラム 次世代研究者賞
<https://fugaku100kei.jp/promoting-research/award>

1.7.8 他学部での講義

1. 藤井通子: 東京大学エグゼクティブ・マネジメント・プログラム

1.7.9 委員その他

柏川	学 内	天文学専攻専攻長
戸谷	学 内	天文学専攻専攻教育会議議長
	他機関	国立天文台 科学戦略委員会 委員
		国立天文台 サイエンスロードマップ策定委員会 委員
		国立天文台 科学研究部諮問委員会 委員
		京都大学基礎物理学研究所 運営協議会 委員
田村	他機関	自然科学研究機構・アストロバイオロジーセンター長
		神戸大学・CPS 運営委員会委員
相川	学 内	理学系研究科宇宙地球国際卓越委員
		男女共同参画委員
		宇宙理工学連携・宇宙惑星機構運営委員
		理学系企画室会議オブザーバ
		理学系人事 WG 委員
	他機関	国際天文学連合 Steering Committee Member of Division H Interstellar Matter and Local Universe
		ALMA Science Advisory Committee (ASAC)
		国立天文台 ALMA 科学諮問委員会委員 (JSAC/EASAC)
		神戸大学・CPS 運営委員会委員
		日本天文学会代議員
古家	学 内	談話会係
嶋作	学 内	天文学専攻教務委員
	他機関	日本天文学会 PASJ 編集顧問
梅田	学 内	理学系研究科キャリア支援室運営委員
		理学系研究科国際交流委員会委員
		理学系研究科キャンパス計画委員
		理学系研究科 3 号館運営委員
藤井	学 内	図書委員
	他機関	IAU Commission B1 Vice President
		国立天文台 TMT 科学審問委員
		国立天文台 CfCA 科学諮問委員
		IAU Commission B1 President
		日本天文学会 代議員
高田	学 内	理学系研究科ネットワーク委員
		理学部オープンキャンパス 2024 実行委員
松永	学 内	理学系研究科ネットワーク委員
	他機関	すばる望遠鏡 TAC 委員会 委員
		欧文研究報告 (PASJ) 編集委員

1.7.10 科研費等

戸谷	基盤 C [18K03692] 高速電波バーストとガンマ線バーストで探る宇宙進化
田村	基盤研究 (A) [24H00242] 真の第二の地球探査のための超高性能ドップラー装置の開発
Kwon	基盤研究 (C) [24K07086] 赤外線偏光観測の新展開：星周円盤の高解像度・高精度円偏光観測
相川	学術変革領域研究 (A) 計画研究 [20H05847] 気相・固相の反応素過程に基づく中間温度における分子進化モデル 学術変革領域研究 (A) (分担) [20H05844] 次世代アストロケミストリー：素過程理解に基づく学理の再構築 国立天文台 ALMA 共同科学研究事業 [2019-13B] 原始惑星系円盤の化学 基盤研究 B [24K00674] 惑星系形成円盤における元素組成の分布と進化：系外惑星大気の起源に迫る 基盤研究 A (分担) [21H04495] ALMA 大型観測プログラムによる原始星円盤における惑星形成の解明
古家	学術変革領域研究 (A) 計画研究 (分担) [20H05847] 気相・固相の反応素過程に基づく中間温度における分子進化モデル 基盤研究 A (分担) [21H04487] 星・惑星形成過程における高エネルギー物理現象の探求
大和	特別研究員奨励費 [23KJ0636] ALMA 高解像度観測による若い惑星形成円盤の物理・化学構造の解明
小道	特別研究員奨励費 [24KJ0901] 星間衝撃波による分子雲の形成・成長に伴う化学進化過程の解明
伊藤	特別研究員奨励費 [22J00495] 広域多波長探査で解き明かす銀河進化における宇宙大規模構造の役割
伊藤	若手研究 [23K13141] 深多波長データと JWST による遠方宇宙における星形成活動の終焉の解明
梅田	基盤研究 (B) [21H01123] 初期宇宙の大質量星から生まれるブラックホールの性質の解明
藤井	科研費基盤 B [22H01259] 星一つ一つを分解したシミュレーションで探る大質量星団形成過程 創発的研究支援事業 (JST) AI を組み込んだ新しい銀河シミュレーション 文部科学省 次世代計算基盤に係る調査研究事業 システム研究調査チーム 科研費基盤 C [21K03614] 球状星団の元素組成異常の起源の解明 文部科学省 スーパーコンピュータ「富岳」成果創出加速プログラム シミュレーションと AI の融合で解明する宇宙の構造と進化
高田	基盤研究 (C) [22K03672] 星震学によるかじき座ガンマ型変光星の内部自転構造の推定と角運動量輸送機構の探求
松永	国際共同研究加速基金 (国際共同研究強化 (B)) [19KK0080] 近赤外線高分散分光観測で探る銀河系円盤の未開拓領域における中性子捕獲元素の合成 二国間交流事業 (共同研究・オープンパートナーシップ枠) [JPJSBP 120239909] マゼラン望遠鏡と WINERED 分光器を用いた赤色星の高精度分光観測 東レ科学技術研究助成 [第 64 回 (2023 年)] 高効率の近赤外線天体分光器で探る元素組成進化

1.7.11 出張記録

戸谷友則	2024 年 5 月 10–16 日, 中国・貴陽, 研究会
戸谷友則	2024 年 6 月 23–27 日, 台湾・宜蘭, 研究会
戸谷友則	2024 年 12 月 9–13 日, エジプト・カイロ, 研究会
相川祐理	2024 年 9 月, Wanshington, D.C., USA, US-JAPAN Conference on Life on Exoplanets—Insights and Future Prospects での招待講演 2024 年 12 月, Center for Astrobiology, Madrid, Spain, コロキウムでの講演および ILINK プロジェクトの研究打ち合わせ 2024 年 12 月, European Southern Observatory, Germany, DECO f2f meeting 2025 年 3 月, San Diego Convention Center, USA, American Chemical Society Symposium での招待講演
古家健次	2024 年 7 月, Busan, Korea, COSPAR2024 での招待講演 2025 年 3 月, San Diego Convention Center, USA, American Chemical Society Symposium での講演
嶋作一大	2024/10/30–11/1, 木曾観測所, 基礎天文学観測
伊藤慧	2025 6/23–6/29, パリ, "first structures2024", 研究会参加
伊藤慧	2025 8/5–8/10, 台北, 国立台湾大学, 研究会参加
松井思引	2024/10/22–23, 愛知県名古屋市, 名古屋市科学館, 研究会「プラネタリウムで俯瞰する多波長全天/広域サーベイ 2024」, 参加 2024/11/18–21, 千葉県柏市, IPMU, 研究会「Probing the Genesis of Supermassive Black Holes: Emerging Perspectives from JWST and Expectation toward New Wide-Field Survey Observations」, 参加 2025/3/3–4, 東京都三鷹市, 国立天文台, 研究会「2nd PFS AGN Town Meeting」, 参加 2025/3/9–19, 東京都三鷹市, 国立天文台, 野辺山望遠鏡の三鷹リモート観測補助
梅田秀之	2024/11/11–13, 長野市, 信州大学, 研究会発表 2025/3/24–27, 京都市, 京都大学, 研究打ち合わせ
藤井通子	2024/6/9–16, Alpbach, Congress Centrum Alpbach, 2024 Alpbach workshop on clouds, star clusters&black holes, 招待講演 2024/7/16, つくば市, 筑波大学, つくば宇宙フォーラム, 招待講演 2024/8/6–14, Cape Town, South Africa, XXXII IAU GA, Focus Meeting7, SOC 2024/10, つくば市, 筑波大学, CCS International Symposium 2024, 基調講演 2024/11, 松本市, 信州大学, 初代星・初代銀河研究会 FSFG2024, 基調講演 2025/3/18–19, 東京, 理化学研究所計算科学研究センター, シンポジウム「ポスト富岳で拓くアプリケーションの未来」, 講演 2025/3, 八王子市, 東京都立大学南大沢キャンパス, ブラックホール探査研究会 2025, 招待講演
高田	2024 年 7 月 13 日–19 日, Porto, University of Porto, 国際会議「8th TESS/15th Kepler Asteroseismic Science Consortium Workshop」で研究発表 2024 年 7 月 22 日–28 日, Meudon, Paris Observatory, 研究打ち合わせ 2025 年 2 月 26 日–28 日, 神戸, 理化学研究所 神戸キャンパス, 国際研究会「asymptotics in astrophysics iTHEMS workshop」で研究発表
松永	2024/3/24–4/7, ドイツ・ミュンヘン近郊, MIAPbP, 研究会 Abundance Gradients in the Local Universe (ADONIS)

(次ページに続く)

2024/4/13–4/24, チリ・ラセレナ, ラスカンパナス観測所他, マゼラン望遠鏡に WINERED を設置して行う観測

2024/7/23–7/25, 大分県別府市, Super-IRNET 研究会「近赤外線広視野深宇宙探査が切り拓く未開拓宇宙 II」

2024/9/5–9/16, チリ・ラスカンパナス観測所他, マゼラン望遠鏡に WINERED を設置して行う観測

2025/1/16–1/17, 静岡県熱海市, WINERED LCO25a 観測検討会

2025/2/13–2/26, チリ・ラスカンパナス観測所他, マゼラン望遠鏡に WINERED を設置して行う観測

1.8 来訪者

氏名	所属	受入	期間	備考
Jeong-Eun Lee	Seoul National University	相川	2025 年 1 月 13 日 –2 月 10 日	GSGC 教授
Young-Jun Kim	Seoul National University PhD student	相川	2025 年 1 月 27 日 –1 月 31 日	
Seonjae Lee	Seoul National University PhD student	相川	2025 年 1 月 27 日 –1 月 31 日	
Julia Santos	Leinden University	相川	2024 年 7 月 16 日	
Ian Sims	Universite de Rennes	相川	2024 年 11 月 18 日	
Charles Law	University of Virginia	相川	2024 年 11 月 18 日	
Jiaqing Bi	台湾中央研究院 (ASIAA) 研究員	古家	2024 年 7 月 31 日	
Yinhao Wu	University of Leicester PhD student	古家	2024 年 9 月 3 日	
Hubert Klahr	Max-Planck-Institute for Astronomy	柴橋, 高田	2023 年 4 月 19 日	研究打ち合わせ
Alexander Kosovichev	New Jersey Institute of Technology	高田	2023 年 9 月 29 日	研究打ち合わせ
Irina Kitiashvili	NASA Ames Research Center	高田	2023 年 9 月 29 日	研究打ち合わせ

1.9 教室談話会

回	日付	講演者 (所属)	講演タイトル
1781	2024/4/9	Kenji Furuya 古家健次 (Department of Astronomy 天文学教室)	Search for phosphine in prestellar cores
1782	2024/4/16	Naoto Harada 原田直人 (Department of Astronomy 天文学教室)	Dust Dynamics and Growth during Star and Disk Formation Using Non-ideal MHD Simulation with Lagrangian Particles
1783	2024/4/23	Satoshi Kikuta 菊田智史 (Department of Astronomy 天文学教室)	Circumgalactic medium around Lyman alpha emitters probed with deep narrowband images
1784	2024/4/30	Frantisek Dinnbier (Department of Astronomy 天文学教室)	Zooming in on two aspects of star cluster evolution: gas expulsion and dynamics of Cepheid variable stars
1785	2024/5/14	Ryo Sawada 澤田涼 (Institute for Cosmic Ray Research, UTokyo 東京大学宇宙線研究所)	The Origin of Short-Lived Radioactive Nuclides in the Early Solar System
1786	2024/5/21	Nanase Harada 原田ななせ (National Astronomical Observatory of Japan 国立天文台)	The molecular ISM and astrochemistry in the starburst galaxy NGC 253: The ALCHEMI survey
1787	2024/5/28	Jiro Shimoda 霜田治朗 (Institute for Cosmic Ray Research, UTokyo 東京大学宇宙線研究所)	Roles of Cosmic Rays in Astrophysics: The History of Milky Way
1788	2024/6/4	Taichi Uyama 鵜山太智 (California State University Northridge / Astrobiology Center)	Direct Imaging of Exoplanets; from investigation of Jovian planet formation/evolution to future explorations for the Second Earth
1789	2024/6/11	Kohei Ichikawa 市川幸平 (Waseda University 早稲田大学)	Recent JWST insights into Little Red Dots and unresolved mysteries
1790	2024/6/18	Jun Hashimoto 橋本淳 (Astrobiology Center アストロバイオロジーセンター)	Substructures in Disks around Very Low Mass Stars
1791	2024/6/25	James W. Beletic (Chief Scientific Officer, Teledyne Digital Imaging)	The James Webb Space Telescope (JWST) – Humankind’s greatest space science facility
1792	2024/7/9	Michiko Fujii 藤井通子 (Department of Astronomy 天文学教室)	Formation of intermediate-mass black hole in forming star clusters
1793	2024/7/16	Dai Tateishi 立石大 (Department of Physics, UTokyo 東京大学物理学教室)	X-ray study of cosmic ray acceleration environment of supernova remnants
1794	2024/7/23	Ella Wang (The Australian National University)	Spectroscopic Measurements of Lithium in Late-type Stars

(次ページに続く)

回	日付	講演者 (所属)	講演タイトル
1795	2024/7/25	Chin-Ping Hu (National Changhua University of Education (Taiwan) / Kyoto University)	Unveiling the Connection between Fast Radio Bursts and Magnetars
1796	2024/8/1	Tetsuya Hashimoto 橋本哲也 (National Chung Hsing University)	Mysterious fast radio bursts and the new radio telescope in Taiwan: BURST
1797	2024/10/15	Ryosuke Tominaga 富永遼佑 (Institute of Science Tokyo 東京科学大学)	From dust grains to planetesimals: collisional growth aided by hydrodynamic instability in protoplanetary disks
1798	2024/10/29	Makoto Ando 安藤誠 (NAOJ 国立天文台)	GALAXY CRUISE: a quest for interacting galaxies in the “real” and “simulated” Universe with citizen astronomers
1800	2024/11/12	Toshiki Sato (Meiji University)	Exploring the interior of supernovae and their progenitors using supernova remnants
1801	2024/11/26	Natsuko Izumi (National Astronomical Observatory of Japan)	Overview Results of JWST Observations of Star-forming Clusters in the Extreme Outer Galaxy
1802	2024/12/3	Keiya Hirashima 平島敬也 (Department of Astronomy, UTokyo 東京大学)	First Star-by-star Galaxy Simulations Accelerated by a 3D Surrogate Model for Supernovae
1803	2024/12/12	Takashi Okamoto 岡本崇 (Hokkaido University 北海道大学)	The origin of the metallicity difference between star-forming and passive galaxies
1804	2025/1/23	Jeong-Eun Lee (Seoul National University)	Study of Interstellar Ice in the Time Domain Astronomy Era
1805	2025/2/5	田村元秀 (天文学教室)	太陽系外惑星の赤外線観測とアストロバイオロジー

第2部

天文学教育研究センター

東京大学 大学院理学系研究科附属 天文学教育研究センター

〒181-0015 東京都三鷹市大沢 2-21-1

TEL : 0422.34.5021

FAX : 0422.34.5041

ホームページ : <http://www.ioa.s.u-tokyo.ac.jp/>

表 2.1: 天文学教育研究センター (三鷹)

氏名	mail address (@ioa.s.u-tokyo.ac.jp)	研究者番号
事務室 (橋口 剛)	t-hashii	
河野 孝太郎	kkohno	80321587
宮田 隆志	tmiyata	90323500
本原 顕太郎	kmotohara	90343102
峰崎 岳夫	minezaki	60292835
小林 尚人	naoto	50280566
酒向 重行	sako	90533563
江草 芙実	fegusa	30644843
左近 樹	isakon	70451820
小西 真広	konishi	50532545
上塚 貴史	kamizuka	30613509
松林 和也	kazuuya	60622454
鮫島 寛明	hsameshima	10748875
諸隈 佳菜	kanamoro	70649467
加藤 夏子	natsuko	

2.1 天文学教育研究センターの沿革と現状

東京大学 大学院理学系研究科 附属天文学教育研究センター (通称天文センター, 英訳は Institute of Astronomy, The University of Tokyo 略して IoA-UT) は, 1988 年 (昭和 63 年) 7 月に旧東京天文台が国立天文台に改組された機会に, 東京大学における天文学の教育を拡充し, 特に観測面での教育・研究を推進する目的で発足した。独自の観測装置及び大学共同利用機関における諸大型観測装置を用いた天文学研究を行うとともに, 木曽観測所およびアタカマ観測所を有し大学天文台としての機能を果している。

教育面においては, 東京大学大学院理学系研究科及び理学部における大学院生, 学部学生の研究指導と教育を天文学教室と協力して行い, 次世代の研究者の養成にあたっている。

研究面においては, 現代天文学の主要分野, 主として光学赤外線天文学と電波天文学の分野で, 観測的宇宙論, 銀河構造・活動・進化, 恒星物理学, 星間物理学の先端的な研究を行っている。装置開発を含む萌芽的基礎的な研究も進めると同時に, 国立天文台及び宇宙科学研究所などの大学共同利用機関と密接な関係を保ち, 地上観測装置及びスペース天文学において共同研究を推進し, 諸大型装置の建設と計画に積極的に参画している。また, 国内はもとより, 諸外国の研究機関とも国際共同研究を進めている。

平成 10 年度には東京大学の大学院重点化構想に基づく大学院部局化にともない, 大学院理学系研究科附属天文学教育研究センターとして大学院化した。これに伴い, 教官・職員は大学院が主務となり学部が兼務となった。

平成 10 年度の補正予算により実現した三鷹キャンパスの新教育研究棟は平成 12 年 3 月に竣工した。

平成 31 年度には天文学専攻と合同で外部評価を受け, 全般的に現在の研究・教育の両面において高く評価された。また TAO 計画 (詳しくは後述) をはじめとして将来の活動に対して様々な観点からの期待が示された。

天文センターは, 三鷹に本部を置く 3 分野 (銀河天文学, 電波天文学, 恒星物理学) と長野県木曽郡に置かれた木曽観測所により構成されていた。その後 TAO 計画推進のため平成 29 年度よりアタカマ観測所が設置され, また令和 4 年度より時間軸天文学部門が新設された。

[1] **銀河天文学分野**は, 従来からの銀河系構造・系外銀河の研究に加えて観測的宇宙論の研究を推進しつつあり, 主な研究テーマは以下の如くである。

- 銀河・銀河系の構造と進化: 星の計数観測による銀河系の構造及び表面測光による銀河構造の研究。銀河内に於ける元素合成, 星とガスの循環, 銀河の化学・スペクトル進化モデルの構築と, それに基づいた観測的な銀河系及び系外銀河の形成, 進化, 星の生成史の研究。
- 観測的宇宙論: 銀河進化モデルに基づく銀河計数解析, 宇宙モデルの研究。赤外線衛星 ISO の遠赤外線観測による銀河形成ならびにクエーサーの研究。Ia 型超新星を標準光源として用いた宇宙膨張測定と宇宙モデルの研究。可視光広視野サーベイによる銀河と銀河核・クエーサーの研究。

[2] **電波天文学分野**は, ミリ波・サブミリ波での電波観測を中心として次のような研究を行っている。

- 銀河・銀河団の形成と進化: ALMA 等を使ったミリ波サブミリ波帯銀河探査と多波長追及観測。大質量銀河やクエーサー, 電波銀河, 銀河団, 大規模構造の形成と進化の研究。天の川銀河を含む渦状銀河・棒渦状銀河の分子雲, 星間物質と星形成, 星間物理学の探究。星間化学の手法に基づく活動銀河核と爆発的星形成の研究。ガンマ線バーストや超高光度超新星, 高速電波バーストなどミリ波突発天体/時間変動天体とその母銀河の研究。
- 電波観測装置の開発と次世代計画の検討: ASTE10m 望遠鏡や Large Millimeter Telescope (LMT) 50m 望遠鏡, Green Land Telescope (GLT) 12m 望遠鏡等へ搭載するミリ波サブミリ波観測装置, 観測技術の開発。アルマの長期開発計画 (アルマ 2) への貢献, SKA 計画や次世代センチ波ミリ波干渉計 (ngVLA) 計画への貢献, 次世代大型サブミリ波望遠鏡 (LST/AtLAST) 計画の科学的・技術的検討・推進。

[3] **恒星物理学分野**は、主として可視光・赤外線観測による次のような各種の銀河系内及び近傍銀河内天体の観測的研究を行っている。

- 星形成領域・高温度星：赤外二次元素子等を実用化した赤外カメラ、赤外分光装置の開発、及びこれらを用いた大質量星の進化、星形成領域・分子雲などにおける物理過程の研究。
- 低温度星：地上及びスペースからの可視・赤外線観測による、赤色(超)巨星、炭素星、AGB星、晩期型(準)矮星、褐色矮星等の大気構造、質量放出、化学組成、進化などの研究。

[4] **時間軸天文学分野**は、木曾シュミット望遠鏡・TAO望遠鏡およびアリゾナ大学と共同で再立ち上げを行いつつある口径2mのMAGNUM望遠鏡を連携させ、時間軸天文学を推進するということで令和4年度に新設された。3名の教員ポストが新たに措置され、特任教授、准教授および助教が着任した。

木曾観測所(詳しくは第3章参照)ではシュミット望遠鏡による観測を中心に、大きく分けて以下の2つのグループで研究が行われている。

- 銀河系内天体の分布と進化及び銀河系構造の研究。
- 系外銀河の構造と進化及び観測的宇宙論の研究。

アタカマ観測所については2.1.1節 東京大学アタカマ天文台を参照のこと。

以上のように、当センターは上記4分野及び2観測所において、可視光・赤外線、サブミリ波から電波にわたる広いスペクトル領域における観測的研究を中心に、恒星、星形成、銀河系、銀河から宇宙論にいたる幅広い観測的研究を行って成果をあげている。さらに関連する実験的研究においても成果をあげている。

当センターには所員に加え、約30名の大学院生・研究員が所属しこれらの研究に参加しており、研究の上で大きく貢献すると同時に教育的にも大きな効果が得られている。

2.1.1 東京大学アタカマ天文台 – TAO 計画の経緯

天文センターでは南米チリ北部アタカマ砂漠地域の 5,640m の地点に口径 6.5m の赤外性能に最適化した天体望遠鏡を建設運用する計画を推進してきた。これが東京大学アタカマ天文台 (TAO) である。ここでは計画の経緯について述べる。

2.1.1.1 計画開始当初の経緯

TAO 計画は平成 10 年度から検討をスタートした計画である。有志での検討、センター内での議論を経て、平成 12 年 11 月のセンター所員会議で、天文センターの計画として承認された。関連研究者、コミュニティとも対話を重ねてきており、日本学術会議天文研連では平成 14 年 10 月には天文研連委員長談話という形で、平成 15 年には特別議事録という形で強い支持が表明された。また平成 13 年および平成 20 年に行われた天文専攻全体の外部評価でも TAO 計画はその独自性及び科学目的の斬新性で高く評価された。光学赤外線天文連絡会からも平成 17 年に運営委員会声明という形で支持が表明された。

チリ側での建設運用体制構築については以下のような経緯をたどった。まずチリで学術活動をする際の窓口となるチリ大学と、学術協定及び科学協定が平成 15 年に締結された。平成 17 年には、チリ法令 15172 号に基づく現地法人として認可をうけた。

2.1.1.2 miniTAO 望遠鏡の建設

サイトにおける活動は以下の通りである。平成 13 年に最初の山頂登頂に成功し、その後断続的にサイト調査を進めてきた。平成 18 年には山頂アクセス道路の仮設建設を行った。これを用い、山頂に 1m の miniTAO 望遠鏡の建設が平成 21 年に行われた。最初は近赤外線カメラ ANIR による観測、続いて中間赤外線カメラ MAX38 による観測にも成功した。平成 22 年には、miniTAO の完成記念式典もサンチャゴで開催した。チリ共和国の記念切手も式典当日に発行された。miniTAO の運用は平成 26 年まで続いた。

2.1.1.3 TAO6.5m 望遠鏡の建設

TAO6.5m 望遠鏡の制作予算は平成 25 年末に措置された。それを受け、望遠鏡部品やその付帯部品の制作が開始された。現地工事は平成 30 年から開始した。工事第一段階として、望遠鏡 6.5m 主鏡を含む大型部品輸送のため、山頂アクセス道路の拡張を行った。標高 5,500m 以上の地域はチリ法令では超高高度領域に当たり、そこでの活動には特別な許可が必要である。TAO プロジェクトはこの許可を令和 1 年 8 月に取得した。令和 2 年には新型コロナウイルスの蔓延を受け、すべての山頂工事を停止した。チリ大統領令による入国禁止令が続いたこともあり、工事の本格的再開は令和 3 年となった。

再開後は基礎工事を完成、施設の建築工事を進めてきた。山頂運用棟の建設は令和 4 年度内に完成した。エンクロージャーは円筒形をしているため構造が複雑であり、また高さが高いため建設は難航したが、令和 5 年度内に建設を完了させることができた。令和 6 年にはサイトの完成を祝うサイト完成式典をサンチャゴで開催した。

より詳細については [2.5.6 節](#) TAO 計画参照のこと。

2.2 教員, 職員, 名誉教授, 研究員等

2.2.1 教員及び職員

河野	孝太郎	(こうの こうたろう, 教授)
宮田	隆志	(みやた たかし, 教授)
本原	顕太郎	(もとはら けんたろう, 2024.10 より教授)
峰崎	岳夫	(みねざき たけお, 特任教授)
小林	尚人	(こばやし なおと, 准教授)
酒向	重行	(さこう しげゆき, 准教授)
江草	芙実	(えぐさ ふみ, 准教授)
左近	樹	(さこん いつき, 准教授)
小西	真広	(こにし まさひろ, 助教)
高橋	英則	(たかはし ひでのり, 助教)*
上塚	貴史	(かみづか たかふみ, 助教)
松林	和也	(まつばやし かずや, 助教)
新納	悠	(にいのう ゆう, 助教)*
鮫島	寛明	(さめしま ひろあき, 助教)
諸隈	佳菜	(もろくま かな, 助教)
山岸	光義	(やまぎし みつよし, 特任助教, 2021.4–2025.3)
瀧田	怜	(たきた さとし, 特任助教, 2020.7–2025.3)
今井	正堯	(いまい まさたか, 特任助教, 2023.4–2025.3)
西村	優里	(にしむら ゆり, 特任助教, 2023.4–2025.3)
加藤	夏子	(かとう なつこ, 技術専門職員)
近藤	莊平	(こんどう そうへい, 技術職員)*
橋口	剛	(はしぐち つよし, 事務職員, 副課長)
赤岩	久美子	(あかいわ くみこ, 事務職員, 主事員)
森	由貴	(もり ゆき, 事務職員, 主事員)*
橘	登志子	(たちばな としこ, 事務職員, 事務補佐員)
葛山	桂子	(くずやま けいこ, 事務職員, 事務補佐員)
中地	紀子	(なかち のりこ, 事務職員, 臨時用務員)*

*印は木曽観測所勤務. 木曽観測所に関しては第3章に詳述.

2.2.2 研究員及び専門員

堀内	貴史	(ほりうち たかし, 特任研究員, 2022.3–2025.3)
平尾	優樹	(ひらお ゆうき, 特任研究員, 2023.4–2025.3)
櫛引	洸佑	(くしびき こうすけ, 特任研究員, 2023.4–2024.12)
衣笠	健三	(きぬがさ けんぞう, 特任研究員, 2025.1–2025.3)
沼田	瑞樹	(ぬまた みずき, 特任専門員, 2019.3–2025.3)
益原	愛子	(ますはら あいこ, 特任専門職員, 2016.1–2025.3)
吉田	千枝	(よしだ ちえ, 特任専門職員, 2023.4–2025.3)
笠原	のりこ	(かさはら のりこ, 特任専門職員, 2023.4–2025.3)
上原	隆広	(うえはら たかひろ, 特任専門職員, 2023.4–2025.3)

2.2.3 名誉教授

石田	蕙一	(いしだ けいいち, 1994.4–2013.1)
辻	隆	(つじ たかし, 1998.4–)
祖父江	義明	(そふえ よしあき, 2006.4–)
中田	好一	(なかだ よしかず, 2009.4–)
吉井	讓	(よしい ゆずる, 特別科学顧問・宇宙線研究所特任教授, 特任専門員, 2017.4–)

2.3 天文学教育研究センター運営委員会

第17期委員 (2024年4月より2026年3月まで) :

大越	慎一	(理学系研究科研究科長 化学専攻)
土居	守	(国立天文台台長)
横山	順一	(ビッグバン宇宙国際研究センター)
戸谷	友則	(理学系研究科 天文学専攻)
柏川	伸成	(理学系研究科 天文学専攻)
杉田	精司	(理学系研究科 地球惑星科学専攻)
宮田	隆志	(理学系研究科 天文学教育研究センター)
本原	顕太郎	(理学系研究科 天文学教育研究センター)
河野	孝太郎	(理学系研究科 天文学教育研究センター長, 委員長)

2.4 敷地, 建物, 及び主な設備・備品

天文学教育研究センターの敷地, 建物, 及び主な設備の現状は下記のとおり (木曽観測所に関しては第3章参照).

敷地 … 天文センター発足時に旧東京天文台の敷地 (三鷹市大沢 2-21-1) が国立天文台と東京大学の敷地に区分された. 東京大学の敷地は総面積 34,855 m² である.

建物 … 三鷹キャンパスの新教育研究棟は平成 12 (2000) 年 3 月に竣工した. 三鷹東大敷地内に, 2 階建て 2,138 m² の楕円形をした瀟洒な建物である. 大型実験棟は平成 23 年に竣工した. 1 階建て 268 m² の建設面積に, 大型実験室, 精密実験室, 遠隔実験室を備えた建物である.

主な設備・備品 … 木曽観測所 (3 章参照), 学生実習用 30 cm 光学望遠鏡 (三鷹構内敷地内), アタカマ 1 m 望遠鏡.

2.5 研究活動

2.5.1 宇宙および系外銀河

1. ZFOURGE-JADES フィールドにおける空間分解した $z \sim 2$ 星形成銀河 (陳諾, 本原 (東京大学/国立天文台); Spitler (Macquarie University), Malkan (UCLA) 他)

星形成活動のロバストな指標と考えられる $H\alpha$ 輝線を効率良く観測する手法として、我々は中帯域フィルターを用いて輝線によるフラックス超過を検出する方法を確立し ZFOURGE フィールドの $z \sim 2$ 星形成銀河の探査を進めてきた。これら銀河の空間分解した星形成活動を探るため、フィールドが重複している JWST/JADES サーベイの深撮像データの解析を行い、69 の $H\alpha$ エミッタから [OIII] で非常に明るく輝く 231 の星形成領域を抽出し、それらの [OIII] および $H\alpha$ 輝線強度からこれら星形成領域では近傍に比べ金属量が低く、かつ電離光子場が非常に強いことを明らかにした。

2. NRO45m による近傍 U/LIRGs の分子ガスに関する研究 (安田彩乃, 本原, 櫛引, 陳諾, 幸野友哉, 安田友哉, Yun Jeung (東京大学/国立天文台); 高橋, 小西; 小山舜平, 小山佑世 (国立天文台))

U/LIRGs の活発な星形成活動の起源を探るため、近傍 U/LIRGs に対して NRO45m による CO(1-0) 観測 (PI: 本原 (2017 年), 小山 (2024 年)) を実施した。本年度は 2024 年度に取得したデータも含めたデータ解析を進め、AGN の存在の有無によって分子ガス量比に違いは見られず、U/LIRG については AGN フィードバックの痕跡がみられないことを明らかにした。これは通常の銀河とは異なる結果であり、U/LIRG は AGN 点火直後でまだフィードバックが聞き始めている時代である可能性を示唆していると考えられる。

3. 近傍極低金属量銀河 (EMPG) の近赤外線輝線比診断 (幸野友哉, 本原, 櫛引 (東京大学/国立天文台); 小西, 高橋; 他)

さまざまな元素の輝線は星形成領域や AGN 周りの電離ガスの物理状態を反映し、それら輝線比は電離源の診断や物理状態の推定に使われる。近年、ダスト吸収に強い近赤外線輝線を用いたさまざまな輝線比診断が提案されているが、十分に検証されたとは言えない状況である。我々は、SWIMS をすばる望遠鏡に搭載した際に取得された、極低金属量銀河 (Extremely Metal Poor Galaxies) 4 天体の近赤外線分光データの解析を行い、[SIII], $Pa\beta$, HeI, $Pa\alpha$ を検出した。未検出輝線については上限値を用いた分析を行った結果、これら天体については現実的なイオン化パラメータ ($\log U$) 及びダスト吸着量 (F_*) で輝線比が再現でき、先行研究の輝線比診断と矛盾しないことを確認した。

4. ALMA による近傍棒渦巻銀河 M 83 の全面 CO マッピング (江草, 長田真季, 松坂怜; 幸田, Amanda Lee (Stony Brook); 廣田 (国立天文台/JAO); 徳田 (九州大学); 前田 (大阪電気通信大学))

M 83 は典型的な棒渦巻銀河であり、非常に近傍 (距離約 4.5 Mpc) にあるため、これまでに非常に多くの研究がなされてきた。ALMA でも、運用開始直後の Cycle 0 から CO(1-0) の観測 (PI: 廣田) が実施されてきた。ただし、これら初期の観測は、感度や観測時間の制限から銀河の一部分に限られていた。そこで我々は、Cycle 5 で CO(1-0) 輝線の全面観測を提案して採択され (PI: 幸田), 空間分解能 40 pc, 質量感度 $10^4 M_\odot (3\sigma)$ のデータを得た (Koda et al., 2023)。このデータと HI や遠赤外線のだストマップを利用して、ダストガス比と CO-to- H_2 変換係数 (α_{CO}) を銀河中心からの距離ごとに決定した (Lee et al., 2024, ApJ, 968, 97)。分子雲同定では約 5000 もの GMC が検出され、質量による分布の違いや空間分解能以下の分子雲の filling factor についての調査を実施した (Hirota et al., 2024, ApJ, 976, 198)。さらに GMC の中には、周囲のガスとは大きく異なる速度で運動するもの (High velocity clouds; HVCs) があることを発見した。これらの分子雲は他の GMC と比較して速度幅がやや広い傾向をもつこと、HII 領域や SNR 候補天体との比較から星形成フィードバックの影響は小さいと考えられることがわかった (Nagata et al., ApJ, accepted)。一方、アーカイブの CO(2-1) 輝線データを再解析することで、銀河全面における高分解

能の $R_{21} = \text{CO}(2-1)/\text{CO}(1-0)$ マップを作成した。その結果、輝線強度比が星形成フィードバックだけでなく銀河構造にも影響を受けていることを明らかにした (Koda et al., 2025, ApJ, 986, 29)。

5. ALMA-FACTS: 近傍銀河における CO 輝線強度比調査 (江草; 幸田, Amanda Lee (Stony Brook); 廣田 (国立天文台/JAO); 小麦 (工学院大学); 前田 (大阪電気通信大学))

CO 輝線強度比 $R_{21} = \text{CO}(2-1)/\text{CO}(1-0)$ は、分子ガスの温度・密度によって変化するが、これまでの CO(2-1) 輝線を使った大規模サーベイなどでは一定と仮定されることも多かった。そこで我々は、PHANGS-ALMA プロジェクトで既に CO(2-1) 輝線が観測され、かつ他波長データも豊富にある銀河を対象に、ALMA による CO(1-0) 輝線観測を実施した (PI: 幸田)。TP データのみを使用した kpc スケールの解析では、銀河回転から外れた速度成分で比が高いこと、bar 銀河では中心から bar-end に向かって比が急激に低下することがわかった (Komugi et al., 2025, ApJ, 980, 126)。全データを使用した 200pc スケールの解析も進行中である (Lee et al., in prep.)。

6. エッジオン銀河の野辺山 45m CO 観測 (松坂怜, 江草; 前田 (大阪電気通信大学); 藤本 (会津大学); 藤田 (統計数理研究所), 柴田洋佑 (鹿児島大学/名古屋大学), 半田 (工学院大学); 他)

星形成を維持するには、銀河内外でのガス流入出といった物質循環が重要である。これまで、ハローからの流入やフィードバックによる流出が報告されてきたが、活動銀河核周辺を除けば観測は主に HI に限られ、星形成の直接的材料である分子ガスの流入出については未解明な点が多い。とりわけ、円盤面外 ($z > 0.5-1$ kpc) における分子ガスの分布を把握することが、流入出の実態を明らかにするうえで重要である。そこで我々は、近傍のエッジオン銀河 NGC 4565 (11.9 Mpc) に対し、野辺山 45m 望遠鏡による CO 輝線の高感度観測を実施している。2024/2025 シーズンには HI ディスク全体を含む広範囲 ($20' \times 4'$) を対象とした On-The-Fly 観測を行った。その結果、200 時間を超える観測で、 $T_a^* < 8$ mK (10 km/s bin) の感度を達成した。初期解析では、分子ガスは投影距離で $z \sim 500$ pc まで広がり、一部では約 1 kpc に達することが明らかとなった。

7. Taffy 銀河の ALMA データ解析 (江草; ZHU Danlei (東京大学/USTC))

Taffy 銀河は、2 つの渦巻銀河 UGC 12914/12915 が衝突している系である。2 つの銀河とそれをつなぐ bridge 成分ではガスの物理状態や星形成活動性が異なる可能性が示唆されており、ALMA による CO(2-1) 輝線データと Palomar 望遠鏡による IFU データの比較を行っている。

8. Super-MAGNUM プロジェクト及び反響マッピングによる遠方活動銀河核の距離測定の検討 (吉井 (東京大学, アリゾナ大学); 峰崎, 鮫島, 堀内; 野田 (大阪大学); 小久保 (国立天文台); 越田, 小林 (国立天文台); 岩室 (京都大学))

MAGNUM プロジェクトは活動銀河核のダスト反響探査法による独自の距離測定法を提案し、口径 2m MAGNUM 望遠鏡を使った赤方偏移 $z < 0.6$ の活動銀河核の観測により、標準的な加速膨張宇宙モデルを支持する結果を得るに至った (Yoshii et al. 2014; Minezaki et al. 2019)。この手法をさらに遠方の活動銀河核に拡大し、膨張宇宙モデルやダークエネルギーの性質を明らかにするため、東京大学 TAO 望遠鏡による高赤方偏移クエーサーの広幅輝線反響探査 Super-MAGNUM Legacy 計画の検討をしている。本研究は種ブラックホール問題や銀河形成期の銀河との共進化、また近年 JWST による発見数が問題となっている宇宙初期の Little Red Dot や広輝線銀河など、初期宇宙研究の多彩な研究テーマについても重要な知見をもたらすと期待される。

今年度は引き続き X 線天文衛星 XRISM や Vera Rubin 天文台 LSST 望遠鏡との連携研究の検討を進めた。観測領域を問わない衛星望遠鏡や南天にある LSST 望遠鏡との連携研究においては南天をカバーする日本の光赤外線大型望遠鏡として TAO 望遠鏡の役割は重要である。また近年の高赤方偏移クエーサーの観測の進展を踏まえ、観測ターゲットについても逐次更新中である。高赤方偏移クエーサーの観測できる広輝線は紫外線の CIV が中心となる。CIV は紫外線可視広輝線のなかでも高電離のイオンをもとにし

ており、そういった輝線は広輝線領域 (BLR) でもより内側に位置すると考えられ、強い放射圧によるアウトフローの兆候も観測されている。半径光度関係における光電離と放射圧のメカニズムを定量化するために高電離輝線の BLR 研究が重要と考え、近傍活動銀河核の HeII に注目した研究の準備も始めた。

9. 周期光度変動を示すクェーサー長期モニター観測 (堀内; 鳥羽 (国立天文台); 三澤 (信州大学); 他 OISTER collaboration)

遠方宇宙に多く存在するクェーサーは活動銀河核 (AGN) の一種であり、中でも極めて明るいクラスに属する。クェーサーの重要な性質の一つに光度変動が挙げられるが、一般に変動は確率的である。しかしながらクェーサー PG 1302-102 に正弦関数でモデリングが可能な周期的な変光 (周期光度変動; 5.1 年周期) が報告され、これをきっかけに周期光度変動を示す AGN を同定する研究が発展的に進んできた。本研究では CRTS, Pan-STARRS, ZTF 等のアーカイブデータを用いて、クェーサー WISE J0909+0002 の光度曲線を確認した。すると正弦関数でモデル化可能な周期光度変動 (5.1 年周期) を示すことを発見した。さらに周期変動が継続しているか否かを確認すべく、むりかぶし望遠鏡及び光赤外天文学大学間連携 (OISTER) による多波長モニター観測を行ったところ、周期光度変動の継続 (静止系で約 700 日周期、アーカイブデータと国内観測を合わせると約 3.6 周期分の観測期間) を確認した。この天体の周期光度変動の物理的要因は詳しく解明されていないが、大質量ブラックホールバイナリーの周期運動によるドップラーブーストが有力説の一つであり、現段階では WISE J0909+0002 においてこの説と概ね矛盾のない結果が得られている。また WISE J0909+0002 は赤外線では極めて明るくて稀有な extremely luminous infrared galaxy (ELIRG) としても同定されており、本研究の結果は共進化のピーク段階にあるこの天体の物理に示唆を与えるかもしれない。上記の成果は 2024 年 12 月に原著論文として PASJ に出版された。

10. TAO を用いた高赤方偏移クェーサーの観測的研究の検討 (鮫島, 堀内)

赤方偏移 6 を超えるような高赤方偏移クェーサーは、宇宙誕生後 10 億年以内に既に太陽の 100 億倍もの質量をもったブラックホールが存在していること、そして化学進化が十分でないという従来の予想に反して現在と大きく変わらない金属量を既に獲得している可能性が高いことなど、宇宙初期の物質進化に関するこれまでの常識に一石を投じる驚くべき情報を我々にもたらしている。しかし、高赤方偏移クェーサーでは主要な輝線の情報を得るのに近赤外線での観測が必要不可欠であり、その観測体制は可視光と比べて十分に整っているとは言えない状況である。実際、赤方偏移が 6.5 を超えるようなクェーサーの分光観測は、様々な研究者がそれぞれ Gemini/GNIRS, Keck/NIRES, VLT/X-Shooter といった望遠鏡や装置性能の異なるものを用いて実施しており、均一ではないスペクトルが散発的に集められている状況である。我々は大学所有という TAO 望遠鏡の強みを最大限に活かし、高赤方偏移クェーサーの系統的な近赤外線スペクトル取得を主軸に据えた観測的研究を検討している。鮫島は、クェーサーに見られる一階電離鉄輝線を用いたクェーサー広輝線領域の組成診断に実績があり、TAO の初期搭載装置である NICE での観測計画の検討や解析環境の構築に取り組んでいる。2024 年 8 月には、北海道情報大学で開催された活動銀河核の国際研究会で招待講演を行った。また、堀内はクェーサーに見られる幅の広い吸収線や時間変動現象を専門としており、高赤方偏移クェーサーの吸収線を用いた研究や、既存の観測と組み合わせた時間軸研究の可能性について、鮫島と協議を重ねながら検討を進めている。堀内も 8 月の国際研究会に参加し、検討状況に関するポスター講演を行った。

11. 近傍活動銀河核 NGC 4151 の最高エネルギー分解能 X 線観測との同時可視赤外線分光測光モニター観測 (峰崎, 葉, 鮫島, 水越, 堀内; 野田 (大阪大学); 小久保, 柳澤 (国立天文台); 斎藤 (兵庫県立大学); 岩室, 及川, 呼子 (京都大学); 松下, 小林, 平田, チョウ (東京理科大学); 山田 (理化学研究所); 永山 (鹿児島大学)
- 活動銀河核に観測される中性鉄蛍光輝線 ($K\alpha$ 線, $E=6.4$ keV; 以下, 中性 $FeK\alpha$ 輝線) は、ブラックホール近傍からの一次 X 線放射を周辺物質中の鉄が光電吸収・再放射して生じる。中性 $FeK\alpha$ 輝線は物質の状態 (ダストの有無や電離度) によらず物質の分布を反映し、ダスト層に遮蔽された活動銀河核でも観測

できるため、中性 $\text{FeK}\alpha$ 輝線は活動銀河核の内部構造の研究に極めて有用である。一方で活動銀河核中で働く物理機構には各構造を構成する物質の状態もまた大きな影響を持っており、中性 $\text{FeK}\alpha$ 輝線の放射領域を活動銀河核の各内部構造に比較・同定することが重要である。

そこで我々は XRISM 衛星により近傍活動銀河核 NGC 4151 の複数回の観測を実施し、これと同時に国内各大学・組織の地上望遠鏡によって可視赤外線分光測光モニター観測を実施した。XRISM 衛星 Resolve にかつてない最高のエネルギー分解能の中性 $\text{FeK}\alpha$ 輝線のプロファイルは複数の成分によって構成され、その放射領域はダストトラス、広輝線領域 (BLR)、降着円盤外縁部であることが示唆された (Hitomi Collaboration et al. 2024)。

同時に実施された可視分光モニターでは非対称・非ガウス分布的なプロファイルをもつ $\text{H}\beta$ 広輝線が観測された。この速度方向に大きく広がった $\text{H}\beta$ 広輝線の輝線幅は中性 $\text{FeK}\alpha$ 輝線の BLR と同定された成分のプロファイルと似ているが、半年のタイムスケールでプロファイルの時間変動を示し、なおかつこれは $\text{H}\beta$ 広輝線に同時に観測されている反響応答的な時間変動とは異なっている。従って中性 $\text{FeK}\alpha$ 輝線としての「BLR」は古典的な BLR とは異なる様相を示している。

また、赤外線モニター観測からは反響探査法によりダストトラス内縁部の半径が見積もられた。中性 $\text{FeK}\alpha$ 輝線のダストトラスと同定された成分に対応する放射領域を同輝線幅とベリアル関係から評価すると、ダストトラス内縁部より外側にあることがわかった。近年の赤外線 SED の解析からダストトラスは単一構造ではなく複数構造に分かれることが示唆されており、中性 $\text{FeK}\alpha$ 輝線はダストトラスでもやや低温の中間赤外線を放射する領域に対応すると考えられる。

12. WISE 赤外線データと Swift/BAT X 線データに基づく AGN 近傍ガス構造の統計調査 (水越翔一郎, 峰崎, 鮫島, 堀内; 小久保 (NAOJ); 野田 (東北大); 川室, 山田 (理研))

古典的な活動銀河核 (AGN) の構造モデルによれば、AGN は中心部に大質量ブラックホール (SMBH)、降着円盤、そして広輝線領域 (BLR) をもち、これらを囲むように減光構造であるダストトラスが存在する (Urry & Padovani 1995)。このダストトラスは、AGN 放射による輻射圧に起因するアウトフローの発生源と考えられており、先行研究ではその輻射圧の効果を調べるのにガスの柱密度 (N_{H}) が使われてきた (Fabian et al. 2008; Ricci et al. 2017)。しかしこの N_{H} は輻射圧の主な担い手であるダスト粒子の存在によらず、ここに大きな不定性がある。そこで本研究では N_{H} の代わりにダスト減光量 (A_{V}) に着目し、AGN 周囲における輻射圧の影響を正確に調べた。X 線で選出された AGN 約 600 天体に独自に確立した A_{V} 測定法 (Mizukoshi et al. 2023) を適用し、得られた A_{V} を AGN 活発度の指標である Eddington 比と比較した結果、輻射圧によって dusty gas が吹き飛ぶと期待されるパラメータスペースには全体の 4 これはダスト粒子が受ける輻射圧によって AGN 周囲のガスがアウトフローとして吹き飛ばされていることを示す。この結果は N_{H} を用いた研究でも示唆されていたが、 A_{V} を用いた本研究ではこのアウトフローが生じるパラメータスペースの境界が N_{H} を用いた場合よりも明確に表れ、ダストへの輻射圧の影響が明確に示された。

本研究ではさらに A_{V} と N_{H} の比較から、AGN 周囲にダスト粒子を含まないガス (dust-free gas) が豊富に存在し、しばしば N_{H} の大半を担う可能性があることを初めて示した。dust-free gas はダスト粒子を含まないものの輻射圧を受け、さらにその影響はガスの電離度によって変化する。dust-free gas の柱密度と Eddington 比を比較した結果、type-2 AGN は低電離状態を示す領域に多く分布したのに対し、type-1 AGN は中電離状態を示す領域に主に分布した。ガスが電離していると N_{H} に不定性が生じるものの、この結果は type-1 AGN と type-2 AGN で dust-free gas の電離状態が異なることを示す結果である。さらに Eddington 比ごとに binning したサンプルの dust-free gas 柱密度の統計調査から、dust-free gas の covering factor とその Eddington 比依存性を初めて定量的に制限することに成功した。ここでは dust-free gas はダストトラスよりも covering factor が大きいことが示唆されたが、これは A_{V} が小さく

N_H が大きな AGN (r.g. Merloni et al. 2014) を自然に説明できるものである。以上の結果は, Mizukoshi et al. (2024) として出版された。

13. ダスト減光量が非常に大きな 1.9 型 AGN の可視分光モニター観測調査 (水越翔一郎, 峰崎, 松林, 鮫島, 堀内; 小久保 (NAOJ); 野田 (東北大); 山田 (理研))

古典的な AGN モデルによれば AGN の広輝線は中心部の広輝線領域 (BRR) に由来し, 周囲のダストトールスに起因するダスト減光の影響が十分小さい場合にのみ観測される。しかし我々は先行研究において, 広輝線を持つダスト減光量が非常に大きい近傍 AGN (broad-line obscured AGN) を複数発見した (Mizukoshi et al. 2024)。これらの天体は単純な古典的 AGN モデルでは説明できないことから, これらの天体における広輝線の起源を明らかにすることは, AGN の中心領域の構造を理解する上で重要である。

本研究では, $H\alpha$ 広輝線強度の時間変動に着目し, 京都大学せいめい望遠鏡を用いて近傍の broad-line obscured AGN 3 天体の分光モニター観測を実施した。その結果 2 天体 (UGC 5101 と MCG -3-34-64) の $H\alpha$ 広輝線強度は, artificial な影響を除くと明確な強度変動を示さなかった。これはこの 2 天体で観測される $H\alpha$ 広輝線が狭輝線領域 (NLR) のような広がったガス構造によって反射された成分であることを示唆する。実際, 先行研究では MCG-3-34-64 において $H\alpha$ 広輝線の偏光成分が検出されており, 今回の結果を裏付けている (Young et al. 1996)。一方残る 1 天体 (Mrk 268) では, artificial な影響を除いても $H\alpha$ 輝線強度は少なくとも 2σ (95% 有意) で強度変動が見られた。統計的有意性は十分ではないが, この結果は Mrk 268 で観測される $H\alpha$ 広輝線が BLR からの直接成分であり, ダストトールスを構成する clump の隙間などから BLR が直接見えている可能性を示す。輝線放射の強度変動の有無と大きさの測定精度向上のため, 2025 年 2 月と 5 月に追観測を行う予定である。

14. 宇宙再電離期における原始銀河団の星形成とクラスタリングの性質調査 (諸隈; 矢島 (筑波大学); 安部 (呉工業高等専門学校))

宇宙論的流体力学シミュレーション FOREVER22 (Yajima et al., 2022, MNRAS, 509, 4037) 用いて, Coma 銀河団クラスに進化すると思われる原始銀河団の $z = 14$ から 6 までの星形成と過密度 (δ) を調査した。FOREVER22 がこれらの赤方偏移で観測された M_{star} -SFR 関係と δ を再現することを確認した上で, 以下のことを発見した: (1) 原始銀河団 (PC) 銀河と平均密度領域 (MF) 銀河は類似した M_{star} -SFR 関係を示すが, PC 銀河はより高い M_{star} と SFR にまで分布する。 (2) 紫外線が明るい PC 銀河 ($M_{\text{UV}} \lesssim -20$ mag) は, MF 銀河と比較して, 2 等級以上高い紫外線減光と, より緩やかな紫外線傾斜を持つ。 (3) δ は赤方偏移とともに増加し, 使用する観測データの感度や計算する際の体積に依存する (例えば, 体積が $\sim 3000 \text{ cMpc}^3$, 紫外線の限界等級が $M_{\text{UV}} = -17$ mag の場合, $z = 14$ で $\delta \sim 50$ から $z = 6$ で $\delta \sim 3$)。これらの結果は, PC における星形成の促進が, 異常に高い比 SFR ではなく, 大質量銀河の過密度によって引き起こされることを示唆している。シミュレーションの PC 銀河の δ は観測の値をよく再現するが, 一部の MF 銀河も同程度の δ を示す。そこで, δ と最も大質量なメンバーの M_{star} の両方を用いる, より手堅い PC 同定方法を提案する。Coma 前駆体の臨界 M_{star} 閾値は, ($z = 14$ から 6 で $10^{7.1}$ から $10^{10.2} M_{\odot}$) と推定される。現在の最高赤方偏移記録保持者である GS-z14-0 および GS-z14-1 は上記の条件を満たすことから, Coma 銀河団の有力な前駆体である可能性を示唆している。

15. あかり衛星, スピッツァー衛星, ハーシェル衛星を用いたヒクソンコンパクト銀河群 HCG 56 および HCG92 の構成銀河の赤外線スペクトルエネルギー分布 (SED) 解析 (池内綾人, 左近, 尾中)

潮汐破壊由来の構造が観測され, 形態学的進化の発達が生じた近傍宇宙にて伺えるコンパクト銀河群の内, ヒクソン・コンパクト銀河群 (HCGs) に着目し, その中の 2 つの銀河群 (HCG56, 92) についてあかり衛星, スピッツァー衛星及びハーシェル衛星による赤外線観測データの解析を行った。得られた近赤外～遠赤外線のスペクトルエネルギー分布に対するダスト SED 解析の結果, 着目した銀河全てにおいて星形成の抑圧の兆候が確認された。この内活動銀河核 (AGN) を持つ銀河 (HCG 56b, 92c) では, 多環式芳香族炭

化水素 (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: PAHs) 7.7 μm バンドより導出された星形成率が AGN の寄与を除いた近-遠赤外線光度より導出された星形成率を下回り, このことは激しい輻射場環境における PAH の破壊によって説明される. また, Seyfert 2 である HCG 92c において顕著な CO_2 ice による吸収が観測され, 銀河核を H_2O , CO_2 ice を含む濃いダストが覆っている可能性が示唆された (Ikeuchi et al. in prep.).

2.5.2 銀河系および星間物質

1. 2.45GHz マイクロ波を用いた新たな有機物塵合成装置及び分析系の設計製作 (左近, 尾中, 宮田)

1970 年代に電気通信大学の坂田朗氏らを中心として製作された星間塵合成実験装置は, 2.45GHz マイクロ波電源を用いて, メタンガスより生成したプラズマを急冷凝縮することによって急冷炭素質物質 (Quenched Carbonaceous Composite; QCC) を合成する. QCC の合成手法は赤色巨星周囲での有機物の塵の凝縮過程を定性的に模擬し, QCC は星間塵の性質を理解する上で重要な物質である. 最近では同装置を用いて, 窒素ガスと炭化水素ダストから生成したプラズマを急冷凝縮することによって急冷窒素含有炭素質物質 (Quenched Nitrogen-included Carbonaceous Composite; QNCC) を合成し, それが古典新星の未同定赤外バンドの特徴をよく再現することを見出すに至った. 一方で, 装置の製作から 50 年以上が経過し, 老朽化のため, さらなる実験を行いアストロバイオロジーの研究に資する星間有機物の塵の物性理解に挑むためには新規の実験装置の製作が必要であった. 我々は, 2.45GHz マイクロ波電源を用いて生成したプラズマの急冷凝縮によって実験室塵を得るという根幹となる機構を継承し, 実験条件の再現性を実現する計測器と, プラズマガスの核種の分析の機能を拡充した新たな星間有機物塵合成装置の製作を行った. これまでに, 同実験装置の製作と調整作業を完了し, メタンガスを用いて生成したプラズマを急冷凝縮することで得られた物質の赤外線分光測定を行い, 従来の星間塵合成実験装置によって合成した QCC と同じ赤外線スペクトルを示す物質が得られることを確認した.

2. 高温真空昇温脱離 (Temperature Programmed Desorption; TPD) 分析に基づく急冷窒素含有炭素質物質の化学構造の特定 (左近, 妹尾, 尾中, 宮田)

羽馬哲也 (東京大学総合文化研) および吉井丈晴 (東北大学) らとの共同研究で, 新星周囲で合成される有機物の塵の模擬物質として生成した急冷窒素含有炭素質物質 (QNCC; Endo et al. 2021) の化学構造を特定する目的で, QNCC の真空高温昇温脱離 (TPD) 分析および X 線光電子分光分析を実施した. その結果, QNCC の炭素は sp^3 結合を多く含む形態で存在し, アルキル基は少なく水素で終端された状態にあり, 窒素は pyrolic のほか, pyridinic またはアミン修飾ナノダイヤモンドなどに含まれるアミンの形態で存在することを明らかにした. この結果を踏まえて, 新星 V1280Sco 周囲で観測された未同定赤外バンドを担う有機物の塵について, Naito et al. 2022 で得られた新星風の時間進化の歴史のもとで考察し, 新星周囲で sp^3 C のネットワークによる粒子成長と, それが窒素を含むより早い速度成分の新星風に晒されることによってアミンを含んだ diamond-like carbon のような有機物が成長したという描像を得た. こうした星周環境で大きく成長した有機物の塵は, その後トップダウン過程を通じて複雑な有機物分子や多環式芳香族炭化水素 (PAH) などを供給する母材量となることが示唆される. 本結果は, Senoo et al. として *Astrophysical Journal* に投稿し現在査読中である.

3. LHD プラズマを利用した有機物塵の変成実験 (左近, 尾中, 宮田)

小林政弘, 中村浩章 (核融合研), 小林憲正 (横浜国立大), 癸生川陽子 (東工大) らとの共同研究で, マイクロ波を用いて生成するプラズマとは異なる条件で合成される窒素や水素・重水素のプラズマが炭化水素の塵と相互作用をする際に得られる有機物の塵の物性を探る目的で, 核融合学研究所の大型ヘリカル装置 (LHD) プラズマの外縁部の希薄で比較的低エネルギーのプラズマを炭化水素の塵に照射する実験を実施した. 2024 年は Cycle 25 の実験 (2024 年 5 月 10 日と 5 月 31 日に実施) において, 膜状急冷炭素質物質

(filmy QCC; Sakata et al. 1984) および多環式芳香族炭化水素の一種であるコロネンなどに、水素および窒素を含む LHD プラズマの低エネルギー部分を照射し、核融合研究所の赤外線 ATR 分光光度計を用いて赤外スペクトルを測定することで、その前後での物性変化を調査し分析を進めている。

4. 国際宇宙ステーション ISS きぼう実験棟簡易宇宙暴露実験装置 ExHAM を用いた有機物の塵の宇宙環境暴露実験 (左近, 尾中, 宮田)

北海道大学の木村勇気, 電気通信大学の木村誠二, 和田節子, 日本大学の中村正人, 宇宙科学研究所の市村淳らとともに、恒星周囲で凝縮したダストが星間ダストとして拡散する過程で被る変成過程を解明する事を目標とし、実験室で合成した炭素質ダストや比較用試料を含む合計約 30 種の試料を、高度 400km の国際宇宙ステーションきぼう実験棟船外の宇宙環境に 1 年間曝露し、曝露前後での物性変化を測定する実験を実施した。2015 年から 2018 年に実施した暴露実験サンプル EE64-I, EE64-II, EE64-III の各種炭素質ダストおよびシリケートダストの赤外線分光分析結果、2019 年に実施した暴露実験サンプル EE64-IV について、搭載した filmy QCC および QNCC の赤外線分光分析および XANES 分析の結果の分析を進めている。暴露後回収した filmy QCC や QNCC の赤外スペクトル中には、 $2.95\mu\text{m}$ の OH や、 $5.95\mu\text{m}$ のケトン ($>\text{C}=\text{O}$) が出現し、特に QNCC の赤外スペクトルの特徴は、隕石物質中から抽出される不溶性有機物 (Insoluble organic matter; IOM) のスペクトルの特徴とよく類似することがわかった。QNCC は、新星周囲で作られる有機物の塵の特徴を極めてよく再現する実験室ダストであるが、本結果は、太陽系の始原的有機物と新星由来のダストの進化上の関連を議論することの意義を示唆するものであると言える。現在分析結果の精査を慎重に行っており、投稿論文を準備中である。

2.5.3 恒星および系外惑星

1. JWST/MIRI LRS による WR140 のダストシェル分光観測 (妹尾梨子, 尾中, 宮田, 上塚; Lau (NOIRLab); Sloan (STScI); 松原 (ISAS/JAXA); 谷口 (国立天文台))

星周有機物ダストの変性過程を探ることは、宇宙の有機物の起源、ひいては生命起源物質の起源探究において重要である。炭素に富んだウォルフ・ライエ (WC) 星を含む連星系は、現在および特に初期宇宙において重要な炭素質ダストの供給源の 1 つであると考えられている。WR140 は WC 星と O 型星の連星系で、近星点通過のたびに周期的にダストを生成する。先行研究 (Lau et al. 2022) では等間隔に並んだ 17 個までのダストシェルが観測されており、中心星から 2 番目のダストシェルからは、炭素質ダスト由来と考えられる赤外線フィーチャーが観測されている。中心星に近いダストシェルほど新しく、遠いダストシェルほど古いと考えられる。そこで本研究では、中心星から 7 番目までのダストシェル (shell 1-7) およびダストシェル間のスペクトルと、shell 7 より外側の点のスペクトルを取得し、各スペクトルを比較した。その結果、shell 1, 2 では先行研究と同様のフィーチャーが、それ以遠では、一般的な星間物質中に見られる Class A UIR bands に似た $11.2\mu\text{m}$ フィーチャーが観測された。特に後者のフィーチャーの発見とその起源についての考察を行い、妹尾氏の修士論文にまとめた。

2. MYSO に付随するメタノールメーザー変動と中間赤外線変光の相関調査 (小島裕樹, 宮田, 上塚; 米倉, 田辺 (茨城大学))

Massive Young Stellar Object (MYSO) は、大質量星が質量をどのように獲得するかを知るのに重要な天体である。MYSO に付随するメタノールメーザーは時間変動を示すことが知られており、その変動要因として提案されている機構の一つに星への質量降着の時間変動が挙げられる。そのため、この時間変動を理解することは中心星の質量獲得過程の理解につながる可能性がある。メタノールメーザーの放射には中間赤外線光子による励起が寄与していると考えられており、質量降着率の変化に起因して星周ダストの中間赤外線放射が変化し、メタノールメーザーの強度もこれに相関して変化すると期待される。このような相関が存在するかを調べるため、茨城大学で観測しているメタノールメーザーの時系列データと

NEOWISE 衛星の中間赤外線データの関係を調べた。その結果、期待される正の相関を示す天体も見られたが、相関を示さないもの、さらには負の相関を示すものも見つかった。これらの原因として、中間赤外線とメーザーの変動に時間的なずれがある可能性や、NEOWISE のデータが中心星の変光を直接見ていないために起こる可能性などが考えられ、今後詳細に検討し、将来的に TAO/MIMIZUKU を用いた中間赤外線モニタリング観測を行うことで変動現象の理解を目指す。

3. SST・JWST を用いた T タウリ型星のスペクトル変動観測 (鮫島直人, 宮田, 上塚, 相川; 本田 (岡山理科大学); Cleaves (UVA); Pontoppidan (JPL))

T タウリ型星は小質量星の前主系列段階の星である。その周囲には原始惑星系円盤が存在し、円盤中のダストが成長することにより惑星が形成される。このため、惑星形成過程を探るうえで原始惑星系円盤の構造やダストの組成の進化が新たな情報を与える可能性がある。これらの情報を探る一つの方法として中間赤外線分光モニタリングが挙げられる。これは中心星への降着バースト等のイベントにより原始惑星系円盤中のダストを照らす輻射場が変動し、これに伴うダストからの赤外線放射の時間変動を観測するというもので、その結果から空間分解の難しい原始惑星系円盤の構造やダスト組成分布、あるいはダストの変性現象をとらえることを目的とする。本研究ではスピッツァー宇宙望遠鏡 (SST) 搭載の IRS 分光器、およびジェームズウェッブ宇宙望遠鏡 (JWST) 搭載の MIRI/MRS 分光器の観測データを利用し、二つの T タウリ型星 Sz 96 および IP Tau の約 20 年越しの赤外線スペクトルの変動を調査した。結果、Sz 96 ではスペクトル形状を保ったまま全体的に暗くなる様子、IP Tau では短波長側の赤外超過が増加した一方、長波長側の赤外超過が低下、もしくは変化していない、といった時間変動を確認した。また、スペクトルには非晶質および結晶質のシリケートダストのフィーチャーが確認できるが、これをモデル解析した結果、結晶質ダストが非晶質ダストに比べてより冷たい外側の領域に存在することを示唆する結果を得た。以上の結果をもとに、円盤構造の時間進化および円盤内ダストの結晶化・輸送について議論を行い、これらの結果を鮫島氏の課題研究発表会において発表した。本研究については現在論文化も進めている。

4. マゼラン望遠鏡による褐色矮星の近赤外線高分散分光観測 (鮫島寛明, 松永; 谷口 (国立天文台); 大坪, 猿楽, 竹内 (京都産業大学))

チリ・ラスカンパナス天文台のマゼラン望遠鏡に近赤外線高分散分光器 WINERED を搭載し、褐色矮星の近赤外線高分散分光観測を継続的に行っている。2024 年 9 月には直接ラスカンパナス天文台に赴き、主体的に観測を実施して観測サンプルを増やした。さらに 2025 年 2 月にはリモートで観測に参加し、2023 年に観測した時間変動の大きな褐色矮星の追観測を実施した。この時間変動の大きな褐色矮星について、2023 年に取得したデータを詳細に解析した結果、分スケールでスペクトルが変動している兆候を捉えた。この結果について、日本天文学会春季年会にてポスター講演として発表を行った。

2.5.4 太陽及び太陽系

1. 金星下部雲層における総観規模渦の発生メカニズムに関する研究 (今井; 高木, 安藤, 佐川 (京都産業大学))

金星は、全球を濃硫酸の雲によって覆われているが、地表や下層高温大気からの近赤外線放射は中・下層の雲に遮られながら宇宙空間へ抜けてくる。CO₂ 大気の“窓”領域である 2.26 μm バンド画像では、 ~ 50 km を代表高度とする雲の光学的厚さの水平分布が可視化される。金星探査機「あかつき」に搭載された 2 μm カメラ (IR2) は、南北両半球にわたって様々なスケールの雲模様を記録しており、その中には北緯 20 - 30 度付近に中心をもつ > 1000 km の渦状模様も存在する。本研究では、金星大循環モデル AFES-Venus 大気大循環モデル (GCM) で発見された渦を解析し、IR2 で観測された渦状模様の構造や形成メカニズムについて考察した。GCM 内では、渦は雲層内の高度 60 km 付近で発達し、領域全体は低温で、かつその前面 (後面) に上昇流 (下降流) を伴うことが分かった。鉛直流による断熱温度変化による雲生成量と光学的厚さの変化量の定量的な評価から、鉛直流が $\tau > 5$ 程度模様の明瞭化に寄与すること

が分かった。また興味深いことに、GCM でみられた渦は片側半球の緯度 30° 付近にのみ存在する南北非対称な構造をもち、同時にジェットが渦とは逆側半球に作られ、南北半球間で相互に入れ替わる様子が発見された。ジェットの成長による南北シア（順圧）不安定は、成長時間スケールが ~ 5 日と見積もられ、モデル内の渦のスケール ~ 5000 km と合わせて渦の形成をよく説明できる。また、ジェットによって作られた成長段階の渦は、反対側の半球でピークに達した渦と結合し、赤道越えの風を伴って南北半球間の運動量輸送を引き起こし、結果として渦とジェットが“シーソー”するように振る舞いながら時間発展することが明らかとなった。以上の結果は、Icarus 誌に 2025 年 2 月 26 日付で電子出版されている。今後、本現象のさらなる観測的理解を深めるために TAO 望遠鏡の NICE や SWIMS を活用した観測計画を練っている。K バンド撮像による雲分布及び、 $1.7\text{--}2.4\text{ }\mu\text{m}$ 分光による CO, SO₂, HCl などの大気微量分子をトレーサーとした物質分布の変化・雲粒子の成長等を観測することで、実際に金星雲層内で発生する大気不安定や渦構造の成長過程の解明できると期待している。

2.5.5 望遠鏡、観測機器、ソフトウェアの製作と開発

1. せいめい望遠鏡 可視 3 色高速撮像分光装置 TriCCS の開発 (松林, 酒向, 新納; 前田, 太田, 村田, 川端 (京都大学); 都築, 池之上, 小原, 土居, 尾崎, 本原 (国立天文台))

木曽観測所 Tomo-e などによる可視光広視野サーベイや重力波を含むマルチメッセンジャー天文学の広がりにより多種多様な変動天体が発見され、そのフォローアップ観測の重要性が年々増している。我々は変動天体のフォローアップ観測を目的とした可視 3 色高速撮像分光装置 TriCCS を開発し、京都大学 3.8 m 望遠鏡 (せいめい望遠鏡) に接続して観測運用を行っている。TriCCS は検出器に CMOS を採用し、最速秒間約 98 フレームでの観測が可能であり、高速変動減少の解明に威力を発揮する装置である。

TriCCS はスリット分光機能を有しているが、シーイングによる天体像の広がりや天体像位置のずれにより、スリットを通る天体光の割合が減少し、観測の効率が下がってしまうことがある。そこで、コンパクトなイメージライサ型面分光ユニットを開発して TriCCS に組み込むことで、天体像サイズが広がったり天体像位置がスリット幅方向に動いたりしても、天体光損失を減らして観測効率が下がらないようにすることを計画している。国立天文台 先端技術センターと共同で開発を行い、2023 年度に光学系製作と機械系の設計と製作を進め、面分光ユニットを完成させた。2024 年度に面分光ユニットをせいめい望遠鏡に輸送して試験観測を行い、天体スペクトルが取得できた。(Tsuzuki et al., 2024)

2. マイクロシャッタアレイの開発 (本原, 田中健翔 (東京大学/国立天文台); 小西; 土居 (国立天文台); 年吉, 高橋)

我々は多天体分光を容易にするための次世代技術開発として、幅 $100\text{ }\mu\text{m}$ 、長さ 1mm の微小なシャッタを多数敷き詰めたマイクロシャッタアレイの開発を東大生産研の年吉グループと進めている。本年度は、現在良くない製造時の歩留まり (50%以下) を向上し、安定してアドレッシングできるデバイスの製造を目指して製造プロセスに見直しを行った。特に、表面の絶縁処理のための酸化膜の付加および裏面からの深掘り (DRIE) の工程のための加工パラメータの最適値を探る実験を進めている。

3. NINJA の検出器システムの開発 (田中健翔, 本原 (東京大学/国立天文台); 柳澤, 鎌田 (国立天文台))

国立天文台ハワイ観測所及び先端技術センターでは、すばる望遠鏡への持ち込み観測装置として、レーザートモグラフィ補償光学システム (LTAO) に最適化された近赤外線中分散分光器 NINJA の開発を進めている。我々は、国立天文台と協力して NINJA の検出器である HAWAII-2RG (H2RG) を駆動するシステムの構築を進めている。本年度は、H2RG 駆動用 ASIC である SIDECAR と、SIDECAR と PC とのインターフェイスボード MACIE を接続して駆動するセットアップを行い、エンジニアリンググレードの H2RG を用いた試験デューワーでの冷却試験を行った。2025 年度以降は本番用のサイエンスグレードの H2RG の評価試験を行うとともに、NINJA 本体に組み込んだ試験調整を進める予定である。

4. PRIME 望遠鏡主焦点広視野近赤外線撮像装置: PRIME-Cam の開発 (平尾; 住, 鈴木, 山響, 濱田龍星, 布田寛介, 玉置拓土 (大阪大学); Kuyrev, Durbak (NASA/GSFC))

PRIME (PRime-focus Infrared Microlensing Experiment) は大阪大学が主導する計画であり, 南アフリカ天文台サザーランド観測所に口径 1.8m の主焦点式望遠鏡を建設し, 近赤外線によって星密度が高い銀河系中心領域のサーベイ観測を行い, 重力マイクロレンズ法によって系外惑星を検出を目指している. 2025 年 2 月に PRIME 望遠鏡に搭載されている主焦点広視野近赤外線撮像装置の PRIME-Cam のメンテナンス作業を実施した. 現在, 観測は現地に観測者が赴いて順調に行われているが, 将来的なりモート観測化の実現に向け, 高湿度環境下で真空窓に結露が生じるのを防ぐため, 真空窓を熔融石英製からサファイア製へと交換した. また, 窓材交換前後における光学性能の変化を評価するため, ハルトマン試験を実施した. その結果, 大きな性能の劣化はみられなかったが, 焦点深度にローテータ角依存性があることが確認された. この問題については, カメラマウントのスペーサーの長さを調整することで対処した. 今後は, 銀河系中心の観測を進め, マイクロレンズイベンを検出し, 光度曲線の解析を通じて科学的成果の創出を目指す.

5. JASMINE ミッション検討に向けた観測シミュレータの開発と観測位置決定精度の検証 (上塚, 福井; 郷田, 鹿野, 和田, 大澤, Ramos, 宮川, 矢野, 辰巳, 三好, 泉浦 (国立天文台); 山田 (京都大学); 河田 (UCL); 片坐, 河原, 磯部, 白井 (JAXA); 逢澤 (SJTU); 平野, 大宮 (ABC); 立川 (高知工業高等専門学校); 服部 (統計数理研究所); 吉岡 (東京海洋大学); Löffler, Biermann (University of Heidelberg))

JASMINE ミッションは JAXA 宇宙科学研究所の公募型小型三号機に選定されたプロジェクトで, 近赤外線観測による位置天文観測とトランジット観測の実施により, 天の川銀河の中心領域の構造形成史の解明と生命存在可能な地球型惑星の発見を目指す. 観測は二次元アレイ検出器を用いて実施するが, それによりミッション目標から要求される精密な天体位置計測および測光観測が実現可能かを検討することは, ミッション定義審査を控えた本プロジェクトにおいて非常に重要である. この検討のため, 実観測を模擬する観測シミュレータ jasmine-imagesim を開発し, これを用いた天体位置計測精度の評価を実施した. 検討の結果, 衛星の姿勢制御誤差と検出器のローリングリセット/読み出し運用の組み合わせにより, 天体位置計測精度が悪化する可能性があることがわかった. 今後この問題への対処方法を検討する. これらの結果について, 国際光工学会 (SPIE) の国際研究会 Astronomical Telescopes and Instrumentation において講演および集録論文の発表をおこなった. 上記の結果を受けて検出器の読み出し方式の変更を検討しており, 今後これを反映したシミュレータの開発を行い, 精度検証を進めていく予定である.

6. FUJIN-2 気球望遠鏡の開発と金星紫外分光観測の検討 (今井; 田口, 河野, 江口 (立教大学); 莊司 (金沢大学); 中野 (大分工業高等専門学校); 鍵谷 (東北大学))

地球成層圏 32 km から, 広い波長域と高い空間分解能の観測を実現とする新たなプラットフォームとして大気球望遠鏡 FUJIN-2 の開発を進めている. FUJIN-2 では, ゴンドラの姿勢制御, 望遠鏡経緯台による天体捕捉・追尾, 二軸可動鏡 (TTM) によるリアルタイム追尾エラー補正の 3 段階のポインティング制御によって目標天体を追尾する. このうち 3 段階目では, 望遠鏡で集光された光の一部をハーフミラーによって位置検出用の光電子増倍管 (PMT) に導き, PM で検出された天体像位置の中心からの偏差をフィードバックして TTM をリアルタイムで制御する. 昨年度に引き続き, PMT - TTM の制御プログラムの開発を実施した. また, FUJIN-2 の掲げる科学目標の検証として, FUJIN-2 搭載用の小型ファイバー分光器の性能評価と金星雲層内に存在する未知の紫外線吸収物質の同定に向けた分光観測を行うために, 同分光器を東北大学のハレアカラ観測所にある 60 cm 望遠鏡に搭載した試験観測が遂行中である. 今年度は, 2024 年 9 月にハワイ・マウイ島にて装置搭載作業とリモート観測環境の整備を行い, 10 月と 2025 年 1 月からそれぞれ約 1 ヶ月間の連続観測に成功した. 現在取得データの解析と FUJIN-2 の解析への技術的なフィードバックを行っている. なお本研究は, 昨年度に引き続き東北大学 PPARC 共同研究に採択されている.

7. あかり衛星 IRC カメラ LG2 スリット分光のデータ解析手法の開発 (鈴木はるか, 左近, 尾中)

赤外線天文衛星あかりの近中間赤外線カメラ (IRC) MIR-L チャンネルの分光機能のうち, LG2 分光データは波長 $17\text{--}26\mu\text{m}$ をカバーする. しかし, この波長域には複数の明るい輝線を持った天体が少ないことに加えて, 特にスリット分光データは視野内の拡散光や天体を作るスリットレス分光パターンの影響を受けてしまい, 精度良いスペクトルの抽出を行うための十分なデータの評価は行われていない状態にあった. 本研究では, あかり衛星が LG2 の分光モードで取得したスリット分光およびスリットレス分光データを網羅的に調査し, 特にスリット分光観測によるスペクトル抽出に特化した波長較正や波長応答特性の再評価を行った. また, スリット分光領域に関係する視野マスクの形状決定やスリット効率の評価を行い, さらに 0 次光, 1 次光, 2 次光のエネルギー配分を決定することで, LG2 のスリット領域に漏れ込む視野内の拡散光や天体由来する光を精度よく差し引く方法を開発した. これによって, 黄道光や銀河拡散光などの拡散光源の LG2 スリット分光データの取得が可能になった. 以上の手法を系内 HII 領域 IRAS14038-6105 の, LG2 スリット分光観測データに適応した. 得られた $17\text{--}26\mu\text{m}$ のスペクトル中には, 星間ダストの連続放射と $18.71\mu\text{m}$ の [SIII] の禁制線のほか, $18\mu\text{m}$ 帯のシリケートの吸収が検出されることを確認した. 本研究結果は, 2025 年日本天文学会春季年会で鈴木他 (Q32c) として発表した.

8. グリーンランド望遠鏡搭載用多色サブミリ波カメラの開発 (井上修平, 河野; 大島, 都築 (国立天文台); 竹腰 (北見工業大学); 宇野 (理化学研究所), 渡邊一輝 (総合研究大学院大学); 佐藤泰基, 田井野 (埼玉大学); 酒井 (電気通信大学); 美馬 (情報通信研究機構); 藤田和之, 森章一, 木村 (北海道大学); 中坪 (宇宙科学研究所))

ミリ波およびサブミリ波帯の撮像観測は, 宇宙大規模構造や銀河形成の進化史をたどるうえで欠かせない手法である. 近年の光子直接検出器アレイを用いた高感度なサーベイ観測は, 運動学的スニヤエフ・ゼルドビッチ効果を用いた銀河団の運動状態の推定に重要な手法であり, 宇宙最大の天体である銀河団の動的な進化過程の解明を可能にする. この波長帯の観測は, これまで南極やチリ・アタカマ砂漠など, 大気吸収の影響が少ない環境下で推進されているが, すばる望遠鏡をはじめとする観測データが広く利用可能な天体に対する, 北天での観測が不足している. そこで我々は, デンマーク領グリーンランドに設置されているサブミリ波望遠鏡, グリーンランド望遠鏡に, 広視野かつ多色撮像可能なサブミリ波カメラを設置し, 大規模な銀河団サーベイを行うことを計画している. そこで, これまで ASTE 望遠鏡用に開発してきたサブミリ波カメラシステムをベースにして, $130\text{--}700\text{ GHz}$ の大気の窓を 3 色以上で同時撮像観測が可能な観測システムの構築を推進している.

2024 年度は, 広視野 $18'$ を実現する光学系の設計, 並びに多色観測を実現する検出器チップの各コンポーネントの設計, 製造, 性能評価を推進した. 光学系の設計においては, 所望の $18'$ に渡り, $\text{strehl ratio} > 0.93$ (波長 $450\mu\text{m}$) かつ, ColdStop でのフットプリントの広がりが少ない設計を確立した (設計: 都築). 検出器開発においては, 平面ハイブリッドカップラーについて, 検出器のアレイ化に適した単層の平面解を得る設計手法を確立し (設計: 井上), $6\text{--}14\text{ GHz}$ のスケールモデルに適用した例を査読論文 (<https://doi.org/10.1007/s10909-024-03150-w>) として出版した. オンチップフィルターでは, ミリ波 (150GHz) のバンドパスフィルターの設計解 (設計: 宇野) に対し, 現環境で評価が容易な 20 倍スケールモデルの製造・性能評価を行った. その結果, 設計周波数帯 (スケール後) でのバンドパス特性を確認できた一方, 性能劣化要因となる基板モードの存在を突き止め, lossy な GND を導入することでそれらを取り除く工夫を進めている. 上記バンドパスフィルタの製造・評価結果の一部を, 修士論文 (渡邊) にまとめた. 今後は引き続き, サブミリ波帯も含む多色検出器チップに関して, 各々のコンポーネントの設計・製造・性能評価を進め, 新しい多色検出器技術の確立を目指す.

9. 補償光学用レーザガイド星の開発 (米田隼, 峰崎; 水書, 小澤亮太, 金澤亜里沙, 谷田貝萌絵 (東海大学))

大気揺らぎによる天体光の波面収差を補正し望遠鏡の回折限界分解能を引き出す補償光学では高速に時

間変化する大気揺らぎに追従して波面収差測定を行うために明るい参照星が必要である。そのような明るい恒星は数少なく、全天にわたって補償光学を実施するためにレーザーを打ち上げて上層大気に人工光源を構成してこれを波面測定用の参照星とするレーザーガイド星が実用化された。現在大型望遠鏡では上層大気もナトリウム層の励起発光を利用するナトリウムレーザーガイド星が広く普及しているが、精密な波長調整された高出力レーザー光源は非常に高価で、光赤外線天文学全体への普及を妨げている。

そこで我々は大気にパルスレーザーを打ち上げ、そのレーリ後方散乱光を適切なタイミングで受光し所定の高さの上空に仮想光源を作る、レーリレーザーガイド星 (RGS) の研究を開始した。RGS 用レーザー光源には波長調整が不要なため産業用に普及した安価なパルスレーザー光源を利用可能であり、大型望遠鏡では複数のレーザーガイド星を使った高度な補償光学システムに、中小望遠鏡では航空機に安全な紫外線レーザーを使って高度に自動化された補償光学システムに応用されている。我々も独自に RGS を開発すべく、その基幹技術であるタイミングゲートイメージング、すなわち所定の距離からの帰還光のみを波面センサ (WFS) で受光する仕組みの試作実証を開始した。安全のため低出力・可視波長のパルスレーザーを使用し、大気のレーリ後方散乱は遠方のレトロリフレクターの反射で模擬した地上実験により、タイミングゲートイメージングの機能と性能を検証する。実験のために製作したレーザー送受信光学系ではレーザーを光ファイバーに入れ、ファイバー出口からの拡散光をコリメータレンズで平行波面にして射出する。一方レトロリフレクターからの帰還光は同じコリメータレンズで集光し、ビームを2つに分けてそれぞれ、タイミングゲートシャッタ機構を光路に挿入した WFS と帰還タイミング計測用の光検出器に導入した。同機構には先行研究にならない、ポッケルスセルと偏光子を用いて製作した。

室内での基礎実験を経て製作した実験機材を東海大学湘南キャンパスに持ち込み、見通し距離約 550m の屋外実験を実施し、所定のタイミングにて帰還光を用いた波面測定と所定のタイミングをずらしたさいの帰還光のブロッキングの確認に成功した。実験では送受信光学系を共用したための迷光などの問題も見つかったがその後の改良によって解決され、タイミングゲートシャッタ機構の開閉時の透過率の比（消光比）は 1000 に達した。これは各光学素子の仕様値と矛盾せず、天体観測用の RGS に必要な性能を満たすものである。以上により RGS 用タイミングゲートイメージング機構の試作試験に成功した。

2.5.6 TAO 計画

天文センターでは南米チリアタカマ砂漠の標高 5,640 m の地点に赤外線観測に最適化した口径 6.5 m の大型望遠鏡を建設・運用する計画 (TAO 計画) を推進中である。

2.5.6.1 TAO 計画全体進捗

1. TAO 計画全体進捗 (宮田, 吉井, 河野; 本原 (東京大学/国立天文台); 峰崎, 酒向, 江草, 左近, 小西, 上塚, 高橋, 松林, 鮫島, 山岸, 今井, 西村, 堀内, 平尾, 櫛引, 加藤, 沼田)

TAO 計画は平成 10 年度より計画が開始、平成 30 年度には現地工事が開始されている。サイト建設工事は令和 5 年度末までにおおむね完了し、令和 6 年 4 月にはサイト完成を祝う式典をサンチャゴで開催した。これには日本・チリを中心に 202 名の方が参加した。引き続き日本側関係者を中心としたサイト見学会も実施し、40 名が参加した。これら現地建設工事に加え、来るべく科学観測運用に向けた準備も進めている。観測時間のうち国内枠と呼ばれる共同利用観測時間に向けては、科学諮問委員会などで議論を深め、方式を確定させている。

また、令和 4 年度に発足したサポート室では、渡航サポート、安全講習、文書翻訳、輸送、現地雇用者のサポート、チーム内情報共有サービスの管理、広報活動補助、TAO 山麓施設関連の業務などを担っていたが、

上述のサイト完成記念式典に関する業務を終えた後に体制を変更し、2024年6月よりサポート室の業務をTAO三鷹オフィスとTAOチリオフイスに分けて運用することとなった。

TAO三鷹オフィスでは、安全講習の実施や健康診断の案内、渡航に必要な各種書類の提出支援など、安全な渡航を支える包括的な渡航支援業務を担っているほか、TAOウェブサイトの更新や日・英・西語による文書翻訳、パンフレットや動画などの広報素材の作成といった情報発信活動も行い、TAOの成果を国内外に向けて発信する役割を果たしている。

TAOチリオフイスは、現地サンペドロ・デ・アタカマの山麓研究棟の安定した運用を目指して、現地サポートと連携し、研究棟の管理・整備を中心に業務を進めている。具体的には、研究棟インフラの管理と整備、宿泊管理、実験室・宿発室の利用管理、鍵やセキュリティ面でのサポート、生活環境・備品の管理と準備、下水槽・灌漑などの環境整備と維持などである。今後観測が開始され、定常的継続的な運用が必要になることを見据え、現地での物品の購入や保険についても担当する。

2. TAO 望遠鏡本体等の製作 (峰崎, 吉井, 河野, 宮田; 本原 (東京大学/国立天文台); 酒向, 江草, 左近, 小西, 上塚, 高橋, 松林, 鮫島, 山岸, 今井, 西村, 堀内, 平尾, 櫛引, 加藤, 沼田)

TAO 6.5m 望遠鏡は、主鏡口径 6.5m、赤外線背景放射低減のため光学系瞳を副鏡に置いた視野直径 $\phi 25$ 分角の広視野リッチ・クレチエン系を採用し、観測装置搭載焦点としてナスミス焦点 2ヶ所とベントカセグレン焦点 2ヶ所を備える。各焦点部に取り付けた観測装置は第三鏡の回転により運用装置を迅速に切り替えることができる。TAO サイトの良好なシーイングに対応して星像の 80% encircled energy 直径 $\theta_{80} = 0.33$ 秒角、半値全幅 $FWHM = 0.22$ 秒角を結像性能の仕様としている。赤外線だけでなく紫外線大気透過率にも優れた観測条件を活かすべく主鏡・副鏡・第三鏡はいずれもアルミニウムコーティングを採用する。焦点面の最終 F 値をすばる望遠鏡と同じ 12.2 とすることで、同望遠鏡との観測装置の相互運用を可能にしている。このような仕様のもと、主鏡、副鏡、第三鏡およびそれらの支持機構をアリゾナ大学スチュワート天文台リチャード・F・カリス・ミラーラボ (旧 SOML) が、望遠鏡鏡筒および架台を西村製作所が、追尾補正・波面測定装置と望遠鏡制御ソフトウェアを LLP 京都虹光房が、主鏡蒸着装置を三光精衡所が分担して製作を進めることとなった。

望遠鏡架台はトライポッド・ディスク型式の経緯台である。巨大重量物を滑らかかつ精密に駆動するため、望遠鏡方位軸・高度軸ともに流体静圧軸受とフリクションドライブによる駆動機構を採用している。日本国内で製作した望遠鏡架台・鏡筒部品はチリに移送され、大型貨物についてはチャナントール山麓の標高 5000m にある中間保管場所に、小型貨物はカラマ郊外の倉庫に保管中である。2024年9月よりチャナントール山頂のエンクロージャ内にて望遠鏡本体の組立を開始した。貨物は順次山頂に二次輸送され、エンクロージャ内にクレーンで積み込んで組み立てられる。とくに望遠鏡の全荷重を支える方位軸流体静圧軸受のベースリングは精密に水平かつ滑らかである必要があり、据付にあたってレーザーを使った高精度 3次元位置測定装置を用いて精密な位置調整を実施した。

アリゾナ大学で製作された望遠鏡光学系および関連部品は 24 時間の監視体制のもとカラマ郊外の倉庫に保管中である。今後の望遠鏡組立にあたって最も注意深い作業が必要となるのが主鏡の主鏡セル内へのインストール作業である。ここでは専用の主鏡真空吊上装置を用いて主鏡を輸送箱から吊り上げる。この事前試験と技術習熟のため、装置の一部をサンペドロ・デ・アタカマ山麓施設に移送した。今後、TAO チリエンジニアにより試験予定である。副鏡についても同様に十分な注意が必要なため、日本国内にて組立手順と台車・治具の設計を進めている。また光学系の高い結像性能を達成するため、架台の姿勢変化に伴って生じる鏡筒の重力変形や主鏡形状の変化を副鏡位置制御機構や主鏡支持機構によって能動的に補正する手法を採用している。この主鏡支持機構の輸送後の駆動試験と運用技術習熟のため、空力アクチュエータ・ハードポイントの一部とこれらの較正装置をサンペドロ・デ・アタカマ山麓施設に移送し、TAO チリエンジニアにより較正装置の組立を開始した。

主鏡形状制御用の空力アクチュエータの運用のために高圧空気設備が、また主鏡上の空気の乱流による星像悪化防止のための主鏡冷却のため冷却水循環設備がエンクロージャー内に設置されている。これらは現在 TAO チリエンジニアによって保守管理されている。高圧空気設備はすでに望遠鏡組立にも利用されているが、万全の調子とは言えなかった。調査の結果、ガスケットの一つに破損が見つかり不調の原因となっていることがわかった。破損ガスケットは交換したが、将来業者による保守作業を予定している。

ベントカセグレン焦点 2 ヶ所には、第 2 期観測装置である可視装置（Laguna）と高分散赤外線分光器（TARdYS）がそれぞれに搭載される。このうち、可視装置が搭載される側の追尾補正・波面測定装置および装置回転機構の開発を行っている。ベントカセグレン焦点はナスミス焦点と異なり、専用の足場がないためアクセス性が悪く、手作業による装置の取り付けが困難である。そこで、装置回転機構に実装される装置取付け金具に電動アクチュエータを用いることで、自動で締め付け可能な構造とした。また、追尾補正・波面測定装置には、可視装置に搭載される分光器のための波長校正光源ユニットを搭載することにした。追尾補正・波面測定装置はフォトクロス社に、装置回転機構は西村製作所社に、それぞれ設計・製造を依頼し、既に概念設計を完了している。今後、概念設計で明らかになった問題点を踏まえ、詳細設計を行う予定である。

3. TAO 6.5m 蒸着装置（高橋、吉井、土居、河野、宮田；本原（東京大学/国立天文台）；峰崎、酒向、左近、小西、江草、上塚、鮫島、松林、諸隈、加藤、沼田、今井、平尾、堀内、山岸、櫛引）

蒸着とは、経年劣化などによって反射率が低下した鏡面の金属膜を一旦剥離した後、再成膜することで望遠鏡としての光学性能を再生・維持する一連の作業を指す。延いてはこの作業は観測性能の維持にも寄与する重要な工程である。TAO 望遠鏡は高標高というサイトの特殊性から、再蒸着は現場で行われる。さらに、主鏡は主鏡セルから取り出されることなく、蒸着チャンバーにサンドイッチされる、つまり主鏡セルが真空チャンバーの一部として用いられるという特徴がある。また、高地での作業の安全性・信頼性を確保するため、これらの一連の作業はシーケンサーにより半自動的に行われる。

蒸着プラント一式は 2020 年度までに国内に納品され、組み立て試験および蒸着試験が行われた。その後、装置は一旦分解・梱包され、2021 年 4 月に横浜港よりチリに向けて出荷された。およそ 1 ヶ月の船旅の後、無事にチリ・アンガモス港に到着、チャンバーは山頂設置までの間、5000m ベースに保管された。2023 年度末には 5000m ヤードから山頂までの重量物・大型物品搬送のための「試走」が行われ、最重量物である蒸着装置の搬送が問題なく行われることを確認した。

2024 年度はこの蒸着装置の山頂輸送および設置作業が行われた。前述の通り事前に試走を行ったこともあり、チャンバーの山頂輸送は問題なく完了した（2024 年 10 月）。これは今後主鏡輸送を行う上での試金石の意味合いを持つ。引き続いてチャンバーの観測運用棟への搬入・設置が進められた。まず蒸着装置のベースとなるジャッキシステムの組み立てをブリッジ上で行い、そこに下部チャンバーを搭載・結合することで、移動昇降台車として完成させた。さらに上部チャンバーをその上に搭載することで蒸着チャンバーとしての外観が完成した。その後チャンバーを観測運用棟内に引き込み、蒸着エリアでジャッキアップ、上部チャンバーは中間サポートを介して運用棟天井へと設置された。

今回主鏡セルはないものの、上下チャンバーが勘合した状態での各種動作試験も行われた。真空ポンプやクライオポンプなどチャンバー付帯機器の取り付けを行った後、起動試験・動作パラメータ調整・確認から始め、さらに冷凍機コンプレッサー冷却水循環やヘリウムガス圧の確認、そして真空ポンプの起動・動作試験を行った。その作業と並行して、チャンバー内の 144 本のフィラメント配線と導通確認、電気設備の確認の後、イオンボンバードの起動試験と蒸着フィラメントへの導通試験を実施した。この試験の結果は良好で、全ての装置が機能することが確認された。一部センサーの不具合や動作パラメータの調整はあるものの、これは今後本番の蒸着の前の蒸着試験を行うことで最適化していくことになる。



図 2.1: (左) TAO 道路を運搬されるチャンバー, (右) 観測運用棟に設置された蒸着チャンバー

4. TAO 山頂施設と山麓実験棟の建設 (酒向, 沼田, 吉井, 宮田, 河野; 本原 (東京大学/国立天文台); 峰崎, 江草, 左近, 小西, 上塚, 高橋, 松林, 鮫島, 山岸, 今井, 西村, 堀内, 平尾, 櫛引, 加藤)

TAO 6.5 m 望遠鏡用エンクロージャと観測運用棟からなるチャナントール山山頂施設の建設をインテレクト社のコーディネートの下に進めた。2024 年 4 月にはエンクロージャ下部の外部キャットウォークが完成し、エンクロージャの外側の建設足場および内側の建設足場が順次解体された。5 月には櫻井工業社により発電機室ダクトの延長工事と大型排気ファンのカバーの取付工事が実施された。また、川田工業社により不具合が確認されていた観測運用棟 2 階のオーバーヘッドクレーンの修理と同場所の大型シャッターの修理が実施された。6 月には西村製作所社と三陽鉄工サービス社が進めてきたエンクロージャ下部の残工事が全て完了した。その後、チリ OASIS 社により山頂施設屋内の床コンクリートの補修工事と、エンクロージャ棟チラー室のコンプレッサーの基礎および山頂施設の外周犬走のコンクリート打設工事が実施され 10 月に完了した。10 月からはチリ SEALCO 社による望遠鏡ピアのモルタル補修、山頂施設屋内の床の防塵塗装と仕上げ作業、タイルカーペットとシートの敷設作業が実施され 2025 年 3 月に完了した。2025 年 1 月から 2 月にかけて昭和テクノ社により、断熱材の吹き付け処理が未設であったエンクロージャのチラー室や観測運用棟の 1 階実験室などの天井や壁に対して、断熱材の吹き付け工事と不燃コート処理が実施された。また、建物の建築材の隙間を吹き付けでふさぐ工事も実施された。東京大学により観測運用棟のラウンジ、観測室、サーバー室、階段下、およびエンクロージャ棟の観測室に設置する什器の配置の設計を進めた。

山頂施設の建設作業が進む中、2023 年 9–10 月には大成ナグバス社によりエンクロージャ棟 2 階の強電系の工事、山頂施設全体の弱電系の工事、ネットワーク関連部材の設置工事、火災報知器の関連部材の設置工事、ケーブルラック等の設置工事が実施された。2025 年 3 月には音羽電機社により観測運用棟の屋上と壁への耐雷設備の設置工事と、山頂施設の各部屋への SPD の設置工事、エンクロージャ屋上への監視カメラの設置工事が実施された。また、チリ El Roble 社により 2024 年 4 月には 2 台の発電機の自動交互運転が実装された。その後、燃料タンクと発電機が連携したシステムの設計と実装作業が実施され 2025 年 3 月末現在も進行中である。並行してチリ EATON 社と外部電力受電設備の設計検討を進めた。

サンペドロ・デ・アタカマの TAO 山麓施設に実験棟を増設する作業を進めた。チリ OASIS 社の主導の下、2024 年 4 月に壁パネルの貼り付け作業が完了した。5 月にはシャッター、換気扇、窓、照明器具の取り付けが完了した。2025 年 3 月末現在、配電盤と鉄格子の設置作業が未完である。

5. TAO 観測統合制御システム (TAO-OCS) の開発 (小西, 酒向, 鮫島, 山岸, 加藤, 峰崎, 上塚, 高橋, 吉井, 土居, 河野, 宮田, 江草, 左近, 松林, 今井, 小山, 堀内, 平尾, 櫛引, 沼田, 益原, 笠原, 上原; 本原顕太郎 (東京大学/国立天文台))

観測において制御が必要なハードウェアは望遠鏡・エンクロージャーと観測装置の2系統に分けられるが、目的の観測データを取得するためにはこれらを連携させて統合的に制御しなければならない。そのためのソフトウェアのことを観測制御系 (Observation Control System, OCS) と呼ぶ。TAO の OCS (TAO-OCS) は国立天文台ハワイ観測所のシステム (Gen2) をベースに TAO 独自の機能 (各焦点の AG/SH 制御等) を組み込んだ設計となっている。

本年度は、TAO-OCS への機能追加の一環として、山頂観測データ管理システムの設計および実装を行った。具体的には、以下の2つの主要機能を追加した。

(i) セッション機能：当夜に割り当てられたプロポーザルで使用する観測装置を OCS から制御できるようにするためのセッション機能を実装した。この機能では、本郷に設置されたサーバーで管理されるプロポーザルデータベースから、必要なものを適切なタイミングで取り込み、Gen2 Web サービスの一種である Session Manager (観測開始前の各種設定機能) 上にプロポーザル選択 UI を新たに組み込んだ。これにより、従来手作業で入力していたプロポーザル ID や観測者情報をデータベースから自動的に参照できるようになり、作業の効率化が図られた。

(ii) アーカイバー機能：取得した観測データおよびそのヘッダ情報をデータベースで管理するためのアーカイバー機能を実装した。新たに作成した FITS ヘッダテーブルとデータ転送テーブルを使用して、観測装置から送られてくる観測データ (FITS ファイル) のヘッダ情報を FITS ヘッダテーブルに書き込み、データ保存用 NAS にデータを転送する。データ転送が完了するとデータ転送テーブルが更新され、毎日 13 時 UTC (チリ時間 9 時 CLT または 10 時 CLST) にデータ転送テーブルの情報に基づき、転送が完了したデータは OCS バックエンドから削除される仕組みとなっている。

今後は、山頂から本郷へのデータ転送機能の実装を進めていく。

6. 無線アンテナ・気象観測装置の運用、遠隔制御の実現に向けた検討 (山岸、酒向、小西、鮫島、加藤、TAO チーム)

2023 年 11-12 月、mini-TAO 時代に使われていた無線アンテナの設備を再稼働させ、TAO 山頂に安定的なインターネット環境を構築するべく作業を行った。しかし、2024 年 2 月ごろから無線機の経年劣化と思われる不具合が多発するようになったため、一時的に運用は休止していた。2024 年 6 月、これまでに使用していた無線機と同型のものを購入し、国内にて設定を行った。その後、無線機をチリに輸送し、2024 年 9 月に、山頂と山麓にある合計 3 台の無線機を交換した。その結果、安定したアンテナ間の通信が復活した。気象データは、TAO を用いた科学観測や山頂エリアの安全のための基礎となる情報として有用である。2024 年 11 月に、山頂情報システムをとりまとめ、気象観測装置のデータを読み出すのにも使用するサーバーを山頂に設置した。試験的な短期間の運用の結果、読出しシステムには問題が生じていないことが確認された。また、山頂エリアの風をより正確に把握するべく、エンクロージャー周囲 4 カ所に風センサーを増設するための検討を行った。気象観測装置の本格的な運用開始は、建物の耐雷工事が使用した後、来年度を予定している。

TAO は、将来的に山頂エリアが無人状態でのリモート観測を目標にしている。建物設備の遠隔制御実現に向けて、まず全ての建物設備がイーサネット経由でサーバーと通信可能となるよう、追加で必要となる制御盤の準備を進めている。昨年度に行った検討結果をもとに、今年度は制御盤の製作図面の作成を行った。

7. データ転送・データ配布アーカイブ (鮫島、酒向、小西、山岸、加藤、TAO チーム)

TAO 望遠鏡で取得されるデータを日本へ高速転送するため、光ファイバーによるネットワーク構築を進めている。TAO 望遠鏡が位置するアタカマでは、チリの学術ネットワークを管理する REUNA (Red Universitaria National) が光ファイバーネットワークを構築しており、既存ネットワーク網から光ファイバーを新たに敷設し、隣接する CCAT 計画と TAO で分配する計画である。今年度は、REUNA の機器か

ら発信される信号を TAO 側でどのように受け取るかについて、REUNA と複数回にわたって議論を行った。その結果、REUNA 側で光信号 (SFP) を電気信号 (RJ45) へ変換するメディアコンバーターを用意する方針が決定した。REUNA 側でメディアコンバーターが購入され、導通試験や日本仕様電源での利用可能性に関する確認が実施された結果、問題ないとの報告を受けている。後述するように、山頂施設でのネットワーク配線および機器設置は今年度いっぱいをかけて完了できたため、来年度の早い時期にメディアコンバーターを REUNA から受け取り、山頂施設に設置する予定である。

TAO 取得データの観測者への配布は、本郷に設置した TAO 計画所有のサーバーを用いて行う。データ配布を円滑かつ半自動的に行うためには、その前段階である観測提案や実際の観測情報を組み合わせたシステムを構築することが望ましい。昨年度に引き続き、装置チームや共同利用運用チームと議論を行い、システムの設計を進めている。TAO 取得データのアーカイブ化に関しては、国立天文台・天文データセンターが運用する SMOKA を利用する方向で話を進めており、天文データセンターとは定期的に打ち合わせの場を設けて情報共有を図っている。

8. ネットワークシステムの機器設置 (加藤, 山岸, 酒向, 小西, 鮫島, TAO チーム)

令和6年度は山麓施設のネットワーク構成の見直しと山頂施設のネットワーク配線とラック等の設置、山頂施設へのネットワーク機器設置を行った。

山麓施設については10月に山麓施設のネットワークの入口にUTMを設置、山麓施設の共用セグメントとTAO山麓セグメントの両方を管理する設定に変更し、これまで無防備だった山麓施設と山頂施設のネットワークをつなぐ無線アンテナ関係の機器を保護するためのルーターを新規設置することにより、山麓施設全体のネットワークを不正なアクセスやサイバー攻撃から保護されるようにした。また、これまで曖昧だったネットワーク機器、パッチパネル、各部屋の情報コンセント等の接続を確認し、結線表を整備した。

山頂施設については6月から8月にかけて、ネットワーク配線業者、ネットワーク機器設定業者と打ち合わせを持ち、スプライスユニット、パッチパネル、ネットワーク機器のポート間の結線表を確定させ、19インチラックや壁掛けボックス、光成端箱等の設置場所や内部の機器配置を決めた。これに基づき、9月から11月にかけてネットワーク配線業者が現地に渡航し、配線とラック、ネットワーク機器等の設置作業が行われた。施工器具や部品の紛失、監視カメラへ配線しているCat6aのコネクタ(RJ45)が大きくて防水コネクタが使えない問題等が発生したが、急遽日本で部品を購入して空輸する対応を行った。また、山頂の気温が低いためにLANケーブルの外皮が割れやすい問題が生じて想定より工期がかかったものの無事に配線と設置を終えることができた。また、ネットワーク業者と現地設定契約を締結し、10月から11月にかけて山岸特任助教立会いの下、UTM計3台、L2スイッチ計16台について機器設定、結合試験、障害試験を行った。

TAO望遠鏡内外を敷設する光ファイバーの調達も行った。TAO望遠鏡は観測中に高度軸・方位軸の駆動により繰り返し曲げや捻じれが発生するが、これに耐えられ、かつ-20℃の観測環境に耐えられるミリタリーケーブルを選定した。このケーブルは来年度、望遠鏡業者に敷設される予定だ。

今後は、TAO山頂ネットワークの本格稼働を見据えて、SSL-VPNの認証方法の確定、SSLインスペクションの正規CA証明書の取得の要否検討、ネットワーク機器の状況を可視化するソフト等の導入、有線接続に向けたUTMのVPN設定変更等について検討を進める。

9. TAOサイトにおける地球大気計測システムの検討 (今井, 宮田, 高橋, 山岸, TAO チーム)

TAOサイトにおける可降水量(PWV)モニターやCO₂濃度モニター等の気象観測装置群の設置に向けたインフラ整備の一環として、各装置を屋上に搭載し分析器本体や制御システムを内部に保管・運用できるコンテナを山頂サイトに設置するための検討・準備を開始した。各観測装置の設置要件を整理し、コンテナの具体的な設置場所検討を進めるとともに、必要な電源やネットワーク環境の構築に向けた現地視察を実施した。また、CO₂観測で使用する太陽トラッカー用エンクロージャーの使用検討を開始した。

2.5.6.2 TAO 6.5 m 望遠鏡用近赤外線観測装置 SWIMS

1. TAO 6.5m 望遠鏡用近赤外線観測装置 SWIMS の開発 (小西, 高橋, 加藤; 本原, 櫛引; 陳諾, Yun Jeung, 安田彩乃, 幸野友哉, 藤井扇里, 田中健翔 (東京大学/国立天文台); 吉井, 河野, 宮田, 峰崎, 酒向, 江草, 左近, 上塚, 松林, 鮫島, 諸隈, 山岸, 今井, 西村, 堀内, 平尾; 土居 (国立天文台))

TAO 6.5m 望遠鏡が建設される南米チリ・アタカマ高地のチャナントール山 (標高 5,640 m) では赤外線観測の妨げとなる水蒸気が極めて少ないことが実証されており, これにより近赤外線波長域 (0.9–2.5 μm) のほぼ全域において透明度の高い大気を通した観測が可能となる. この利点を活かすために, 我々は近赤外線観測装置 SWIMS (Simultaneous-color Wide-field Infrared Multi-object Spectrograph) の開発を 2009 年度から進めている.

本装置の最大の特長は広視野多色観測である. 平行光中に挿入されるダイクロイックミラーによって光路を 0.9–1.45 μm (blue) と 1.45–2.5 μm (red) の 2 つに分割し, 0.126 秒角/pixel という高い空間分解能で 9.6 分角 ϕ の広い視野を 2 波長域同時に観測する. これにより撮像モードでは 2 色同時観測を, また分光モードでは 0.9–2.5 μm のスペクトルを切れ目無く一度に取得することを可能とする. 「近赤外線波長域のほぼ全域において大気の吸収をほとんど受けない」という TAO サイトの強みと 2 波長域同時観測を組み合わせることで, 均質な観測データを高い観測効率で得ることができる.

国立天文台ハワイ観測所すばる望遠鏡で行ってきた共同利用観測を終えたのち, 2023 年に装置は三鷹キャンパスの TAO 大型実験棟に返送された. 現在は, TAO 6.5m 望遠鏡への搭載に向けてアップグレード作業が進められている. すばる望遠鏡ではカセグレン焦点で運用されていたが, 6.5m 望遠鏡ではナスミス焦点に設置されるため, 重力の影響を受ける方向が異なる. この違いに対応するため, 焦点面デューワーを回転させてナスミス姿勢を模擬する専用カートを製作し, スリットマスクの焦点面固定機構の改良および設置手順の見直しを進めている. また, 現在の観測視野は, 2 つの 2K $\times$ 2K HgCdTe 検出器を用いておよそ 8.7 $\times$ 4.3 平方分角であるが, それを ϕ 9.6 分角に拡大するため, 本年度 6 月に新たに 2 枚の検出器を調達した. 新しい検出器は, 機械的なインターフェースが従来モデルと異なるため, 検出器マウントの新規設計も進めている.

2. SWIMS-IFU の開発 (櫛引; 本原 (東京大学/国立天文台); 高橋, 小西; 竹田, 細畠, 山形 (理化学研究所); 森田 (東京電機大学); 中川; 尾崎, 都築 (国立天文台), 他)

SWIMS-IFU は TAO 6.5m 望遠鏡用近赤外線撮像分光装置 SWIMS に面分光機能を追加するイメージスライサー方式の面分光ユニットである. その最大の特長は既存の近赤外線面分光装置と比べて広い視野と広い同時観測波長帯域であり, それにより空間的に広がった天体の近赤外線分光情報を一度に効率良く取得することが出来る. SWIMS-IFU は理化学研究所との共同で超精密加工を活用して開発が進められ, 2021 年に完成し, 2022 年 3 月と 12 月には国立天文台ハワイ観測所すばる望遠鏡での試験観測を実施した. 本年度は TAO 望遠鏡用の新しい SWIMS-IFU の光学設計を進めた. すばる望遠鏡用の SWIMS-IFU で残された課題であった視野と瞳のケラレや熱迷光を改善することを目指している. そのため, 望遠鏡による像を適切な倍率でスライスマirrorに再結像する前置光学系の配置を大幅に見直し, 空間をより有効に活用することでケラレをなくす. さらに前置光学系の途中に望遠鏡瞳の実像をつくり, そこに絞りとして機能するミラーを配置することで, 迷光除去も行う. このような設計案では光学素子が複雑に配置される分, 反射角が大きくなり収差が発生しやすいが, 前置光学系に 5 次の多項式で表される自由曲面ミラーを使用することで, その収差補正を試みる. この自由曲面ミラーの活用は, すばる望遠鏡用の SWIMS-IFU で実証した超精密加工による非球面ミラー加工を基礎とした技術挑戦である. スライスマirrorアレイ以降の光学系では, 曲率を持たせたスライスマirrorを使用することで, より柔軟な光学設計を可能にする. 2025 年度は, 機械設計を進めるとともに自由曲面ミラーやスライスマirrorの超精密加工による試験加工を実施する計画である.

2.5.6.3 TAO 6.5 m 望遠鏡用中間赤外線観測装置 MIMIZUKU

1. TAO 6.5 m 望遠鏡用中間赤外線観測装置 MIMIZUKU の開発 (宮田, 酒向, 上塚, 平尾, 左近, 橘健吾, 成瀬日月, 妹尾梨子, 小島裕樹, 尾中, 吉井, 河野, 峰崎, 小西, 高橋, 江草, 松林, 鮫島, 諸隈, 今井, 西村, 堀内, 山岸, 櫛引, 加藤; 本原 (東京大学/国立天文台); 大澤, 西村 (国立天文台); 軸屋, Hort Jonathan (金沢大学); 木下凌太, 坂野井, 鍵谷 (東北大学); 本田 (岡山理科大学); 長谷川, 白井, 内山, 片埜 (ISAS/JAXA); 海老塚, 細島 (理化学研究所))

MIMIZUKU は TAO 6.5 m 望遠鏡に搭載する第一期中間赤外線撮像分光装置である。この装置は光学系内部に NIR・MIR-S・MIR-L チャンネルという異なる波長帯をカバーする光学チャンネルを搭載することで、1–38 μm という広い波長域をカバーする。これにより天体を構成する恒星および星周ダストの準同時観測を可能にする。さらに、赤外線観測を行う上で問題となる大気透過率の影響を高精度に補正するための装置「フィールドスタッカー」を搭載し、この装置を用いて高精度の測光・分光観測を実現する。これらの機能を利用し、これまで実現が難しかった中間赤外線の長期時間変動観測を実現することで、時間変動現象を切り口として星周ダストの形成・成長・破壊プロセスを明らかにし、宇宙における物質輪廻の理解を深めることを目指している。MIMIZUKU は 2018 年度にすばる望遠鏡での試験観測を実施し、当時完成していた MIR-S チャンネルのファーストライトを達成した。その後 2019 年度に MIMIZUKU を日本に返送し、以後 TAO 望遠鏡における科学運用に向けての未実装チャンネルの実装などを進めている。今年度は、NIR・MIR-L チャンネルの整備、光路切り替え機構の開発、冷却チョッパーの開発、および中間赤外線標準星リストの整備を行った。これらの進捗について、以下の各項目にて報告する。

2. MIMIZUKU NIR ch の開発 (上塚, 宮田, 酒向, 平尾, 左近, 橘健吾, 成瀬日月, 妹尾梨子, 小島裕樹; 長谷川, 白井 (ISAS/JAXA); 海老塚, 細島 (理化学研究所))

MIMIZUKU の NIR ch は波長 1–5 μm において撮像・分光観測を実施する。本年度はこのチャンネルの整備として、スリットの平坦化と迷光対策を実施した。これまでの試験の中で、反射型スリットの湾曲と強い迷光の存在が本モードの問題として明らかとなっていた。本モードでは反射型スリットを使用するが、その構造は厚みが薄く幅も細い金属からなり、冷却時の熱収縮に伴って湾曲してしまうことで観測に使用可能な領域が限られてしまっていた。また、このスリットの曲がりは強い迷光の原因となっている可能性が考えられた。これを解決するため、本年度はより曲がりにくいと期待される、やや幅の広いスリットをインストールして試験を行った。また、さらなる迷光対策として、スリット周辺の構造に対する黒色塗装も実施した。これらの対策を施して行った試験のなかでスリットが確かに平らになったことを確認し、迷光も一定程度緩和することができた。一方で迷光の完全な除去には至らなかったが、残存する迷光は実験のために一時的に使用している減光フィルタに起因する可能性が出てきた。今後さらなる迷光調査、およびスリット幅の低減の検討を進め、観測運用に備える。

3. MIMIZUKU MIR-L ch 検出器システムの開発 (平尾, 成瀬日月, 上塚, 宮田, 酒向, 左近, 橘健吾, 妹尾梨子, 小島裕樹; 大澤 (国立天文台))

MIMIZUKU MIR-L チャンネルは波長 24–38 μm をカバーすべく、検出器として DRS 社製 Si:Sb 検出器を搭載する。本検出器を駆動しデータを読み出すための検出器システムの開発を行った。検出器を MIMIZUKU 本体にインストールし、スリット画像を撮像して結像性能の確認、および検出器位置の評価を行った。また、撮像画像の先頭に不要なパターンが現れるなどの問題が発生していたが、FPGA のプログラム修正およびクロックファイルの書き換えによって解消した。さらに、より短い露光時間での撮像を可能にするため、半分読み出しや 1/4 読み出しを行うクロックを実装し、各種プログラムの整備を行った。今後、ノイズが大きいことや NIR リーク光の問題を解消すべく、調査を行う。

4. MIMIZUKU MIR-L ch 光路切り替え機構の開発 (平尾, 上塚, 宮田, 左近, 橘健吾, 成瀬日月, 妹尾梨子, 小島裕樹)

MIMIZUKU 内部において MIR-L ch に光を導くためには、極低温の光学系内において光路を切り替える冷却駆動機構が必要である。その機構として、台形ネジをモーターで回転させ、台形ネジに取り付けたナットとリニアガイド上を駆動するステージを繋ぎ、その上に平面鏡 (FOLD8) を載せ前後に動かす機構を設計・製作した。複数の台形ネジおよびナットに、固体潤滑剤である二硫化モリブデンのショット加工を施し、その中から良好な個体を選定して組み立てと調整を行うことで、スムーズな動作を実現した。試験用小型デューワーでの動作試験を成功させたのち、MIMIZUKU 光学系にこれを移設し、正常に動作することを確認できた。さらに、望遠鏡シミュレータによる傾け試験を実施して装置の姿勢変化による影響を調べるとともに、制御系プログラムの整備も完了した。

5. 冷却チョッパーの開発 (上塚, 宮田, 酒向, 平尾, 左近, 橘健吾, 成瀬日月, 妹尾梨子, 小島裕樹; 軸屋, 近藤智也, Hort Jonathan (金沢大学); 木下凌太, 坂野井, 鍵谷 (東北大学); 本田 (岡山理科大学))

冷却チョッパーは MIMIZUKU の低温光学系に搭載する高速可動鏡である。本機構を搭載することで観測視野の高速切り替えが可能となり、切り替えた視野それぞれで取得したデータを減算することで、大気起因の背景光を精度よく除去することが可能となる。地上観測では背景光が非常に強く、このような手法を用いることで初めて天体からの微弱な光の検出が可能となる。このため本機構は MIMIZUKU にとって必須となる重要なシステムである。また、本技術は次世代大型望遠鏡用地上中間赤外線観測装置を開発する際にも有用となるキー技術である。昨年度は搭載機を完成させ、MIMIZUKU 内での運用を開始し、今年度は MIMIZUKU の姿勢変化に対する応答性能の評価を実施した。結果、重力方向の変化に伴うチョッパーの動作原点の変化が生じ、これによる動作範囲の変化が生じるものの、応答性について顕著な悪化は見られないことを確認した。動作範囲の変化については姿勢に応じたパラメータの変更で対応可能であるが、その実装や制御則の改良については今後の課題となった。これまでの制御即開発の成果については SPIE の国際研究会 Astronomical Telescopes and Instrumentation において講演および集録論文の発表を行い、さらに東北大学木下氏の修士論文にもまとめた。

6. MIMIZUKU で用いる中間赤外線標準星としての K 型巨星の有用性に関する調査 (小島裕樹, 宮田, 上塚, 平尾, 左近, 橘健吾, 成瀬日月, 妹尾梨子)

TAO 6.5m 望遠鏡の中間赤外線 (MIR) 観測装置 MIMIZUKU は、最大 25 分角離れた二視野で観測が可能であり、二つの天体を同時に観測することで時間変動する大気吸収の影響を高精度で較正することができる。この較正の際、明るさが安定している星 (標準星) を用いることが重要となるが、MIMIZUKU で観測を行う MIR 領域では既知の標準星が不足しており、MIMIZUKU の運用のために使用できる標準星の数を増やす必要がある。そこで、MIR で明るい、明るさが大きく変動しない、星の数が多く、といった特徴を持つ K 型巨星に焦点を当て、K 型巨星の MIR 標準星としての有用性を調査した。Gaia 衛星のデータから K 型巨星を抽出し、それらに対し 10 年間観測を行った NEOWISE 衛星の W1 ($3.4\mu\text{m}$) と W2 ($4.6\mu\text{m}$) の二つの MIR バンドでのデータを取得し、明るさの変化を調べた。NEOWISE で精度の良い観測を十分な回数行うことができているサンプル 282 個をさらに抜き出し、そのうち MIMIZUKU の標準星として使える変光幅 (W1 の標準偏差 $< 0.01\text{ mag}$ かつ W2 の標準偏差 $< 0.01\text{ mag}$) を持つ星の割合を調べると、96.5% (272/282) がその基準を満たしていた。この値が K 型巨星全体の性質であるとすれば、K 型巨星は MIR 標準星として有用であると言える。また、K 型巨星を MIR 標準星として用いた場合に MIMIZUKU が観測できると期待される領域を調べるとおよそ 9126 平方度 (全天の約 22%) と計算され、既知の MIR 標準星で観測可能な領域の約 27 倍の範囲を観測できるようになると期待されることがわかった。

2.5.6.4 TAO 6.5 m 望遠鏡用近赤外線エシェル分光撮像装置 NICE

1. 近赤外線エシェル分光撮像装置 NICE の概要と開発 (高橋, 浅野, 吉井, 土居, 河野, 宮田, 峰崎, 酒向, 廿日出, 小西, 江草, 上塚, 鮫島, 加藤; 本原 (東京大学/国立天文台); 西村淳 (国立天文台))

NICE (Near-Infrared Cross-dispersed Echelle spectrograph) は分光素子にエシェル回折格子、クロスディパーザを採用し、波長分解能 $\sim 2,600$ で、近赤外の幅広い波長域 ($0.9\text{--}2.4\ \mu\text{m}$) をカバーする近赤外線中分散分光装置である。加えて適切な光学素子を選択するモードで撮像も行うことができる。2000年に設計・製作が開始された NICE は、これまでに国立天文台 1.5m 赤外シミュレータや北海道大学 1.6m ピリカ望遠鏡に搭載され、様々なタイプの恒星や金星などの近赤外分光観測を実施してきた。星の大气から得られる物理情報と大气モデルと詳細比較することで、質量放出や大气の運動に関する知見が得られた。NICE が TAO6.5m 望遠鏡第一期観測装置として設置された際は、サイトの大气透過率の高さと、 $0.8\text{--}2.5\ \mu\text{m}$ 近赤外線波長帯において切れ目ないデータ取得が可能となるため、前述の研究以外にもより多くの研究が一層進む事が期待される。NICE は TAO 6.5m 望遠鏡稼働初期の搭載を念頭に置き、チリへの輸送を前にソフト、ハード両面でのアップデートを継続して進めている。

2. 制御系ソフトウェア改修と通信・電気系の安定化 (今井, 高橋; 西村 (国立天文台), 吉川 (Edechs))

NICE の制御系ソフトウェア改修と関連する通信・電気系の見直し作業を昨年度に引き続き実施した。望遠鏡シミュレーターを用いた試験時に、装置制御系とモータードライバーとの間に電氣的なノイズに起因する通信異常が発生することが判明し、その原因究明と対処策の検討を行なった。また、NICE 分光観測時の天体導入シーケンスの確認と、必要な天体導入支援ツールや装置ステータス DB・可視化 Web サービスなどのソフトウェア開発と環境整備を継続している。Edechs との契約で進めている望遠鏡・観測装置統合制御ソフトウェアシステム (OCS) の機能追加に関連では、NICE の制御系環境を利用して AG/SH 関連のソフトウェア実装・STATMON 装置情報表示・FITS DB 等の機能実装と動作確認を行なった。

3. TAO 運用に向けた機械的改修 (高橋, 今井, 鮫島)

(1) NICE は開発されてからかなりの年月が経っている。そのため経年劣化が進んでいる箇所もみられる。クライオスタットの光学窓の劣化が著しかったため新規交換を行った。これにより透過 (観測) 効率の上昇が見込まれる。

(2) TAO に移設した場合視野サイズが変化するが、それに合わせたスリットサイズの最適化も行う必要がある。これは運用やサイエンスにも関わるため、多方面からの意見の集約・検討を行い、結果として TAO6.5m で分散方向のスリット幅は 0.5 秒, 1.0 秒, 1.5 秒になっている。空間方向のスリット長については、スペクトル再生 (解析) の最適化・効率化のために最終的な値として 1.8 秒角とした。

(3) 装置光学系の部品としてエシェル素子で分散された光をさらに 90 度分散させ、高分散を実現する、また検出器上に次数分散させるためのクロスディパーザが内挿されている。複数のクロスディパーザを装填したホルダーを回転させることで I, J, H, K の 4 バンドに対応させる他、検出器上での次数の位置を調整 (カバーする波長をシフト) させることができる。このホルダーの回転の安定性に問題があったが、物理的な量としては微小なため機械的な原因究明には至らなかった。これについては制御・観測運用で対応することにした。

4. 観測・解析関係 (鮫島, 今井, 高橋)

NICE の TAO 搭載時の性能予測のため、現在、室内での試験を進めている。2024 年 4 月には、コンパリソンプの最適露光時間を探る実験を行った。その後、過去データとの比較検証を行った結果、2022 年に新たに設置したスリットの形状が、空間方向に対して最適化されていないことが判明した。そこで、エシェルフォーマットのシミュレーションを交えた検討を実施し、従来 1.5 秒角だったスリット長を 1.8 秒角に拡大し、信号検出領域を増やすことにした。新しい形状のスリットの製作を依頼し、2025 年 2 月には再製作した窓と合わせて NICE へ設置を完了している。データ解析については、新たに MIMIZUKU や SWIMS のデータ解析担当者からなるチームが編成され、情報共有が行われている。

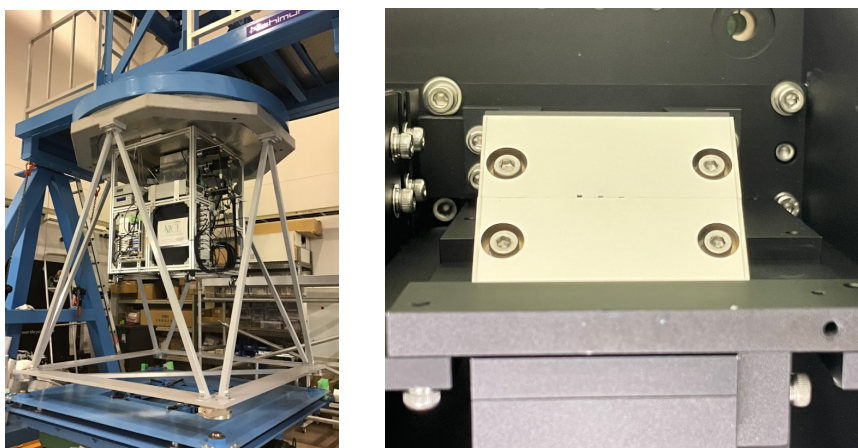


図 2.2: (左) NICE 性能評価試験 (@望遠鏡シミュレータ), (右) 新たに交換されたスリット (ミラー)

2.5.6.5 TAO 6.5 m 望遠鏡用可視光装置コンプレックス Laguna

1. TAO 6.5 m 望遠鏡用可視光装置コンプレックス Laguna の開発 (酒向, 松林, 平尾, 倉島啓斗, 兒玉エ門, 瀧田, 越諒太郎, 笹岡大雅, 和田空大)

Laguna は TAO 6.5 m 望遠鏡のベントカセグレン焦点に搭載される可視光装置コンプレックス (複合体) である。Laguna の直径 1.6 m, 奥行き 1.5 m の円筒形の体積内には, 直径 10 分角の視野を分割する形で複数台の観測ユニットが搭載される。現在, Laguna-CAM, Laguna-SPEC, Laguna-SPAD の 3 台の観測ユニットの開発が進行中である。これらの他に, 2 台の観測ユニットを搭載できる予備スペースが確保されている。Laguna-CAM は直径 4 分角の視野を持つ撮像ユニットである。2 枚のダイクロイックミラーと 3 台の CMOS センサーにより, 3 バンド同時の動画撮像を実現する。Laguna-SPEC は波長 300–400 nm の近紫外線をカバーする低分散プリズム分光器と, 400–1000 nm の広帯域を一度にカバーする中分散エシェール分光器から構成される。いずれの分光器も CMOS センサーを採用する。以上の 2 つのユニットは機能を簡素化することで時間軸天文観測が必要とする高い操作性と機敏性を実現している。Laguna-SPAD は直径 2 分角の視野を持つ高速偏光観測が可能な直進光学系の撮像ユニットである。ゼロ読み出しノイズが特長の SPAD イメージセンサーを採用することで高感度の動画観測を実現する。また, ダブルウォーラストプリズムを併用することで半波長板などを回すことなく連続した高速偏光観測を実現する。2024 年度は Laguna-CAM の光学系の設計と製作を実施した。また, Laguna-SPEC と Laguna-SPAD の概念設計を実施した。

2. Laguna-CAM 用 CMOS カメラモジュールの性能評価 (兒玉エ門, 酒向, 松林, 平尾, 倉島啓斗, 瀧田, 越諒太郎, 笹岡大雅, 和田空大)

TAO6.5m 望遠鏡用可視光装置コンプレックス Laguna には複数の観測ユニットが搭載される。観測ユニットの 1 つである Laguna-CAM は 3 台の CMOS センサーを搭載し, 可視光 3 バンドの同時撮像が可能である。2024 年度は Laguna-CAM に搭載されるビットラン社製 CMOS カメラモジュール 2 台の性能評価を行った。評価を行った項目は, カウントと電子数の変換ゲイン, CMOS センサーの暗電流, CMOS センサーの読み出しノイズである。評価はゲインの値を 32 倍に設定して行った。−10 度でのセンサー中央における暗電流の値は $0.028 \text{ e}^-/\text{s}/\text{pix}$ と低い値であった一方, センサーの 4 隅においては $0.5 \text{ e}^-/\text{s}/\text{pix}$ を超えるような値も見られた。センサーの 4 隅における暗電流は温度依存性も低く, 熱的励起以外の原因があると考えられる。読み出しノイズの典型値は $2.2 \text{ e}^-/\text{pix}$ であり, Tomo-e Gozen における読み出しノイズと比べて高い値であった。センサー隅における暗電流, 読み出しノイズについては改善の余地がある

という結論となった。今後は上記の評価結果を踏まえ、ビットラン社とともに性能の向上を目指す。

3. Laguna-SPAD 試験機の開発および木曾 30cm 望遠鏡での試験観測 (倉島啓斗, 酒向, 高橋, 近藤, 松林, 平尾, 兒玉エ門, 瀧田, 越諒太郎, 笹岡大雅, 和田空大)

TAO6.5m 望遠鏡用可視光装置コンプレックス Laguna には複数の観測ユニットが搭載される。観測ユニットの1つである Laguna-SPAD は SPAD イメージセンサーを搭載した高速偏光撮像ユニットである。SPAD イメージセンサは読み出しノイズがゼロであり、高速撮像観測において単光子検出レベルへ劇的に感度が向上する革新的なセンサである。SPAD イメージセンサによる天文観測は世界に例がない。1 露光偏光撮像ユニットと組み合わせ、世界最高感度による FRB 可視光探査を実施する計画である。

2024 年度は Laguna-SPAD の開発に先立ち、SPAD カメラモジュールと 1 露光偏光撮像ユニットを搭載した試験機を開発した。また、2024 年 12 月に試験機を用いて東京大学木曾観測所 30cm 望遠鏡による試験観測を実施した。この試験観測は世界初の SPAD イメージセンサによる天文観測である。試験観測とこれまでに実施した実験室での性能評価から、SPAD イメージセンサの高い線形性、良質なポアソン統計、冷却時の低いダークカウントレート、0.5%以下のヒステリシス (0.1 秒後) を確認しており、SPAD イメージセンサが天文科学観測での利用が可能な水準に達していることが明らかになった。また、1 露光偏光撮像ユニットの設計コンセプトが機能し科学観測装置として成立することを確認した。今後は試験機開発および試験観測の結果を踏まえ Laguna-SPAD の実機の開発を進める。

2.5.6.6 TAO 6.5 m 望遠鏡用近赤外線 Y-バンド高分散分光器 TARdYS

1. TARdYS InGaAs カメラシステムの開発 (本原 (東京大学/国立天文台); 平尾, 笠原; Leonardo Vanzi, Rafael Ormazábal (PUC-AIUC))

TARdYS(TAO AIUC high resolution(d) Y-band Spectrograph) はチリ・カトリカ大がリードして開発している TAO6.5m 望遠鏡の第二期観測装置で、波長 0.843–1.117 μm をカバーする Y-バンドに特化した $R = 66,000$ のファイバーフィード型高分散赤外線分光器である。その焦点面検出器には国立天文台と浜松ホトニクスが共同開発した 1,280×1,280 フォーマットの InGaAs 検出器が、駆動とデータ取得には Messia6 が用いられており、それも含めた焦点面デューワーシステムの開発を天文センターで進めている。

本年度はカメラシステム一式をカトリカ大輸送し、現地でのシステム立ち上げを開始した。それと並行して TAO 望遠鏡の制御システムとのインターフェースソフトウェアの開発を進め、制御システムシミュレータからカメラソフトウェアを制御することに成功した。

2. TAO 望遠鏡 TARdYS 分光器較正のための近赤外天文コムの開発小口和真, 吉岡, 小幡響, 峰崎; 本原 (国立天文台/東京大学); 土居 (国立天文台); Vanzi (カトリカ大学)

我々は TARdYS 用の波長較正用光源として光周波数コム技術を応用した「天文コム」の開発を進めている。光周波数コムとは時間軸上で等間隔の超短パルス列であり、多数の輝線が等しい周波数間隔で並んだ周波数スペクトルを持つようなレーザーである。その各輝線の周波数精度は極めて高い精度で制御可能であり、近年天文観測用高分散分光器の波長較正用光源として天文コムの導入が進みつつある。本研究で開発中の天文コムはチタンサファイアレーザーによる周波数コムを利用している。可視波長についてはすでに天文用高分散分光器に対する実証実験に成功しており (Chae et al., J. Opt. Soc. Am. B 38, A1 (2021))、Y バンド波長への応用開発を進めている。

周波数コムの出力そのままでは輝線の周波数間隔が天文用分光器には小さすぎるため、適切な間隔で輝線を取り出す必要がある (サイドモード抑制)。本研究ではファブリペロー型外部共振器を周波数コムの出力に設置することでこれを実現している。今回、外部共振器の性能向上のために新設計の低分散鏡を用いた外部共振器の評価実験を行った。設計では Y バンド全波長域で光コムの出力が得られることが期待さ

れたが、測定では適切な性能が得られる波長範囲が狭い範囲にとどまった。これは製作された鏡の反射率が設計値よりも高すぎたためと考えられる。今後は適切な反射率の低分散鏡の再製作や、共振機を複数用いた光学系の構築などを検討している。

TARdYS 用の天文コムは TAO サイト山頂の低温低気圧の過酷な環境に設置され、観測中は無人で運転することになる。このような環境下で安定的に観測運用するため、光周波数コムや外部共振器のフィードバック制御機構の改良を進めている。従来のセットアップでは制御パラメータの設定などをオンサイト・手作業で行う必要があったが、これを FPGA SoC ボードを使用した仕組みに一新し、専用のオープンソースソフトウェアを採用してコンピュータ制御による遠隔化を進めている。また実験室と山頂での大きな環境の違い、また山頂での環境変化などに対しても安定な動作を実現するため、共振器部分の真空化を進めている。

2.5.6.7 2m MAGNUM 望遠鏡

1. 2m MAGNUM 望遠鏡の再立ち上げ (峰崎, 左近, 鮫島, 吉井)

かつて米国ハワイ州ハレアカラ山に設置されていた口径 2mMAGNUM 望遠鏡は東京大学からアリゾナ大学スチュワード天文台へ移譲され、東京大学大学院理学系研究科附属天文学教育研究センターとアリゾナ大学スチュワード天文台との協定に基づき、アリゾナ州レモン山への移設が進められている。現在、アリゾナ大学スチュワード天文台の Buell Jannuzi, Peter Strittmatter, David J. Sand, Thomas W. Folker 氏らとの共同研究として 2m MAGNUM 望遠鏡の再立ち上げと観測装置の検討を行なっている。2024 年 3 月に峰崎・左近が Arizona 大学を訪問し、レモン山観測所の望遠鏡サイトの候補区画を見学し、Folkers 氏および Sand 氏らと望遠鏡および観測装置開発計画に関する打ち合わせを行なった。2024 年 5 月以降、アリゾナ大学 Applied Research Building の大型実験室内に置いて、Folkers 氏が中心となり、日本から輸送した MAGNUM 望遠鏡の各種部品のメンテナンスと再生作業、仮組み試験が実施されている。2025 年 1 月には、左近が Arizona 大学を訪問し、MAGNUM 望遠鏡の再組み上げ試験の最新の進捗についての説明を受けた他、日本側観測装置の配線・配管の取り回しの想定や、電力リソースに関する情報共有を行った。

2. 2m MAGNUM 望遠鏡 近赤外線 4 バンド同時撮像観測装置の概念設計 (左近, 峰崎, 鮫島, 吉井)

再立ち上げを進める 2m MAGNUM 望遠鏡に搭載する観測装置として、鹿児島大学の永山貴宏氏、国立天文台の中屋秀彦氏、Photocoding の池田優二氏の協力のもと近赤外線 Y ($1.032\ \mu\text{m}$), J ($1.235\ \mu\text{m}$), H ($1.662\ \mu\text{m}$), Ks ($2.159\ \mu\text{m}$) バンド 4 色同時撮像装置 (MAGNUM Near-Infrared Four-colour Imager; MAGNIFI) の概念設計を行なった。これにより、鹿児島大学 1m 望遠鏡の kSIRIUS (J, H, Ks バンド 3 色同時撮像装置) との連携のもと、+16h の経度差をもつ日米二拠点での均質な近赤外線多色撮像連携観測を実現し、時間軸天文学およびマルチメッセンジャー天文学への貢献を狙う。光学設計検討の結果、F 変換光学系 ($F/9.19 \rightarrow F/6$) と、オフナー系を経て、3つのビームスプリッターで Y, J, H, Ks バンドの 4つのチャンネルに分け、近赤外線波長域 $0.9 - 2.3\ \mu\text{m}$ の 4 色同時撮像観測を実現する設計を採用した。検出器には全チャンネルで浜松ホトニクス社製の InGaAs 検出器を用いることによって、 3.7 分角 $\times$ 3.0 分角の広視野を実現する。この結果は、2025 年日本天文学会春季年会において発表した (左近他, V2-21b)。

3. 2m MAGNUM 望遠鏡 近赤外線 Y, J, H, Ks 4 バンド同時撮像観測装置の科学検討 (左近, 峰崎, 鮫島, 吉井)

2m MAGNUM 望遠鏡近赤外線 Y, J, H, Ks 4 バンド同時撮像装置 (MAGNUM Near-Infrared Four-colour Imager; MAGNIFI) について概念設計結果に基づいて予想性能評価を行った。さらに、MAGNIFI の観測装置の仕様要求の根拠を与えるサイエンスケースを明確化すべく、田中雅臣氏 (東北大学)、富永望氏 (国立天文台)、前田啓一氏 (京都大学)、梅田秀之氏 (東京大学) の協力のもと、MAGNUM 望遠

鏡 MAGNIFI で遂行すべき時間軸天文学およびマルチメッセンジャー天文学に関する科学策定を行った。まず、2m MAGNUM 望遠鏡 MAGNIFI と鹿児島大学 1m 望遠鏡 kSIRIUS の二拠点での近赤外連携観測によって、北天から観測可能な全ての重力波源の、検出後数時間から数日内の時間スケールで即応近赤外線観測を行い、キロノバの可視光から近赤外線のスpekトルエネルギー分布 (SED) を系統的に取得し、マルチメッセンジャー天文学へ貢献する道筋について検討を行った。また、ルービン天文台 (Vera C. Rubin Observatory) 口径 8.4m のシモニー・サーベイ望遠鏡 (Simonyi Survey Telescope) によって紫外線から近赤外線の一部の波長 (波長 320-1050nm) で実施される Legacy Survey of Space and Time (LSST) と呼ばれる広域観測によって発見される時間変動天体 (近傍超新星, Luminous red novae など) の近赤外線フォローアップ観測を通じて、時間軸天文学へ貢献する道筋について検討を行った。

2.6 論文及び出版物

2.6.1 英文報告

[published]

●Main journal

1. Bao, M., Harada, N., Kohno, K., Yoshimura, Y., Egusa, F., Nishimura, Y., Tanaka, K., Nakanishi, K., Martín, S., Mangum, J. G., Sakamoto, K., Muller, S., Bouvier, M., Colzi, L., Emig, K. L., Meier, D. S., Henkel, C., Humire, P., Huang, K.-Y., Rivilla, V. M., van der Werf, P., and Viti, S., “Physical properties of the southwest outflow streamer in the starburst galaxy NGC 253 with ALCHEMI”, 2024, *A&A* 687, A43
2. Beniyama, J., Sergeyev, A. V., Tholen, D. J., and Micheli, M., “Rotation state, colors, and albedo of the mission-accessible tiny near-Earth asteroid 2001 QJ₁₄₂”, 2024, *A&A* 690, A180
3. Bouvier, M., Viti, S., Behrens, E., Butterworth, J., Huang, K.-Y., Mangum, J. G., Harada, N., Martín, S., Rivilla, V. M., Muller, S., Sakamoto, K., Yoshimura, Y., Tanaka, K., Nakanishi, K., Herrero-Illana, R., Colzi, L., Gorski, M. D., Henkel, C., Humire, P. K., Meier, D. S., van der Werf, P. P., and Yan, Y. T., “An ALCHEMI inspection of sulphur-bearing species towards the central molecular zone of NGC 253”, 2024, *A&A* 689, A64
4. Buragohain, M., Onaka, T., Pathak, A., Vats, A., Sakon, I., ”Investigating C-D out-of-plane vibrational modes in PAHs as a tool to study interstellar deuterium-containing PAHs”, 2024, *MNRAS* 538, 3130-3143
5. Butterworth, J., Viti, S., Van der Werf, P. P., Mangum, J. G., Martín, S., Harada, N., Emig, K. L., Muller, S., Sakamoto, K., Yoshimura, Y., Tanaka, K., Herrero-Illana, R., Colzi, L., Rivilla, V. M., Huang, K. Y., Bouvier, M., Behrens, E., Henkel, C., Yan, Y. T., Meier, D. S., and Zhou, D., “Molecular isotopologue measurements toward super star clusters and the relation to their ages in NGC 253 with ALCHEMI”, 2024, *A&A* 686, A31
6. Chen, N., Motohara, K., Spitler, L., Nakajima, K., and Terao, Y., “Toward Unveiling Cosmic Reionization: The Ionizing Photon Production Efficiency (ξ_{ion}) of Low-mass H α Emitters at $z \sim 2.3$ ”, 2024, *ApJ* 968, 32
7. Chen, N., Motohara, K., Spitler, L., and Malkan, M. A., “Compact [O III] Emission-line Regions (“Green Seeds”) in H α Emitters at Cosmic Noon from JWST Observations”, 2025, *ApJ* 981, 96
8. Dainotti, M. G., De Simone, B., Mohideen Malik, R. F., Pasumarti, V., Levine, D., Saha, N., Gendre, B., Kido, D., Watson, A. M., Becerra, R. L., Belkin, S., Desai, S., Pedreira do E. S., A. C. C., Das, U., Li, L., Oates, S. R., Cenko, S. B., Pozanenko, A., Volnova, A., Hu, Y.-D., Castro-Tirado, A. J., Orange, N. B., Moriya, T. J., Fraija, N., Niino, Y., Rinaldi, E., Butler, N. R., González, J. d J. G., Kuttyrev, A. S., Lee, W. H., Prochaska, X., Ramirez-Ruiz, E., Richer, M., Siegel, M. H., Misra, K., Rossi, A., Lopresti, C., Quadri, U., Strabla, L., Ruocco, N., Leonini, S., Conti, M., Rosi, P., Ramirez, L. M. T., Zola, S., Jindal, I., Kumar, R., Chan, L., Fuentes, M., Lambiase, G., Kalinowski, K. K., and Jamal, W., “An optical gamma-ray burst catalogue with measured redshift - I. Data release of 535 gamma-ray bursts and colour evolution”, 2024, *MNRAS* 533, 4023

9. DES Collaboration, Abbott, T. M. C., Acevedo, M., Aguena, M., Alarcon, A., Allam, S., Alves, O., Amon, A., Andrade-Oliveira, F., Annis, J., Armstrong, P., Asorey, J., Avila, S., Bacon, D., Bassett, B. A., Bechtol, K., Bernardinelli, P. H., Bernstein, G. M., Bertin, E., Blazek, J., Bocquet, S., Brooks, D., Brout, D., Buckley-Geer, E., Burke, D. L., Camacho, H., Camilleri, R., Campos, A., Carnero Rosell, A., Carollo, D., Carr, A., Carretero, J., Castander, F. J., Cawthon, R., Chang, C., Chen, R., Choi, A., Conselice, C., Costanzi, M., da Costa, L. N., Croce, M., Davis, T. M., DePoy, D. L., Desai, S., Diehl, H. T., Dixon, M., Dodelson, S., Doel, P., Doux, C., Drlica-Wagner, A., Elvin-Poole, J., Everett, S., Ferrero, I., Ferté, A., Flaughner, B., Foley, R. J., Fosalba, P., Friedel, D., Frieman, J., Frohmaier, C., Galbany, L., García-Bellido, J., Gatti, M., Gaztanaga, E., Giannini, G., Glazebrook, K., Graur, O., Gruen, D., Gruendl, R. A., Gutierrez, G., Hartley, W. G., Herner, K., Hinton, S. R., Hollowood, D. L., Honscheid, K., Huterer, D., Jain, B., James, D. J., Jeffrey, N., Kasai, E., Kelsey, L., Kent, S., Kessler, R., Kim, A. G., Kirshner, R. P., Kovacs, E., Kuehn, K., Lahav, O., Lee, J., Lee, S., Lewis, G. F., Li, T. S., Lidman, C., Lin, H., Malik, U., Marshall, J. L., Martini, P., Mena-Fernández, J., Menanteau, F., Miquel, R., Mohr, J. J., Mould, J., Muir, J., Möller, A., Neilsen, E., Nichol, R. C., Nugent, P., Ogando, R. L. C., Palmese, A., Pan, Y.-C., Paterno, M., Percival, W. J., Pereira, M. E. S., Pieres, A., Malagón, A. A. P., Popovic, B., Porredon, A., Prat, J., Qu, H., Raveri, M., Rodríguez-Monroy, M., Romer, A. K., Roodman, A., Rose, B., Sako, M., Sanchez, E., Sanchez Cid, D., Schubnell, M., Scolnic, D., Sevilla-Noarbe, I., Shah, P., Smith, J. A., Smith, M., Soares-Santos, M., Suchyta, E., Sullivan, M., Suntzeff, N., Swanson, M. E. C., Sánchez, B. O., Tarle, G., Taylor, G., Thomas, D., To, C., Toy, M., Troxel, M. A., Tucker, B. E., Tucker, D. L., Uddin, S. A., Vincenzi, M., Walker, A. R., Weaverdyck, N., Wechsler, R. H., Weller, J., Wester, W., Wiseman, P., Yamamoto, M., Yuan, F., Zhang, B., and Zhang, Y., “The Dark Energy Survey: Cosmology Results with ~ 1500 New High-redshift Type Ia Supernovae Using the Full 5 yr Data Set”, 2024, *ApJL* 973, L14
10. Elgueta, S. S., Matsunaga, N., Jian, M., Taniguchi, D., Kobayashi, N., Fukue, K., Hamano, S., Sameshima, H., Kondo, S., Arai, A., Ikeda, Y., Kawakita, H., Otsubo, S., Yasui, C., and Tsujimoto, T., “Astrophysical calibration of the oscillator strengths of YJ-band absorption lines in classical Cepheids”, 2024, *MNRAS* 532, 3694
11. Fujimoto, S., Ouchi, M., Nakajima, K., Harikane, Y., Isobe, Y., Brammer, G., Oguri, M., Giménez-Arteaga, C., Heintz, K. E., Kokorev, V., Bauer, F. E., Ferrara, A., Kojima, T., Lagos, C. del P., Laura, S., Schaerer, D., Shimasaku, K., Hatsukade, B., Kohno, K., Sun, F., Valentino, F., Watson, D., Fudamoto, Y., Inoue, A. K., González-López, J., Koekemoer, A. M., Knudsen, K., Lee, M. M., Magdis, G. E., Richard, J., Strait, V. B., Sugahara, Y., Tamura, Y., Toft, S., Umehata, H., and Walth, G., “JWST and ALMA Multiple-line Study in and around a Galaxy at $z = 8.496$: Optical to Far-Infrared Line Ratios and the Onset of an Outflow Promoting Ionizing Photon Escape”, 2024, *ApJ* 964, 146
12. Fujimoto, S., Kohno, K., Ouchi, M., Oguri, M., Kokorev, V., Brammer, G., Sun, F., González-López, J., Bauer, F. E., Caminha, G. B., Hatsukade, B., Richard, J., Smail, I., Tsujita, A., Ueda, Y., Uematsu, R., Zitrin, A., Coe, D., Kneib, J.-P., Postman, M., Umetsu, K., Lagos, C. del P., Popping, G., Ao, Y., Bradley, L., Caputi, K., Dessauges-Zavadsky, M., Egami, E., Espada, D., Ivison, R. J., Jauzac, M., Knudsen, K. K., Koekemoer, A. M., Magdis, G. E., Mahler, G., Muñoz Arancibia, A. M., Rawle, T., Shimasaku, K., Toft, S., Umehata, H., Valentino, F., Wang, T., and Wang, W.-H., “ALMA Lensing Cluster Survey: Deep 1.2 mm Number Counts and Infrared Luminosity Functions at $z \simeq 1-8$ ”, 2024, *ApJS* 275, 36

13. Furtak, L. J., Zitrin, A., Richard, J., Eckert, D., Sayers, J., Ebeling, H., Fujimoto, S., Laporte, N., Lagattuta, D., Limousin, M., Mahler, G., Meena, A. K., Andrade-Santos, F., Frye, B. L., Jauzac, M., Koekemoer, A. M., Kohno, K., Espada, D., Lu, H., Massey, R., and Niemiec, A., “A complex node of the cosmic web associated with the massive galaxy cluster MACS J0600.1-2008”, 2024, MNRAS 533, 2242
14. Giménez-Arteaga, C., Fujimoto, S., Valentino, F., Brammer, G. B., Mason, C. A., Rizzo, F., Rusakov, V., Colina, L., Prieto-Lyon, G., Oesch, P. A., Espada, D., Heintz, K. E., Knudsen, K. K., Dessauges-Zavadsky, M., Laporte, N., Lee, M., Magdis, G. E., Ono, Y., Ao, Y., Ouchi, M., Kohno, K., and Koekemoer, A. M., “Outshining in the spatially resolved analysis of a strongly lensed galaxy at $z = 6.072$ with JWST NIRCам”, 2024, A&A 686, A63
15. Ginsburg, A., Bally, J., Barnes, A. T., Battersby, C., Budaiev, N., Butterfield, N. O., Caselli, P., Colzi, L., Dutkowska, K. M., García, P., Gramze, S., Henshaw, J. D., Hu, Y., Jeff, D., Jiménez-Serra, I., Kauffmann, J., Klessen, R. S., Levesque, E. M., Longmore, S. N., Lu, X., Mills, E. A. C., Morris, M. R., Nogueras-Lara, F., Oka, T., Pineda, J. E., Pillai, T. G. S., Rivilla, V. M., Sánchez-Monge, Á., Santa-Maria, M. G., Smith, H. A., Sofue, Y., Sormani, M. C., Tremblay, G. R., Vermariën, G., Vikhlinin, A., Viti, S., Walker, D., Wang, Q. D., Xu, F., and Zhang, Q., “A Broad Line-width, Compact, Millimeter-bright Molecular Emission Line Source near the Galactic Center”, 2024, ApJL 968, L11
16. Han, C., Bond, I. A., Udalski, A., Lee, C.-U., Gould, A., Albrow, M. D., Chung, S.-J., Hwang, K.-H., Jung, Y. K., Ryu, Y.-H., Shvartzvald, Y., Shin, I.-G., Yee, J. C., Yang, H., Zang, W., Cha, S.-M., Kim, D., Kim, D.-J., Kim, S.-L., Lee, D.-J., Lee, Y., Park, B.-G., Pogge, R. W., Abe, F., Bando, K., Barry, R., Bennett, D. P., Bhattacharya, A., Fujii, H., Fukui, A., Hamada, R., Hamada, S., Hamasaki, N., Hirao, Y., Silva, S. I., Itow, Y., Kirikawa, R., Koshimoto, N., Matsubara, Y., Miyazaki, S., Muraki, Y., Nagai, T., Nunota, K., Olmschenk, G., Ranc, C., Rattenbury, N. J., Satoh, Y., Sumi, T., Suzuki, D., Tomoyoshi, M., Tristram, P. J., Vandroou, A., Yama, H., Yamashita, K., Mróz, P., Szymański, M. K., Skowron, J., Poleski, R., Soszyński, I., Pietrukowicz, P., Kozłowski, S., Rybicki, K. A., Iwanek, P., Ulaczyk, K., Wrona, M., Gromadzki, M., and Mróz, M. J., “Microlensing brown-dwarf companions in binaries detected during the 2022 and 2023 seasons”, 2024, A&A 691, A237
17. Harada, N., Meier, D. S., Martín, S., Muller, S., Sakamoto, K., Saito, T., Gorski, M. D., Henkel, C., Tanaka, K., Mangum, J. G., Aalto, S., Aladro, R., Bouvier, M., Colzi, L., Emig, K. L., Herrero-Illana, R., Huang, K.-Y., Kohno, K., König, S., Nakanishi, K., Nishimura, Y., Takano, S., Rivilla, V. M., Viti, S., Watanabe, Y., van der Werf, P. P., and Yoshimura, Y., “The ALCHEMI Atlas: Principal Component Analysis Reveals Starburst Evolution in NGC 253”, 2024, ApJS 271, 38
18. Hirota, A., Koda, J., Egusa, F., Sawada, T., Sakamoto, K., Heyer, M., Lee, A. M., Maeda, F., Boissier, S., Calzetti, D., Elmegreen, B. G., Harada, N., Ho, L. C., Kobayashi, M. I. N., Kuno, N., Madore, B. F., Martín, S., Donovan Meyer, J., Muraoka, K., and Watanabe, Y., “Whole-disk Sampling of Molecular Clouds in M83”, 2024, ApJ 976, 198
19. Horinouchi, T., Kouyama, T., Imai, M., Murakami, S., Lee, Y. J., Yamazaki, A., Manabu, Y., Shigeto, W., Takeshi, I., Javier, P., and Takehiko, S., “Long-Term Variability of Mean Winds and Planetary-Scale Waves Around Venusian Cloud Top Observed With Akatsuki/UVI”, 2024, Journal of Geophysical Research: Planets 129, e2023JE008221

20. Horiuchi, T., Toba, Y., Misawa, T., Murata, K. L., Isogai, K., Yatsu, Y., Takahashi, I., Sasada, M., Niwano, M., Higuchi, N., Hayatsu, S., Seki, H., Oasa, Y., and Sato, R., “The possible long-term periodic variability of the extremely luminous quasar WISE J090924.01+000211.1”, 2025, PASJ 77, 193
21. Hu, Z., Zhu, W., Gould, A., Udalski, A., Sumi, T., Chen, P., Calchi Novati, S., Yee, J. C., Beichman, C. A., Bryden, G., Carey, S., Fausnaugh, M., Gaudi, B. S., Henderson, C. B., Shvartzvald, Y., Wibking, B., Mróz, P., Skowron, J., Poleski, R., Szymański, M. K., Soszyński, I., Pietrukowicz, P., Kozłowski, S., Ulaczyk, K., Rybicki, K. A., Iwanek, P., Wrona, M., Gromadzki, M., Abe, F., Barry, R., Bennett, D. P., Bhattacharya, A., Bond, I. A., Fujii, H., Fukui, A., Hamada, R., Hirao, Y., Silva, S. I., Itow, Y., Kirikawa, R., Koshimoto, N., Matsubara, Y., Miyazaki, S., Muraki, Y., Olmschenk, G., Ranc, C., Rattenbury, N. J., Satoh, Y., Suzuki, D., Tomoyoshi, M., Tristram, P. J., Vanderou, A., Yama, H., and Yamashita, K., “OGLE-2015-BLG-0845L: a low-mass M dwarf from the microlensing parallax and xallarap effects”, 2024, MNRAS 533, 1991
22. Imai, M., Takagi, M., Ando, H., and Sagawa, H., “A GCM study of synoptic-scale vortices in the lower cloud layer on Venus”, 2025, Icarus 433, 116523
23. Inoue, S., Chin, K. W., Uno, S., Kohno, K., Niwa, Y., Naganuma, T., Yamamura, R., Watanabe, K., Takekoshi, T., and Oshima, T., “A Design Method of an Ultra-Wideband and Easy-to-Array Magic-T: A 6-14 GHz Scaled Model for a mm/submm Camera”, 2024, JLTP.tmp
24. Izumi, N., Ressler, M. E., Lau, R. M., Koch, P. M., Saito, M., Kobayashi, N., and Yasui, C., “Overview Results of JWST Observations of Star-forming Clusters in the Extreme Outer Galaxy”, 2024, AJ 168, 68
25. Izumi, T., Matsuoka, Y., Onoue, M., Strauss, M. A., Umehata, H., Silverman, J. D., Nagao, T., Imanishi, M., Kohno, K., Toba, Y., Iwasawa, K., Nakanishi, K., Sawamura, M., Fujimoto, S., Kikuta, S., Kawaguchi, T., Aoki, K., and Goto, T., “Merging Gas-rich Galaxies That Harbor Low-luminosity Twin Quasars at $z = 6.05$: A Promising Progenitor of the Most Luminous Quasars”, 2024, ApJ 972, 116
26. Jolly, J.-B., Knudsen, K., Laporte, N., Guerrero, A., Fujimoto, S., Kohno, K., Kokorev, V., Lagos, C. del P., Schirmer, T.-A., Bauer, F., Dessauge-Zavadsky, M., Espada, D., Hatsukade, B., Koekemoer, A. M., Richard, J., Sun, F., and Wu, J. F., “ALMA Lensing Cluster Survey: Dust mass measurements as a function of redshift, stellar mass, and star formation rate from $z = 1$ to $z = 5$ ”, 2025, A&A 693, A190
27. Kanai, T., Oasa, Y., Takahashi, H., Hashimoto, O., and Taguchi, H., “Installation of Multi-wavelength Simultaneous High throughput Imager and polarimeter (MuSaSHI) for Multi-color Imaging Observations on the Gunma Astronomical Observatory 150cm Telescope”, 2024, StGal 7, 3
28. Katayama, R., Kaneda, H., Kokusho, T., Morihana, K., Oyabu, S., Suzuki, T., Tsuchikawa, T., and Yamagishi, M., “An infrared and far-UV study of jet-induced star formation in the halo of Centaurus A”, 2025, A&A 693, A25
29. Katoh, H., Yasui, C., Ikeda, Y., Kobayashi, N., Matsunaga, N., Kondo, S., Sameshima, H., Hamano, S., Mizumoto, M., Kawakita, H., Fukue, K., Osubo, S., and Takenaka, K., “[N I] 10400/10410 Å Lines as Possible Disk Wind Tracers in a Young Intermediate-mass Star”, 2024, ApJ 965, 70

30. Kawata, D., Kawahara, H., Gouda, N., Secrest, N. J., Kano, R., Kataza, H., Isobe, N., Ohsawa, R., Usui, F., Yamada, Y., Graham, A. W., Pettitt, A. R., Asada, H., Baba, J., Bekki, K., Dorland, B. N., Fujii, M., Fukui, A., Hattori, K., Hirano, T., Kamizuka, T., Kashima, S., Kawanaka, N., Kawashima, Y., Klioner, S. A., Kodama, T., Koshimoto, N., Kotani, T., Kuzuhara, M., Levine, S. E., Majewski, S. R., Masuda, K., Matsunaga, N., Miyakawa, K., Miyoshi, M., Morihana, K., Nishi, R., Notsu, Y., Omiya, M., Sanders, J., Tanikawa, A., Tsujimoto, M., Yano, T., Aizawa, M., Arimatsu, K., Biermann, M., Boehm, C., Chiba, M., Debattista, V. P., Gerhard, O., Hirabayashi, M., Hobbs, D., Ikenoue, B., Izumiura, H., Jordi, C., Kohara, N., Löffler, W., Luri, X., Mase, I., Miglio, A., Mitsuda, K., Newswander, T., Nishiyama, S., Obuchi, Y., Ootsubo, T., Ouchi, M., Ozaki, M., Perryman, M., Prusti, T., Ramos, P., Read, J. I., Rich, R. M., Schönrich, R., Shikauchi, M., Shimizu, R., Suematsu, Y., Tada, S., Takahashi, A., Tatekawa, T., Tatsumi, D., Tsujimoto, T., Tsuzuki, T., Urakawa, S., Uraguchi, F., Utsunomiya, S., Van Eylen, V., van Leeuwen, F., Wada, T., and Walton, N. A., “JASMINE: Near-infrared astrometry and time-series photometry science”, 2024, PASJ 76, 386
31. Kimura, M., Negoro, H., Yamada, S., Iwakiri, W., Sako, S., and Ohsawa, R., “Evolution of X-ray and optical rapid variability during the low/hard state in the 2018 outburst of MAXI J1820+070 = ASASSN-18ey”, 2025, PASJ 77, 61
32. Kirikawa, R., Sumi, T., Bennett, D. P., Suzuki, D., Koshimoto, N., Miyazaki, S., Bond, I. A., Udalski, A., Rattenbury, N. J., Abe, F., Barry, R., Bhattacharya, A., Fujii, H., Fukui, A., Hamada, R., Hirao, Y., Ishitani Silva, S., Itow, Y., Matsubara, Y., Muraki, Y., Olmschenk, G., Ranc, C., Satoh, Y. K., Tomoyoshi, M., Tristram, P. J., Vanderou, A., Yama, H., Yamashita, K., MOA Collaboration, Mróz, P., Poleski, R., Skowron, J., Szymański, M. K., Soszyński, I., Pietrukowicz, P., Kozłowski, S., Ulaczyk, K., Mróz, M. J., and OGLE Collaboration, “OGLE-2014-BLG-0221Lb: A Jupiter Mass Ratio Companion Orbiting Either a Late-type Star or a Stellar Remnant”, 2024, AJ 167, 154
33. Kishikawa, R., Harada, N., Saito, T., Aalto, S., Colzi, L., Gorski, M., Henkel, C., Mangum, J. G., Martín, S., Muller, S., Nishimura, Y., Rivilla, V. M., Sakamoto, K., van der Werf, P., and Viti, S., “Components of star formation in NGC 253: Non-negative matrix factorization analysis with the ALCHEMI integrated intensity images”, 2025, PASJ 77, 1
34. Ko, T., Tsuna, D., Hatsukade, B., and Shigeyama, T., “Radio emission from SN 1181 hosting a white dwarf merger product”, 2024, PASJ 76, 475
35. Koda, J., Combes, F., Rubio, M., Andersen, M., Bigiel, F., Gil de Paz, A., Junais, Lee, A. M., Meyer, J. D., Morokuma-Matsui, K., Yagi, M., and Zavagno, A., “Compact and high excitation molecular clumps in the extended ultraviolet disk of M83”, 2024, A&A 691, A197
36. Koda, J., Watson, L., Combes, F., Rubio, M., Boissier, S., Yagi, M., Thilker, D., Lee, A. M., Komiyama, Y., Morokuma-Matsui, K., and Verdugo, C., “Erratum: “First Detection of the Molecular Cloud Population in the Extended Ultraviolet Disk of M83” (2022, ApJ, 941, 3)”, 2024, ApJ 969, 72
37. Kohno, M. and Sofue, Y., “The CO-to-H₂ conversion factor in the Central Molecular Zone of the Milky Way using CO isotopologues”, 2024, PASJ 76, 579
38. Komugi, S., Sawada, T., Koda, J., Egusa, F., Maeda, F., Hirota, A., and Lee, A. M., “ALMA FACTS. II. Large Scale Variations in the ¹²CO(J = 2 – 1) to ¹²CO(J = 1 – 0) Line Ratio in Nearby Galaxies”, 2025, ApJ 980, 126

39. Kruszyńska, K., Wyrzykowski, L., Rybicki, K. A., Howil, K., Jabłońska, M., Kaczmarek, Z., Ihanec, N., Maskoliūnas, M., Bronikowski, M., Pylypenko, U., Udalski, A., Mróz, P., Poleski, R., Skowron, J., Szymański, M. K., Soszyński, I., Pietrukowicz, P., Kozłowski, S., Ulaczyk, K., Iwanek, P., Wrona, M., Gromadzki, M., Mróz, M. J., Abe, F., Bando, K., Barry, R., Bennett, D. P., Bhattacharya, A., Bond, I. A., Fukui, A., Hamada, R., Hamada, S., Hamasaki, N., Hirao, Y., Ishitani Silva, S., Itow, Y., Koshimoto, N., Matsubara, Y., Miyazaki, S., Muraki, Y., Nagai, T., Nunota, K., Olmschenk, G., Ranc, C., Rattenbury, N. J., Satoh, Y., Sumi, T., Suzuki, D., Tristram, P. J., Vanderou, A., and Yama, H., “Dark lens candidates from Gaia Data Release 3”, 2024, *A&A* 692, A28
40. Lee, A. M., Koda, J., Hirota, A., Egusa, F., and Heyer, M., “The CO-to-H₂ Conversion Factor in the Barred Spiral Galaxy M83”, 2024, *ApJ* 968, 97
41. Lee, K., Akiyama, M., Kohno, K., Iono, D., Imanishi, M., Hatsukade, B., Umehata, H., Nagao, T., Toba, Y., Chen, X., Egusa, F., Ichikawa, K., Izumi, T., Matsumoto, N., Schramm, M., and Matsuoka, K., “Ongoing and Fossil Large-scale Outflows Detected in a High-redshift Radio Galaxy: [C II] Observations of TN J0924-2201 at $z = 5.174$ ”, 2024, *ApJ* 972, 111
42. Liang, Z., Suzuki, N., Doi, M., Tanaka, M., and Yasuda, N., “Luminosity Functions of the Host Galaxies of Supernova”, 2024, *ApJ* 970, 52
43. Maeda, F., Ohta, K., Egusa, F., Fujimoto, Y., Kobayashi, M. I. N., Inoue, S., and Habe, A., “Galactic Structure Dependence of Cloud–Cloud-collision-driven Star Formation in the Barred Galaxy NGC 3627”, 2025, *ApJ* 981, 156
44. Matsuoka, Y., Izumi, T., Onoue, M., Strauss, M. A., Iwasawa, K., Kashikawa, N., Akiyama, M., Aoki, K., Arita, J., Imanishi, M., Ishimoto, R., Kawaguchi, T., Kohno, K., Lee, C.-H., Nagao, T., Silverman, J. D., and Toba, Y., “Discovery of Merging Twin Quasars at $z = 6.05$ ”, 2024, *ApJL* 965, L4
45. Mishra, S., Vats, A., Srivastav, S., Pathak, A., Sarre, P. J., Onaka, T., and Sakon, I., “Theoretical Rotational and Vibrational Investigation of Oxygen-Functionalized Interstellar PAHs”, 2025, *MNRAS* 536, 3357
46. Mizukoshi, S., Minezaki, T., Sameshima, H., Kokubo, M., Noda, H., Kawamuro, T., Yamada, S., and Horiuchi, T., “Updated picture of the active galactic nuclei with dusty/dust-free gas structures and effects of the radiation pressure”, 2024, *MNRAS* 532, 666
47. Narita, K., Sakamoto, S., Koda, J., Yoshimura, Y., and Kohno, K., “Physical and Chemical Properties of Galactic Molecular Gas toward QSO J1851+0035”, 2024, *ApJ* 969, 102
48. Nishimura, Y., Aalto, S., Gorski, M. D., König, S., Onishi, K., Wethers, C., Yang, C., Barcos-Muñoz, L., Combes, F., Díaz-Santos, T., Gallagher, J. S., García-Burillo, S., González-Alfonso, E., Greve, T. R., Harada, N., Henkel, C., Imanishi, M., Kohno, K., Linden, S. T., Mangum, J. G., Martín, S., Muller, S., Privon, G. C., Ricci, C., Stanley, F., van der Werf, P. P., and Viti, S., “CON-quest. II. Spatially and spectrally resolved HCN/HCO⁺ line ratios in local luminous and ultraluminous infrared galaxies”, 2024, *A&A* 686, A48
49. Nonhebel, M., Barnes, A. T., Immer, K., Armijos-Abendaño, J., Bally, J., Battersby, C., Burton, M. G., Butterfield, N., Colzi, L., García, P., Ginsburg, A., Henshaw, J. D., Hu, Y., Jiménez-Serra, I., Klessen, R. S., Kruijssen, J. M. D., Liang, F.-H., Longmore, S. N., Lu, X., Martín, S., Mills, E. A. C.,

- Nogueras-Lara, F., Petkova, M. A., Pineda, J. E., Rivilla, V. M., Sánchez-Monge, Á., Santa-Maria, M. G., Smith, H. A., Sofue, Y., Sormani, M. C., Tolls, V., Walker, D. L., Wallace, J., Wang, Q. D., Williams, G. M., and Xu, F.-W., “Disruption of a massive molecular cloud by a supernova in the Galactic Centre: Initial results from the ACES project”, 2024, *A&A* 691, A70
50. Nunota, K., Koshimoto, N., Suzuki, D., Sumi, T., Bennett, D. P., Bhattacharya, A., Hirao, Y., Terry, S. K., and Vanderou, A., “Measurement of Dependence of Microlensing Planet Frequency on the Host Star Mass and Galactocentric Distance by Using a Galactic Model”, 2024, *ApJ* 967, 77
 51. Nunota, K., Sumi, T., Koshimoto, N., Rattenbury, N. J., Abe, F., Barry, R., Bennett, D. P., Bhattacharya, A., Fukui, A., Hamada, R., Hamada, S., Hamasaki, N., Hirao, Y., Ishitani Silva, S., Itow, Y., Matsubara, Y., Miyazaki, S., Muraki, Y., Nagai, T., Olmschenk, G., Ranc, C., Satoh, Y. K., Suzuki, D., Tristram, P. J., Vanderou, A., Yama, H., and MOA Collaboration, “The Microlensing Event Rate and Optical Depth from MOA-II 9 Yr Survey Toward the Galactic Bulge”, 2025, *ApJ* 979, 123
 52. Ohsawa, R., Kawata, D., Kamizuka, T., Yamada, Y., Löffler, W., and Biermann, M., “Demonstration of Plate Analysis, an algorithm for precise relative astrometry”, 2025, *JATIS* 11, 2, id. 28001
 53. Peterson, E. R., Carreres, B., Carr, A., Scolnic, D., Bailey, A., Davis, T. M., Brout, D., Howlett, C., Jones, D. O., Riess, A. G., Said, K., and Taylor, G., “Improving the Determination of Supernova Cosmological Redshifts by Using Galaxy Groups”, 2025, *ApJ* 980, 21
 54. Rybicki, K. A., Shvartzvald, Y., Yee, J. C., Calchi Novati, S., Ofek, E. O., Bond, I. A., Beichman, C., Bryden, G., Carey, S., Henderson, C., Zhu, W., Fausnaugh, M. M., Wibking, B., Udalski, A., Poleski, R., Mróz, P., Szymański, M. K., Soszyński, I., Pietrukowicz, P., Kozłowski, S., Skowron, J., Ulaczyk, K., Iwanek, P., Wrona, M., Ryu, Y.-H., Albrow, M. D., Chung, S.-J., Gould, A., Han, C., Hwang, K.-H., Jung, Y. K., Shin, I.-G., Yang, H., Zang, W., Cha, S.-M., Kim, D.-J., Kim, H.-W., Kim, S.-L., Lee, C.-U., Lee, D.-J., Lee, Y., Park, B.-G., Pogge, R. W., Abe, F., Barry, R., Bennett, D. P., Bhattacharya, A., Fukui, A., Hamada, R., Hamada, S., Hamasaki, N., Hirao, Y., Ishitani Silva, S., Itow, Y., Kirikawa, R., Koshimoto, N., Matsubara, Y., Miyazaki, S., Muraki, Y., Nagai, T., Nunota, K., Olmschenk, G., Ranc, C., Rattenbury, N. J., Satoh, Y. K., Sumi, T., Suzuki, D., Tristram, P. J., Vanderou, A., Yama, H., Wyrzykowski, L., Howil, K., and Kruszyńska, K., “Analysis of the Full Spitzer Microlensing Sample. I. Dark Remnant Candidates and Gaia Predictions”, 2024, *ApJ* 975, 216
 55. Sawamura, M., Izumi, T., Nakanishi, K., Okuda, T., Strauss, M. A., Imanishi, M., Matsuoka, Y., Toba, Y., Umehata, H., Hashimoto, T., Baba, S., Goto, T., Kawaguchi, T., Kohno, K., Salak, D., Kawamuro, T., Iwasawa, K., Onoue, M., Lee, C.-H., and Lee, K., “No Galaxy-scale [C II] Fast Outflow in the $z = 6.72$ Red Quasar HSC J1205–0000”, 2025, *ApJ* 980, 121
 56. Scolnic, D., Riess, A. G., Murakami, Y. S., Peterson, E. R., Brout, D., Acevedo, M., Carreres, B., Jones, D. O., Said, K., Howlett, C., and Anand, G. S., “The Hubble Tension in Our Own Backyard: DESI and the Nearness of the Coma Cluster”, 2025, *ApJL* 979, L9
 57. Shimonishi, T., Onaka, T., and Sakon, I., “ALMA Observations of Peculiar Embedded Icy Objects”, 2025, *ApJ* 981, 49
 58. Shin, I.-G., Yee, J. C., Zang, W., Han, C., Yang, H., Gould, A., Lee, C.-U., Udalski, A., Sumi, T., Albrow, M. D., Chung, S.-J., Hwang, K.-H., Jung, Y. K., Ryu, Y.-H., Shvartzvald, Y., Cha, S.-M., Kim,

- D.-J., Kim, H.-W., Kim, S.-L., Lee, D.-J., Lee, Y., Park, B.-G., Pogge, R. W., KMTNet Collaboration, Mróz, P., Szymański, M. K., Skowron, J., Poleski, R., Soszyński, I., Pietrukowicz, P., Kozłowski, S., Rybicki, K. A., Iwanek, P., Ulaczyk, K., Wrona, M., Gromadzki, M., OGLE Collaboration, Abe, F., Bando, K., Barry, R., Bennett, D. P., Bhattacharya, A., Bond, I. A., Fujii, H., Fukui, A., Hamada, R., Hamada, S., Hamasaki, N., Hirao, Y., Ishitani Silva, S., Itow, Y., Kirikawa, R., Koshimoto, N., Matsubara, Y., Miyazaki, S., Muraki, Y., Nagai, T., Nunota, K., Olmschenk, G., Ranc, C., Rattenbury, N. J., Satoh, Y., Suzuki, D., Tomoyoshi, M., Tristram, P. J., Vanderou, A., Yama, H., Yamashita, K., and MOA Collaboration, “Systematic KMTNet Planetary Anomaly Search. XI. Complete Sample of 2016 Subprime Field Planets”, 2024, AJ 167, 269
59. Sofue, Y., “MHD lensing in inhomogeneous ISM for qualitative understanding of the morphology of supernova remnants”, 2024, Ap&SS 369, 83
60. Sofue, Y., “Bow-shock structure of Sgr-B molecular-cloud complex in the Galactic Centre inferred from 3D CO-line kinematics”, 2024, MNRAS 532, 4187
61. Sofue, Y., “Dark supernova remnant buried in the Galactic Center “Brick” G0.253+0.016 revealed by an expanding CO-line bubble”, 2024, PASJ 76, 773
62. Sofue, Y., “Stochastic star formation in the Milky Way inferred from the unity index of the Kennicutt-Schmidt law”, 2024, PASJ 76, L15
63. Sánchez, B. O., Brout, D., Vincenzi, M., Sako, M., Herner, K., Kessler, R., Davis, T. M., Scolnic, D., Acevedo, M., Lee, J., Möller, A., Qu, H., Kelsey, L., Wiseman, P., Armstrong, P., Rose, B., Camilleri, R., Chen, R., Galbany, L., Kovacs, E., Lidman, C., Popovic, B., Smith, M., Shah, P., Sullivan, M., Toy, M., Abbott, T. M. C., Agüena, M., Allam, S., Alves, O., Annis, J., Asorey, J., Avila, S., Bacon, D., Brooks, D., Burke, D. L., Carnero Rosell, A., Carollo, D., Carretero, J., da Costa, L. N., Castander, F. J., Desai, S., Diehl, H. T., Duarte, J., Everett, S., Ferrero, I., Flaugher, B., Frieman, J., García-Bellido, J., Gatti, M., Gaztanaga, E., Giannini, G., Glazebrook, K., González-Gaitán, S., Gruendl, R. A., Gutierrez, G., Hinton, S. R., Hollowood, D. L., Honscheid, K., James, D. J., Kuehn, K., Lahav, O., Lee, S., Lewis, G. F., Lin, H., Marshall, J. L., Mena-Fernández, J., Miquel, R., Myles, J., Nichol, R. C., Ogando, R. L. C., Palmese, A., Pereira, M. E. S., Pieres, A., Plazas Malagón, A. A., Porredon, A., Romer, A. K., Sanchez, E., Sanchez Cid, D., Sevilla-Noarbe, I., Suchyta, E., Swanson, M. E. C., Tarle, G., Tucker, B. E., Tucker, D. L., Vikram, V., Walker, A. R., and Weaverdyck, N., “The Dark Energy Survey Supernova Program: Light Curves and 5 Yr Data Release”, 2024, ApJ 975, 5
64. Takeuchi, T. T., Yata, K., Egashira, K., Aoshima, M., Ishii, A., Cooray, S., Nakanishi, K., Kohno, K., and Kono, K. T., “High-dimensional Statistical Analysis and Its Application to an ALMA Map of NGC 253”, 2024, ApJS 271, 44
65. Tampo, Y., Kato, T., Isogai, K., Kimura, M., Kojiguchi, N., Nogami, D., Ito, J., Shibata, M., Yamanaka, M., Taguchi, K., Maehara, H., Itoh, H., Matsumoto, K., Nakagawa, M., Nishida, Y., Dvorak, S., Murata, K. L., Hosokawa, R., Imai, Y., Ito, N., Niwano, M., Sato, S., Noto, R., Yamaguchi, R., Schramm, M., Oasa, Y., Kanai, T., Sasaki, Y., Tordai, T., Vanmunster, T., Kiyota, S., Katysheva, N., Shugarov, S. Y., Zubareva, A. M., Antipin, S., Ikonnikova, N., Belinski, A., Dubovsky, P. A., Medulka, T., Takahashi, J., Takayama, M., Ohshima, T., Saito, T., Tozuka, M., Sako, S., Tanaka, M., Tominaga, N., Horiuchi, T., Hanayama, H., Reichart, D. E., Kouprianov, V. V., Davidson, J. W., Caton, D. B.,

- Romanov, F. D., Lane, D. J., Hambsch, F.-J., Narita, N., Fukui, A., Ikoma, M., Tamura, M., Kawabata, K. S., Nakaoka, T., and Imazawa, R., “MASTER OT J030227.28+191754.5: An unprecedentedly energetic dwarf nova outburst”, 2024, PASJ 76, 1228
66. Tamura, Y., Taniguchi, A., Bakx, T. J. L. C., De Gregorio-Monsalvo, I., Hagimoto, M., Ikarashi, S., Kawabe, R., Kohno, K., Nakanishi, K., Takekoshi, T., Shimajiri, Y., Tsukagoshi, T., Hatsukade, B., Iono, D., Matsuhara, H., Saigo, K., and Saito, M., “Large Molecular and Dust Reservoir of a Gravitationally Lensed Submillimeter Galaxy behind the Lupus I Molecular Cloud”, 2025, ApJ 981, 51
67. Taniguchi, D., Matsunaga, N., Kobayashi, N., Jian, M., Thorsbro, B., Fukue, K., Hamano, S., Ikeda, Y., Kawakita, H., Kondo, S., Otsubo, S., Sameshima, H., Tsujimoto, T., and Yasui, C., “MAGIS (Measuring Abundances of red super Giants with Infrared Spectroscopy) project: I. Establishment of an abundance analysis procedure for red supergiants and its evaluation with nearby stars”, 2025, A&A 693, A163
68. Toba, Y., Hashiguchi, A., Ota, N., Oguri, M., Okabe, N., Ueda, Y., Imanishi, M., Nishizawa, A. J., Goto, T., Hsieh, B.-C., Kondo, M., Koyama, S., Lee, K., Mitsuishi, I., Nagao, T., Oogi, T., Sakuta, K., Schramm, M., Yanagawa, A., and Yoshimoto, A., “Active Galactic Nucleus Properties of ~ 1 Million Member Galaxies of Galaxy Groups and Clusters at $z < 1.4$ Based on the Subaru Hyper Suprime-Cam Survey”, 2024, ApJ 967, 65
69. Uematsu, R., Ueda, Y., Kohno, K., Toba, Y., Yamada, S., Smail, I., Umehata, H., Fujimoto, S., Hatsukade, B., Ao, Y., Bauer, F. E., Brammer, G., Dessauges-Zavadsky, M., Espada, D., Jolly, J.-B., Koekemoer, A. M., Kokorev, V., Magdis, G. E., Oguri, M., and Sun, F., “ALMA Lensing Cluster Survey: Full Spectral Energy Distribution Analysis of $z \sim 0.5$ –6 Lensed Galaxies Detected with millimeter Observations”, 2024, ApJ 965, 108
70. Uematsu, R., Ueda, Y., Alexander, D. M., Swinbank, A. M., Smail, I., Andonie, C., Chen, C.-C., Dudzevičiūtė, U., Ikarashi, S., Kohno, K., Matsuda, Y., Puglisi, A., Umehata, H., and Wang, W.-H., “ALMA/SCUBA-2 COSMOS Survey: Properties of X-Ray- and SED-selected Active Galactic Nuclei in Bright Submillimeter Galaxies”, 2025, ApJ 979, 168
71. Valentino, F., Fujimoto, S., Giménez-Arteaga, C., Brammer, G., Kohno, K., Sun, F., Kokorev, V., Bauer, F. E., Di Cesare, C., Espada, D., Lee, M., Dessauges-Zavadsky, M., Ao, Y., Koekemoer, A. M., Ouchi, M., Wu, J. F., Egami, E., Jolly, J.-B., Lagos, C. del P., Magdis, G. E., Schaerer, D., Shimasaku, K., Umehata, H., and Wang, W.-H., “The cold interstellar medium of a normal sub- L^* galaxy at the end of reionization”, 2024, A&A 685, A138
72. Wang, Y., Wang, T., Liu, D., Sargent, M. T., Gao, F., Alexander, D. M., Rujopakarn, W., Zhou, L., Daddi, E., Xu, K., Kohno, K., and Jin, S., “Cosmic evolution of radio-excess active galactic nuclei in quiescent and star-forming galaxies across $0 < z < 4$ ”, 2024, A&A 685, A79
73. Xrism Collaboration, Audard, M., Awaki, H., Ballhausen, R., Bamba, A., Behar, E., Boissay-Malaquin, R., Brenneman, L., Brown, G. V., Corrales, L., Costantini, E., Cumbee, R., Diaz Trigo, M., Done, C., Dotani, T., Ebisawa, K., Eckart, M. E., Eckert, D., Enoto, T., Eguchi, S., Ezoe, Y., Foster, A., Fujimoto, R., Fujita, Y., Fukazawa, Y., Fukushima, K., Furuzawa, A., Gallo, L., García, J. A., Gu, L., Guainazzi, M., Hagino, K., Hamaguchi, K., Hatsukade, I., Hayashi, K., Hayashi, T., Hell, N.,

- Hodges-Kluck, E., Hornschemeier, A., Ichinohe, Y., Ishida, M., Ishikawa, K., Ishisaki, Y., Kaastra, J., Kallman, T., Kara, E., Katsuda, S., Kanemaru, Y., Kelley, R., Kilbourne, C., Kitamoto, S., Kobayashi, S., Kohmura, T., Kubota, A., Leutenegger, M., Loewenstein, M., Maeda, Y., Markevitch, M., Matsumoto, H., Matsushita, K., McCammon, D., McNamara, B., Mernier, F., Miller, E. D., Miller, J. M., Mitsuishi, I., Mizumoto, M., Mizuno, T., Mori, K., Mukai, K., Murakami, H., Mushotzky, R., Nakajima, H., Nakazawa, K., Ness, J.-U., Nobukawa, K., Nobukawa, M., Noda, H., Odaka, H., Ogawa, S., Ogorzalek, A., Okajima, T., Ota, N., Paltani, S., Petre, R., Plucinsky, P., Porter, F. S., Pottschmidt, K., Sato, K., Sato, T., Sawada, M., Seta, H., Shidatsu, M., Simionescu, A., Smith, R., Suzuki, H., Szymkowiak, A., Takahashi, H., Takeo, M., Tamagawa, T., Tamura, K., Tanaka, T., Tanimoto, A., Tashiro, M., Terada, Y., Terashima, Y., Tsuboi, Y., Tsujimoto, M., Tsunemi, H., Tsuru, T., Uchida, H., Uchida, N., Uchida, Y., Uchiyama, H., Ueda, Y., Uno, S., Vink, J., Watanabe, S., Williams, B. J., Yamada, S., Yamada, S., Yamaguchi, H., Yamaoka, K., Yamasaki, N., Yamauchi, M., Yamauchi, S., Yaqoob, T., Yoneyama, T., Yoshida, T., Yukita, M., Zhuravleva, I., Xiang, X., Minezaki, T., Buhariwalla, M., Gerolymatou, D., and Hagen, S., “XRISM Spectroscopy of the Fe K α Emission Line in the Seyfert Active Galactic Nucleus NGC 4151 Reveals the Disk, Broad-line Region, and Torus”, 2024, *ApJL* 973, L25
74. Yamada, S., Kawamuro, T., Mizumoto, M., Ricci, C., Ogawa, S., Noda, H., Ueda, Y., Enoto, T., Kokubo, M., Minezaki, T., Sameshima, H., Horiuchi, T., and Mizukoshi, S., “X-Ray Winds in Nearby-to-distant Galaxies (X-WING). I. Legacy Surveys of Galaxies with Ultrafast Outflows and Warm Absorbers in $z \sim 0-4$ ”, 2024, *ApJS* 274, 8
75. Yamanaka, I., Hatsukade, B., Egusa, F., Hashimoto, T., Niino, Y., Hsu, T.-Y., Kaneko, H., and Kohno, K., “ALMA Reveals Spatially Resolved Properties of Molecular Gas in the Host Galaxy of FRB 20191001A at $z = 0.2340$ ”, 2024, *ApJ* 969, 122
76. Yasui, C., Izumi, N., Saito, M., Lau, R. M., Kobayashi, N., and Ressler, M. E., “Revealing Potential Initial Mass Function Variations with Metallicity: JWST Observations of Young Open Clusters in a Low-metallicity Environment”, 2024, *ApJ* 975, 152
77. Yin, W., Bessho, T., Ikeda, Y., Kobayashi, H., Taniguchi, D., Sameshima, H., Matsunaga, N., Otsubo, S., Sarugaku, Y., Takeuchi, T., Kato, H., Hamano, S., and Kawakita, H., “First Result for Dark Matter Search by WINERED”, 2025, *PhRvL* 134, 051004
78. Yoshioka, T., Kashikawa, N., Takeda, Y., Ito, K., Liang, Y., Ishimoto, R., Arita, J., Nishimura, Y., Hoshi, H., and Shimizu, S., “Predicting Ly α emission from distant galaxies with neural network architecture”, 2025, *MNRAS* 536, 3386
79. Zavala, J. A., Bakx, T., Mitsuhashi, I., Castellano, M., Calabro, A., Akins, H., Buat, V., Casey, C. M., Fernandez-Arenas, D., Franco, M., Fontana, A., Hatsukade, B., Ho, L. C., Ikeda, R., Kartaltepe, J., Koekemoer, A. M., McKinney, J., Napolitano, L., Pérez-González, P. G., Santini, P., Serjeant, S., Terlevich, E., Terlevich, R., and Yung, L. Y. A., “ALMA Detection of [O III] 88 μ m at $z = 12.33$: Exploring the Nature and Evolution of GHZ2 as a Massive Compact Stellar System”, 2024, *ApJL* 977, L9
80. Zhang, T., Doi, M., Kokubo, M., Sako, S., Ohsawa, R., Tominaga, N., Tanaka, M., Fukazawa, Y., Takahashi, H., Arima, N., Kobayashi, N., Arimatsu, K., Okumura, S., ichiro ., Kondo, S., Kasuga, T.,

Mori, Y., and Niino, Y., “Optical Variability of Blazars in the Tomo-e Gozen Northern Sky Transient Survey”, 2024, *ApJ* 968, 71

81. Zhou, D., Greve, T. R., Gullberg, B., Lee, M. M., Di Mascolo, L., Dicker, S. R., Romero, C. E., Chapman, S. C., Chen, C.-C., Cornish, T., Devlin, M. J., Ho, L. C., Kohno, K., Lagos, C. D. P., Mason, B. S., Mroczkowski, T., Wagg, J. F. W., Wang, Q. D., Wang, R., Brinch, M., Dannerbauer, H., Jiang, X.-J., Lauritsen, L. R. B., Vijayan, A. P., Vizgan, D., Wardlow, J. L., Sarazin, C. L., Sarmiento, K. P., Serjeant, S., Bhandarkar, T. A., Haridas, S. K., Moravec, E., Orlowski-Scherer, J., Sievers, J. L. R., Tanaka, I., Wang, Y.-J., Zeballos, M., Laza-Ramos, A., Liu, Y., Hassan, M. S. R., Jwel, A. K. M., Nazri, A. A., Lim, M. K., and Ibrahim, U. F. S. U., “The RAdio Galaxy Environment Reference Survey (RAGERS): Evidence of an anisotropic distribution of submillimeter galaxies in the 4C 23.56 protocluster at $z = 2.48$ ”, 2024, *A&A* 690, A196
82. Zhu, C., Harikane, Y., Ouchi, M., Ono, Y., Onodera, M., Tang, S., Isobe, Y., Matsuoka, Y., Kawaguchi, T., Umeda, H., Nakajima, K., Liang, Y., Xu, Y., Zhang, Y., Sun, D., Shimasaku, K., Greene, J., Iwasawa, K., Kohno, K., Nagao, T., Schulze, A., Shibuya, T., Hilmi, M., and Schramm, M., “The Physical Origin of Extreme Emission Line Galaxies at High Redshifts: Strong [O III] Emission Lines Produced by Obscured Active Galactic Nuclei”, 2025, *ApJ* 982, 27

●Proceedings

1. Ebizuka, N., Hosobata, T., Takeda, M., Yamagata, Y., Okamoto, T., Konishi, M., Matsubayashi, K., Kushibiki, K., Ozaki, S., and Motohara, K., “Novel echelle grating: reflector facet transmission grating and prism array for grism”, 2024, *Proceedings of the SPIE*, Volume 13100, id. 131005N 6 pp.
2. Hort, J., Jikuya, I., Kamizuka, T., Lauer, A., Sawodny, O., Kinoshita, R., Kondo, T., Yamada, K., Miyata, T., Honda, M., Sako, S., Hirao, Y., Tachibana, K., Naruse, A., Sakon, I., Senoo, R., Sakanoi, T., and Kagitani, M., “Development of a cold chopper for TAO/MIMIZUKU: repetitive control”, 2024, *Proceedings of the SPIE*, Volume 13100, id. 131001H 22 pp.
3. Iwashita, R., Kataoka, J., and Sofue, Y., “Probing the Origin of the NPS with Broadband Radio Observations: New Insights into Future X-ray and Gamma-ray Observations”, 2024, 7th Heidelberg International Symposium on High-Energy Gamma-Ray Astronomy, held 4-8 July 2022 in Barcelona, Spain. Published December 05, 2024. Online at <https://pos.sissa.it/cgi-bin/reader/conf.cgi?confid=417>, p.145
4. Kamizuka, T., Kawahara, H., Ohsawa, R., Kataza, H., Kawata, D., Yamada, Y., Hirano, T., Miyakawa, K., Aizawa, M., Omiya, M., Yano, T., Kano, R., Wada, T., Löffler, W., Biermann, M., Ramos, P., Isobe, N., Usui, F., Hattori, K., Yoshioka, S., Tatekawa, T., Izumiura, H., Fukui, A., Miyoshi, M., Tatsumi, D., and Gouda, N., “JASMINE image simulator for high-precision astrometry and photometry”, 2024, *Proceedings of the SPIE*, Volume 13099, id. 130992D 13 pp.
5. Kataza, H., Kano, R., Gouda, N., Hirabayashi, M., Isobe, N., Kamizuka, T., Kashima, S., Kawahara, H., Kawata, D., Kohara, N., Kondo, I., Mase, I., Miyakawa, K., Ohsawa, R., Ozaki, M., Shimizu, R., Suematsu, Y., Tada, S., Tsuzuki, T., Uruguchi, F., Usui, F., Utsunomiya, S., Wada, T., Yamada, Y., and Yano, T., “Conceptual design of the satellite payload for the JASMINE mission”, 2024, *Proceedings of the SPIE*, Volume 13092, id. 130920A 9 pp.
6. Kinoshita, R., Kamizuka, T., Miyata, T., Jikuya, I., Kondo, T., Yamada, K., Honda, M., Sakanoi, T., Kagitani, M., Sako, S., Hirao, Y., Tachibana, K., Naruse, A. C., Sakon, I., and Senoo, R., “Development

- of a cold chopper for TAO/MIMIZUKU: onboard test on MIMIZUKU”, 2024, Proceedings of the SPIE, Volume 13100, id. 131006Y 10 pp.
7. Matsubayashi, K., Kodama, E., Minezaki, T., Takahashi, H., Horiuchi, T., Sako, S., Miyata, T., Yoshii, Y., Doi, M., Kohno, K., Motohara, K., Egusa, F., Sakon, I., Konishi, M., Kamizuka, T., Sameshima, H., Yamagishi, M., Imai, M., Koyama, S., Hirao, Y., Kushibiki, K., Kato, N., and Numata, M., “The University of Tokyo Atacama Observatory 6.5-m telescope: screen camera system for the telescope mirror alignment”, 2024, Proceedings of the SPIE, Volume 13094, id. 130944E 6 pp.
 8. Minowa, Y., Koyama, Y., Akiyama, M., Ali, S., Bando, T., Carter, J., Chandler, D., Chou, C.-Y., Cranney, J., D’Orgeville, C., Hayano, Y., Hattori, T., Haynes, R., Haynes, D., Hernandez Delgado, A., Herrald, N., Hirabayashi, M., Katakura, J., Kimura, M., Kodama, T., Konishi, M., Kruse, A., Martinez Rey, N., Morihana, K., Morita, M., Motohara, K., Obuchi, Y., Ogane, H., Okita, H., Ono, Y., Oya, S., Sato, N., Takagi, Y., Takami, H., Tanaka, I., Tanaka, Y., Terao, K., Tokoku, C., Uraguchi, F., Wang, L., Wang, S.-Y., Yanagisawa, K., Yoshida, H., and Yoshida, M., “Project overview and update on ULTIMATE-Subaru: the next-generation wide-field AO instrument for the Subaru telescope”, 2024, Proceedings of the SPIE, Volume 13096, id. 130961A 12 pp.
 9. Miyata, T., Yoshii, Y., Doi, M., Kohno, K., Minezaki, T., Motohara, K., Sako, S., Egusa, F., Sakon, I., Konishi, M., Takahashi, H., Kamizuka, T., Matsubayashi, K., Sameshima, H., Yamagishi, M., Imai, M., Koyama, S., Horiuchi, T., Hirao, Y., Kushibiki, K., Kato, N., Numata, M., Bronfman, L., Ruiz, M. T., Mendez, R., Garay, G., Escala, A., and Rojo, P., “The University of Tokyo Atacama Observatory 6.5m telescope: project status 2024”, 2024, Proceedings of the SPIE, Volume 13094, id. 130940S 11 pp.
 10. Nakagawa, A., Watanabe, R., Kurayama, T., Sudou, H., Orosz, G., Kamizuka, T., and Tachibana, K., “VLBI astrometry for OH/IR stars and Period-Luminosity relation in very long period range”, 2024, Proceedings of the 16th EVN Symposium, ed. E. Ros, P. Benke, S. A. Dzib, I. Rottmann, and J. A. Zensus, 137–140
 11. Ohsawa, R., Kawata, D., Kamizuka, T., Yamada, Y., Löffler, W., and Biermann, M., “Concept verification of the JASMINE astrometric plate analysis”, 2024, Proceedings of the SPIE, Volume 13101, id. 131011R 24 pp.
 12. Otsubo, S., Sarugaku, Y., Takeuchi, T., Ikeda, Y., Matsunaga, N., McWilliam, A., Hull, C., Yoshikawa, T., Katoh, H., Kondo, S., Hamano, S., Taniguchi, D., and Kawakita, H., “WINERED fully commissioned at the Magellan Clay Telescope”, 2024, Proceedings of the SPIE, Volume 13096, id. 1309631 7 pp.
 13. Sato, B., Hashimoto, O., Omiya, M., Tajitsu, A., Izumiura, H., Honda, S., Matsubayashi, K., Kambe, E., Takarada, T., Harakawa, H., Narita, N., Hori, Y., Kunitomo, M., and Hayashi, Y., “GAOES-RV: a high-dispersion echelle spectrograph for radial velocimetry with the 3.8 m Seimei Telescope”, 2024, Proceedings of the SPIE, Volume 13096, id. 1309644 9 pp.
 14. Tamura, Y., Sakai, T., Kawabe, R., Kojima, T., Taniguchi, A., Takekoshi, T., Kang, H., Shan, W., Hagimoto, M., Okauchi, N., Tetsuka, A., Inoue, A. K., Kohno, K., Tanaka, K., Bakx, T. J. L. C., Fudamoto, Y., Fujita, K., Harikane, Y., Hashimoto, T., Hatsukade, B., Hughes, D. H., Iino, T., Kimura, Y., Maezawa, H., Matsuda, Y., Mawatari, K., Nakajima, T., Nakatsubo, S., Oshima, T., Sagawa, H., Schloerb, F. P., Takahashi, S., Taniguchi, K., Tsujita, A., Umehata, H., Yonetsu, T., and

- Yun, M. S., “FINER: Far-Infrared Nebular Emission Receiver for the large millimeter telescope”, 2024, Proceedings of the SPIE, Volume 13102, id. 131020G 12 pp.
15. Tsuzuki, T., Matsubayashi, K., Doi, M., Ikenoue, B., Kohara, N., Ozaki, S., Motohara, K., Sako, S., Ohta, K., and Maeda, K., “Development of an efficient three-channel IFU for high-speed time-domain spectroscopy onboard TriCCS at the Seimei telescope”, 2024, Proceedings of the SPIE, Volume 13100, id. 131005E 12 pp.
 16. Yamamoto, M., Kataoka, J., and Sofue, Y., “Discovery of non-equilibrium ionization plasma around the Fermi Bubble; new evidence of past activity of the Galactic center”, 2024, 7th Heidelberg International Symposium on High-Energy Gamma-Ray Astronomy, held 4-8 July 2022 in Barcelona, Spain. Published December 05, 2024. Online at <https://pos.sissa.it/cgi-bin/reader/conf.cgi?confid=417>, p.124
 17. Yasui, C., Izumi, N., Saito, M., Lau, R., Kobayashi, N., and Ressler, M., “Star and Planet Formation in the Outer Galaxy”, 2024, EAS2024/, European Astronomical Society Annual Meeting, held 1-5 July, 2024 in Padova, Italy. Online at <https://eas.unige.ch/EAS2024/>. Session SS18 : Star Formation in Local Group environments and in the conditions of Cosmic Noon, Invited talk, id. 2390

[in press]

●Main journal

1. Sofue, Y. , Oka, Tomo. , Longmore, S. N. , Walker, D. , Ginsburg, A. , Henshaw, J. D. , Bally, J. , Barnes, A. T. , Battersby, C. , Colzi, L. , Ho, P. , Jimenez-Serra, I. , Kruijssen, J. M. D. , Mills, E. , Petkova, M. A. , Sormani, M. C. , Wallace, J. , Armijos-Abendano, J. , Dutkowska, K. M. , Enokiya, R. , Fukui, Y. , Garcia, P. , Guzman, A. , Henkel, C. , Hsieh, P. -Y. , Hu, Y. , Immer, K. , Jeff, D. , Klessen, R. S. , Kohno, K. , Krumholz, M. R. , Lipman, D. , Martin, S. , Morris, M. R. , Nogueras-Lara, F. , Nonhebel, M. , Otto, J. , Pineda, J. E. , Requena-Torres, M. A. , Rivilla, V. M. , Riquelme-Vasquez, D. , Sanchez-Monge, A. , Santa-Maria, M. G. , Smith, H. A. , Tanvir, T. S. , Tolls, V. , Wang, Q. D., ”The Galactic-Centre Arms inferred from ACES (ALMA CMZ Exploration Survey)”, 2025, PASJ, in press

[submitted]

●Main journal

1. Chiaberge, M., Morishita, T., Boschini, M., Bianchi, S., Capetti, A., Castignani, G., Gerosa, D., Konishi, M., Koyama, S., Kushibiki, K., Lambrides, E., Meyer, E. T., Motohara, K., Stiavelli, M., Takahashi, H., Tremblay, G. R., & Norman, C., “A recoiling supermassive black hole in a powerful quasar”, 2025, submitted to Nature Communications (arXiv:2501.18730).
2. Daikuhara, K., Kodama, T., Kusakabe, H., Steidel, C.C., Tanaka, I., Kikuta, S., Umehata, H., Shimakawa, R., Koyama, Y., Motohara, K., Konishi, M., Pérez-Martínez, J. M., Kubo, M., Erb, D., Takahashi, K., & Fukushima K., “Association of cold gas, massive galaxies and AGNs in a filamentary protocluster traced by triple narrow-band imaging”, 2025, submitted to MNRAS
3. Koyama, S., Koyama, Y., Yamashita, T., Konishi, M., Kusibhiki, K., & Motohara, K., “Early-type Galaxies on the Star Formation Main Sequence: Internal Star Formation Geometry Revealed with MaNGA and Their Environmental Origin”, 2025, submitted to ApJ

4. Matsubayashi, K., Tsutsui, H., Nakaya, H., Kamata, Y., Yamagata, Y., Hosobata, T., Otsuka, M., Isogai K., & Ohta, K., “Optical Fiber-fed Integral-field Spectrograph KOOLS-IFU Connected to the Seimei Telescope”, 2025, submitted to PASJ
5. Morokuma-Matsui, K., Yajima, H., Abe, M., “FOREVER22: Insights into star formation and clustering properties of protoclusters from simulations and JWST”, 2025, submitted to MNRAS

2.6.2 著書, 訳書, 編書

1. 左近 樹 (分担執筆 [3-7 星間塵の有機物]): 「生命起源の辞典」, 2024, 朝倉書店, ISBN: 978-4-254-16078-9 C3544
2. 左近 樹 (分担執筆 [第1章 宇宙における生命の材料とその環境 1.2節 星間ダストと星間分子]): 「現代の天文学 18 アストロバイオロジー」, 2024, 日本評論社, ISBN: 9784535607682

2.7 学会, 研究会における発表

2.7.1 日本天文学会 2024 年秋季年会, 関西学院大学 (2024/09/11–13)

1. N06a: 中川亜紀治, 渡邊良介 (鹿児島大学), 倉山智春 (帝京科学大学), 須藤広志 (仙台高専), Gabor Orosz (JIVE), 上塚貴史, 橘健吾 (東京大学), 「非常に長い変光周期を持つ OH/IR 星の周期光度関係の示唆」
2. R13b: 松坂怜, 江草芙実, 河野孝太郎, 長田真季 (東京大学), 前田郁弥 (大阪電気通信大学), 藤本裕輔 (会津大学), 半田利弘 (鹿児島大学), 「野辺山 45m 望遠鏡によるエッジオン銀河 NGC4565 の銀河面外分子ガス観測」
3. S19a: 趙光遠, 平田悠馬, 松下恭子, 小林翔悟 (東京理科大学); 峰崎岳夫 (東京大学), ほか, 「NGC4151 の XRISM 連携可視赤外モニター観測 1. 可視赤外線多波長測光」
4. S20a: 平田悠馬, 趙光遠, 松下恭子, 小林翔悟 (東京理科大学); 峰崎岳夫 (東京大学), ほか, 「NGC4151 の XRISM 連携可視赤外モニター観測 2. 可視分光」
5. S21a: 山田智史 (理研); 峰崎岳夫 (東京大学), ほか, 「X-WING プロジェクト: 1999 年から現在までに検出された $z \sim 0 - 4$ の全 X 線アウトフローと XRISM が開拓する AGN Feedback の研究」
6. V206a: 大澤亮 (NAOJ), 河田大介 (UCL), 上塚貴史 (東京大学), 山田良透 (京都大学), Wolfgang Löffler, Michael Biermann (ARI/ZAH), JASMINE データ解析チーム, 「高精度位置天文解析手法の開発とシミュレーションによる検証」
7. V232a: 宮田隆志 (東京大学), 吉井譲 (東京大学, アリゾナ大学), 河野孝太郎, 峰崎岳夫, 酒向重行, 江草芙実, 左近樹, 小西真広, 上塚貴史, 高橋英則, 松林和也, 鮫島寛明, 山岸光義, 今井正亮, 堀内貴史, 平尾優樹, 櫛引洗佑, 加藤夏子, 沼田瑞樹 (東京大学), 本原顕太郎 (国立天文台), 「東京大学アタカマ天文台 TAO 6.5m 望遠鏡計画進捗報告 2024 秋」
8. V233a: 兒玉エ門, 松林和也, 酒向重行, 峰崎岳夫, 高橋英則, 堀内貴史, 宮田隆志 (東京大学), 「TAO6.5m 望遠鏡光学調整用スクリーンカメラの開発」
9. V234a: 小島裕樹, 宮田隆志, 上塚貴史, 平尾優樹, 左近樹, 成瀬日月, 妹尾梨子 (東京大学), 「TAO/MIMIZUKU による時間変動観測のための中間赤外線標準星の探索」

2.7.2 日本天文学会 2025 年春季年会, 水戸市民会館 (2025/03/17-20)

1. P109a : 柴田洋佑, 半田利弘, 笠井梨名, 今井裕 (鹿児島大学), 立原研悟, 山田麟, 出町史夏 (名古屋大学), 藤田真司 (統計数理研究所), 村瀬建 (岐阜大学), 松坂怜 (東京大学), 「分子雲進化に対応した NH_3 輝線がトレースする高密度ガスの温度変化」
2. V232a : 笠木結, 河原創 (ISAS/JAXA), 平野照幸 (ABC/NAOJ/総研大), 大澤亮 (NAOJ), 上塚貴史 (東京大学), JASMINE チーム, 「JASMINE による系外惑星探査に向けた望遠鏡姿勢ドリフトによる測光安定性への影響評価」
3. X25a : 前田郁弥 (大阪電気通信大学), 小麥真也 (工学院大学), 江草実, 河野孝太郎, 諸隈-松井佳菜, 辻田旭慶, 松坂怜 (東京大学), 太田耕司, 浅田喜久 (京都大学), 金子紘之 (新潟大学), 廿日出文洋 (国立天文台), 濤崎智佳 (上越教育大学), 藤本裕輔 (会津大学), 羽部朝男 (北海道大学), 小林将人 (ケルン大学/国立天文台), 村岡和幸 (大阪公立大学), 谷口暁星 (北見工業大学), 「ALMA Total Power による Stephan' s Quintet 全面 CO(1-0) マッピング」
4. N23b : 鮫島寛明, 松永典之 (東京大学), 谷口大輔 (国立天文台), 大坪翔悟, 猿楽祐樹, 竹内智美 (京都産業大学), WINERED チーム, 「褐色矮星 Luhman 16 B における近赤外線スペクトル分スケール変動の兆候」
5. Q32c : 鈴木はるか, 左近樹, 尾中敬 (東京大学), 大坪貴文 (産業医科大学), 高橋葵 (ISAS/JAXA), 「あかり衛星 IRC カメラ LG2 スリット分光による銀河拡散光の中間赤外線分光観測」
6. R09a : 奥村珠希, 西村優里, 河野孝太郎 (東大), CON-quest チーム, 「多量の星間物質に覆い隠された赤外線銀河 ESO173-G015 中心核の ALMA による高分解能観測」
7. S17a : 趙光遠, 平田悠馬, 松下恭子, 小林翔悟 (東京理科大学); 峰崎岳夫 (東京大学), ほか, 「NGC4151 の XRISM 連携可視赤外モニター観測: ダスト反響探査解析」
8. S18a : 平田悠馬, 趙光遠, 松下恭子, 小林翔悟 (東京理科大学); 峰崎岳夫 (東京大学), ほか, 「NGC4151 の XRISM 連携可視赤外モニター観測: $\text{H } \beta$ 輝線の時間変動」
9. S20a : 堀内貴史 (東京大学), 鳥羽儀樹 (国立天文台), 三澤透 (信州大学), 村田勝寛, 磯貝桂介 (京都大学), 谷津陽一, 高橋一郎, 笹田真人, 庭野聖史, 樋口成和, 早津俊祐, 関響 (東京科学大学), 大朝由美子, 佐藤陸人 (埼玉大学), 「極高光度クェーサーの測光モニター観測で確認された周期的な光度変動傾向」
10. S21a : 水越翔一郎, 峰崎岳夫 (東京大学), ほか, 「ダスト減光量が非常に大きい 1.9 型 AGN の $\text{H}\alpha$ 広輝線強度変動調査」
11. V106a : 西村優里 (東大), 遠藤光 (TU Delft), 唐津謙一 (SRON), 谷口暁星, 竹腰達哉 (北見工業大), 田村陽一 (名大), 藤田真司 (統数研), 河野孝太郎 (東大), DESHIMA 2.0/ASTE collaboration, 「DESHIMA 2.0: 集積型超伝導フィルタバンクによる超広帯域分光観測」
12. V202a : 小口和真, 吉岡孝高, 小幡響, 峰崎岳夫 (東京大学), ほか, 「TAO 望遠鏡 TARdYS 分光器較正のための近赤外天文コムの開発」
13. V221b : 左近樹, 峰崎岳夫, 鮫島寛明, 吉井譲 (東京大学天文学教育研究センター), 永山貴宏 (鹿児島大学), 中屋秀彦 (国立天文台), 池田優二 (Photocoding), 田中雅臣 (東北大学), 富永望 (国立天文台), 前田啓一 (京都大学), 梅田秀之 (東京大学), 「MAGNUM 望遠鏡近赤外線 4 色同時撮像装置の概念設計と科学検討」
14. V218a : 米田隼, 峰崎岳夫 (東京大学), 「レーリレーザガイド星の基礎実験」

2.7.3 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, 幕張メッセ (2024/05/26–31)

1. PCG22-06 : 上塚 貴史, 宮田 隆志, 酒向 重行, 左近 樹, 平尾 優樹, 橘 健吾, 成瀬 日月, 妹尾 梨子, 小島 裕樹 (東京大学), 「Latest status of the University of Tokyo Atacama Observatory (TAO) and the mid-infrared instrument MIMIZUKU」
2. P-PS04 : Masataka Imai (U-Tokyo), Toru Kouyama (AIST) Takeshi Horinouchi (Hokkaido Univ.), Makoto Taguchi (Rikkyo Univ.), Norihiko Sugimoto (Keio Univ.), 「Horizontal structure of Kelvin wave at the Venus cloud top observed by Akatsuki」

2.7.4 日本気象学会 2024 年秋季大会, つくば国際会議場 (2024/11/12–15)

1. C355 : 今井正堯 (東京大学), 高木征弘, 安藤紘基 (京都産業大学), 「AFES-Venus GCM による金星大気中層における総観規模渦の研究」

2.7.5 地球電磁気・地球惑星圏学会 2024 年秋季年会, 国立極地研究所 (2024/11/24–27)

1. R009-P29 : 今井正堯 (東京大学), 高木征弘, 安藤紘基 (京都産業大学), 「Synoptic-scale vortices in the lower cloud layer reproduced by AFES-Venus GCM」

2.7.6 国際研究会

1. Miyata, T. : “The University of Atacama Observatory TAO Project”, 2024/05/07-08, Chajnantor Working Group 2024, ALMA OSF, Chile
2. Kohno, K. : “AtLAST’s future instrumentation”, 2024/05/21-24, “The Atacama Large Aperture Submillimeter Telescope (AtLAST) design study: results, science, and next steps” (invited), Johannes Gutenberg University Mainz, Mainz, Germany
3. Kohno, K. : “Next-Generation Submillimeter-Wave Receiver Technologies for Single-Dish Telescopes”, 2024/06/10-13, “JCMT Users meeting 2024” (invited), Pusat Sains Negara, Kuala Lumpur, Malaysia
4. Kohno, K. : “Sub/millimeter-Wave Dual-Band Line Intensity Mapping Using the Terahertz Integral Field Units with Universal Nanotechnology (TIFUUN) for the Atacama Submillimeter Telescope Experiment (ASTE)”, 2024/06/16-21, Millimeter, Submillimeter, and Far-Infrared Detectors and Instrumentation for Astronomy XII, SPIE Telescope and Instrumentation 2024, Yokohama, Japan
5. Kohno, K. : “Investigating feeding and feedback in galaxies near and far”, 2024/06/24-26, “Galaxy Evolution at High Resolution Workshop” (invited), Ringberg, Germany (on-line participation)
6. Konishi, M. : “SWIMS and TAO: Overview and Project Status”, 2024/07/23–26, “The Second SUPER-IRNET Workshop: Sparkling Our Collaboration at the Cosmic Gate”, B-Con Plaza, Beppu, Oita, Japan
7. Kushibiki, K. : “SWIMS-IFU: wide-field near-infrared integral field unit for SWIMS”, 2024/07/23–26, “The Second SUPER-IRNET Workshop: Sparkling Our Collaboration at the Cosmic Gate”, B-Con Plaza, Beppu, Oita, Japan

8. Mizukoshi, S.: “Updated AGN picture with dusty/dust-free gas structure and effects of the radiation pressure”, 2024/08/06–09, “10th Galaxy Evolution Workshop”, Taipei, Taiwan
9. Sameshima, H., et al. : “The University of Tokyo Atacama Observatory (TAO): Project Status and Expected AGN Science”, 2024/08/26–28, “AGN across the sky: new windows opened by HSC and other wide-field surveys” (invited), Hokkaido Information University, Ebetsu, Hokkaido, Japan
10. Horiuchi, T. : “Observations of low-ionization broad absorption lines with the TAO telescope”, 2024/08/26–28, “AGN across the sky: new windows opened by HSC and other wide-field surveys”, Hokkaido Information University, Ebetsu, Hokkaido, Japan
11. Mizukoshi, S.: “Updated AGN picture with dusty/dust-free gas structure and effects of the radiation pressure”, 2024/09/02–06, “AGN Feedback and Star Formation Across Cosmic Scales and Time”, Sirolo, Italy
12. Kohno, K. : “Astrophysics Programs”, 2024/10/09, “CNRS-JSPS-JST Celebration Event for the 50th Anniversary of France-Japan Scientific Cooperation”, From Particle Physics to Cosmology (invited), Miraikan, Tokyo, Japan
13. Kohno, K. : “Observational studies of galaxies with new capabilities in Atacama”, 2024/10/28–30, “The University of Manchester – University of Tokyo Research Symposium” (invited), Manchester, UK
14. Nishimura, Y. : “Molecular line emission from local U/LIRGs and its implications for galaxies at cosmic noon”, 2024/12/10–15, “The Ecosystem of Gas and Dust in Galaxies Near and Far” (invited), Chiang Mai, Thailand
15. Kohno, K. : “Resolved Study of a Sub-L* Galaxy at $z = 6$ Uncovered by the ALMA Lensing Cluster Survey”, 2024/12/10–15, “The Ecosystem of Gas and Dust in Galaxies Near and Far”, Chiang Mai, Thailand
16. Yoneda, S.: “Ground Experiment on Rayleigh Laser Guide Stars”, 2025/03/24–28, Tokyo, Japan
17. Kohno, K. : “Introduction to SUBLIME-TIFUUN”, 2025/03/26–28, “Study of the Universe By Line Intensity Mapping (SUBLIME2025)”, Hongo, Japan

2.7.7 国内研究会

1. 河野：「超伝導工学・大規模数値計算・データ科学で解明する宇宙最初期の重元素生成過程」, 2024/05/29–30, 国際先導研究ワークショップ, 東大天文センター
2. 峰崎：「近傍セイファート銀河 NGC 4151 の XRISM 連携可視赤外線モニター観測」, 2024/07/31, なゆた望遠鏡ユーザーズミーティング, 兵庫県立大学西はりま天文台
3. 峰崎：「中小望遠鏡可視補償光学とレーザレーザーガイド星」, 2025/09/10, 第21回補償光学研究開発のための情報交換会, 京都産業大学
4. 米田隼：「レーザレーザーガイド星の基礎実験」, 2025/09/10, 第21回補償光学研究開発のための情報交換会, 京都産業大学

5. 宮田：「東京大学アタカマ天文台 TAO 進捗報告」, 2024/09/17-19, 2024 年度光赤天連シンポジウム「光赤天連の長期的ロードマップおよび若手育成支援」, 国立天文台三鷹
6. 奥村珠希：「多量の星間物質に覆い隠された赤外線銀河 ESO173-G015 中心核の ALMA による高分解能観測」, 2024/11/11-13, ALMA workshop “AGN Feeding and Feedback in Massive Galaxies at the Centers of Galaxy Clusters”, 鹿児島大学
7. 諸隈：「電波銀河 NGC 1316 の分子雲複合体の基本性質」, 2024/11/11-13, ALMA workshop “AGN Feeding and Feedback in Massive Galaxies at the Centers of Galaxy Clusters”, 鹿児島大学
8. Kazuya Matsubayashi：「Development of a Multi-band Imager Part for TAO Optical Instrument」, 2024/11/18-20, 学術変革 (A) マルチメッセンジャー天文学：第2回領域研究会, 水上温泉・松乃井
9. 河野：「Study of the formation of astronomical objects and structures using wide-area/wide-band observations with the Atacama Submillimeter Telescope Experiment (ASTE)」, 2024/12/03-06, 2024 年度 国立天文台の将来シンポジウム ～国立天文台のサイエンスロードマップ～, 国立天文台
10. 河野：「Study of the formation of astronomical objects and structures through the promotion of the LST/AtLAST project and multi-dimensional submillimeter survey observations」, 2024/12/03-06, 2024 年度 国立天文台の将来シンポジウム ～国立天文台のサイエンスロードマップ～, 国立天文台
11. 宮田：「TAO の現状と OISTER との協力」, 2024/12/10-12, 第15回光赤外線天文学大学間連携 (OISTER) ワークショップ, 西はりま地場産業センター
12. 堀内：「周期光度変動を示す極高光度キューサーの長期多色モニター観測」, 2024/12/10-12, 第15回光赤外線天文学大学間連携 (OISTER) ワークショップ, 西はりま地場産業センター
13. 松坂：「Unbiased CO $J=1-0$ survey of the Milky Way and nearby galaxies with Nobeyama 45m telescope」, 2024/12/18-20, ALMA/45m/ASTE Users Meeting 2024, 国立天文台三鷹
14. 河野：「ASTE Science & Development Workshop: Introduction」, 2024/12/27, ASTE Science & Development Workshop, 国立天文台
15. 河野：「国立天文台サイエンスロードマップ」(招待講演), 2025/1/8-10, 宇宙電波懇談会シンポジウム 2025 「将来計画とリンクする国立天文台の現観測所」, 国立天文台
16. 河野：「LST/AtLAST 計画」, 2025/1/8-10, 宇宙電波懇談会シンポジウム 2025 「将来計画とリンクする国立天文台の現観測所」, 国立天文台
17. 諸隈：「単一鏡を用いて推進する近傍銀河のサイエンス」(招待講演), 2025/1/8-10, 宇宙電波懇談会シンポジウム 2025 「将来計画とリンクする国立天文台の現観測所」, 国立天文台
18. 河野：「現観測所から未来へどう発展させるか」(招待講演), 2025/1/8-10, 宇宙電波懇談会シンポジウム 2025 「将来計画とリンクする国立天文台の現観測所」, 国立天文台
19. 河野：「Introduction to DESHIMA & TIFUUN」, 2025/2/19-21, 次世代サブミリ波観測・シミュレーション計画検討会 2025, 御殿場高原・時之栖
20. 水越翔一郎：「Multi-phase gas structures of the AGN unveiled with near-infrared flux variability」, 2025/03/10-12, Revealing the Nature of Supermassive Black Hole Coronae with Synergy of XRISM and ALMA, 大阪大学中之島センター

21. 江草：「TAOのサイエンス紹介と12m南極テラヘルツ望遠鏡とのシナジー」(招待講演), 2025/03/13-14, 南極12mテラヘルツ望遠鏡で明らかにする銀河とブラックホールの形成と進化, 国立極地研究所
22. 河野：「LST/AtLAST Science Cases and Synergies with the Antarctica 12-m Terahertz Telescope」(招待講演), 2025/03/13-14, 南極12mテラヘルツ望遠鏡で明らかにする銀河とブラックホールの形成と進化, 国立極地研究所
23. 米田隼：「レーザレーザガイド星の基礎実験2」, 2025/03/21, 第2回補償光学研究開発のための情報交換会, 国立天文台三鷹キャンパス
24. 江草：「GMC-scale studies for nearby galaxies」(招待講演), 2025/03/26-27, ALMA workshop “Multi-scale perspectives in Galaxy Evolution”, 大阪電気通信大学
25. 松坂：「天の川銀河と近傍銀河M83におけるガス密度頻度分布の比較と星形成の描像」, 2025/03/26-27, ALMA workshop “Multi-scale perspectives in Galaxy Evolution”, 大阪電気通信大学

2.7.8 その他の講演(談話会等)

1. 水越翔一郎：「活動銀河核(AGN)の変光現象に基づくAGN近傍ガス構造の性質調査」, 2024/07/29, 宇宙進化研究センター第153回談話会, 愛媛大学
2. 河野：「Next-Generation Submillimeter-Wave Receiver Technologies for Single-Dish Telescopes」, 2024/08/14, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile
3. 河野：「Next-Generation Submillimeter-Wave Receiver Technologies for Single-Dish Telescopes and their synergies with SKA」, 2024/10/31, SKA Observatory, Jodrell Bank, UK
4. 河野：「Recent progress of ASTE: Ultra-wide-band spectroscopy using DESHIMA and wide-area mapping using ALMA receiver technology」, 2024/11/25, ESO-NAOJ meeting, Santiago (on-line participation)
5. 諸隈：「Molecular gas and quenching in Virgo, Fornax, and Antlia galaxy clusters」, 2025/02/28, ICRAR-UWA seminar, UWA/ICRAR, Perth
6. 諸隈：「Probing Radio-Mode AGN Feedback in NGC 1316: ALMA CO Mapping at GMA Scales」, 2025/03/12, ATNF Colloquium, CSIRO, Sydney

2.7.9 研究会の主催

1. “One-day Workshop on Astronomy in the TAO Era: Synergies with Facilities in Chile”¹, SOC (Kotaro Kohno (UTokyo) chair, Kentaro Motohara (NAOJ), Felipe Barrientos, Jorge González Lopez, Leonardo Vanzi (PUC), Manuel Aravena (Universidad Diego Portales), Ricardo Finger (U. Chile)), 2024/04/29, Campus San Joaquín, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile
2. 国際先導研究ワークショップ「超伝導工学・大規模数値計算・データ科学で解明する宇宙最初期の重元素生成過程」, SOC (河野, 吉田直紀, 森脇可奈(東大), 池田思朗(統計数理研), 竹腰達哉(北見工業大), 田村陽一(名古屋大)), 2024/5/29-30, 東京大学・天文学教育研究センター

¹<https://sites.google.com/g.ecc.u-tokyo.ac.jp/taows2024/home>

3. “可視赤外線観測装置技術ワークショップ 2024”, SOC/LOC (上塚貴史, 栗田光樹夫, 稲見華恵, 大澤亮, 大野良人, 沖田博文, 小西真広, 小谷隆行, 櫛引洗佑, 佐野圭, 鈴木仁研, 高橋葵, 津村耕司, 松尾太郎, 松林和也, 海老塚昇, 尾崎忍夫, 坂野井健, 高橋英則, 早野裕, 宮田隆志, 本原顕太郎, 和田武彦), 2024/11/26-27, 東京大学・天文学教育研究センター
4. “The Ecosystem of Gas and Dust in Galaxies Near and Far”², SOC (Franz Bauer (PUC), Caitlin Casey (UTexas), Y. Sophia Dai (NAOC, co-chair), David Elbaz (CEA-Saclay), Sandy Faber (UCSC), Luis Ho (PKU-KIAA), Jiasheng Huang (NAOC), Kotaro Kohno (UTokyo), Wiphu Rujopakarn (NARIT, co-chair)), 2025/12/10-15, Chiang Mai, Thailand
5. “Atacama Submillimeter Telescope Experiment (ASTE) Science and Development Workshop 2024”³, SOC (南谷 (国立天文台), 岡 (慶應義塾大), 濤崎 (上越教育大), 佐野 (岐阜大), 田村 (名古屋大), 諸隈, 河野 (東大)), 2024/12/27, 国立天文台
6. 「次世代サブミリ波観測・シミュレーション計画検討会 2025」, SOC (諸隈, 江草, 河野 (東大), 桐原 (北見工業大), 矢島, 橋本 (筑波大), 梅畑, 田村 (名古屋大), 廿日出 (国立天文台)), 2025/2/19-21, 御殿場高原・時之栖
7. “Study of the Universe By Line Intensity Mapping Experiments (SUBLIME2025)”⁴, SOC (Kohno, K. (chair), Yoshida, N., Moriwaki, K., Ogata, E. (UTokyo), Ikeda, S. (ISM), Takekoshi, T. (Kitami Institute of Technology), Tamura, Y. (Nagoya Univ.)), 2025/03/26-28, Hongo Campus, UTokyo

2.8 天文センター談話会

回	月日	講演者 (所属)	題目
428	2025/1/23	Jeong-Eun Lee (Seoul National University)	Study of Interstellar Ice in the Time Domain Astronomy Era
427	2024/12/17	Miguel Pereira Santaella (Instituto de Fisica Fundamental)	The dusty cores of local ULIRGs revealed by molecular bands using JWST
426	2024/12/12	Takashi Okamoto (Hokkaido University)	The origin of the metallicity difference between star-forming and passive galaxies
425	2024/12/9	坂野正明 (ワイズバベル)	英語脳で考えて文章を書くとは?
424	2024/10/24	Matus Rybak (Leiden University)	Monsters with empty bellies? A comprehensive census of dense gas in high-redshift, massive galaxies
423	2024/9/13	Martijn Oei (Caltech)	Black hole jets on the scale of the Cosmic Web
422	2024/8/5	郡和範 (国立天文台科学研究部)	ダークマター・ダークエネルギーの正体を暴く天文観測
421	2024/7/3	Farhad Yusef-Zadeh (Northwestern University)	Highlights of the MeerKAT Survey of the Galactic Center
420	2024/6/25	James W. Beletic (Chief Scientific Officer, Teledyne Digital Imaging)	The James Webb Space Telescope (JWST) - Humankind's greatest space science facility

²<https://indico.narit.or.th/event/211/>

³<https://aste.nao.ac.jp/meetings/ASTESciDevWS2024/>

⁴<https://sites.google.com/view/limtokyo2025/>

419	2024/6/25	Meghan Dorn (Teledyne Scientific & Imaging)	Teledyne Imaging Sensors Infrared FPAs for Astronomy & Earth Observation
418	2024/6/19	F. Peter Schloerb (Univ. of Massachusetts Amherst)	Thermal stabilization of the Large Millimeter Telescope
417	2024/6/19	David H. Hughes (Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica)	The Large Millimeter Telescope (LMT) Alfonso Serrano: current status and future upgrades
416	2024/6/13	Kohei Hattori (The Institute of Statistical Mathematics/NAOJ)	Dynamics and chemistry of the Milky Way revealed from Gaia data
415	2024/6/6	Jong-Hak Woo (Seoul National University)	Understanding black hole engine based on time-domain studies
414	2024/5/16	諸隈佳菜 (天文学教育研究センター)	Galaxy evolution in overdense environments

2.9 広報普及活動・社会貢献

2.9.1 特別公開

自然科学研究機構国立天文台、アストロバイオロジーセンター、総合研究大学院大学物理科学研究科天文科学専攻、および本センターの共催で例年秋に行われている、三鷹キャンパスの特別公開“三鷹・星と宇宙の日”(講演テーマ: 銀河の形成, 進化を探る)が、2024年10月19日(土)に開催された。2020–2023年は、新型コロナウイルス感染症の影響により、開催形式をオンラインまたは定員を設けた形で実施していた。しかし今年度は、定員の制限を設けず、コロナ禍以前と同様に現地での開催が再開された。一方で、オンライン企画は現地に来場できない方にとって有用なコンテンツであることから、昨年度と同様に現地開催との併用となった。全体では3000人超の来場者があり、本センターへの来場者数は476名であった。本センターでは、ポスター・動画・インタラクティブツール・ジオラマによる研究成果・施設紹介や角錐ホーンアンテナによる宇宙電波観測の実演、大学院生による5件のミニ講演会(講義室聴講およびオンライン配信)、および諸隈助教によるメイン講演「銀河団における銀河進化 – シティギンガたちの生活模様」(整理券での講義室聴講およびオンライン配信)を実施した。講演会のオンライン配信は理学系研究科情報システムチームの協力のもと、YouTubeの東京大学大学院理学系研究科・理学部チャンネルで行った。

2.9.2 東大オープンキャンパス

毎年夏に開催される東大オープンキャンパスが、本年度は「高校生のためのオープンキャンパス 2024」として、8月6日(火)、7日(水)の2日間にわたってオンラインで開催された。その目的は、東京大学でどのような教育や研究が行われ、それが社会とどのように繋がっているのかを、大学進学を目指す高校生などに広く知ってもらうことである。当センターからは、オンライン相談・質問コーナーに教員1名、大学院生3名が参加した。ここでは20名弱の高校生からの質問に答え、活発な交流が行われた。また、オンデマンド附属施設紹介企画にも参加し、開所50周年を迎えた木曽観測所の紹介動画をYouTubeで配信した。

2.9.3 普及講演

1. 松坂：「7月の星空ゼミー七夕の夜に広がる宇宙～色々な望遠鏡で診断する天の川銀河の“今”」, 2024/05/25, 品川区立五反田文化センター・プラネタリウム
2. 江草：「渦巻銀河を作るには」, 2024/06/05, ICU 高校
3. 江草：「宇宙を語る会ー銀河の観測で何がわかる？」, 2024/09/02, 代官山ティーンズ・クリエイティブ
4. 河野：愛媛大学宇宙進化研究センター講演会「超伝導技術で挑む銀河とブラックホールの謎」, 2024/11/30, 愛媛大学
5. 河野：日本天文教育普及研究会・沖縄九州支部講演会「超伝導技術で挑む銀河とブラックホールの謎」, 2025/02/22, 島原市文化会館
6. 河野：第708回駿台学園天文講座「超伝導技術で挑む銀河とブラックホールの謎」, 2025/03/15, 駿台学園

2.9.4 普及活動

1. 堀内：美ら星研究体験隊（主催：国立天文台）, 2024/08/07-09, 場所（沖縄県 石垣市）
2. 河野：令和6年度新潟県高校生アカデミックインターンシップ研修「天の川銀河の電波を観測してみよう」, 2024/08/20, 上越教育大学（新潟県上越市）
3. 松坂：観測体験ワークショップ, 2024/11/22-24, 場所（東京都 目黒区, 駒場祭）
4. 松坂：星空観望会, 望遠鏡工作ワークショップ, 特別公演, 2025/02/22, 場所（長崎県 島原市）
5. 松坂：太陽とスカイツリーを用いたワークショップ, 2025/03/29, 場所（東京都 墨田区）

2.9.5 雑誌等取材記事

1. 堀内 貴史：「増える人工衛星 天文観測に支障」, 朝日新聞

2.10 その他の活動

2.10.1 講義等 (学部)

小林, 峰崎, 酒向, 左近, 江草, 高橋, 小西, 上塚, 松林, 鮫島, 新納, 諸隈, 今井	教養学部 1, 2 年	全学自由研究ゼミナール (S セメスター)
宮田, 酒向	天文学科 3 年	天体観測学 (S セメスター)
河野, 峰崎, 酒向, 江草, 左近, 松林, 諸隈; 嶋作 (天文教室)	天文学科 3 年	基礎天文学観測 I・II (S A セメスター)
小西, 上塚	天文学科 3 年	基礎天文学実験 (S セメスター)
諸隈	天文学科 3 年	天体物理学演習 II (S セメスター)
小林, 左近; 相川 (天文教室)	天文学科 3 年	天体輻射論 I (A セメスター)
江草; 相川 (天文教室)	天文学科 4 年	星間物理学 I (S セメスター)
河野, 峰崎	天文学科 4 年	星間物理学 II (S セメスター)

2.10.2 講義等 (大学院)

左近

大学院

光赤外線天文学特論 I (S セメスター)

2.10.3 各種委員

河野	東京大学	理学系研究科 学術運営・教育推進委員会 委員
河野	東京大学	理学系研究科 教育会議 委員
河野	東京大学	理学系研究科 企画室会議 オブザーバー
河野	東京大学	理学系研究科 天文学教育研究センター運営委員会 委員長
河野	東京大学	理学系研究科 ビッグバン宇宙国際研究センター運営委員会 委員
河野	日本天文学会	代議員
河野	国立天文台	運営会議 委員
河野	国立天文台	日本 ALMA 科学諮問委員会 (JSAC) 委員
河野	国立天文台	東アジア ALMA 科学諮問委員会 (EASAC) 委員
河野	国立天文台	科学戦略委員会 委員
河野	国立天文台	サイエンスロードマップ策定委員会 委員
河野	宇宙電波懇談会	電波天文将来計画検討 WG 委員
河野	科学技術振興機構	女子中高生の理系進路選択支援プログラム推進委員会 委員
河野	高エネルギー加速器研究機構	LiteBIRD 計画諮問委員会 委員
宮田	東京大学	理学系研究科宇宙惑星科学機構 運営委員会委員
宮田	光赤外大学間連携	光赤外大学間連携協議会員
峰崎	国立天文台	大学院教育委員会委員 (オブザーバー)
峰崎	総合研究大学院大学	総合研究大学院大学特別研究員審査委員会委員
江草	日本天文学会	代議員
江草	国立天文台	すばる望遠鏡プログラム小委員会 委員
江草	国立天文台	日本アルマ科学諮問委員会 (JSAC) 委員
江草	国立天文台	東アジア ALMA 科学諮問委員会 (EASAC) 委員
江草	東京大学	理学系研究科ネットワーク委員会 委員
江草	東京大学	理学系研究科 GSGC ファカルティー委員
江草	宇宙電波懇談会	運営委員
江草	宇宙電波懇談会	電波天文将来計画検討 WG 委員
左近	国立天文台	TMT 日本科学諮問委員会 (JSAC) 委員
左近	東京大学	環境安全管理室 委員
左近	東京大学	理学系研究科・理学部広報委員
松林	東京大学	理学図書館運営委員会 委員
諸隈	国立天文台	TMT 日本科学諮問委員会 (JSAC) 委員
諸隈	SKAO	SRCNet Advisory Committee 委員

2.10.4 科研費等

河野	科研費 (特別推進研究) (課題番号 24H00004), (2024-2028) 第1年度, 15,474 千円
(代表者)	課題名: 集積超伝導分光器技術とデータ科学で切り拓くサブミリ波輝線強度マッピングの新展開
河野	国際共同研究加速基金 (国際先導研究) (課題番号 23K20035), (2023-2029) 第2年度, 76,250 千円
(代表者)	課題名: 超伝導工学・大規模数値計算・データ科学で解明する宇宙最初期の重元素生成過程
宮田	科研費基盤研究 (B) (課題番号 23K20237) (2020-2024) 第5年度, 900 千円
(代表者)	課題名: 高精度熱赤外線モニタ観測の実現とそれによる系外微惑星の研究

本原	基盤研究 (A) (課題番号 20H00171), (2020–2024) 第 5 年度, 459 千円
(代表者)	課題名: 近赤外線広波長帯域面分光観測による最盛期銀河形成活動の探求
峰崎	科研費基盤研究 (B) (課題番号 20H02359), (2023–2024) 第 3 年度, 200 千円
(分担者)	課題名: 位相変位点回折素子の創成による大強度大気擾乱下での 1/100 波長精度望遠干涉計測
峰崎	科研費基盤研究 (C) (課題番号 22K03673), (2022–2024) 第 3 年度, 100 千円
(代表者)	課題名: 地表大気層におけるレーリレーザーガイド星実験
酒向	科研費基盤研究 (A) (課題番号 21H04491), (2021–2024) 第 4 年度, 4,860 千円
(代表者)	課題名: 広視野高頻度測光観測と異常検知による秒スケールで変動する宇宙の探査
酒向	科研費挑戦的研究 (課題番号 24K21204), (2024–2026) 第 1 年度, 12,800 千円
(代表者)	課題名: 超低雑音可視光カメラモジュールの開発
左近	科研費基盤研究 (B) (課題番号 23K22532), (2022–2024) 第 2 年度, 1,600 千円
(代表者)	課題名: 急冷窒素含有炭素質物質の合成・変性実験に基づく星間有機物の一生の理解
左近	二間交流事業 インド (DST) との共同研究 (課題番号 JPJSBP120247704), (2024–2025) 第 1 年度, 1,000 千円
(代表者)	課題名: JWST と ALMA の時代に向けた星間多環式芳香族炭化水素及び関連する有機物の研究
上塚	科研費基盤研究 (C) (課題番号 20K04023) (2020–2024) 第 5 年度, 2,881 千円
(代表者)	課題名: 長波長中間赤外線用光学フィルタの実現による OH/I R 星の質量放出現象の直接観測
鮫島	科研費基盤研究 (C) (課題番号 19K03917) (2019–2024) 第 6 年度, 975 千円
(代表者)	課題名: 近赤外線高分散分光器 WINERED を用いたスペクトルライブラリーの構築
鮫島	科研費基盤研究 (C) (課題番号 22K03683), (2022–2026) 第 3 年度, 500 千円
(代表者)	課題名: 高赤方偏移クエーサーの近赤外線分光観測で探る初期宇宙の化学進化
高橋	科研費基盤研究 (C) (課題番号 23K03447), (2023–2025) 第 2 年度, 800 千円
(代表者)	課題名: 近赤外線波長走査型分光器による様々な空間スケールでの星形成活動の 3 次元分光観測
新納	科研費基盤研究 (B) (課題番号 23K20236), (2020–2024) 第 5 年度, 1,600 千円
(代表者)	課題名: 可視光広域高速撮像による高速電波バースト対応天体探査
西村	科研費若手研究 (課題番号 23K13140), (2023–2027) 第 2 年度, 600 千円
(代表者)	課題名: 多様な分子スペクトル線で探る高光度赤外線銀河の力学・化学進化
山岸	科研費基盤研究 (C) (課題番号 24K07088), (2024–2027) 第 1 年度, 800 千円
(代表者)	課題名: 赤外線宇宙・地上望遠鏡観測によって解き明かす宇宙における固体分子の進化史
梨本 真志	科研費若手研究 (課題番号 24K17085), (2024–2026) 第 1 年度, 2,400 千円
(代表者)	課題名: 星間塵電波放射モデルの刷新による非晶質星間塵物質の同定
梨本 真志	科研費特別研究員奨励費 (課題番号 22KJ0727), (2022–2024) 第 3 年度, 519 千円
(代表者)	課題名: 星間マイクロ波異常超過放射の起源解明: アモルファス星間塵の量子物性理論の開拓
紅山 仁	科研費特別研究員奨励費 (課題番号 23KJ0640), (2023–2024) 第 2 年度, 664 千円
(代表者)	課題名: 地球接近小惑星の多波長即時観測による微小小惑星の性質と起源の解明
水越 翔一郎	科研費特別研究員奨励費 (課題番号 23KJ0450), (2023–2024) 第 2 年度, 900 千円
(代表者)	課題名: 赤外線多波長変光データに基づく活動銀河核周囲の物質分布の推定と銀河共進化の解明
辻田 旭慶	科研費特別研究員奨励費 (課題番号 24KJ0562), (2024–2025) 第 1 年度, 1,600 千円
(代表者)	課題名: ALMA × JWST × 重力レンズで探るダストに隠された銀河進化過程の解明

2.10.5 PI 共同利用時間

松坂 怜	野辺山 45-m 電波望遠鏡, 2024/2025 season 「High sensitivity CO mapping of edge-on galaxy NGC 4565: Off-plane molecular gas survey」
松坂 怜	IRAM 30-m, 2024/2025 winter season 「High sensitivity CO(2-1) mapping of the edge-on galaxy NGC 4565: physical properties of off-plane molecular gas」
諸隈 佳菜	すばる望遠鏡, S24A 「FOCAS-IFU pilot study of the best local analog of EoR galaxies」
諸隈 佳菜	すばる望遠鏡, S24A

- 「What makes massive galaxies passive in a protocluster at $z \sim 6$?」
諸隈佳菜 W. M. Keck 望遠鏡, S24B
「What makes massive galaxies passive in a protocluster at $z \sim 6$?」

2.10.6 受賞

1. 紅山仁：2024年12月17日, 第41回井上研究奨励賞
2. 酒向重行：2025年3月24日, 吉田庄一郎記念・ニコン天文学業績賞

2.10.7 国外出張

1. 河野 孝太郎：
2024/04/26–2024/05/06, Hotel Marriott Santiago 他, (サンティアゴ, サン・ペドロ・デ・アタカマ／チリ), “One-day Workshop on Astronomy in the TAO Era: Synergies with Facilities in Chile” 開催, TAO 開所式典対応 他
2024/05/20–2024/05/25, ヨハネス・グーテンベルク大学マインツ, (マインツ／ドイツ), 国際会議 “The Atacama Large Aperture Submillimeter Telescope (AtLAST) design study: results, science, and next steps” での招待講演
2024/06/09–2024/06/13, 国立科学センター, (クアラルンプール／マレーシア), JCMT 望遠鏡・ユーザーズ・ミーティング 2024 での招待講演
2024/07/26–2024/08/17, ASTE 観測所, チリ大学, カトリカ大学, (サン・ペドロ・デ・アタカマ, サンティアゴ／チリ), 集積超伝導分光器の調整試験観測・評価試験ほか
2024/10/26–2024/11/02, マンチェスター大学, SKA 観測所, (マンチェスター, マックルズフィールド／イギリス), 東京大学マンチェスター大学合同シンポジウム, 電波観測技術に関する研究打ち合わせ
2024/12/09–2024/12/14, Kantary Hills Hotel and Serviced Apartments, (チェンマイ／タイ), 国際研究会の開催・研究成果の発表
2. 宮田 隆志：
2024/04/28–2024/05/10, Hotel Marriott Santiago 他, (サンティアゴ, サン・ペドロ・デ・アタカマ／チリ), TAO 開所式典対応および TAO サイト視察 他
2024/06/06–2024/06/14, TAO サイト, (サンペドロ・デ・アタカマ／チリ), TAO プロジェクトに関する打ち合わせ
2024/09/24–2024/10/04, TAO サイト, (サンティアゴ, サンペドロ・デ・アタカマ／チリ), TAO プロジェクトに関する打ち合わせ
2024/11/23–2024/12/05, ヨーロッパ南天天文台サンティアゴオフィス, TAO サイト, (サンティアゴ, サンペドロ・デ・アタカマ／チリ), TAO プロジェクトに関する打ち合わせ
2025/02/08–2025/02/17, TAO サイト, (サンペドロ・デ・アタカマ／チリ), TAO 山道修繕工事に関する用務
2025/03/21–2025/03/31, TAO サイト, アントファガスタ大学, (サンティアゴ, サンペドロ・デ・アタカマ, アントファガスタ／チリ), TAO プロジェクトに関する用務

3. 本原 顕太朗：

2024/10/13–2024/10/19, KASI (韓国天文研究院), ソウル大学, SKYBAY HOTEL, (大田, ソウル, 江陵／大韓民国), Ultimate-Subaru 協力に関する打ち合わせ, 赤外線による遠方銀河研究による打ち合わせ, 韓国天文学会での TAO プロジェクトに関する研究発表

2025/02/19–2025/02/21, ソウル国立大学, (ソウル／大韓民国), 日韓 ULTIMATE ワークショップへの参加

2025/03/31–2025/04/02, TAO サイト, (サンペドロ・デ・アタカマ／チリ), TAO サイト引継ぎに関する用務

4. 峰崎 岳夫：

2024/07/15–2024/07/19, 国立天文台ハワイ観測所, (ヒロ／アメリカ合衆国), すばる望遠鏡共同利用観測 (PI: 水越翔一郎, プロポーザル ID:24A-069)

2024/09/23–2024/10/18, TAO サイト, (ラ・セレナ, サンペドロ・デ・アタカマ／チリ), 望遠鏡組み立てに関する用務

2024/11/09–2024/12/09, TAO サイト, (サンペドロ・デ・アタカマ／チリ), TAO 望遠鏡組み立てに関する用務

5. 酒向 重行：

2025/03/03–2025/03/13, TAO サイト, (サンペドロ・デ・アタカマ／チリ), TAO プロジェクトに関する作業・打ち合わせ

6. 左近 樹：

2025/01/21–2025/01/25, アリゾナ大学 Steward Observatory, (ツーソン／アメリカ合衆国), MAGNUM 望遠鏡および装置に関する現地視察および技術会合

7. 上塚 貴史：

2024/04/27–2024/05/06, Hotel Marriott Santiago 他, (サンティアゴ, サン・ペドロ・デ・アタカマ／チリ), Workshop 「Synergies with Facilities in Chile」参加, TAO 開所式典対応 他

8. 松林 和也：

2024/10/13–2024/11/14, TAO サイト, (サンペドロ・デ・アタカマ／チリ), TAO 望遠鏡組み立てに関する用務

9. 鯨島 寛明：

2024/09/12–2024/09/27, ラスカンパナス天文台, (ラ・セレナ／チリ), マゼラン望遠鏡に近赤外線高分散分光器 WINERED を搭載し, 天体の分光観測を行う

10. 諸隈 佳菜：

2024/07/21–2024/07/25, Seoul National University, Siheung campus, (始興／大韓民国), 2024 East Asian ALMA Science Workshop に参加

2025/02/18–2025/02/23, The Square Kilometre Array Observatory (SKAO) Glob, (マックルズフィールド／イギリス), SRC Network Advisory Committee Meeting

2025/02/24–2025/03/25, University of Western Australia, CSIRO, (パース, シドニー／オーストラリア), 銀河団, 宇宙大規模構造, HI Intensity Mapping に関する議論

11. 高橋 英則：

2024/04/24–2024/05/10, Hotel Marriott Santiago 他, (サンティアゴ, サン・ペドロ・デ・アタカマ／チリ), Workshop 「Synergies with Facilities in Chile」 参加, TAO 開所式典対応 他

2024/08/25–2024/09/06, 天文センター, アンデス商事, TAO 山麓施設, (サンティアゴ, サンペドロ・デ・アタカマ／チリ), TAO 観測装置に関する打ち合わせ, TAO 運用体制立ち上げに関する用務

2024/09/20–2024/10/07, TAO サイト, (ラ・セレナ, サンペドロ・デ・アタカマ／チリ), 蒸着装置設置に関する用務, TAO 観測装置に関する用務

2024/10/13–2024/12/07, 北カトリカ大学, エルロア病院, TAO サイト, (ラ・セレナ, サンペドロ・デ・アタカマ／チリ), 蒸着装置設置に関する用務

2025/01/16–2025/02/04, 天文センター, TAO サイト, 国立環境研究所, (サンペドロ・デ・アタカマ／チリ), TAO 望遠鏡蒸着装置に関する用務, TAO サイト大気モニターについての打ち合わせ

2025/03/19–2025/03/31, TAO サイト, Noir Lab., (サンペドロ・デ・アタカマ, ラ・セレナ／チリ), TAO 蒸着装置に関する用務

12. 山岸 光義：

2024/06/13–2024/06/30, TAO サイト, (サンペドロ・デ・アタカマ／チリ), TAO サイトネットワーク設備工事に関する用務

2024/09/01–2024/09/17, TAO サイト, (サンペドロ・デ・アタカマ／チリ), TAO サイトネットワーク設備工事に関する用務

2024/10/20–2024/11/10, TAO サイト, (サンペドロ・デ・アタカマ／チリ), TAO サイトネットワーク設備工事に関する用務

13. 今井 正亮：

2024/09/09–2024/09/16, 東北大学 ハワイ・ハレアカラ観測所, (マウイ／アメリカ合衆国), T60 望遠鏡を用いた金星観測

2025/01/10–2025/01/24, TAO サイト, (サンペドロ・デ・アタカマ／チリ), TAO サイト大気・PWV モニター設置に関する用務

2025/03/17–2025/03/22, Laboratoire de Meteorologie Dynamique, UPMC, (パリ／フランス), Workshop for Venus modelling and observations 2025 参加, 発表

14. 西村 優里：

2024/07/19–2024/08/05, ASTE 観測所, チリ大学附属天文台 Cerro Calan, サンティアゴ市内, (サン・ペドロ・デ・アタカマ, サンティアゴ／チリ), ASTE 望遠鏡での DESHIMA 搭載実験, サブミリ波観測装置開発についての研究打ち合わせ

2024/09/07–2024/09/15, デルフト工科大学, (デルフト／オランダ), 超伝導検出器開発に関する研究打ち合わせ

2024/11/21–2024/12/16, ESO ELT サイト, ESO オフィス, ASTE 観測所, Kentary Hills Hotel, (パラ

ナル, サンティアゴ, サン・ペドロ・デ・アタカマ／チリ, チエンマイ／タイ), ESO ELT にて観測装置開発研究のための ELT 視察・調査, ESO との将来計画について研究打ち合わせ, ほか
2025/03/29-2025/03/31, IRAM 30m 望遠鏡, (グラナダ／スペイン), 近傍銀河の観測研究

15. 平尾 優樹:

2024/04/27-2024/05/10, Hotel Marriott Santiago 他, (サンティアゴ, サン・ペドロ・デ・アタカマ／チリ), Workshop 「Synergies with Facilities in Chile」 参加, TAO 開所式典対応 他
2024/11/12-2024/11/27, TAO サイト, (サンペドロ・デ・アタカマ, アントファガスタ／チリ), TAO プロジェクトに関する用務
2025/01/29-2025/02/14, 南アフリカ・サザーランド観測所, (サザーランド／南アフリカ), PRIME-Cam のメンテナンス作業および光学調整

16. 櫛引 洸佑:

2024/04/28-2024/05/07, Hotel Marriott Santiago 他, (サンティアゴ, サン・ペドロ・デ・アタカマ／チリ), TAO 開所式典対応および TAO サイト視察 他

17. 紅山 仁:

2024/06/02-2024/06/11, 国立天文台ハワイ観測所, (ヒロ／アメリカ合衆国), すばる望遠鏡を用いた小惑星の観測
2024/11/10-2024/11/17, ESOC (欧州宇宙運用センター), (ダルムシュタット／ドイツ), EU-ESA Workshop on Size Determination of Potentially Hazardous Near-Earth Objects への参加, 発表
2024/12/08-2024/12/11, ESO Headquarters, (ガルヒング／ドイツ), ESO アーカイブデータに映り込んでいる地球接近小惑星の研究に関する議論

18. 吉井 譲:

2024/04/27-2024/05/07, Hotel Marriott Santiago 他, (サンティアゴ, アントファガスタ／チリ), TAO 開所式典参加および TAO プロジェクトに関する打合せ
2024/07/27-2024/08/06, 在チリ日本大使館, アントファガスタ地域政府庁舎, アルゼンチン外務省 他, (ブエノスアイレス／アルゼンチン, サンティアゴ, アントファガスタ／チリ), TAO 山麓施設用地活用に関する打合せ, TAO 国際広報に関する情報収集
2024/11/27-2024/12/03, Columbus Theatre, SFC worldwide 社, アルゼンチン外務省 他, (ブエノスアイレス／アルゼンチン), TAO サイト山麓用地活用および TAO 国際広報に関する情報収集
2025/01/26-2025/01/31, アリゾナ大学スチュワード天文台, (ツーソン／アメリカ合衆国), MAGNUM 望遠鏡レモン山天文台設置に関する打合せ

19. 益原 愛子:

2024/04/26-2024/05/06, Hotel Marriott Santiago 他, (サンティアゴ, サン・ペドロ・デ・アタカマ／チリ), TAO 開所式典対応および TAO サイト視察に関する打合せ 他

20. 笠原 のり子:

2024/08/26-2024/10/01, アンデス商事, TAO 山麓施設, (サンティアゴ, サンペドロ・デ・アタカマ／

チリ), TAO 運用体制立ち上げに関する用務

2024/10/07-2024/10/12, TAO サイト, (サンペドロ・デ・アタカマ/チリ), TAO 山麓施設運用体制立ち上げに関する用務

2024/12/03-2024/12/19, TAO サイト, (サンペドロ・デ・アタカマ/チリ), TAO 山麓施設運用体制立ち上げに関する用務

2025/02/25-2025/03/27, TAO サイト, (サンペドロ・デ・アタカマ/チリ), TAO 山麓施設運用体制立ち上げに関する用務

21. 上原 隆広:

2024/04/28-2024/05/06, Hotel Marriott Santiago, TAO サイト, (サンティアゴ, サンペドロ・デ・アタカマ/チリ), TAO 開所式典対応, TAO サイト視察

2024/09/26-2024/10/07, TAO サイト, (サンペドロ・デ・アタカマ/チリ), 天体写真撮影に関する用務

22. 橋口 剛:

2024/04/27-2024/05/07, Hotel Marriott Santiago 他, (サンティアゴ, サン・ペドロ・デ・アタカマ/チリ), TAO 開所式典対応および TAO プロジェクトに関する打合せ

2024/07/27-2024/08/06, 在チリ日本大使館, アントファガスタ地域政府庁舎, アルゼンチン外務省 他, (サンティアゴ, アントファガスタ/チリ, ブエノスアイレス/アルゼンチン), TAO 山麓施設用地活用に関する打合せ, TAO 国際広報に関する情報収集

2024/11/27-2024/12/03, Columbus Theatre 他, (ブエノスアイレス/アルゼンチン), TAO サイト山麓用地活用および TAO 国際広報に関する情報収集

2025/01/26-2025/01/31, アリゾナ大学スチュワード天文台, (ツーソン/アメリカ合衆国), MAGNUM 望遠鏡レモン山天文台設置に関する打合せ

23. 赤岩 久美子:

2024/04/27-2024/05/07, Hotel Marriott Santiago 他, (サンティアゴ, サン・ペドロ・デ・アタカマ/チリ), TAO 開所式典対応および TAO プロジェクトに関する打合せ

2024/07/27-2024/08/06, 在チリ日本大使館, アントファガスタ地域政府庁舎, アルゼンチン外務省 他, (サンティアゴ, アントファガスタ/チリ, ブエノスアイレス/アルゼンチン), TAO 山麓施設用地活用に関する打合せ, TAO 国際広報に関する情報収集

2024/11/27-2024/12/03, Columbus Theatre 他, (ブエノスアイレス/アルゼンチン), TAO サイト山麓用地活用および TAO 国際広報に関する情報収集

24. 水越 翔一郎:

2024/08/05-2024/08/10, 天文及天体物理研究所 (ASIAA), (台北/台湾), 国際研究会「10th Galaxy Evolution Workshop」への参加および発表

2024/08/30-2024/09/10, Teatro Cortesi, (シローロ/イタリア), 研究会「AGN Feedback and Star Formation, Across Cosmic Scales and Time」への参加, 発表

2025/03/05-2025/03/08, 中央研究院天文及天体物理研究所 (ASIAA), (台北/台湾), ALMA の観測提案と遠方銀河研究についての打ち合わせ

25. 辻田 旭慶：

2024/09/07-2024/12/01, テキサス大学オースティン校, (オースティン/アメリカ合衆国), 遠方の大質量銀河及びブラックホールの形成進化に関する共同研究

26. 井上 修平：

2024/12/11-2024/12/16, Korea Astronomy and Space Science Institute, (大田/大韓民国), 国際研究会「Submillimeter-wave Receiver Technology Workshop」への参加, 研究成果の発表(ポスター発表)

27. 松坂 怜：

2024/7/22-2024/07/24, ソウル大学始興キャンパス, (始興/韓国), 国際研究会(East Asian ALMA Science Workshop 2024)への参加

2024/08/04-2024/08/17, ケープタウン国際コンベンションセンター, (ケープタウン/南アフリカ), 国際研究会(XXXII IAU General Assembly 2024)への参加

2025/03/29-2025/03/31, IRM30m 望遠鏡, (グラナダ/スペイン), 近傍銀河の観測オペレーションと同観測に関する打ち合わせ

28. 倉島 啓斗：

2024/04/27-2024/05/07, Hotel Marriott Santiago 他, (サンティアゴ, サン・ペドロ・デ・アタカマ/チリ), Workshop「Synergies with Facilities in Chile」参加, TAO 開所式典対応 他

29. 妹尾 梨子：

2024/04/27-2024/05/07, Hotel Marriott Santiago 他, (サンティアゴ, サン・ペドロ・デ・アタカマ/チリ), Workshop「Synergies with Facilities in Chile」参加, TAO 開所式典対応 他

2024/07/15-2024/07/20, BEXCO, (釜山/大韓民国), COSPAR2024 への参加

30. 小口 和真：

2024/04/27-2024/05/07, Hotel Marriott Santiago 他, (サンティアゴ, サン・ペドロ・デ・アタカマ/チリ), Workshop「Synergies with Facilities in Chile」参加, TAO 開所式典対応 他

2.10.8 来訪研究者

1. David H. Hughes (INAOE, Director and PI of the LMT), F. Peter Schloerb (UMASS, Professor Emeritus, US PI of the LMT), Pamela Klaassen (UK Astronomy Technology Centre, Senior Instrument Scientist): [河野], LMT 搭載 B4R/FINER 受信機に関する共同研究打ち合わせ, 国立天文台長他との面談, 2024/6/19
2. Michael Bruno (Provost, University of Hawai'i at Mānoa), Doug Simons (Director, Institute for Astronomy, UH Mānoa), Brennon Morioka (Dean, College of Engineering, UH Mānoa), Eric Matsunaga (Director of Research and Administrative Operations, UH System), Branden Allen (Engineering Specialist Faculty and Program Lead Space Science and Engineering Initiative College of Engineering, University of Hawai'i at Mānoa), Benjamin Kudo (Counsel, Ashford & Wriston, Member, Board of

Directors, Mauna Kea Stewardship Oversight Authority), Robert Wright (Director, Hawai'i Institute of Geophysics and Planetology, University of Hawai'i at Mānoa) , [河野], 東大および国立天文台との協力に関する打ち合わせ, 2025/3/6

第3部

天文学教育研究センター木曾観測所

- 木曽観測所 〒 397-0101 長野県木曽郡木曽町三岳 10762-30 番地
- 電話 0264-52-3360, FAX 0264-52-3361
- 上松連絡所 〒 399-5607 長野県木曽郡上松町大字小川 1935 番地

表 3.1: 天文学教育研究センター木曽観測所

氏名	Internet e-mail
小林 尚人	naoto@ioa.s.u-tokyo.ac.jp
酒向 重行	sako@ioa.s.u-tokyo.ac.jp
高橋 英則	nori@ioa.s.u-tokyo.ac.jp
新納 悠	yuuniino@ioa.s.u-tokyo.ac.jp
近藤 莊平	kondo@ioa.s.u-tokyo.ac.jp
瀧田 怜	takita@ioa.s.u-tokyo.ac.jp
衣笠 健三	kinugasa@ioa.s.u-tokyo.ac.jp
森 由貴	moriyuki@ioa.s.u-tokyo.ac.jp
中地 紀子	

- 木曽観測所ホームページ <http://www.ioa.s.u-tokyo.ac.jp/kisohp/>

3.1 沿革と現状

3.1.1 始めに

木曽観測所は本年度において開所 50 周年を迎えた。それを記念して、本郷において 50 周年記念事業（於 伊藤国際学術研究センター）を、また木曽において 50 周年記念式典（於 木曽文化公園）を、数多くの来訪者を迎え盛大に実施することができた。過去におけるすべての関係者に深く感謝申し上げる。

3.1.2 沿革

木曽観測所は 1974 年（昭和 49 年）4 月 11 日に東京大学東京天文台の 5 番目の観測所として開設された。設置目的は次の通りである：

木曽観測所は 105cm シュミット望遠鏡による銀河系内外の諸天体の観測的研究を行う。木曽観測所は、全国の天文学研究者の観測研究にも供する。木曽観測所の共同利用に関する事項を審議するために、「木曽観測所共同利用相談会」が設けられている。

木曽観測所は 1974 年の設立以来、全国の関連研究者に門戸を開放し、実質的な共同利用に供する形で運営されてきた。1988 年（昭和 63 年）7 月 1 日に東京天文台が国立天文台に改組されたのに伴い、木曽観測所は東京大学大学院理学系研究科附属天文学教育研究センターの観測所となった。2004 年（平成 16 年）4 月 1 日、東京大学は独立法人となった。

これらの変化を通じて共同利用の運営方針は堅持され、全国の日文学者、大学生、延いては中高生や一般社会に対する協力を続けてきた。しかし独立法人となって以来、木曽観測所の運営にも旧来の方式を踏襲するだけでなく、責任と自由のバランスの上に新たな活動の方向を目指す必要が生じた。また、日本の天文コミュニティにおける木曽観測所の位置付けも徐々に変化した。その結果、40 年以上に亘った従来の共同利用ならびにそれを中心とした運営は 2016 年（平成 28 年）度をもって終了し、2017 年（平成 29 年）度からは木曽という優れた天文サイトとシュミット望遠鏡を特に活かすための新しい運営を開始した。

3.1.3 現状

現在の木曽観測所は、以下の 3 事業を柱として運営されている：

(1) 観測的天文学の国内拠点

木曽観測所では開所以来長い間、写真乾板が観測の主流であった。しかし、微光天体を高感度かつ精密に測定する必要から CCD を用いた固体撮像技術を導入し、2017 年度までは、8K×8K の木曽広視野カメラ (KWFC: Kiso Wide Field Camera, 2012 年度公開) がシュミット望遠鏡の主力観測装置として使われてきた。並行して、CCD 素子に変わりうる高性能な CMOS 素子を用いた次世代の装置として超広視野 CMOS カメラ「Tomo-e Gozen」の開発を進めてきた。本装置は 2019 年度 10 月より本格運用を開始し、大量の「天文ビッグデータ」を安定的に生み出しているが、全国の共同研究者による様々な天文プロジェクトがそれを活用して科学的成果を着実にあげている。

木曽観測所では、2017 年度まで KWFC を用いた共同利用を続けてきたが、法人化以降全国共同利用の役割は国立天文台に十分移行しており、また国内でも西はりま天文台など中小望遠鏡の基本的な共同利用を実施する施設が整備された。そのような状況を鑑みて、木曽観測所の共同利用機関としての役割を終了し、木曽という優れたサイトと広視野シュミット望遠鏡を活かした東大独自の天文学研究ならびに装置開発のための機関とすることにした。ただし、全国の日文学者には望遠鏡と装置を今まで通りオープンにし、「大学間共同研究」として

自由に参加していただく形態をとることとした。2018年度から、この新しい形態を新装置 Tomo-e Gozen を用いて実施しているが、学外の数多くの研究機関・大学からの積極的な参加を迎え、天文コミュニティによる木曽観測所を用いた天文学・装置開発が活発に進められている。

2024年度は、前年度に SINET6 に繋がり開通した木曽観測所の高速ネットワークの運用が順調に進み、山間部にある天文台としては通常考えられない超高速のデータ転送が通常化した。木曽山中にある天文台が大都市圏にある研究機関と同等のデータ転送力を持つことで、木曽観測所が本格的な”ビッグデータ天文台”へ移行したことになる。その結果、国立天文台天文データセンター SMOKA へのデータアーカイブも SINET6 を通して簡易にできるようになったが、ハードディスクの輸送に依存していた過去の形態と比較すると隔世の感がある。

木曽観測所の観測の成果と新しい観測計画等を討議するため、毎年「木曽シュミットシンポジウム」をシュミットを用いた天文学の交流の場として開催している。今年度は、2024年5月15-16日の2日間にわたり、木曽福島保健センター「おらが自慢演芸場」とオンライン（Zoom）によるハイブリッド形式で開催した。現地とzoomを合わせて多くの若手研究者や学生を含む計100名近い多数の参加者を得て、成果発表および議論が活発に行われた。

(2) 学生教育の拠点

観測実習を中心とする天文教育は、研究と並んで大学観測所としての最も重要な任務である。木曽観測所は、実際の観測研究施設を体験できるだけでなく、国内望遠鏡としては大人数の宿泊が可能なほぼ唯一の施設であり、ユニークかつ効率的な実習が実施できる点に大きな特徴がある。東大の学生はもちろんのこと、日本全国の大学から学生実習を受け入れている。木曽観測所では毎年東京大学理学部天文学科3年生の観測実習が実施されている。今年度も秋に2回の実習が行われ、3年生8名が実際に望遠鏡を用いた観測、データ解析、ならびに考察までの一連の流れを経験するコースを履修した。また東大以外でも、データ解析を含む大学実習を、三重大学、文教大学、東京学芸大学、大妻女子大学が合同で学生15名に対して、甲南大学が学生16名に対して夏季に行った。さらに、東京電機大学、法政大学が合同で学生18名に対して冬季に実習を行った。また、名古屋柳城女子大学による保育実践演習プログラムが今年度も実施され、学生12名が木曽観測所の自然環境において初等教育プログラムを作成する実習を行った。

木曽観測所は、東大の天文教育施設としての価値はもとより、自前の望遠鏡を持たない全国の大学が使える貴重な合宿型の天文教育施設としてもその価値を増しており、観測所の最も大切な役割の1つとして実習の受け入れを続けている。

(3) 社会還元ならびに地域連携

最先端の研究の成果を社会に還元することは、広い意味での教育活動として大学に課された重要な任務である。またフィールドに位置する東大の施設として、その活動を円滑に進めるためには地域との密接な連携は欠かせない。木曽観測所では青少年に対する科学教育を活動の柱の一つとし、「地域特別授業」、「銀河学校」、「星の教室」などのアウトリーチ事業を長年行ってきた。また2004年には、観測所をサポートする形で地域有志から成る「木曽星の会」、2020年には「木曽観測所サポーターズクラブ」が結成され、これらの団体を通じた教育普及活動も活発に行われるようになった。木曽観測所ではこのように一般向けのアウトリーチを国内の天文コミュニティに先駆けて行い、さまざまなイベント等を通じてそのパイオニアとしての役割を果たしてきた。

近年、こういった活動の枠組みが社会還元や地域連携として広く認識されるようになり、大学事業におけるその重要性が年々謳われるようになってきている。木曽観測所は開所以来さまざまな形で全所員が地域連携/社会還元の努力を続けてきたが、2017-2021年度まで続いた地元県町村との「木曽星の里づくり推進協議会」を通じてその活動を公式に整理し、現在はそれを発展させる形で、地元木曽郡を代表する公的機関である木曽広域連合や県町村との連携を進めている。

本年度は特に、木曽観測所50周年を記念して数多くのイベント等が観測所やサポーターズクラブを中心に実

施された結果、長野県や地元町村との繋がりが深まる良い結果となった。その最後を飾った12月8日の50周年記念式典では、理学系研究科長はじめ理学系、天文センターのスタッフが長野県下の数多くの関係者を招き、研究科長から阿部長野県知事をはじめ観測所が地元でお世話になっている方々に感謝状が渡され、終始和やかな雰囲気の中で沢山の方からお祝いをいただいた。

今年度より年間を通して「木曽観測所サポーターズクラブ」による観望会等が活発に行われるようになり、50周年記念式典でもその終わりに土星食の電子観望を行うなど活躍が目立った。引き続き、今後の観測所の地域連携・社会還元活動を強力にサポートしてくれると期待している。また、「長野県は宇宙県」連絡協議会との連携に加え、「木曽星の会」など多方面と連携した活動を進めた。

昨今の日本の経済状況などの境界条件の変化により、大学の多くの施設、とくに地方の小施設はその運営の効率化や省力化を強く求められている。木曽観測所ではこの15年間さまざまな努力を行い、観測の完全自動化も含めた効率的な運営体制への移行に成功している。さらにネットワークや計算機・解析環境の整備が進むことで、東大の国内施設に相応しい、研究と教育そして社会還元・地域連携が融合された施設として新しい形の大学施設となることが期待される。

3.2 木曽観測所の活動

ここでは、木曽観測所事業の3つの柱に沿って、今年度の活動内容についてまとめる。

まず「観測的天文学の拠点」としての活動について、主力装置 Tomo-e Gozen の開発についてまとめ (§3.2.1), Tomo-e Gozen を用いた研究について紹介する (§3.2.2)。こういった観測天文研究を支えるベースとして、望遠鏡とドームの保守ならびに整備 (§3.2.3) は常に観測所運営の要であり、毎年度数多くの作業等が着実に行われている。さらに、Tomo-e Gozen では多くの計算機が運用されており、計算機の保守・整備 (§3.2.4) やネットワーク・通信機器の保守・整備 (§3.2.5) も重要な項目となっている。木曽観測所で得られた観測データ等はアーカイブされ、広く一般に公開されている (§3.2.6)。観測所とその所員による成果を、所員の研究活動 (§3.2.7)、論文および出版物 (§3.2.8)、そして学会・研究会等での報告 (§3.2.9) にまとめた。次に「学生教育の拠点」としての活動については、例年通りに順調に実施された東大ならびに他大学による観測解析実習 (§3.2.10) を簡潔にまとめた。

最後に、「地域連携ならびに社会還元」として、さまざまな地域貢献事業をまとめて紹介し (§3.2.11)、また主に中高向けの教育 (パブリックアウトリーチ)・広報活動について (§3.2.12) にまとめた。さらに、2024 年度は木曽観測所 50 周年にあたり様々な記念事業を実施したため、それらを (§3.2.13) にまとめた。

3.2.1 木曽広視野動画カメラ Tomo-e Gozen の開発

Tomo-e Gozen は 2 fps の連続撮像が可能な視野 20 平方度の CMOS カメラと、それに直結した大規模データ処理部からなる 105cm シュミット望遠鏡用の広視野動画観測システムである。84 台の高感度 CMOS センサがシュミット望遠鏡の $\phi 9$ 度の視野を覆う。以下に今年度に行った Tomo-e Gozen の開発の詳細をまとめる。

● 機械学習を用いた突発現象アラートシステムの開発

(笹岡, 酒向, 瀧田, 新納, 森 (東京大学); 富永望 (国立天文台); 高橋一郎 (東京科学大学); 田中雅臣 (東北大学); 田口 健太 (京都大学))。広視野 CMOS カメラ Tomo-e Gozen による高頻度の広域サーベイにおいて、その検出のほとんどは画像の差分処理の失敗に起因する誤検出である。Tomo-e Gozen ではそれらの検出に対して、画像ベースの畳み込みニューラルネットワーク (CNN) と特徴量ベースのランダムフォレストモデルを直列に組み合わせることで誤検出を大幅に減らしているが、依然として、それらの出力を自動追観測用のアラートとして用いるには、誤検出の除去精度が約 1 桁不足している。

本研究では、広域サーベイの観測方法とランダムフォレストモデルで使用する特徴量の種類を変更・追加することで誤検出の除去精度を改善する研究をおこなった。結果、80%以上の TPR (真陽性率: 真の天体現象を正しく判別できる確率) と 7.5% 以下の FPR (偽陽性率: 誤検出を天体現象とみなしてしまう確率) を達成する正誤判定モデルの構築に成功した。これにより一晩に発生する誤検出の数は数件程度まで減少した。加えて本研究では、関連する天文カタログを特徴量に取り入れたランダムフォレストモデルを用いて、突発現象の要因を推定する分類器も構築した。これにより、超新星、激変星、フレア星など 7 つの分類の確率を出力することが可能となった。このアラートシステムによって SN 2024iez, AT 2024aexk の二件の突発現象候補の発見報告を行った。また、アラートとして通知された天体は web ページに掲載しており、東京科学大学 MITSuME 望遠鏡の観測スクリプトに読み込まれるなどの形で、Tomo-e Gozen の検出を起点とした追観測ネットワークの構築も行った。

● mdx 上での Tomo-e Gozen データプラットフォームの開発

(瀧田, 酒向, 森, 高橋, 近藤, 小林, 新納; Tomo-e Gozen 開発チーム)。東京大学・柏キャンパスにある mdx (データ活用社会創成プラットフォーム; <https://mdx.jp>) では、従来のスパコンのような単一環境 (OS, ソフトウェア) の時間利用とは異なり、ユーザが自分自身で専用の環境を構築する仮想マシンとして

利用可能である。また木曽観測所と SINET との接続が 2023 年 4 月になされたことで、木曽観測所から mdx まで理論上最大 10 Gbps の速度でデータ転送が可能となった。そこで mdx に仮想環境を構築し、そこで Tomo-e Gozen のデータプラットフォームの開発を進めている。mdx では使用リソース (CPU, ストレージ等) に応じて使用料が発生するが、JHPCN 共同利用課題により負担されている。

前年までに、木曽観測所から mdx へのスタック画像のリアルタイム転送は実現している。このリアルタイム転送を応用することで、スタック前の動画データについても mdx への転送を可能にした。データアーカイブシステムを構築するために、mdx に転送されたスタック画像データからヘッダ情報を読み取り、観測ログを生成している。観測所の運用システムとは異なり、mdx 上の観測ログはトランザクションより読み出し性能が重要である。そこで列指向型データベースとその標準フォーマットである Apache Arrow 形式を採用した。観測中は 30 分ごとに、観測が終わった朝 6 時に観測ログを生成してアーカイブシステムを運用している。このアーカイブシステムでは簡易的なユーザ管理を行い、アクセスコントロールをかけることで、木曽観測所の計算機にログインせずに観測直後のデータにアクセスが可能となっている。この仕組みにより、観測実習等におけるデータアクセスにも応用が可能である。現状では mdx には 2024 年以降のデータしか転送されていないため、木曽観測所内のアーカイブシステムとのパフォーマンスの比較はまだである。来年度以降に過去の観測データも mdx に転送することで、mdx 上のアーカイブシステムの本格運用を目指す。

Tomo-e Gozen の更なる利用促進のために、現状では利用シーンの限られている動画データの活用を検討も進めている。一つは高速移動天体検出パイプラインが生成する、動画中の各フレームに対する測光データの再利用である。この測光データは in-memory でのみ消費されているため、これをファイルに出力する必要があった。さらに、測光データのキャリブレーションを行うためには十分な大きさのアパーチャでの測光が必要であり、このために複数回の測光を行うことになった。その結果データ解析にかかる計算時間が大幅に増えることになり、データの取得から大幅に遅延することが判明した。このために解析用の計算機を拡充することにした。

二つ目は、動画データそのものをアーカイブする計画である。2024 年末から Tomo-e Gozen のサーベイ計画の一部に動画データサーベイが追加されている。動画データは木曽観測所内ではおよそ一週間で削除されるために、その前にデータを救出する必要がある。これは前述の mdx へのスタック画像のリアルタイム転送を応用することで、動画データに対してもリアルタイム転送を実現している。一時間の動画サーベイで発生するデータ量はおよそ 2.5 TB であり、今年度については mdx で利用するストレージ容量を注視しながら行っている。

● Tomo-e Gozen Sky Atlas の更新

(瀧田, 酒向, 森, 高橋, 近藤, 小林, 新納; Tomo-e Gozen 開発チーム). Tomo-e Gozen Sky Atlas は毎晩の観測データを即時公開することで、天文学の教育普及にも活用可能なサービスである。これの改良・機能強化は随時行っている。

Tomo-e Gozen では 2025 年 1 月現在で 55 個の NEO を発見している。これらの天体について、実際の観測データでどのように見えているのかが不明であった。そこでこれらの天体について発見時の座標を抽出し、Sky Atlas に組み込んだ。対象の天体を選択すると、その天体を発見した日付のデータ、その場所にジャンプする機能も導入した。Sky Atlas にデータのある期間では 44 天体がリストアップされている。

その他に名古屋市科学館と協力して、Deep Stack 画像の改善作業を行っている。Deep Stack 画像では、もともとのデータに対して一律で背景レベルを 0 に揃える処理を行っているため、アンドロメダ銀河に代表されるような広がった天体周辺では画像に段差を生じている。教育・広報利用のためには、このような段差のない画像が求められるため、背景レベルの調整により段差の除去を目指している。

3.2.2 Tomo-e Gozen を用いた研究

Tomo-e Gozen は 2019 年 10 月の本格運用開始以来安定して稼働しており、定常的に広天域のサーベイ観測を行なっている。広天域サーベイ観測データを用いた突発天体サーベイ (§3.2.2.1) では Tomo-e Gozen の広視野撮像能力と高い観測効率を活かした突発天体の早期発見が行われており、取得したデータから突発天体を探し出す自動解析ソフトウェアのアップデートによって新天体の独自発見も恒常に行えるようになった (§3.2.1)。また、Tomo-e Gozen の突発天体サーベイで発見された天体に対して様々な観測装置を用いた追加観測も実施されている。広域探査観測のデータは地球接近小惑星のサーベイにも活用されており、従来の探査よりも暗い小惑星を検出するためのソフトウェア開発も行われている (§3.2.2.2, 3.2.2.18)。さらに、新たに出現する天体だけでなく既知天体の日々の光度変化を追跡し、その性質を調べる研究も進んでいる (§3.2.2.3)。天文現象の研究に加え Tomo-e Gozen のサーベイ観測データは人工天体の調査にも利用されており、地球接近小惑星サーベイの解析によって発見された移動天体候補データに基づいたスペースデブリ等の軌道決定とカタログ化 (§3.2.2.15) や、人工天体ライトカーブの分析 (§3.2.2.16) が行われている。また、地球低軌道の人工物体を動画から迅速に検出するために GPU を活用して計算を加速させる技術開発 (§3.2.2.17) も進められている。

2024 年度には従来から行われてきた広天域探査観測に加えて毎晩行う定常観測として、各晩毎に特定の視野を数十分程度以上動画で監視する動画サーベイ観測を開始した。毎晩取得される動画データによって Fast Radio Burst の可視光対応天体探査 (§3.2.2.4) や、恒星の短時間スケールでの光度変化を捉える研究 (§3.2.2.5)、秒スケールの可視光突発天体の探査 (§3.2.2.6) が行われている。さらに、定常的なサーベイ観測に加えてさまざまなサイエンスプログラムがキャンペーン的に実施されている。重力波やニュートリノで捉えられたマルチメッセンジャーの天文現象の可視光対応天体を探す追観測 (§3.2.2.7, 3.2.2.8)、星生成領域を対象として若い星の時間変動を捉えるための動画観測 (§3.2.2.9)、X 線望遠鏡と連携した変動天体の高速同時観測 (§3.2.2.10, 3.2.2.11)、狭帯域フィルターを用いた金属欠乏星探査観測 (§3.2.2.12) といった研究が進行中である。Tomo-e Gozen の動画観測能力をさらに活かした研究を推進するため、物体検出アルゴリズムを使用して動画の中に突発的に現れる天体を高い効率で検出する手法 (§3.2.2.13) や、異常検知のアルゴリズムを利用して天体ライトカーブから特異なイベントを抽出するソフトウェア (§3.2.2.14) の開発も進められている。

3.2.2.1 突発天体探査

富永望 (国立天文台); 田中雅臣 (東北大学); 諸隈智貴 (千葉工業大学); 酒向重行, 瀧田怜, 新納悠, 張天放, 越諒太郎, 笹岡大雅, 小林尚人, 青木勉, 征矢野隆夫, 樽沢賢一, 森由貴, 高橋英則, 近藤莊平 (東京大学); 大澤亮, 土居守 (国立天文台); 高橋一郎 (東京科学大学); 和泉玲央 (電気通信大); 有馬宣明 (日本大学); Jian Jiang (中国科学技術大学); 前田啓一, 川端美穂, 田口健太 (京都大学); 川端弘治, 中岡竜也 (広島大学); 山中雅之 (鹿児島大); 池田思朗 (統計数理研究所); Joao Pedro Pedrosa (University of Porto)

Tomo-e Gozen の広視野撮像能力と、読み出し時間がほぼゼロであることによる高い観測効率を活かした突発天体広域探査観測を実施している。1 晩の間に同じ領域を数時間あけて複数回観測することにより、超新星ショックブレイクアウト等の超新星爆発の早期発見を主目的とし、同時に他の種の突発現象の早期発見も実現する。特に、光赤外線大学間連携内の望遠鏡群と連携し、発見後速やかに即時追観測観測を行っている。

1 視野あたり 2 Hz のデータを 12, 18 枚連続 (計 6, 9 秒間) 取得し、 2×2 dithering でセンサ間ギャップを埋めるような観測をベースとしている。「ある時間 cadence で望遠鏡の移動量を最小かつ 3 回以上の観測が行われる領域の面積を最大にする観測順序の決定スクリプト (Pedrosa et al. in prep.), さらにそのスクリプトを改善したもの (§3.2.1) を用いて、1) 夜の最初に各領域 1 回ずつの観測 (約 3 時間, 18 枚連続, 9 秒間), 2) 真夜中に南中する領域の周辺約 2,000 平方度を約 30 分-1 時間 cadence で観測の 2 つのサーベイモードから構成されている。これらのデータは、早期超新星の探査以外にも、地球接近小惑星サーベイ (§3.2.2.18)、小惑星の位相角曲線の研究、Fermi γ 線源未同定天体の対応天体同定、矮新星、新星の研究等に用いられている。

超新星探査専用データ解析は、観測所計算機室に置かれている専用サーバ (shinohara1-shinohara12) で行っている。またデータベース用計算機 gwdata, gwdata2 を導入している。1 次処理されたデータに対し引き算を行い、その引き算画像に対して天体検出を行っている。

2024 年度には、突発天体パイプラインは安定して運用された。機械学習による分類や即時天体発見システムのアップデート (§3.2.1) により、Tomo-e による超新星の発見、および MITSuME 望遠鏡による追観測が行われた。そのうち SN 2024acn に対しては、MITSuME 望遠鏡、せいめい望遠鏡、Gemini 望遠鏡を用いた継続追観測が行われた。

3.2.2.2 重ね合わせ法による高速移動微小天体検出

奥村真一郎, 浦川聖太郎 (日本スペースガード協会); 柳沢俊史, 吉川真 (宇宙航空研究開発機構); 大澤亮 (国立天文台); 酒向重行, 高橋英則 (東京大学); 紅山仁 (東京大学/コートダジュール天文台); 吉田二美 (産業医科大学)

直径 10 m 前後の微小天体を詳しく調査し、力学的特性や鉱物学的特性を明らかにする事によりその物理的・力学的、鉱物学的進化を調べることができる。加えてその起源天体である族、さらにその起源となる始原天体の進化や形成過程の理解、太陽系小天体の形成・進化の理解を深めることになる。このような微小天体の表面物性や自転周期などの物理特性を地上観測で調べるには、地球に接近する軌道を持つ小惑星 (以下、NEO) で微小サイズのものが地球に近づいたタイミングでないと詳細な観測は実施できないため、観測対象としての数は多くはなく観測機会が極めて少ない。太陽系小天体の進化過程を明らかにするためにも、プラネタリーディフェンスの観点からも、まずは微小サイズの NEO をなるべく多く発見することが重要である。

Tomo-e Gozen のサーベイ観測データを用いた解析から微小な NEO が多く発見されているが、2 fps (0.5 秒露出) のデータから移動天体を抽出しているため検出限界は約 17 等にとどまっている。われわれはさらに暗い、小さいサイズの NEO を大量発見できるシステムの開発を進めてきた。本システムは、様々な移動方向・移動速度を仮定してずらしながら重ね合わせることで検出限界を深め、0.5 秒露出の動画からは検出が難しい微小な高速移動 NEO の大量検出を目指すものである。

2020 年度に専用計算機を木曾観測所に導入、その後プログラムの改修・最適化を進め、84 チップのうち半分の 42 チップ分に限定すればリアルタイムに近い速度で処理が実施できるまでになった。大量に検出される人工天体については、TLE (Two Line Elements) と照合し既知のものはすぐに同定できるシステムを組み込んだ。また本研究課題の重要な部分である、検出した候補天体の軌道を定めるための即時追跡観測については美星スペースガードセンターを用いて 2022 年 5 月に試験観測に成功している。

PC にトラブルが発生したため 2024 年以降の作業が滞っているが、多くの移動天体候補から目的の天体を抽出するプログラムの開発を進めると同時に、リアルタイムで 84 枚全チップのデータ処理を可能にするために GPU 搭載マシンを木曾観測所に導入して重ね合わせ処理能力を補強する作業を進めている。

3.2.2.3 Tomo-e Gozen によるブレーザーの変光観測

張天放, 酒向重行 (東京大学・天文学教育研究センター); 小久保充, 土居守, 富永望, 大澤亮 (国立天文台); 田中雅臣 (東北大学)

私たちは、Tomo-e Gozen サーベイを活用し、4LAC カタログに記載された過去に異常に高い光度変動性を示し、かつ γ 線光子指数が 2 から 2.6 の範囲にあるブレーザー (FSRQ が 166 天体、BL Lac が 145 天体) を継続的にモニタリングした。さらに、Fermi/LAT のデータと組み合わせることで、これらの天体のいずれかに増光が検出された際には、迅速に追観測を実施することができる。追加の ToO 観測は主に OISTER ネットワークによって行われ、分光観測は主にせいめい望遠鏡の KOOLS-IFU を用いて、また多色測光観測は主に MITSuME によって行われた。2024 年 3 月から 6 月にかけて、私たちはこの観測体系を高変動性ブレーザー OP313 に適用

し、その爆発期におけるシンクロトロンピーク周波数のシフトを確認することに成功した。この Tomo-e Gozen を中心とした観測体制は非常に有効であることが示され、この種の Changing-Look Blazar (CLB) に対する理解を深め、活動銀河核の統一モデル構築に重要な手がかりを提供することができた。

3.2.2.4 Fast Radio Burst の可視光対応天体探査

新納悠, 酒向重行, 松林和也, 有馬宣明, 茂山俊和, 戸谷友則 (東京大学); 富永望, 大澤亮, 小久保充, 土居守 (国立天文台); 田中雅臣, 檜山和己 (東北大学); 新沼浩太郎 (山口大学); 太田耕司, 前田啓一, 川端美穂, 野上大作 (京都大学); 諸隈智貴 (千葉工業大学); Ji-an Jiang (中国科学技術大学); Di Li, Chao-Wei Tsai, Pei Wang, Chen-Hui Niu (National Astronomical Observatories of China); 橋本哲也 (National Tsing Hua University); Michael Richmond (Rochester Institute of Technology)

起源や発生メカニズムの解明されていない天体電波突発現象である Fast Radio Burst (以下 FRB) の正体にせまる手がかりを得るため、Tomo-e Gozen を用いた FRB 可視光対応天体の探査を進めている。FRB からの可視光放射成分探査には短時間放射を捉えるための高い時間分解能が求められる。FRB には繰り返し電波パーストを起こす repeating FRB と一回限りの non-repeating FRB があることが知られており、Tomo-e Gozen は可視光において秒以下の時間スケールの放射に感度を持つと同時に広い視野で一回限りの突発現象を探すことにも長けた稀有な装置である。

Non-repeating FRB の可視光放射を探査するため、カナダの広視野電波観測装置 Canadian Hydrogen Intensity Mapping Experiment (CHIME) との電波-可視同時広視野観測による FRB 探査を推進中である。これまで CHIME との同時 FRB 探査観測は不定期に行われてきたが、2024 年度には Tomo-e Gozen での定常的な動画サーベイ (Tomo-e Video Monitoring Survey) の開始にあわせて FRB 探査観測もこの定常動画サーベイの一環として行う体制に移行し、データの取得を加速した。

3.2.2.5 トモエ動画全北天サーベイによる恒星の秒スケール変動探査

直川史寛 (東京大学); 逢澤正嵩 (茨城大学); 檜山和己 (東北大学); 大澤亮 (国立天文台); 酒向重行 (東京大学);

秒～分スケールの恒星の変動現象は従来の CCD センサによる可視光天文観測では未開拓の領域であった。我々は広視野動画サーベイ能力を有する Tomo-e Gozen を使い、主に M 型星や白色矮星を対象に、そのような天体現象の無バイアスな探索に取り組んできた。実際に M 型星の動画モニタ観測により 22 件の高速フレアを検出した (Aizawa *et al.*, 2022, PASJ, psac056)。今年度は、本科学目標に最適な動画全北天サーベイの開始に伴い、サーベイデザインや探索戦略等の検討を行った。特に白色矮星周りの系外惑星探索を念頭に、サーベイの最適化の議論・実装のほか、計画中のサーベイ戦略による当該現象発見の期待値の見積もりを行った。

3.2.2.6 地球影領域での秒スケール突発天体探査観測

有馬宣明 (日本大学); 土居守 (国立天文台); 酒向重行, 新納悠 (東京大学); 富永望, 大澤亮 (国立天文台); 田中雅臣 (東北大学); Michael Richmond (Rochester Institute of Technology); 阿部新助 (日本大学)

我々は Tomo-e Gozen の毎秒 1 フレームの時間分解能と約 20 平方度の広視野の両方を活かした、地球影領域に向けた秒スケール突発天体探査観測を行っている。地球影領域とは、人工衛星やスペースデブリといった人工天体が太陽光の反射によって短時間 ($\lesssim 0.1$ s) で点源として写る誤検出数を最小化する、静止軌道 (地球表面から高度 35,786 km) 上における地球の影となる領域 (直径 $\phi \sim 18$ deg) である。この観測により典型的に十秒

以上の読み出し時間を要する CCD を用いた従来の可視光サーベイ観測では捉えることのできなかった、秒やそれ以下の未開拓なタイムスケールの可視光突発天体の発見を目指している。

2019 年 11 月から 2020 年 3 月にかけて本プロジェクト観測 “Earth Shadow Survey” を実施し、約 50 時間分のデータから連続した 2 フレームのみ (= 2 秒以下) で写る突発天体候補 (以降, Tomo-e flash と呼ぶ) を 1 天体発見した。Tomo-e flash の 2 フレーム目にみられる 10 秒角程度の星像の広がり (視野星から測定した seeing サイズは約 3 秒角) について (1) 大気揺らぎによる PSF の歪みによる可能性, および (2) 小天体同士の衝突による発光というシナリオについて考察したが, 短時間露光における PSF の歪みの分布や検出期待値の観点からどちらのシナリオも Tomo-e flash を説明し難いことがわかった (有馬ら年次報告 2023)。

Tomo-e Gozen の試作機 (以下, Tomo-e PM) による過去の毎秒 2 フレームでの地球影観測において, Tomo-e flash が 1 イベント検出されていた。これを受けて, flash 画像の楕円率に基づく比較を行った。その結果, 2 つの Tomo-e flash はいずれも視野内の恒星と比較して楕円率が大きく, 共通した特徴を有することが示唆された。このような Tomo-e flash の複数検出は, 統計的性質の解明に向けて重要である。そこで, 地球影を対象とした動画観測データの蓄積を, これまでの約 4 倍となる計 200 時間に増やす計画を進めている。さらに, 今年 4 月からは, 毎晩実施している high-cadence サーベイの合間を利用し, 観測可能な夜の深夜 0 時から 1 時間を地球影の観測に充てるスケジュール観測も開始された。2025 年 5 月時点で新たに約 25 時間分のデータを取得しており, これまでの観測分と合わせて約 75 時間のデータが取得されている。

3.2.2.7 重力波イベント追観測

(新納悠, 酒向重行, 瀧田怜, 越諒太郎, 笹岡大雅, 茂山俊和 (東京大学); 諸隈智貴 (千葉工業大学); 富永望, 大澤亮, 土居守 (国立天文台); 田中雅臣 (東北大学); 高橋一郎 (東京科学大学))

昨年度より LIGO-Virgo-KAGRA Collaboration による重力波検出器の第四期観測ラン (O4) が開始され, 当初予定より延長されて 2025 年 10 月まで実施される予定である。現在の重力波検出器による重力波イベントの決定精度は典型的に数 100–1000 平方度程度となっており, 対応天体の探索には高い広域走査能力が求められる。Tomo-e Gozen は 20 平方度におよぶ視野と速い読み出し速度によって重力波イベントの広い誤差領域を素早く探索するのに適した性能を持っており, 木曾観測所では重力波イベント発生の際にアラートに自動で即応して誤差領域を観測するシステムを運用して重力波イベントの追観測を行なっている。自動追観測システムによって O4 開始から継続的に重力波イベントアラートに対応した追観測が実施されており, 追観測で取得したデータは通常の突発天体探索 (§3.2.2.1) と共通の解析パイプラインによって自動的に処理されて対応天体候補が探索されている。O4 開始以来有力な電磁波対応天体は見つかっていないが, 自動システムによる追観測およびデータ解析が円滑に行われることを確認している。

3.2.2.8 スーパーカミオカンデニュートリノバースト追観測

(新納悠, 酒向重行 (東京大学); 富永望 (国立天文台); 田中雅臣 (東北大学); 高橋一郎 (東京科学大学))

大質量星が重力崩壊型超新星 (CC SN) に至る過程は長年解決されていない天文学の大問題である。その過程の全貌を解明する最も重要な機会は銀河系内で発生する CC SN の観測であり, 次に銀河系内で CC SN が発生すればニュートリノや重力波といった非電磁波信号によって恒星中心部での物理過程が観測され CC SN の発生メカニズムの理解が飛躍的に進むことは間違いない。一方, CC SN を引き起こした親星がどのような星であったのかその星が爆発の直前にどのような状態にあったのかといった CC SN 発生の初期条件とも言うべき重要な情報を得るためには, 銀河系外の CC SN 観測の場合と同様に電磁波での早期観測が欠かせない。

数十年から100年に一度と考えられる貴重な銀河系内CC SN発生の機会にCC SN発生過程の包括的な理解を得るためスーパーカミオカンデ(SK)によるニュートリノバーストの検出に即応してCC SN発生初期の可視光放射をとらえる追観測体制を構築する。2024年度にはSKからGCN Noticeを通じて発せられるニュートリノバーストアラートに対応して可視光追観測を自動的に実施する仕組みを従来から木曾観測所で運用されている自動追観測システム (§3.2.2.7) に組み込んだ他、トモエゴゼンとSKのプロジェクト間で覚え書きを取り交わしてGCN Noticeを通じた公開の対象にならないlow-level alert (天文現象である確度の低いニュートリノバースト) についても連携した観測を行う体制を築いた。2024年度中には1件low-level alertに対する追観測が実施され、対応天体の発見には至らなかったものの、実際に連携観測を実施できる体制が確認された。

3.2.2.9 前主系列星フレアの探査

根津正大, 新納悠, 小林尚人 (東京大学)

低質量の前主系列星であるTタウリ型星は、さまざまなメカニズムによって可視光での変動を示すことが知られている。中でもフレアは、放射される硬X線が原始惑星系円盤のイオン化を促し、質量降着率の変化や化学組成に大きな影響を及ぼす現象であり、円盤進化や惑星形成の過程を理解する上で極めて重要である。こうした背景を踏まえ、X線観測では前主系列星におけるフレアの統計的理解が進んでいるものの、放射エネルギーの大きい大規模なフレアしか捉えられていない。そこで、Tomo-e Gozenを用いて無バイアスに選定した多数のTタウリ型星を対象にモニター観測を行うことで、これまで十分に捉えられてこなかった短時間・小エネルギーのフレアを多数検出し、その統計的性質を明らかにすることを目的として研究を進めている。

これまでに、おうし座分子雲中の数十個以上のTタウリ型星を対象とした合計約40時間の観測が完了している。これまでの解析で、約30個のTタウリ型星の光度曲線から明瞭なフレアを2件検出しており、その発生頻度は数個のTタウリ型星のみを対象とした先行研究と矛盾しない結果が得られている。統計的により有意な結論を導くためには、さらに多くの観測と解析が必要である。

3.2.2.10 Tomo-e GozenとNICERによる可視光・X線高速同時観測

木邑真理子 (金沢大学); 酒向重行 (東京大学); 根来均 (日本大学); 山田真也 (立教大学); 岩切渉 (千葉大学)

2024年度は、2018年にアウトバーストを起こしたブラックホールX線連星MAXI J1820+070について、アウトバースト前半のTomo-e Gozenの67Hzの可視光ライトカーブ、NICER望遠鏡の0.015秒積分のX線ライトカーブを用いて、ミリ秒スケールのスパイク状のフレアの重ね合わせショット解析を行った。解析結果はKimura *et al.* (2025, PASJ, 77, 61) で出版済である。主な結果は、(1) 可視光のショットはX線のショットより細く、可視光放射の起源がブラックホール近傍の降着流やジェットの根元で起こるシンクロトロン放射である可能性が高いこと、(2) 可視光ショットとX線ショットの振幅と継続時間の時間進化は相関しておらず、X線領域ではジェットからの放射の寄与は少ないと考えられることである。可視光ショットよりもX線ショットの方が形状の非対称性が高く、同時発生していた準周期振動(QPOs)のコンタミによりショットの形状が変化している可能性もある。現在、QPOsとフレアの関係を探るべく、ショット解析とライトカーブのシミュレーションを行っている。

加えて、2023年1月から2月にかけてアウトバーストを起こした矮新星GK PerのTomo-e Gozen・NICERによる高速同時観測データを解析した。解析結果をまとめた投稿論文が、先日ApJで無事acceptされた(Kimura *et al.*, 2025, ApJ)。主な結果は、(1) Tomo-e Gozenのデータはアウトバースト終了間際に取得され、パルスやQPOsを検出できなかったものの、比較星よりも光度変動の幅が大きかったこと、(2) このGK Perの変動は、

過去にも観測されていた flickering である可能性がある, (3) 可視光と X 線の同時観測のライトカーブの相関は弱く, 円盤や伴星の X 線照射由来と考えられる数秒程度の可視光変動の遅れは検出できなかったことである. QPOs の原因として, 円盤の一部が鉛直方向に広がり, その領域が白色矮星近傍からの高エネルギー光子により加熱され, 周期信号が見えるという可能性があるが, その照射のソースは X 線を放射する降着柱ではなく, 紫外線を放射する白色矮星や円盤内縁部ではないかと考えられる.

3.2.2.11 マイクロエーサー SS 433 の XRISM と Tomo-e Gozen の連携観測

酒井優輔, 山田真也 (立教大学); 志達めぐみ (愛媛大学); 町田真美 (国立天文台); 新納悠, 酒向重行 (東京大学・天文学教育研究センター)

2024 年 4 月 10 日~14 日および 2025 年 3 月 26 日に, X 線分光撮像衛星 XRISM によりマイクロエーサー SS 433 の観測を実施した. これらの観測期間中に, Tomo-e Gozen による同時光学観測も行った. Tomo-e Gozen の観測は, 2024 年 4 月 10 日, 12 日, 14 日にそれぞれ約 50 分間, 2025 年 3 月 26 日には約 130 分間の露光時間で実施した.

2024 年の観測では, 連星の軌道周期 (13.1 日) に基づき, 降着円盤の食中および食外の状態が捉えられた. Tomo-e Gozen の波長帯域では, 主に伴星および降着円盤からの放射が検出されと考えられる. Gaia G バンドに基づくフラックス較正の結果, 食中では 13.3 mag, 食外では 12.8 mag の明るさが得られた. 特に食外の観測では, 200 秒程度の短い時間スケールで約 1.2 倍の明るさの増加が 2 回確認されており, これは降着円盤に由来する短時間変動 (フレア) の可能性を示唆している. 一方, 食中での明るさは安定しており, 降着円盤からの放射が遮蔽されていることと整合的である. また, 2025 年の観測では, 軌道位相 0.75 付近 (伴星と降着円盤が視線方向で最も重ならない位相) を含む時間帯に観測を実施した. この観測では, 位相 0.75 付近で明るさが極大となるライトカーブが得られた.

XRISM が感度を持つ X 線エネルギー帯域では, 主にジェットに由来する放射とその変動が観測されている. XRISM と Tomo-e Gozen の同時観測を通じて, ジェット活動と可視光変動との関連性を明らかにすることを目指し, 上記の観測データの詳細解析を進めている.

3.2.2.12 狭帯域フィルターを用いた金属欠乏星探査および中分散分光追観測

岡田寛子 (兵庫県立大学); 富永望 (国立天文台); 本田敏志, 古塚来未 (兵庫県立大学); 青木和光 (国立天文台); 諸隈智貴 (千葉工業大学); 高橋英則, 酒向重行 (東京大学); 岩下光, 神澤富雄, 福田武夫, 三ツ井健司, 金子慶子, 福岡美津広 (国立天文台)

H, He 以外の元素を指す金属が太陽と比べて少ない恒星は金属欠乏星と呼ばれる. 金属欠乏星は宇宙開闢直後のまだ金属が少なかった時代に形成された小質量星であり, 形成された当時の元素組成を現在に伝えている. 金属欠乏星の観測研究は, 探査観測での候補星の同定, 高分散分光追観測での詳細な元素組成の決定, の順で行われる. そのため, 金属欠乏星を用いた宇宙初期の化学進化の解明には高分散分光追観測が容易な明るい候補星の選出が重要となるが, 従来の探査観測は遠方の活動銀河核などの観測と並行して行われたため, 選出される候補星は暗く, 特に追観測の容易な 9–12 等級の明るい星の探査は不十分であった.

金属欠乏星の探査法として近年注目を集めているのが, Skymapper survey や CFHT を用いた Pristine survey に代表される狭帯域フィルターを用いる方法である. 狭帯域フィルターを用いることで視野内の星全てについて情報を得られるため, 有力な金属欠乏星探査法として注目されている. Skymapper survey は v バンドと呼ばれる少し広めの CaH&K (396.85 nm, 393.37 nm) に対応した狭帯域フィルターを用いて現在最も金属量の低い $[\text{Fe}/\text{H}] < -7.1$ の金属欠乏星を発見しており, Pristine survey はより CaH&K に特化した狭帯域フィルターを

用いて銀河ハローだけでなくバルジ方向の探査も進め多数の成果を挙げている。そこで、我々は Tomo-e Gozen と狭帯域フィルターを用いた明るい金属欠乏星探査観測を立案した。

2024 年 5 月に、2023 年度に製作した CaH&K(395 nm)、その reference (411 nm)、CH(433 nm)、H α (656 nm) に対応する狭帯域フィルターを用いた試験観測を行った。天気にはあまり恵まれなかったものの千平方度を超える領域にわたってデータが取得できた。これにより、2022 年度に行った試験観測と合わせて CaH&K、CH は 8,000 平方度、reference、H α は 3,000 平方度ほどの領域の観測が行われたこととなる。それらの試験観測の結果と Gaia DR3 の結果を組み合わせ、40 天体ほどの金属欠乏星候補星を選択し、2025 年 2 月にすばる望遠鏡 High Dispersion Spectrograph (HDS) を用いて高分散分光追観測し、30 天体の金属欠乏星を同定し、Li 組成を決定した。合計 84 枚の狭帯域フィルターを用いたさらなる観測を 2025 年 5 月に行う予定である。

3.2.2.13 天体動画解析による突発天体候補の検出と分類

畑中駿平、渡邊隆 (仙台高等専門学校); 田中雅臣 (東北大学)

Tomo-e Gozen の動画観測は、宇宙における秒スケールの突発天体現象を探査するための非常にユニークな手法である。これまでの動画データの解析によって、多数の秒スケール発光現象や移動天体・物体が検出されているが、これらの大半は地球を周回する衛星やデブリの発光現象であることが分かっている。そこで本研究では、秒スケールの突発天体現象を探査する手法を確立するため、動画データに映る物体を形状に関わらず網羅的に検出・分類する手法の開発を行った。検出には、全時間フレームに映る既知天体からなるマスター画像を作成し、それぞれの時間フレームにのみ映る天体を浮かびあがらせ、物体の形状に関わらず連結成分を抽出する手法を採用した。分類に関しては、検出された物体・天体の形状や位置から、移動天体 (線を引くものと、点源が移動するもの)・宇宙線イベント・明るい星の揺らぎの誤検出・点源 (突発天体現象の候補) の 4 種類に分類する方法を実装した。この手法を 2000 程度の動画データに適用したところ、766 個の発光天体・物体を検出することができた。これらを分類した結果、その大半 (> 90%) が移動天体として分類され、最終的に 11 個の突発天体現象の候補を選び出すことに成功した。

3.2.2.14 異常検知によるライトカーブ突発現象解析

Phungtua-eng Thanapol, 西川侑志, 山本泰生 (静岡大学); 酒向重行 (東京大学)

タイムドメイン天文学において観測される高時間分解能のライトカーブデータから、天体由来の突発現象を高速かつ高精度に検出する異常検知法を開発している。今年度は一般の時系列データを対象として、周期成分を高速に推定する手法や時系列をトレンド成分と季節性成分に分解する手法を提案し、変動現象を含むベンチマークデータにおいて有用性を検証した [1]。

近年、時系列データを対象とした基盤モデルが活発に研究されている。Transformer に基づくモデルを用いた表現学習とそれを用いた異常検知法が提案されており、既存の多くのオープンデータを活用して包括的に性能評価を行うプラットフォームが整備されてきている。その中で、DLinear (*Linear Model with Decomposition*)[2] は、線形モデルと時系列分解を組み上げたシンプルな構成ながら従来の Transformer に基づく異常検知法を上回る性能を示している。そこで提案法をもとに DLinear の時系列分解モジュールを改良したモデルを構築し、Tomo-e gozen のライトカーブを用いた予備実験を行った。Kepler flare の人工突発変動を加えた 400 ライトカーブと M-dwarfs flare の実突発変動を含む 18 ライトカーブを用いて既存の異常検知法と性能を比較したところ、速度と安定性の面から改良モデルの有用性を確認した。

また昨年開発した KMV (*K-minimal Values*) スケッチに基づく時系列データ要約を用いてライトカーブの突発変動を検出する課題に取り組んだ。Tomo-e gozen のライトカーブに矩形の人工突発変動を加えた 108 ラ

イトカーブを対象として既存の異常検知法と性能比較したところ、微弱な長期変動を捉える問題において高い性能となる傾向があった。今後、部分系列の時間幅や測定誤差といったパラメータによる影響を検証し、時系列データ要約に基づく異常検知の特徴を解析したい。

- [1] Phungtua-eng, T. and Yamamoto, Y.: Adaptive seasonal-trend decomposition for streaming time series data with transitions and fluctuations in seasonalities, ECML-PKDD, pp. 426–443 (2024)
- [2] Zeng, A. *et al.*: Are transformers effective for time series forecasting, AAAI, pp. 11121–11128 (2023)

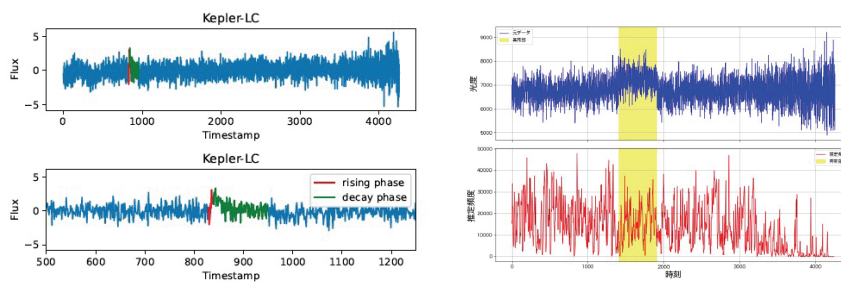


図 3.1: Kepler flare と長期矩形の人工突発変動の例

3.2.2.15 Tomo-e Gozen の観測データを活用した人工天体の軌道決定

満田和真 (デロイト トーマツ リスクアドバイザー); 酒向重幸 (東京大学); Tomo-e Gozen プロジェクト

東京大学とデロイトトーマツリスクアドバイザーは2020年より産学連携共同研究を実施している。本共同研究では、Tomo-e Gozen の観測データを解析することで、スペースデブリなどの人工天体を検出の上、軌道決定を行ってカタログ化する。得られた人工天体の軌道等のデータを活用することで、宇宙の持続可能な開発・利用に貢献することを目指す。

Tomo-e Gozen の2 Hz 全天サーベイにおいて、人工天体と考えられる天体がサイエンスターゲットへのコンタミネーションとして検出されている。人工天体自体は科学的対象としての価値は乏しい。一方で、持続的な宇宙の開発・利用の促進といった産業的な側面においては、スペースデブリなどの人工天体の発見、観測、カタログ化を行い、軌道等のデータとして整備する価値がある。

本共同研究では、地球近接小惑星 (Near Earth Object, NEO) サーベイにおける NEO 候補天体のデータを対象とし、観測された RA, Dec から軌道決定を行い、カタログ化する取り組みを行っている。これまで、

- Tomo-e Goze 2 Hz 全天サーベイにおける人工天体の検出効率の調査 [1]
- 木曾観測所におけるシーイングによる星像揺らぎ (seeing dance) の移動天体検出への影響の調査 [3]
- 人工天体の軌道決定とカタログ化に関するアルゴリズム・システム開発 [4, 5]

といった取り組みを実施してきた。現在、開発されたシステムの試験運用を行っており、Tomo-e Gozen 2 Hz 全天サーベイの移動天体データから軌道決定とカタログ化を実施している。2024年11月から12月の約6週間程度の観測データから、255個の米国の公開カタログ [6] に存在しない宇宙物体を軌道決定することができた。ただし、軌道決定された物体が Tomo-e Gozen で再度移動天体として検出されていない問題が明らかになった。今後は、このような問題を解決すべく、原因究明やアルゴリズムの調整を実施する予定である。

1. 満田, 酒向, Tomo-e Gozen プロジェクト, 東京大学木曾観測所モザイク CMOS カメラ「トモエゴゼン」による人工天体の検出効率と性質について, 第9回 スペースデブリワークショップ, オンライン, 2021/2/24-2021/2/26
2. 満田, 酒向, Tomo-e Gozen プロジェクト, Tomo-e Gozen によるスペースデブリの検出について, 木曾シュミットシンポジウム 2021, 2021/10/4-2021/10/6
3. 満田, 酒向, Tomo-e Gozen プロジェクト, 移動天体検出への Seeing Dance の影響, 木曾シュミットシンポジウム 2023, 2023/5/30-2023/5/31
4. 満田, 酒向, Tomo-e Gozen プロジェクト, Tomo-e Gozen NEO サーベイデータを活用したスペースデブリのカタログ化, 木曾シュミットシンポジウム 2024, 2024/5/15-2024/5/16
5. 満田, 酒向, Tomo-e Gozen プロジェクト, Tomo-e Gozen NEO サーベイデータを活用した宇宙物体の軌道決定について, 木曾シュミットシンポジウム 2025, 2025/5/27-2025/5/28
6. <https://www.space-track.org/>

3.2.2.16 Tomo-e Gozen 広域サーベイで検出された人工天体のライトカーブのクラスター分析

大木亮吾, 酒向重行, 瀧田怜 (東京大学)

軌道上に増え続ける宇宙デブリは衝突により人工衛星を破壊することに加え, 天文学においても地球接近天体 (NEO) の誤認や光害を引き起こすため問題視されている. こうした影響を低減するためには人工天体 (宇宙デブリと人工衛星を含む) の軌道情報を精確に把握すること重要である. しかし, Tomo-e Gozen 広域サーベイで検出される数 1000 件/夜の高速移動天体のうち約 30% が SpaceTrack などの公開カタログに登録されていないなど, 人工天体の軌道の把握は十分とは言えない状況にある. 本研究では, Tomo-e Gozen 広域サーベイで検出された高速移動天体 (大部分が人工天体) の 0.5 秒露光, 12 点のライトカーブの形状に対してクラスターリング解析を行うことで, 人工天体の軌道, 形状, 運用状態などの決定に活用できないか議論した. 2023 年 4 月中の計 8 夜に取得した広域サーベイデータの中に検出された 12182 個のライトカーブを解析の対象とした. これらのライトカーブデータに対して, ライトカーブ内の明るさの最大と最小の比が 2 以上でかつ全てのデータ点の S/N が 5 以上の条件を課すことで, 形状を分類するのに十分な光度変化を持つ計 4640 個を抽出した. 12 点のサンプルからなるこれらのライトカーブ時系列データを標準化した後, 12 次元の KMeans 法クラスターリングアルゴリズムを適用した. KMeans 法の距離指標には Dynamic Time Warping (DTW) を採用した. DTW を用いることで位相がずれたライトカーブどうしの距離を近いと認識できる. Kmean 法の実行に必要なハイパーパラメータであるクラスタ数は, クラスターリング解析の結果を目視で確認しながら調整し, 最終的に 30 個とした. 結果, 特徴的なパターンを持つライトカーブが各クラスタに分類されたことを目視で確認した. 各クラスタの信頼度をクラスタ重心からの DTW 距離の平均二乗誤差 (mse) で評価したところ, より小さな mse を持つクラスタにはより類似したライトカーブが分類されていることを確認できた. 導出したクラスターリングモデルに, テストデータとして 2024 年 12 月 8, 9, 10 日に検出された同一の既知の人工天体の計 3 個のライトカーブを適用した. 結果, うち 2 個は同一のクラスタに, 1 個は異なるクラスタに分類された. これは, 同一の人工天体であっても太陽光の反射の条件によりライトカーブが異なる形状を持つため, クラスターリング結果も異なる場合があることを意味している. SpaceTrack データベースと照合することで, 各人工天体の種類 (装置, デブリ, ロケット残骸), および稼働状況 (稼働中, 稼働していない) と 30 個のクラスタの相関を調査した結果, クラスタとこれらのカタログ情報は相関を持たないことが確認された. これは, ライトカーブの分類結果が持つ情報が, 既存のデータベースに含まれない価値ある情報を持っていることを意味している. ライトカーブのクラスター

ング分類結果は、Tomo-e Gozen 広域サーベイデータに検出される多数の高速移動天体の中から同一天体を探す際にも有用であると言える。

3.2.2.17 低軌道デブリ検出用 GPU 解析システムの開発

Manuel CegarraPolo, 柳沢俊史, 黒崎裕久, 神谷浩紀 (宇宙航空研究開発機構); 大澤亮, 酒向重行 (東京大学)

JAXA has developed a processing pipeline using GPU hardware acceleration, to detect space debris in LEO with high sensitivity and short latency. The system has been installed at Kiso Observatory and its software has been integrated with the Tomo-e Gozen survey databases, so after proper schedule, each night the pipeline can detect objects in LEO imprinted as streaks in the CMOS sensors of the Tomo-e camera. Since its installation, several observation campaigns have been conducted, and results show that our processing pipeline can detect streak-shaped objects on them, corresponding to artificial satellites and space debris in LEO orbit. The pipeline also tries to identify these streaks through matching with an updated database of cataloged objects. After the detection stage, the pipeline consistently detects between uncatalogued objects in around 5.66% and 7.84% of the images with streaks, provided that both streak ends are contained within each individual CMOS sensor bounds, and streaks are no longer than two arcmin in length.

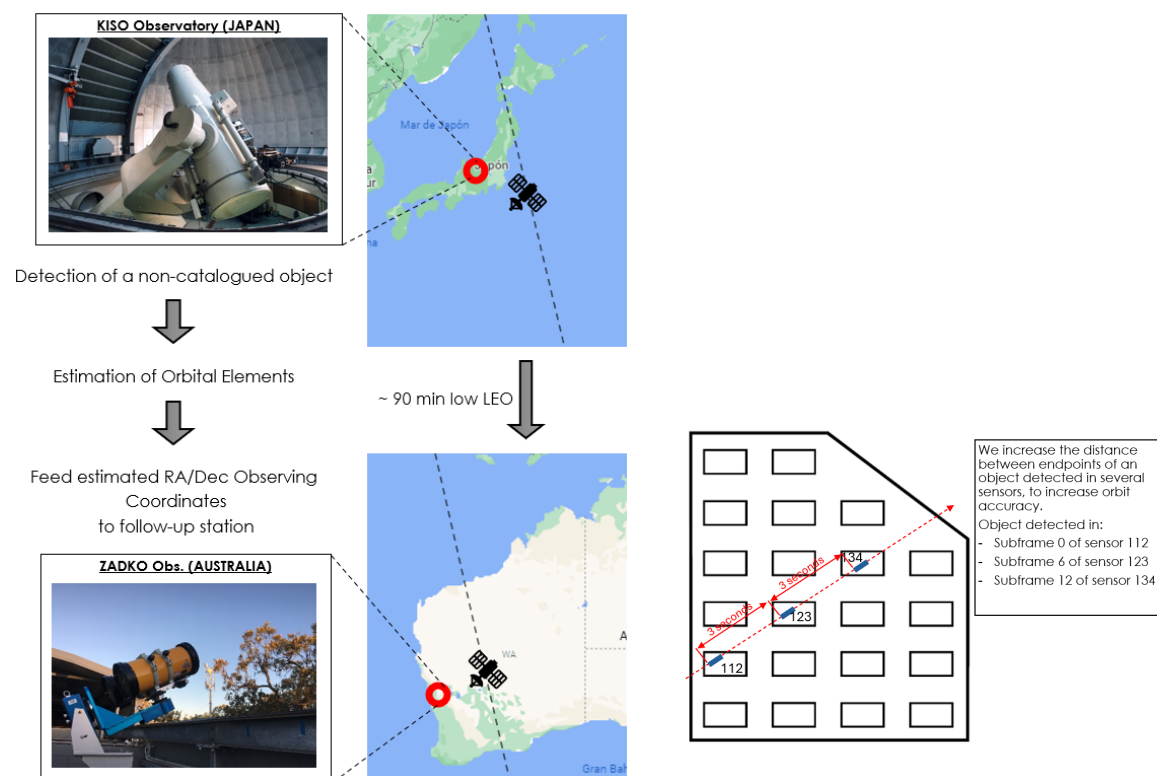


図 3.2: Re-observations strategy

図 3.3: Streaks detected across several sensors associated to the same LEO object

Currently we are performing the re-observation campaign, using Tomo-e Gozen data to detect LEO objects, and re-observe them in the JAXA follow-up observatory located at Zadko Observatory (Perth, Australia), as per figure 3.2. The final goal is collate observations of same object in both sites, in order to obtain better orbital parameters. Several observations campaigns were carried out during December 2024 and it

was concluded that the system will benefit from detecting the streak across several image sensors of the Tomo- camera, as this will improve the accuracy of the IOD (Initial Orbit Determination). An algorithm was developed with that purpose in order to increase the distance between the endpoints of a detected object, as per Figure 3.3. The algorithm was tested successfully with several observations yielding in a better orbit determination.

This work and its consecutive improvements has been presented and published in:

- 8th ESA European Conference on Space Debris 2021
- 10th JAXA Space Debris Workshop 2022
- 44th COSPAR 44th COSPAR Scientific Assembly 2022
- PASJ (Publications of the Astronomical Society of Japan), Volume 74, Issue 4, August 2022, Pages 777 – 790

3.2.2.18 ライトカーブ遅延法による地球接近小惑星の熱慣性推定

和田空大, 酒向重行, 小林尚人 (東京大学); 紅山仁 (コートダジュール天文台); 大澤亮 (国立天文台)

地球への水の供給を担ったとされるメインベルト小惑星の軌道進化では, 物体からの熱放射の非対称性に起因するヤルコフスキ効果が支配的であり, この効果は熱慣性の影響を大きく受けることが知られている. 近年の地球接近小惑星の観測的研究により 100 m 未満の微小小惑星が従来の予想よりも 1-2 桁小さい熱慣性を持つ傾向にあることが報告され注目を集めている. しかし微小小惑星の熱慣性は 4 例が推定されたのみであり統計的な検証には不十分である. 微小小惑星は地球に接近する数日間にのみ検出が可能のため, 複数の位相差での長期間の観測を必要とする従来の手法では熱慣性を推定できないことが問題であった.

我々は, 微小な地球接近小惑星は自転周期が短い傾向にあるため, 10 分前後の短期に 1 周期分のライトカーブを取得できることに着目し, 可視光のライトカーブを基準とした中間赤外線ライトカーブの遅れ (位相差) を計測することで, 発見後 1 日 以内の短期に微小小惑星の熱慣性を推定できる新たな手法を考案した.

また, 考案した手法の実現可能性を理論モデルによるシミュレーションで評価した. シミュレーションの結果から, 2 種類のライトカーブ位相差を計測しシミュレーションの結果と比較することで, 微小な地球接近小惑星がとりうる大部分のパラメータ条件において熱慣性が推定できることを明らかにした.

今後は, 木曾広視野カメラ Tomo-e Gozen と TAO 6.5 m 中間赤外装置 MIMIZUKU を用いて地球接近惑星のライトカーブを取得しこの新手法を適用する. 結果得られる複数件の微小小惑星の熱慣性値を先行研究と比較し, 統計的な検証を行う予定である.

3.2.2.19 Ia 型超新星のスペクトル細分類ごとの光度曲線の多様性

越諒太郎, 酒向重行, 高梨直紘 (東京大学); 土居守 (国立天文台)

Ia 型超新星 (SNe Ia) は, 連星系中の白色矮星が起こす熱核爆発現象である. これらは恒星進化や宇宙の化学進化, さらに観測的宇宙論において重要な観測対象である. しかしながら, 親星連星系における伴星の正体や爆発に至る詳細なメカニズムについては, 依然として不明な点が多い. こうした謎を解明するためには, SNe Ia の測光的・分光の性質に着目し, その多様性を系統的に調査する必要がある. ところが, 複数の観測時刻において測光情報と分光情報を一貫して結びつけ, 解析を行った先行研究はほとんど存在しない.

そこで本研究では, 最大光度時における Si II 吸収線の強度に基づいて 109 個の SNe Ia を 4 つのサブグループに分類した (いわゆる Branch 分類). 次に, それぞれのサブグループについて UBVRi バンドで平均光度曲線

を作成し、その形状の違いを比較・解析した。その結果、UBV バンドではサブグループ間で類似した光度曲線を示す一方、R および I バンドではサブグループごとに顕著な多様性が認められた。とりわけ、I バンドでの第2ピークの出現タイミングや、その後の減光率における違いが顕著であった。

次に、第2ピークに関わる多様性の要因を探るため、該当時刻付近のスペクトルを詳細に調べたところ、波長約 7,500 Å における Fe II 輝線が現れる時刻の違いが、第2ピークの変異に大きく寄与していることが判明した。さらに、B-V 色曲線でほぼ同時刻に極大を示すことから、超新星の冷却に伴う鉄イオンの再結合現象が Fe II 輝線の出現を引き起こし、それが光度曲線の第2ピークを形成していると考えられる。すなわち、第2ピークのタイミングの差はサブグループごとの温度進化の違いを反映していると結論づけられる。

今後は、本解析をより多くの観測時刻でのより多くのスペクトル線に拡張することで、超新星における温度などの物理状態の時系列変化を定量化することを目指す。また、サブグループごとに宇宙論的距離指標としての精度を評価することで、SNe Ia をより高精度な距離測定的手段として用いるための基盤を築くことが期待される。

3.2.3 望遠鏡とドームの保守、整備

3.2.3.1 105cm シュミット望遠鏡とドーム

2024 年度に実施した 105cm シュミット望遠鏡およびそのドームに関する保守・整備・修理内容を以下に報告する。

1. スリット制御系の改修と運用改善（継続：2022 年 3 月～）

観測時にドームスリットが開いた状態で停電が発生すると、スリットを閉じることができず、そのまま雨に曝される危険が存在していた。この問題への対処として、2022 年 3 月にスリット開閉用電源系統に UPS を導入し、停電時でも自動的にスリットが閉まるよう改修を実施した。一方、改修以前はスリットの上下左右に配置された計 4 台のモーターが商用電源に直接接続されて駆動していたが、改修により各モーターを個別に制御する 4 台のインバータによる駆動方式へと変更された。これに伴い、従来の制御回路を介さなくなったことで、ドームスリット開閉に関する制御ロジックも変更された。また、駆動開始時に電力供給が不十分となる場合があり、これが原因で過負荷によりインバータが停止する現象や、開閉動作のたびに左下モーターの動きが遅れることで、スリット間隔がわずかに（ $\lesssim 10$ mm）広がるという問題も確認された。その後、インバータのパラメータを調整することでエラー停止の問題は解消されたが、スリット間の隙間拡大は依然として残存した。このため、観測翌日にはほぼ毎日、左下の閉リミットスイッチが作動するまで手回しで追加閉め作業を行っており、人的対応が継続して求められている。以上の課題に対応するため、本年度は以下の項目を実施した。

1. ドームスリットに設置されている左上・左下・右上・右下の 4 つの閉リミットスイッチからの信号を取得し、スリット閉動作時の作動順序とタイミングを把握した。その結果、常に上側 2 箇所のリミットが先に作動し、その後に右下側が作動することを確認した。今後は常に 4 つの閉リミットスイッチからの信号確認が可能となった。
2. ドームスリットの開動作において、従来は左下モーターの開リミットスイッチの信号のみを用いてソフトウェア制御でモーター停止を行っていたが、2024/7/3 の改修により、左上・左下・右上・右下のいずれかの開リミットスイッチが作動した時点でモーターを停止するよう制御方式を変更した。あわせて、これを回路側でも独立して停止するように実装を行った。この対応により、センサの不具合やソフトウェアの誤動作に起因するリスクが低減され、スリット開動作の安全性が向上した。
3. 次年度に予定している左下側の手動による追加閉め作業のモーター駆動化かつ自動化へ向けた改修に備え、制御回路に追加するリレーを新たに購入し、それらを実験室内で配線を行い、試験を実施した。

2. ドーム回転不具合と電気系トラブルへの対応（2024年5月～6月）

2024年5月25日から26日にかけて、ドームの回転制御に関してサーマルリレーが過負荷を検知して回路を遮断していたことで「タイムアウトエラー」が発生し、ドームの回転が停止する事象が報告された。調査の結果、ドーム回転モーターの1台である「モーター NO.8」のブレーキがわずかに作動したままの状態となることが判明した。問題のブレーキについて調べた所、接続部のギャップが許容値を超えていることが判明、結局そのブレーキを取り外すことで問題は解消された。続いて6月中旬には、ドーム回転時に異音が発生するとともに、Tomo-e Gozen 一時保存用バッファ計算機が予期せず再起動が予期せず再起動する現象が確認された。電気保安協会の立ち会いのもと絶縁抵抗の測定とトラブルシューティングを実施し、「モーター NO.2」において絶縁不良が生じており、これに起因する漏電が発生していたと分かった。これは、モーターとモーターブレーキの現場制御盤での対応関係を確認する際に生じたと推定される。問題箇所のビニールテープの巻き直しおよび再絶縁処理を行うことで、当該問題も解決された。

3. RA クラッチ制御盤のリレー焼損（2025年3月12日確認、3月17日完了）

2025年3月12日、RA 軸クラッチ制御盤において、パワーリレーの一部（RA41 系統）が焼損し、制御基板および隣接するケーブルにも損傷が広がるという障害を発見した。焼損の主原因は、リレー内部での接点劣化または短絡に起因する異常電流と推定される。また、当該系統ではリレーが並列に2本構成されていたが、個体差などにより一部のリレーに電流負荷が偏り、発熱が集中した可能性も高い。さらに、これらのリレーは常時通電状態で使用されており、長期的な熱の蓄積も劣化を早めた一因と考えられる。後日、パワーリレーの全数を新品に交換し、焼損したケーブルおよび短絡板も新調した。あわせて、並列構成を従来の2本から4本に増強し、1本あたりの電流負荷を軽減する対策を講じた。今後は、常時通電する制御系統に対して、定期的な点検とリレーの計画的交換を実施するとともに、冗長化構成の見直しも含めた抜本的な設計変更を検討していく予定である。

4. 星像の RA 方向への伸び（2024年3月～継続）

2024年11月以降、恒星追尾時に撮像された星像が RA（赤経）方向に引き伸ばされる現象が断続的に確認されるようになった。この問題の調査により、RA 軸クラッチの摩耗が原因で、トルクモーターから主軸へ十分な押し当て力が伝わらなくなっていることが判明した。クラッチが適切に動作しないために、バックラッシュ（遊び）の補正機構が機能せず、追尾中にわずかな振動やふらつきが星像に影響を及ぼしていたと推測される。応急処置としてクラッチ押圧用のばねを増設し、押し当て力を強化する対応を行ったところ、一定期間は改善が見られたが、2週間程度で再発した。また、ばねの強化によって今度は押圧過多となり、駆動の立ち上がりに遅延が生じたり、モーターが駆動しなくなる事例も確認された。このような経緯を踏まえ、クラッチ部品の経年劣化が根本的な原因と見なされ、現在は代替部品の調達可能性を含めた更新計画の策定が進められている。

5. 定期メンテナンスおよびその他の整備

2024年度に行ったその他のメンテナンスは以下の通りである。

- (ほぼ全観測夜の翌日) ドームスリット間の隙間確認と手動による増し締め
- (定期) RA, DEC 軸ギアのグリスアップ
- (定期) フラット位置確認と修正
- (必要時) 望遠鏡 Pointing Analysis パラメータの更新

- (発生時) モーターエラー発生後の復帰対処, 望遠鏡コントローラー電源関係のトラブル対処
- 2024/4/1 ドームスリット開閉用の UPS の故障に伴いバックアップ機と交換
- 2024/4/22 ドーム回転モーターのオイル交換 (4 台)
- 2024/6/17 信号線用のトロリー配線の補修, AC200V 用のトロリーのネジ締め
- 2024/7/4 シュミット補正板と鏡筒内の清掃
- 2024/7/4 スリットレールの清掃とグリスアップ
- 2024/8/5 機械式クラッチのロックの導入
- 2024/8/7 ブロードバンドフィルタ用のフィルタアームに関するマイクロスイッチの交換

3.2.3.2 30cm 望遠鏡

夜天光観測棟横にある 30cm 望遠鏡 (K.3T : Kiso 0.3m Telescope) は高橋製作所製の Dall-Kirkham 式の望遠鏡で, 架台は SHOWA 機械の E25 を使用している. 2012 年導入以来使用してきた制御系は, 2020-2021 年度に赤道儀制御機構 (ATLASTER + ステラナビゲータ) の刷新, 温度制御ファン付き主鏡セルや汎用の通信・電源ユニットの設置など望遠鏡の機能追加, 駆動ドライバの更新を行い, より安定した高速駆動を可能とした. またより高度な天文学実習に対応するための CMOS センサーの導入をはじめ, 効率的な運用を行うため望遠鏡駆動に同期したドームの回転制御, 雨を検知して自動にスリットを閉じるための雨滴センサーの導入なども行った. さらに望遠鏡およびドームスリット監視用のカメラを設置し, 遠隔制御も行うことができるようなシステムになっている. また, 整備や観測・観望準備や実際の運用時に望遠鏡各所にアクセスしやすいように専用脚立を導入し, 利便性が向上した. また 30cm 望遠鏡のさらなる利用拡大のために, 利用マニュアルの定期的な更新をはじめ, 直角プリズムや接眼部でフォーカス調整を行うことができるようなフォーカサーも導入している.

30cm 望遠鏡の実際の利用としては, 特別公開での観望会, 実習来訪高校生のための観望会, 天体イベントの撮影の他, 木曾観測所サポーターズクラブでの観望会やメンバー間での望遠鏡使い方実習, 一般向けの観望会の開催, 先端物理・数学プログラム (FoPM) での実習, 持ち込み装置による観測など利用形態が広がっている. 2024 年は SPAD イメージセンサの性能評価のために利用され, 当センサーの天文学への応用の確認に加え, さらに今後の開発体制への足掛かりとなっている.

3.2.4 計算機の保守, 整備

本年度は以下のように新規計算機の受け入れや既存計算機の保守・更新・障害対応を実施した.

- Tomo-e Gozen 一時保存用バッファ計算機
データ転送時に一時保存用バッファ計算機のメモリに余裕がなかったため, それぞれの計算機のメモリを 64 GB から 128 GB に増設した (7/19, 7/25, 2/6). その結果, 4 台のうち 1 台が故障しても運用が続けられる能力を獲得した.
tomoebuf-node0 で複数回 HDD 障害が発生し, 交換対応を行った (8/2, 2/12, 2/27).
- Tomo-e Gozen データ解析用計算機
全天サーベイで同じ場所を 2 回連続して撮影しても解析処理が遅延しないよう, データ解析用計算機を新たに 2 台導入して並列処理数を増やした. 12 月から 5 台体制で運用を開始し, 全天サーベイの撮影方法を変更しても遅延なくデータ処理が行えるようになった.

- Tomo-e Gozen 観測用計算機
観測室の移動に伴い、観測補助に使用していた `encke` の運用を終了した (1 月)。また、観測運用計算機 `kaneto` の後継機を新規導入した (2 月)。
- 突発天体サーベイ用計算機
`lustre` で HDD 障害が発生し、交換対応を行った (12/25)。
- Tomo-e Gozen ウェブサーバ (本郷キャンパス)
理学部の情報システムチームの運営するサーバハウジングサービスにより、本郷キャンパスの理学一号館にウェブサーバを設置している。このサーバで複数回 HDD の障害が発生し、交換対応を行った (2/4, 2/27, 3/12)。
- 教育/研究用共用計算機
既存の教育/研究用共用計算機は 2013 年に導入したものであり、データの大型化に伴う性能の不足や故障による台数減少が問題となっていた。理学系の学生実験装置支援の予算により、10 月に 4 台の計算機を新規導入した。また、2 月にさらに 2 台の計算機を新規導入し、広い範囲の実習のニーズに応えられるようになった。
- 国立天文台アーカイブシステム SMOKA 計算機
2023 年度末から RAW データの転送をネットワーク経由に切り替えたことに伴い、観測所に設置された計算機役割が減少した。全天カメラ等のデータ転送先を `panda1` に切り替えて一本化し、`panda2` と `panda3` は観測所から撤収された (11 月)。

3.2.5 ネットワーク・通信機器の保守, 整備

- セキュリティ対策
CentOS 7 のサポート終了に伴い、VPN サーバーの OS を入れ替えてアカウントを再発行した (6 月)。
- 講義室ネットワーク設備の更新
講義室の壁の LAN コンセントを使用してネットワーク接続した場合にネットワークが断続的に切れる現象がここ数年発生していた。講義室の建設から 20 年以上が経過しており、壁内部のケーブル等の劣化が疑われたため、計算機室から新たに LAN ケーブルを敷設するとともにネットワークスイッチや LAN コンセントを新調した (1 月)。

3.2.6 データアーカイブ

3.2.6.1 SMOKA (Subaru Mitaka Okayama Kiso Archive)

- KWFC 以前の観測データ
木曽観測所で観測された KWFC, 2KCCD, 1KCCD 及び KONIC の観測データはアーカイブされ、公開規則に則り広く一般に公開されている。2024 年度内に SMOKA を介して木曽観測所関連のデータ利用申請は延べ 8 件あり、1KCCD のデータは 15 フレーム、2KCCD のデータは 1652 フレーム、KWFC のデータは 2,644 フレームの利用があった。

- 気象データ

2012年以降の気象データと全天カメラの画像がSMOKAでアーカイブされている。データはカレンダー検索の結果からリンクされ、観測データの取得時の気象状況が確認できるようになっている。また、全天カメラの画像は2020年10月よりSMOKAの全天モニタ画像公開システム(OZSKYMON)で公開されている。UTの区切りで1日1回データを転送し、前日分までのデータを公開している。なお、2025年1月16日からは全天カメラの撮影間隔を日中(太陽高度10度以上)は1時間おきに変更した。

- 写真乾板デジタルデータ

木曾観測所に保存されている写真乾板のデジタルデータは、2019年9月より写真乾板デジタルアーカイブ「SMOKA Photographic Plate Archive」で公開されている。公開データは、写真乾板をスキャンしたTIFFデータに加えてFITSファイルも用意されている。TIFFデータからFITSファイルへの変換はSMOKAスタッフにより行われ、観測記録から収集した観測日時や座標などの情報がヘッダに書き込まれている他、WCSも加えられ、利便性の高いデータとなっている。2021年7月からは132枚のカラーフィルムのデジタルデータも公開している。データはフィルムをスキャンしたネガ画像のままで公開し、利用者にカラー画像に変換してもらう方式をとっている。

- Tomo-e Gozen 観測データ

Tomo-e Gozenで取得した観測データの一次処理済みのFITSデータを2021年11月1日よりSMOKAで公開している。公開対象はTomo-e Gozen側で指定したブロックリストに掲載のあるデータを除いた解析済みデータである。観測日が2019年10月1日(定常運用開始)から2020年3月31までのデータは観測後2年、2020年4月以降のデータは観測後3年が経過したデータを公開する方針となっている。本年度はSMOKAのシステム更新のため6月以降は新規データの公開が停止していたが、1月から新システムで公開が再開された。

2025年3月には最初に転送したRAWデータが公開期を迎えたため、3月19日より新システムにてRAWデータの公開が開始された。RAWデータは1晩あたり最大30TBに及ぶため全てを保存することは現実的ではなく、一部のデータのみアーカイブしている。アーカイブするデータは下記の内容で、1日あたり約1.8TBである。通常は5.5日で捨てられるRAWデータを保存しておき、解析済みデータの検証を可能とすることを目的としている。

1. 最後に撮影したDARK(2Hz, 2000 × 1128サイズのもの)
2. 最後に撮影したFLAT
3. 上記DARK・FLATより後に撮影した、プロジェクト名が「All-Sky Survey」または「High-Cadence Survey」であるオブジェクトデータ 100 exposure 分

解析済みデータ・RAWデータともに、SINETを経由して国立天文台のSMOKAの転送用ファイルサーバへ観測終了後に日次転送している。

3.2.6.2 Tomo-e Gozen Public Archive

Tomo-e Gozenで取得した観測データの一次処理済みのFITSデータは、Tomo-e Gozenのウェブページからも公開を行っている。データは取得後6か月で公開するが、プロジェクトメンバが研究のために公開したくないデータについてはブロックリストに登録し、公開しないようになっている。

3.2.7 所員の研究活動

1. 近赤外線狭帯域フィルター撮像観測による大質量星クラスター形成・進化の観測的研究

高橋英則 (東京大学・木曾観測所); 奥村真一郎 (日本スペースガード協会)

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た研究を行っている. 観測データは近赤外線波長連続的なデータ取得が可能なチリ・チャナントール山頂の miniTAO/近赤外線カメラ ANIR に搭載された, 大質量星の検出に有効な 2 枚の狭帯域フィルター (N187=1.875 μ m, N207=2.07 μ m) と Ks バンドフィルターで得られたものである. N187 は通常地上からは検出が非常に困難な電離水素 Pa α 輝線や He 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, 輝線星の検出や減光量の見積もりのみでなく, 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. これまでに, 天の川銀河とは金属量が異なる LMC について詳細解析を進め, 2 色図が領域によって異なる特徴を示すことを明らかにした. 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 から分子雲が卓越している N160-N158 にかけての複数領域である. 特に R136 領域は 150 太陽質量を超える超巨大質量星が存在するとされ, 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 色図からは多くの大質量星が同定された. 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. 他波長での観測結果も併せて考えると, R136 領域から N160-N158 領域に向けて星形成が空間・時間的に連続的に変化していることが示唆される. 他の観測結果との比較を行い, 我々の観測結果の整合性の確認およびこの領域の星形成の進化シナリオの構築中である.

2. 金星紫外アルベドと未同定物質の吸収スペクトルの時空間変動観測

高橋英則, 今井正堯 (東京大学); 田口真, 江口倫太郎 (立教大)

金星の約 365 nm を中心とする紫外波長域におけるアルベドは, 10 年スケールで約 40 % もの変動を示し, これにより金星上層大気の加熱率が変化し, 大気大循環に大きな影響を及ぼすことが示唆されている. しかし, この紫外線吸収物質は未同定であり, その吸収スペクトルの観測例も極めて限られているのが現状である. 現在, この紫外分光観測の実現に向けて, 地球成層圏から金星を観測する FUJIN-2 気球望遠鏡の開発が進められている. FUJIN-2 には, 波長範囲 200 – 550 nm, 分解能約 0.5 nm のファイバー分光器, 可視 CCD, およびビームスプリッターから構成される分光・撮像ユニットが搭載される予定であり, その性能評価および金星紫外分光撮像観測を目的として, 2023 年 10 月 30 日から 11 月 3 日にかけて, 東京大学木曾観測所の 30cm 望遠鏡を用いた観測を実施した. さらに, 2024 年 9 月 9 日~17 日, 10 月 23 日~11 月 3 日, および 2025 年 1 月 18 日~2 月 27 日には, 同装置をハワイ島マウナケア山頂にある東北大学所有の T60 望遠鏡のカセグレン焦点に搭載し, 観測を実施した. 本観測では, 太陽を標準光源として用いたスペクトル解析手法の確立を当面の目標としており, 現在木曾観測所およびハワイで得られたデータを比較しつつ, 地球大気による散乱・吸収の影響評価を進めている.

今後は, 赤道域と中緯度域の間におけるアルベドのコントラストおよびその時間変化を調べ, 惑星波による移流の効果に対応して紫外吸収スペクトルの形状がどのように変化するかを明らかにすることを目指す. また, 本観測を複数の地上望遠鏡や成層圏を浮上する FUJIN-2 により実施することで, 分光観測の質的な向上がどの程度見込めるかについても評価を進める.

3. 近赤外線波長走査型冷却狭帯域フィルターの開発

高橋英則 (東京大学・木曾観測所); 長野県飯田市共同受注・開発グループ (NESUC-IIDA)

本研究の目的は、赤外線観測用波長走査型フィルター (チューナブルフィルター) を実運用装置として完成させること、および大口径望遠鏡の観測装置の前置光学モジュールとして搭載し、大規模星形成領域の物理状態を銀外系内の星団レベルから近傍・遠方銀河までの広い空間ダイナミックレンジを、近赤外線波長全域に渡って連続的に高空間分解能の観測を行い、星形成活動の物理過程を調査、大質量星や銀河の進化を解明することである。これまでに、2枚の干渉光学素子の平行度を保持しつつ、微小距離の走査するための圧電素子 (ピエゾ素子) や光学素子のギャップ間の測定、光学素子間隔調整フィードバックのための静電容量センサー等を組み合わせた試作モデルの組み上げを実行、さらに測距と駆動をクロズドループで制御し、常にエタロンの間隔・平行性を維持しながら波長走査を行う制御系を開発した。まずアクチュエータと測距センサーを組み合わせた1軸駆動評価試験を行い、想定される駆動距離や微小駆動制御に必要な電圧値と実際の変位距離の相関を測定した。変位距離の測定にはナノレベルでの測定が可能なレーザー変位計を用いた。その結果、駆動最小ビットで25nmの制御が可能であることがわかった。これは分光性能を左右する2枚の光学素子 (エタロン) の平行性を維持できる値を満たしている。一方、波長走査のための光学素子の移動に関して、必要な距離を駆動するためのアクチュエータ駆動電圧と実測距離との関係を測定したところ、当初想定よりも短い距離の変位に留まっていたが、これは物理的な負荷があるため、印加電圧を制御することで期待される駆動を実現することができた。現在試作モデルを用いた3軸での制御試験を計画しており、今年度得られた結果を基に最終的な制御系パラメータの調整を行っている。さらに真空・冷却下での試験を行う予定で、そのためのクライオスタットの準備も進めた。なお、本結果については国際光工学会 (SPIE) で発表した。

4. せいめい望遠鏡/TriCCSによる repeating Fast Radio Burst の可視光対応天体探査

新納悠, 土居守, 酒向重行, 松林和也 (東京大学天文学教育研究センター); 太田耕司, 前田啓一, 川端美穂, 野上大作 (京都大学); Jian Jiang (中国科学技術大学); 富永望, 小久保充 (国立天文台); 新沼浩太郎 (山口大学); 橋本哲也 (National Tsing Hua University); Di Li, Chao-Wei Tsai, Pei Wang, Chenhui Niu (National Astronomical Observatories of China, China);

Fast Radio Burst (以下FRB) は1GHz前後の周波数帯の電波で観測される数ミリ秒間という非常に短時間の突発現象で銀河系外に起源を持つと考えられている。FRBの発生源や放射のメカニズムは未だ解明されていない。一部のFRBは繰り返しバーストを発生させる repeating FRB であることが知られているが、発見後の長時間の監視にもかかわらず一切の反復性を見せないFRB (non-repeating FRB) もあり、それらのFRBが同一種族の天体なのかどうかは不明である。様々な観測波長で対応天体を発見することは正体のわからない突発天体の起源を突き止める重要な手がかりである、

京都大学岡山天文台のせいめい望遠鏡に搭載された TriCCS はせいめい望遠鏡の3.8m主鏡の集光能力による高い感度と98fpsもの高い時間分解能を持つ可視光高速観測装置である。TriCCSではTomo-e Gozenで実施されている non-repeating FRBの対応天体探査 (§3.2.2.4) の様に広大な視野を必要とする観測は難しいが、あらかじめ座標のわかっている repeating FRB の観測など広い視野を必要としない高速観測においては TriCCS の高い感度と時間分解能を活かすことができる。Repeating FRBからの可視光放射を捉えるため、山口大学の山口32m電波望遠鏡や中国貴州省にある500メートル開口球面電波望遠鏡 (FAST) の観測チームと協力関係を築いて電波-可視同時観測を推進している。

2024年度には可視光と電波の観測データの同期のための高精度時刻データを解析するツールを開発し、前年度までに取得したデータから電波バースト発生時刻における可視光放射制限を得た。また、新たに発見された近傍FRB候補のFRB 20250316Aに対しても発見時の即時追観測と可視光高速観測を行なった。

3.2.8 論文および出版物

以下に木曾所員及び共同利用研究者が本年度に発表した研究論文、報告、著述、紹介記事等を載せる。編集にあたってはできるだけ広く共同利用研究者に呼びかけて資料を送っていただいたが、若干の遺漏はあることと思う。昨年度の年次報告で, submitted, in-press となっていたもので、巻号がその後決定したものについては再掲した。

3.2.8.1 欧文論文

1. Katoh, H.; Yasui, C.; Ikeda, Y.; Kobayashi, N.; Matsunaga, N.; Kondo, S.; Sameshima, H.; Hamano, S.; Mizumoto, M.; Kawakita, H.; Fukue, K.; Otsubo, S.; Takenaka, K.
“[N I] 10400/10410 Å Lines as Possible Disk Wind Tracers in a Young Intermediate-mass Star”
The Astrophysical Journal, Volume 965, Issue 1, id.70, 9 pp. (04/2024)
2. Zhang, T.; Doi, M.; Kokubo, M.; Sako, S.; Ohsawa, R.; Tominaga, N.; Tanaka, M.; Fukazawa, Y.; Takahashi, H.; Arima, N.; Kobayashi, N.; Arimatsu, K.; Okumura, S.; Kondo, S.; Kasuga, T.; Mori, Y.; Niino, Y.
“Optical Variability of Blazars in the Tomo-e Gozen Northern Sky Transient Survey ”
The Astrophysical Journal, Volume 968, Issue 2, id.71, 13 pp. (06/2024)
3. Yamanaka, I.; Hatsukade, B.; Egusa, F.; Hashimoto, T.; Niino, Y.; Hsu, T. ; Kaneko, H. ; Kohno, K.
“ALMA Reveals Spatially Resolved Properties of Molecular Gas in the Host Galaxy of FRB 20191001A at $z = 0.2340$ ”
The Astrophysical Journal, Volume 969, Issue 2, id.122, 8 pp. (07/2024)
4. Izumi, N.; Ressler, M. E. ; Lau, R. M. ; Koch, P. M. ; Saito, M. ; Kobayashi, N. ; Yasui, C.
“Overview Results of JWST Observations of Star-forming Clusters in the Extreme Outer Galaxy ”
The Astronomical Journal, Volume 168, Issue 2, id.68, 27 pp. (08/2024)
5. Elgueta, S. S. ; Matsunaga, N.; Jian, M. ; Taniguchi, D. ; Kobayashi, N.; Fukue, K.; Hamano, S.; Sameshima, H. ; Kondo, S.; Arai, A.; Ikeda, Y.; Kawakita, H.; Otsubo, S.; Yasui, C.; Tsujimoto, T.
“Astrophysical calibration of the oscillator strengths of YJ-band absorption lines in classical Cepheids”
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 532, Issue 4, pp.3694-3712 (08/2024)
6. Dainotti, M. G.; De Simone, B.; Mohideen Malik, R. F. ; Pasumarti, V. ; Levine, D.; Saha, N. ; Gendre, B. ; Kido, D.; Watson, A. M. ; Becerra, R. L. ; Belkin, S.; Desai, S. ; Pedreira do E. S., A. C. C. ; Das, U.; Li, L.; Oates, S. R. ; Cenko, S. B.; Pozanenko, A.; Volnova, A.; Hu, Y. -D. ; Castro-Tirado, A. J.; Orange, N. B.; Moriya, T. J. ; Fraija, N.; Niino, Y.; Rinaldi, E.; Butler, N. R.; González, J. d. J. G. ; Kuttyrev, A. S.; Lee, W. H.; Prochaska, X.; Ramirez-Ruiz, E.; Richer, M.; Siegel, M. H.; Misra, K. ; Rossi, A. ; Lopresti, C.; Quadri, U.; Strabla, L.; Ruocco, N. ; Leonini, S.; Conti, M.; Rosi, P.; Ramirez, L. M. T.; Zola, S. ; Jindal, I.; Kumar, R.; Chan, L.; Fuentes, M.; Lambiase, G. ; Kalinowski, K. K.; Jamal, W.

“An optical gamma-ray burst catalogue with measured redshift - I. Data release of 535 gamma-ray bursts and colour evolution”

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 533, Issue 4, pp.4023-4043 (10/2024)

7. Yasui, C.; Izumi, N.; Saito, M.; Lau, R. M. ; Kobayashi, N.; Ressler, M. E.

“Revealing Potential Initial Mass Function Variations with Metallicity: JWST Observations of Young Open Clusters in a Low-metallicity Environment”

The Astrophysical Journal, Volume 975, Issue 1, id.152, 20 pp. (11/2024)

8. Kanai, T.; Oasa, Y.; Takahashi, H.; Hashimoto, O.; Taguchi, H.

“Installation of Multi-wavelength Simultaneous High throughput Imager and polarimeter (MuSaSHI) for Multi-color Imaging Observations on the Gunma Astronomical Observatory 150cm Telescope”

Stars and Galaxies, Volume 7, id. 3 (12/2024)

9. Tampo, Y.; Kato, T.; Isogai, K.; Kimura, M.; Kojiguchi, N.; Nogami, D.; Ito, J.; Shibata, M.; Yamanaka, M.; Taguchi, K.; Maehara, H.; Itoh, H.; Matsumoto, K.; Nakagawa, M.; Nishida, Y.; Dvorak, S.; Murata, K. L.; Hosokawa, R.; Imai, Y.; Ito, N.; Niwano, M.; Sato, S.; Noto, R.; Yamaguchi, R.; Schramm, M.; Oasa, Y.; Kanai, T.; Sasaki, Y.; Tordai, T.; Vanmunster, T.; Kiyota, S.; Katysheva, N.; Shugarov, S.; Zubareva, A. M.; Antipin, S.; Ikonnikova, N.; Belinski, A.; Dubovsky, P. A.; Medulka, T.; Takahashi, J.; Takayama, M.; Ohshima, T.; Saito, T.; Tozuka, M.; Sako, S.; Tanaka, M.; Tominaga, N.; Horiuchi, T.; Hanayama, H.; Reichart, D. E.; Kouprianov, V. V.; Davidson, J. W., Jr.; Caton, D. B.; Romanov, F. D.; Lane, D. J.; Hambsch, F.; Narita, N.; Fukui, A.; Ikoma, M.; Tamura, M.; Kawabata, K. S.; Nakaoka, T.; Imazawa, R.

“MASTER OT J030227.28+191754.5: An unprecedentedly energetic dwarf nova outburst”

Publications of the Astronomical Society of Japan, Volume 76, Issue 6, pp.1228-1245 (12/2024)

10. Taniguchi, D.; Matsunaga, N.; Kobayashi, N.; Jian, M.; Thorsbro, B. ; Fukue, K.; Hamano, S.; Ikeda, Y.; Kawakita, H.; Kondo, S.; Otsubo, S.; Sameshima, H.; Tsujimoto, T.; Yasui, C.

“MAGIS (Measuring Abundances of red super Giants with Infrared Spectroscopy) project: I. Establishment of an abundance analysis procedure for red supergiants and its evaluation with nearby stars”

Astronomy & Astrophysics, Volume 693, id.A163, 21 pp. (01/2025)

11. Kimura, M. ; Negoro, H.; Yamada, S.; Iwakiri, W.; Sako, S. ; Ohsawa, R.

“Evolution of X-ray and optical rapid variability during the low/hard state in the 2018 outburst of MAXI J1820+070 = ASASSN-18ey”

Publications of the Astronomical Society of Japan, Volume 77, Issue 1, pp.61-73 (02/2025)

3.2.8.2 国際会議集録等

1. Yasui, C.; Izumi, N.; Saito, M.; Lau, R.; Kobayashi, N.; Ressler, M.

“Star and Planet Formation in the Outer Galaxy ”

EAS2024/, European Astronomical Society Annual Meeting, held 1-5 July, 2024 in Padova, Italy. Online at <https://eas.unige.ch/EAS2024/>. Session SS18 : Star Formation in Local Group environments and in the conditions of Cosmic Noon, Invited talk, id. 2390 (07/2024)

2. Takahashi, H.; Maezawa, H.; Hashiba, H.; Hishino, H.
“Development of near-infrared scanning Fabry-Perot spectrometer for 3D spectroscopy: design concept and basic performance evaluation”
Proceedings of the SPIE, Volume 13096, id. 130967U 9 pp. (07/2024)

3. Otsubo, S.; Sarugaku, Y.; Takeuchi, T.; Ikeda, Y.; Matsunaga, N.; McWilliam, A.; Hull, C.; Yoshikawa, T.; Katoh, H.; Kondo, S.; Hamano, S.; Taniguchi, D.; Kawakita, H.
“WINERED fully commissioned at the Magellan Clay Telescope ”
Proceedings of the SPIE, Volume 13096, id. 1309631 7 pp. (07/2024)

4. Sarugaku, Y.; Otsubo, S.; Takeuchi, T.; Kawakita, H.; Sagawa, H.; Ikeda, Y.; Tokoro, H.; Yamamuro, T.; Kondo, S.; Yasui, C.; Hamano, S.
“R=200,000 NIR cross-dispersed echelle spectrograph realized by germanium immersion grating and all-cordierite reflective optical system”
Proceedings of the SPIE, Volume 13096, id. 130967X 8 pp. (07/2024)

5. Miyata, T.; Yoshii, Y.; Doi, M.; Kohno, K.; Minezaki, T.; Motohara, K.; Sako, S.; Egusa, F.; Sakon, I.; Konishi, M.; Takahashi, H.; Kamizuka, T.; Matsubayashi, K.; Sameshima, H.; Yamagishi, M.; Imai, M.; Koyama, S.; Horiuchi, T.; Hirao, Y.; Kushibiki, K.; Kato, N.; Numata, M.; Bronfman, L.; Ruiz, M. T.; Mendez, R.; Garay, G.; Escala, A.; Rojo, P.
“The University of Tokyo Atacama Observatory 6.5m telescope: project status 2024”
Proceedings of the SPIE, Volume 13094, id. 130940S 11 pp. (08/2024)

6. Matsubayashi, K.; Kodama, E.; Minezaki, T.; Takahashi, H.; Horiuchi, T.; Sako, S.; Miyata, T.; Yoshii, Y.; Doi, M.; Kohno, K.; Motohara, K.; Egusa, F.; Sakon, I.; Konishi, M.; Kamizuka, T.; Sameshima, H.; Yamagishi, M.; Imai, M.; Koyama, S.; Hirao, Y.; Kushibiki, K.; Kato, N.; Numata, M.
“The University of Tokyo Atacama Observatory 6.5-m telescope: screen camera system for the telescope mirror alignment ”
Proceedings of the SPIE, Volume 13094, id. 130944E 6 pp. (08/2024)

7. Hort, J.; Jikuya, I.; Kamizuka, T.; Lauer, A.; Sawodny, O.; Kinoshita, R.; Kondo, T.; Yamada, K.; Miyata, T.; Honda, M.; Sako, S.; Hirao, Y.; Tachibana, K.; Naruse, A.; Sakon, I.; Senoo, R.; Sakanoi, T.; Kagitani, M.
“Development of a cold chopper for TAO/MIMIZUKU: repetitive control ”
Proceedings of the SPIE, Volume 13100, id. 131001H 22 pp. (08/2024)

8. Tsuzuki, T.; Matsubayashi, K.; Doi, M.; Ikenoue, B.; Kohara, N.; Ozaki, S.; Motohara, K.; Sako, S.; Ohta, K.; Maeda, K.
 “Development of an efficient three-channel IFU for high-speed time-domain spectroscopy onboard TriCCS at the Seimei telescope ”
 Proceedings of the SPIE, Volume 13100, id. 131005E 12 pp. (08/2024)

9. Kinoshita, R.; Kamizuka, T.; Miyata, T.; Jikuya, I.; Kondo, T.; Yamada, K.; Honda, M.; Sakanoi, T.; Kagitani, M.; Sako, S.; Hirao, Y.; Tachibana, K.; Naruse, A. C.; Sakon, I.; Senoo, R.
 “Development of a cold chopper for TAO/MIMIZUKU: onboard test on MIMIZUKU”
 Proceedings of the SPIE, Volume 13100, id. 131006Y 10 pp. (08/2024)

10. Yonetoku, D.; Doi, A.; Mihara, T.; Matsuhara, H.; Sakamoto, T.; Tsumura, K.; Ioka, K.; Arimoto, M.; Enoto, T.; Fujimoto, K.; Goto, H.; Gunji, S.; Hiraga, J.; Ikunaga, S.; Kawai, N.; Kondo, R.; Kurosawa, S.; Li, J.; Maeda, Y.; Mitsuishi, I.; Murakami, T.; Nagataka, I.; Nakagawa, Y.; Ogino, N.; Owari, T.; Sato, R.; Sato, M.; Sato, T.; Sawano, T.; Serino, M.; Shen, H.; Sugita, S.; Takahashi, S.; Tamagawa, T.; Tamura, K.; Tanaka, T.; Tanimori, T.; Tashiro, M. S.; Togashi, T.; Tomida, H.; Watanabe, K.; Yamaoka, K.; Yamauchi, M.; Yatsu, Y.; Yoshida, A.; Akitaya, H.; Fukui, A.; Fukui, H.; Ita, Y.; Kawabata, K.; Matsuura, S.; Miyasaka, A.; Motohara, K.; Narita, N.; Noda, H.; Okita, H.; Sano, K.; Shinozaki, K.; Tajima, S.; Urata, Y.; Wada, T.; Yanagisawa, K.; Yoshida, M.; Bando, N.; Jikuya, I.; Minesugi, K.; Miyazaki, Y.; Kono, Y.; Takase, N.; Nakatsubo, S.; Kaga, T.; Asano, K.; Inayoshi, K.; Inoue, S.; Ito, H.; Izumiura, H.; Kawanaka, N.; Kinugawa, T.; Kisaka, S.; Kiuchi, K.; Kyutoku, K.; Matsumoto, J.; Mizuta, A.; Murase, K.; Nagakura, H.; Nagataki, S.; Nakada, Y.; Nakamura, T.; Niino, Y.; Suwa, Y.; Takahashi, K.; Tanaka, T.; Toma, K.; Totani, T.; Yamazaki, R.; Yokoyama, J.; Harikane, Y.; Tanaka, M.; Kimura, S.; Kimura, M.
 “High-z gamma-ray bursts unraveling the dark ages and extreme space-time mission: HiZ-GUNDAM ”
 Proceedings of the SPIE, Volume 13093, id. 1309320 9 pp. (08/2024)

11. Kajino, F.; Barghini, D.; Bertaina, M.; Casolino, M.; Cellino, A.; Covault, C. E.; Ďurišová, S.; Ebisuzaki, T.; Endo, M.; Fujioka, M.; Fujiwara, Y.; Gardiol, D. ; Hajdukova, M.; Hasegawa, M.; Iwami, Y.; Kajino, F.; Kastelan, M.; Kikuchi, K.; Kim, S. W.; Kobayashi, N.; Kojro, M.; Matthews, J. N.; Mori, M.; Mori, Y.; Park, I. H.; Piotrowski, L. W.; Przybylak, M.; Sagawa, H.; Shinozaki, K.; Shinto, D.; Sidhu, J. S.; Starkman, G.; Takahashi, H.; Takizawa, Y.; Tameda, Y.; Tomida, T.; Valenti, S.; Vrabel, M.
 “DIMS Experiment for Macroscopic Dark Matter and Interstellar Meteoroid Study”
 38th International Cosmic Ray Conference, held 26 July-3 August, 2023 in Nagoya, Japan. Published September 27, 2024. Online at <https://pos.sissa.it/cgi-bin/reader/conf.cgi?confid=444>, id.1376 (09/2024)

12. Shinozaki, K.; Vrábel, M.; Przybylak, M.; Szabelski, J.; Kojro, M.; Abe, S.; Endo, M.; Hasegawa, M.; Kikuchi, K.; Mori, M.; Tameda, Y.; Barghini, D.; Bertaina, M. E.; Valenti, S.; Durisova, S.; Hajdukova, M.; Casolino, M.; Cellino, A.; Covault, C. E.; Covault, C.; Ebisuzaki, T.; Fujioka, M.; Fujiwara, Y.;

Gardiol, D. ; Iwami, Y.; Kasztelan, M.; Kim, S. W.; Kobayashi, N.; Marszal, W.; Matthews, J. N.; Mori, Y.; Park, I. H.; Piotrowski, L. W.; Sagawa, H.; Shinto, D.; Sidhu, J. S.; Starkman, G.; Takahashi, H.; Takizawa, Y.; Tomida, T.

“Status of the DIMS project for macroscopic dark matter search using ultra-high sensitivity CMOS cameras at the Telescope Array UHECR observatory”

38th International Cosmic Ray Conference, held 26 July-3 August, 2023 in Nagoya, Japan. Published September 27, 2024. Online at <https://pos.sissa.it/cgi-bin/reader/conf.cgi?confid=444>, id.1390 (09/2024)

3.2.8.3 天文電報等

1. Lopresti, C.; Dainotti, M. G.; Niino, Y.; Kalinowski, K.; De Simone, B.

“GRB 240414A: GAD Observatory, La Spezia, Italy ,upper limit ”

GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 36133 (04/2024)

2. Morokuma, T.; Tominaga, N.; Yanagisawa, K.; Tanaka, I.; Yoshida, M.; Matsubayashi, K.; Akitaya, H.; Hamada, R.; Suzuki, D.; Higuchi, N.; Sasada, M.; Seki, H.; Joshima, S.; Hagio, H.; Kubo, Y.; Honda, S.; Takahashi, J.; Ohshima, T.; Kawabata, K.; Nakaoka, T.; Itoh, R.; Kokubo, M.; Hayatsu, N.; Hanayama, H.; Kanai, T.; Oasa, Y.; Murata, K. L.; Taguchi, K.; Ohta, K.; Kawabata, M.; Maeda, K.; Kusune, T.; Niino, Y.; Sekiguchi, Y.; Tanaka, M.; Utsumi, Y.; Japanese Collaboration for Gravitational-Wave Electro-Magnetic Follow-up Collaboration

“LIGO/Virgo/KAGRA S240422ed: Further near-infrared observations with Subaru/MOIRCS by J-GEM Collaboration ”

GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 36302 (04/2024)

3. Takahashi, I.; Higuchi, N.; Sasada, M.; Morokuma, T.; Tominaga, N.; Yanagisawa, K.; Tanaka, I.; Yoshida, M.; Matsubayashi, K.; Akitaya, H.; Hamada, R.; Suzuki, D.; Seki, H.; Joshima, S.; Hagio, H.; Kubo, Y.; Honda, S.; Takahashi, J.; Ohshima, T.; Kawabata, K.; Nakaoka, T.; Itoh, R.; Kokubo, M.; Hayatsu, N.; Hanayama, H.; Kanai, T.; Oasa, Y.; Murata, K. L.; Taguchi, K.; Ohta, K.; Kawabata, M.; Maeda, K.; Kusune, T.; Niino, Y.; Sekiguchi, Y.; Tanaka, M.; Utsumi, Y.; Japanese Collaboration for Gravitational-Wave Electro-Magnetic Follow-up; Collaboration

“LIGO/Virgo/KAGRA S240422ed: A transient discovered from Subaru/MOIRCS near-infrared observations by J-GEM Collaboration ”

GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 36333 (04/2024)

4. Beniyama, J.; Sako, S.; Elenin, L.

“2021 KB22 ”

Minor Planet Electronic Circ., No. 2024-J117(05/2024)

5. Sasaoka, T.; Koshi, R.; Sako, S.; Tominaga, N.; Taguchi, K.

“Tomo-e Gozen Transient Discovery Report for 2024-05-06”

Transient Name Server Discovery Report, No. 2024-1405 (05/2024)

6. Leonini, S.; Conti, M.; Rosi, P.; Tinjaca Ramirez, L. M.; Dainotti, M. G.; Niino, Y.; Kalinowski, K.; De Simone, B.
“EP240626a: Montarrenti Observatory optical upper limit ”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 36774 (06/2024)
7. Quadri, U.; Strabla, L.; Madurini, P.; Dainotti, M. G.; Niino, Y.; Kalinowski, K.; De Simone, B.
“GRB 240727A Bassano Bresciano Observatory upper limit ”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 36960 (07/2024)
8. Ruocco, Nello ; Dainotti, M. G.; Niino, Y.; Kalinowski, K.; De Simone, B.
“GRB 240727A: Osservatorio Astronomico Nastro Verde upper limit ”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 36964 (07/2024)
9. Ruocco, Nello ; Dainotti, M. G.; Niino, Y.; Kalinowski, K.; De Simone, B.
“GRB 240730A: Osservatorio Astronomico Nastro Verde upper limit ”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 36988 (07/2024)
10. Moretti, L.; Pavoni, E.; Dainotti, M. G.; Niino, Y.; Kalinowski, K.; De Simone, B.
“EP240801a: Leavitt Observatory optical observations”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 37014 (08/2024)
11. Quadri, U.; Strabla, L.; Madurini, P.; Dainotti, M. G.; Niino, Y.; Kalinowski, K.; De Simone, B.
“EP240802A: Bassano Bresciano Observatory upper limit ”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 37023 (08/2024)
12. Ruocco, Nello ; Dainotti, M. G.; Niino, Y.; Kalinowski, K.; De Simone, B.
“EP240801a: Osservatorio Astronomico Nastro Verde upper limit ”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 37024 (08/2024)
13. Leonini, S.; Conti, M.; Rosi, P.; Tinjaca Ramirez, L. M.; Dainotti, M. G.; Niino, Y.; Kalinowski, K.; De Simone, B.
“EP240802a: Montarrenti Observatory optical upper limit ”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 37029 (08/2024)
14. Quadri, U.; Strabla, L.; Madurini, P.; Dainotti, M. G.; Niino, Y.; Kalinowski, K.; De Simone, B.
“GRB 240805B Bassano Bresciano Observatory upper limit ”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 37076 (08/2024)

15. Quadri, U.; Strabla, L.; Madurini, P.; Dainotti, M. G.; Niino, Y.; Kalinowski, K.; De Simone, B.
“GRB 240809A: Bassano Bresciano Observatory optical observations”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 37131 (08/2024)
16. Quadri, U.; Strabla, L.; Madurini, P.; Dainotti, M. G.; Niino, Y.; Kalinowski, K.; De Simone, B.
“GRB 240811A: Bassano Bresciano Observatory upper limit ”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 37150 (08/2024)
17. Ruocco ; N.; Dainotti, M. G.; Niino, Y.; Kalinowski, K.; De Simone, B.
“GRB 240805B: Osservatorio Astronomico Nastro Verde upper limit”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 37192 (08/2024)
18. Ruocco, N. ; Dainotti, M. G.; Niino, Y.; Kalinowski, K.; De Simone, B.
“GRB GRB 240809A: Osservatorio Astronomico ”Nastro Verde” optical observations: detection of an
optical counterpart ”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 37194 (08/2024)
19. Leonini, S.; Conti, M.; Rosi, P.; Tinjaca Ramirez, L. M.; Dainotti, M. G.; Niino, Y.; Kalinowski, K.;
De Simone, B.
“SGR 1E 1841-045 / Kes 73: Montarrenti Observatory optical upper limits ”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 37252 (08/2024)
20. Moretti, L.; Pavoni, E.; Dainotti, M. G.; Niino, Y.; Kalinowski, K.; De Simone, B.
“SGR 1E 1841-045 / Kes 73: Leavitt Observatory optical upper limit”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 37257 (08/2024)
21. Sorrento, Nello Ruocco; Dainotti, M. G.; Niino, Y.; Kalinowski, K.; De Simone, B.
“SGR 1E 1841-045 / Kes 73 (Trigger 1249653) - Osservatorio Astronomico Nastro Verde upper limit ”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 37282 (08/2024)
22. Sorrento, Nello Ruocco; Dainotti, M. G.; Niino, Y.; Kalinowski, K.; De Simone, B.
“SGR 1E 1841-045 / Kes 73 (Trigger 1249878): Osservatorio Atronomico Nastro Verde optical upper
limit ”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 37285 (08/2024)
23. Leonini, S.; Conti, M.; Rosi, P.; Tinjaca Ramirez, L. M.; Dainotti, M. G.; Niino, Y.; Kalinowski, K.;
De Simone, B.
“GRB 240825A: Montarrenti Observatory optical observations ”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 37291 (08/2024)

24. Quadri, U.; Strabla, L.; Madurini, P.; Dainotti, M. G.; Niino, Y.; Kalinowski, K.; De Simone, B.
“Fermi GRB 240828A: Bassano Bresciano Observatory upper limit ”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 37327 (08/2024)

25. Leonini, S.; Conti, M.; Rosi, P.; Tinjaca Ramirez, L. M.; Dainotti, M. G.; Niino, Y.; Kalinowski, K.;
De Simone, B.
“GRB 241030B: Montarrenti Observatory optical upper limit”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 38020 (10/2024)

26. Yasui, C.; Kobayashi, N.; Saito, M.; Izumi, N.; Ikeda, Y.
“VizieR Online Data Catalog: Deep NIR Subaru phot. in Sh 2-209 HII region (Yasui+, 2023) ”
VizieR On-line Data Catalog: J/ApJ/943/137. Originally published in: 2023ApJ...943..137Y (11/2024)

27. Taniguchi, D.; Matsunaga, N.; Kobayashi, N.; Jian, M.; Thorsbro, B.; Fukue, K.; Hamano, S.; Ikeda,
Y.; Kawakita, H.; Kondo, S.; Otsubo, S.; Sameshima, H.; Tsujimoto, T.; Yasui, C.
“VizieR Online Data Catalog: Chemical abundances of red supergiants I. (Taniguchi+, 2025) ”
VizieR On-line Data Catalog: J/A+A/693/A163. Originally published in: 2025A&A...693A.163T
(11/2024)

28. Leonini, S.; Conti, M.; Rosi, P.; Tinjaca Ramirez, L. M.; Dainotti, M. G.; Niino, Y.; Kalinowski, K.
“GRB 241215A: Montarrenti Observatory optical upper limit ”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 38575 (12/2024)

29. Sasaoka, T.; Koshi, R.; Sako, S.; Tominaga, N.
“Tomo-e Gozen Transient Discovery Report for 2024-12-25 ”
Transient Name Server Discovery Report, No. 2024-5068 (12/2024)

30. Leonini, S.; Conti, M.; Rosi, P.; Tinjaca Ramirez, L. M.; Dainotti, M. G.; Niino, Y.; Kalinowski, K.
“GRB 250101A: Montarrenti Observatory optical observations and rebrightening ”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 38771 (01/2025)

31. Leonini, S.; Conti, M.; Rosi, P.; Tinjaca Ramirez, L. M.; Dainotti, M. G.; Niino, Y.; Kalinowski, K.
“GRB 250103A: Montarrenti Observatory optical detection ”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 38811 (01/2025)

32. Quadri, U.; Strabla, L.; Madurini, P.; Grb/Uai; Aavso; Gruppo Astrofili Cremonesi; Dainotti, M. G.;
Niino, Y.; Kalinowski, K.; de Simone, B.
“GRB 250103A: Bassano Bresciano Observatory upper limit ”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 38821 (01/2025)

33. Pavoni, E.; Moretti, L.; GRB/UAI; Dainotti, M. G.; Niino, Y.; Kalinowski, K.
 “GRB 250205A: Leavitt Observatory optical upper limit ”
 GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 39314 (02/2025)

34. Hashimoto, T.; Vignesh, V. V.; Mohanraj, M.; Yang, T. -C.; Goto, T.; Niu, C. -H.; Ho, S. C. -C.; Kilerci-Eser, E.; Zhu, Y. -H.; Li, D.; Niino, Y.; Yamasaki, S.; Chen, Y. -A.; Zhang, J. -S.; Wang, P.; Aryan, A.; Chen, T. -W.; Lee, Y. -H.; Yang, Y. J.; Lee, M. -H.; Pan, Y. -C.; Ngeow, C. -C.; K, A. Sankar.; Lai, C. -H.; Hou, W. -J.; Hsiao, H. -Y.; Kong, A. K. H.; Yang, S.; Fan, L. L.; Wang, Z. N.; Sun, G. H.; Gillanders, J.; Smartt, S. J.; Lin, C. -S.; Lin, H. -C.; Guo, J. -K.; Lin, H. -W.; Stevance, H. F.; Srivastav, S.; Rhodes, L.; Nicholl, M.; Fulton, M.; Moore, T.; Smith, K. W.; Angus, C.; Aamer, A.; Schultz, A.; Huber, M.
 “FRB 20250316A: Optical upper limits from Lulin Observatory ”
 The Astronomer’s Telegram, No. 17095 (03/2025)

35. Leonini, S.; Conti, M.; Rosi, P.; Tinjaca Ramirez, L. M.; Dainotti, M. G.; Niino, Y.; Kalinowski, K.
 “EP250302a: Montarrenti Observatory optical detection ”
 GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 39553 (03/2025)

36. Moretti, L.; Pavoni, E.; GRB/UAI; Dainotti, M. G.; Niino, Y.; Kalinowski, K.
 “GRB 250317B: Leavitt Observatory optical upper limit ”
 GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 39774 (03/2025)

37. Aryan, A. ; Chen, T. -W. ; Yang, S. ; Ngeow, C. -C. ; Yang, Y. J. ; Lee, Y. -H. ; Sankar. K, A. ; Hou, W. -J. ; Hsiao, H. -Y. ; Kong, A. K. H. ; Hashimoto, T. ; Vignesh, V. V. ; Mohanraj, M. ; Yang, T. -C. ; Goto, T. ; Niu, C. -H. ; Ho, S. C. -C. ; Kilerci-Eser, E. ; Zhu, Y. -H. ; Li, D. ; Niino, Y. ; Yamasaki, S. ; Chen, Y. -A. ; Zhang, J. -S. ; Wang, P. ; Gillanders, J. ; Smartt, S. J. ; Lee, M. -H. ; Pan, Y. -C. ; Lai, C. -H. ; Lin, C. -S. ; Lin, H. -C. ; Guo, J. -K. ; Fan, L. L. ; Wang, Z. N. ; Sun, G. H. ; Lin, H. -W. ; Stevance, H. F. ; Srivastav, S. ; Rhodes, L. ; Nicholl, M. ; Fulton, M. ; Moore, T. ; Smith, K. W. ; Angus, C. ; Aamer, A. ; Schultz, A. ; Huber, M.
 “FRB 20250316A: Kinder optical upper limits of the Einstein Probe candidate X-ray source EP J120944.2+585060”
 GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 39839 (03/2025)

38. Vecchia, Vincenzo Della ; Aavso ; Grb/Uai ; Dainotti, M. G. ; Niino, Y. ; Kalinowski, K.
 “GRB20250327B: 45th Parallel Observatory upper limit ”
 GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 39969 (03/2025)

39. Ohgami, T. ; Gonzalez, J. B. ; Tominaga, N. ; Morokuma, T. ; Utsumi, Y. ; Niino, Y. ; Tanaka, M. ; Banerjee, S. ; Poidevin, F. ; Acosta-Pulido, J. A. ; Perez-Fournon, I. ; Munoz-Darias, T. ; Akitaya, H. ; Yanagisawa, K. ; Sasada, M. ; Yoshida, M. ; Simunovic, M. ; Ohsawa, R. ; Tanaka, I. ; Terai, T. ; Takagi, Y. ; The J-Gem Collaboration

“VizieR Online Data Catalog: GW200224_222234 follow-up survey with Subaru & GTC (Ohgami+, 2023)”

VizieR On-line Data Catalog: J/ApJ/947/9. Originally published in: 2023ApJ...947....9O (03/2025)

3.2.8.4 学位論文

1. ZHANG TianFang

“A Study on the Relation Between Photon Indices and Optical Variability of Blazars: Light Curve and Emission Lines Analyses Using Tomo-e Gozen Photometry and OISTER Spectroscopy”

東京大学 令和6年度 博士論文, 2024年9月

2. 笹岡 大雅

「Tomo-e Gozen 広域サーベイにおける突発現象アラートの高精度化」

東京大学 令和6年度 修士論文, 2025年3月

3. 和田 空大

「ライトカーブ遅延法による地球接近小惑星の熱慣性推定」

東京大学 令和6年度 修士論文, 2025年3月

4. 大木 亮吾

「Tomo-e Gozen 広域サーベイで検出された人工天体のライトカーブのクラスター分析」

東京大学 令和6年度 卒業研究, 2025年3月

5. 沼田 琴愛

「多波長観測で探る星形成領域 W3, W4, W5」

東京電機大学 令和6年度 卒業論文, 2025年3月

6. 土屋 光汰朗

「CMOS カメラの周辺機器の制御及びシステム開発」

法政大学 令和6年度 卒業論文, 2025年3月

7. 畑中 駿平

「天体動画解析による突発天体候補の検出と分類」

仙台高等専門学校専攻科 令和6年度 卒業論文, 2025年3月

3.2.8.5 和文論文・解説記事他

1. 小澤武揚, 中島 康, 小野里宏樹, 内山久和

「光学赤外線天文観測データアーカイブシステムにおける検索高速化の研究 2」

国立天文台報 第24巻, 11 – 34 (2024年4月)

2. 樋口あや (東京電機大学)

「天文観測実習における教育効果の調査：東京電機大学の事例」

天文月報 第117巻 第12号 (2024年12月)

3.2.9 学会, 研究会等での報告

3.2.9.1 国際研究会

1. ELT Science in Light of JWST (Tohoku University, 2024/06/03–07)

“Northern-sky bright metal-poor star survey”, ELT Science in Light of JWST”

Hiroko Okada (Univ. of Hyogo), Nozomu Tominaga, Wako Aoki (NAOJ), Satoshi Honda, Kurumi Furutsuka (Univ. of Hyogo), Tomoki Morokuma (Chiba inst. tech.)

2. Joint Mirror Coating Workshop (AURA/Noir Lab., 2025/03/25–27)

“The University of Atacama Observatory (TAO) and Its Mirror Coating Facility”

Nori Takahashi (Univ. of Tokyo), Julio Navarro, Francisco Espinoza (TAO Site Engineering team)

3.2.9.2 日本天文学会 2024 年秋季年会 (関西学院大学, 2024/09/11–13)

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

N01a 「Tomo-e Gozen による T Tauri 型星の短時間変動の検出」

2. 泉奈都子 (岐阜大学/国立天文台), Michael E. Ressler (JPL), Ryan M. Lau (NOIRLab), Patrick M. Koch (ASIAA), 小林尚人 (東京大学), 齋藤正雄, 安井千香子 (国立天文台)

P129a 「JWST で探る銀河系最外縁部における星生成」

3. 酒向重行, 倉島啓斗 (東京大学), 東京大学アタカマ天文台 (TAO) グループ, 東京大学木曾観測所グループ

V214a 「SPAD イメージセンサーが切り拓く可視光天文観測」

4. 倉島啓斗, 酒向重行 (東京大学), 東京大学アタカマ天文台 (TAO) グループ, 東京大学木曾観測所グループ

V215a 「SPAD イメージセンサーの実験室性能評価」

5. 宮田隆志 (東京大学), 吉井譲 (東京大学, アリゾナ大学), 河野孝太郎, 峰崎岳夫, 酒向重行, 江草英実, 左近樹, 小西真広, 上塚貴史, 高橋英則, 松林和也, 鮫島寛明, 山岸光義, 今井正亮, 堀内貴史, 平尾優樹, 櫛引洗佑, 加藤夏子, 沼田瑞樹 (東京大学), 本原顕太郎 (国立天文台)

V232a 「東京大学アタカマ天文台 TAO 6.5m 望遠鏡計画 進捗報告 2024 秋」

6. 兒玉エ門, 松林和也, 酒向重行, 峰崎岳夫, 高橋英則, 堀内貴史, 宮田隆志 (東京大学)

V233a 「TAO6.5m 望遠鏡光学調整用スクリーンカメラの開発」

7. 瀧田怜, 酒向重行, 森由貴 (東京大学), 大澤亮 (国立天文台), Tomo-e Gozen コラボレーション

V236a 「Tomo-e Gozen データプラットフォームの開発」

3.2.9.3 日本天文学会 2025 年春季年会 (水戸市民会館, 2025/03/17-20)

- 岡田寛子 (兵庫県立大学), 青木和光, 富永望 (国立天文台), 本田敏志 (兵庫県立大学)
N03a 「超金属欠乏星から探る weak r-process の起源」
- 谷口大輔, 濱野哲史, 辻本拓司, 安井千香子 (国立天文台), 松永典之, 小林尚人, 近藤莊平, 鮫島寛明 (東京大学), Mingjie Jian (Stockholm University), Brian Thorsbro (Observatoire de la Côte d'Azur), 福江慧 (滋賀医科大学), 池田優二, 大坪翔悟, 河北秀世, 猿楽祐樹, 竹内智美 (京都産業大学)
N04a 「銀河系棒状構造終端部付近の赤色超巨星の化学組成」
- 根津正大, 小林尚人, 新納悠 (東京大学), 他 Tomo-e Gozen チームメンバー (東京大学)
N12a 「Tomo-e Gozen による T タウリ型星の短時間変動観測 (2) おうし座分子雲」
- 安井千香子, 泉奈都子, 齋藤正雄 (NAOJ), 小林尚人 (東京大学), Ryan M. Lau (NOIRLab), Michael E. Ressler (JPL/Caltech)
P213a 「Evolution of protoplanetary disks in a low-metallicity environment. JWST NIR-Cam/MIRI imaging of Digel Cloud 2 clusters in the Outer Galaxy」
- 櫛引洗佑 (東京大学), 尾崎忍夫, 都築俊宏 (国立天文台), 山形豊 (理化学研究所), 細畠拓也 (理化学研究所, 東京大学), 竹田真宏 (理化学研究所), 森田晋也 (東京電機大学), 本原顕太郎 (東京大学, 国立天文台), 高橋英則, 小西真広, 加藤夏子, 陳諾, Yun Jeung, 安田彩乃, 幸野友哉, 田中健翔, 藤井美里 (東京大学)
V203a 「TAO 6.5m 望遠鏡に向けた新しい SWIMS-IFU の自由曲面鏡を用いた光学設計」
- 猿楽祐樹, 大坪翔悟, 佐川英夫, 竹内智美, 河北秀世, 新中善晴, 平井彩希子 (京都産業大学), 所仁志, 山室智康, 池田優二, 小林仁美 (株式会社フォトクロス), 安井千香子, 谷口大輔 (国立天文台), 近藤莊平 (東京大学)
V216a 「小型高感度近赤外線高分散分光器 GARNET の開発」
- 笹岡大雅, 酒向重行, 瀧田怜, 新納悠, 森由貴 (東京大学), 富永望 (国立天文台), 高橋一郎 (東京科学大学), 田口健太 (京都大学), 田中雅臣 (東北大学), Tomo-e Gozen コラボレーション
V219a 「機械学習を用いた Tomo-e Gozen 突発天体アラートシステムの開発」

3.2.9.4 日本天文学会第 27 回ジュニアセッション (水戸市民会館+オンライン, 2025/3/20)

- 銀河学校 2024 A 班: 猪子立成 (高 3)(滝高等学校), 茂木煌平 (高 3)(海城高等学校), 福嶋陸人 (高 3)(聖光学院高等学校), 西尾優里 (高 3)(横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校), 牧野内蓮 (高 3)(長野県飯田高等学校), 千本木玲季 (高 3)(神奈川県立横浜緑ヶ丘高等学校), 神戸珠子 (高 3)(女子学院高等学校), 斉藤美音 (高専 3)(明石工業高等専門学校), 志村瑛美 (高 2)(東京都立新宿山吹高等学校), 鶴見優葵 (高 3)(恵泉女学園高等学校), 中山博貴 (高 2)(成城高等学校)
「ベテルギウスの大減光の特殊性の研究」
- 銀河学校 2024 B 班: 渡辺椋太 (2024 年卒)(宮城県仙台二華高等学校), 山中秀仁 (高 3)(栄光学園高等学校), 富澤佳乃賀 (高 3)(青森県立弘前高等学校), 長谷川寿一 (中等 6)(海陽中等教育学校), 三好礼真 (高 3)(白百合学園高等学校), 雲出彩恵 (高専 3)(明石工業高等専門学校), 山谷剛瑠 (高専 2)(福島工業高等専門学校), 片山泰賀 (高 2)(麻布高等学校), 三浦まそら (高 2)(長野県諏訪二葉高等学校), 小林千恵子 (高 2)(富士見高等学校), 米納大翔 (高 2)(安田学園高等学校)
「トモエゴゼンを用いた超新星の可視多色撮像データから得られる考察」

3.2.9.5 木曾シュミットシンポジウム 2024

木曾シュミットシンポジウム 2024 を 5 月 15 日-16 日に木曾福島保健センター「おらが自慢演芸場」とオンライン (Zoom) によるハイブリッド形式で開催した。現地参加 41 名, オンライン参加 50 名, 合計 91 名という多数の参加申し込みがあり, 28 件の口頭発表と 5 件のポスター発表が行われた。

口頭講演とポスター講演のリストを次に示す。

口頭講演

- | | |
|----------------------------------|---|
| 1. 新納悠・近藤荘平 (東京大学) | 木曾観測所報告 |
| 2. 酒向重行 (東京大学) | 2024 年の Tomo-e Gozen |
| 3. 高橋英則 (東京大学) | 木曾 105cm シュミット望遠鏡主鏡の反射率測定 |
| 4. 富永望 (国立天文台) | 突発天体探査 |
| 5. 越諒太郎 (東京大学) | Tomo-e Gozen で早期発見された II 型超新星 SN 2024acn の追観測 |
| 6. 笹岡大雅 (東京大学) | 突発天体の早期発見に向けた検出パイプラインの改修計画 |
| 7. 満田和真 (デロイトトーマツリス
クアドバイザリー) | Tomo-e Gozen NEO サーベイデータを活用したスペースデブリの
カタログ化 |
| 8. 大木亮吾 (東京大学) | Tomo-e Gozen 広域サーベイで検出された人工天体のライトカーブ
のクラスター分析 |
| 9. 野澤恵 (茨城大学) | 低軌道衛星の軌跡観測とその予測から宇宙天気現象の影響を探る |
| 10. 富永望 (国立天文台) | 狭帯域金属欠乏星探査 |
| 11. 岡田寛子 (兵庫県立大学) | Tomo-e と Nayuta による明るい金属欠乏星探査 II |
| 12. Zhuoxi Liang (東京大学) | A Search for Minutes-timescale Orbital Period White Dwarf Bi-
naries |
| 13. 和田空大 (東京大学) | Tomo-e Gozen 移動天体検出用機械学習モデルの改善 |
| 14. 奥村真一郎 (日本スペースガード
協会) | Tomo-e Gozen と重ね合わせ法による高速移動 NEO 観測: 進捗報
告 |
| 15. 有松亘 (京都大学) | Tomo-e による掩蔽キャンペーン観測が明らかにする太陽系外縁天
体の大気 |
| 16. 根津正大 (東京大学) | Tomo-e Gozen による T Tauri 型星の短時間変動の検出 |
| 17. 直川史寛 (東京大学) | トモエ動画データを救え! ~カイロス計画の紹介 & 1 分間サーベ
イの提案~ |
| 18. 西川侑志 (静岡大学) | KMV スケッチによる時系列データ要約と突発検知応用に向けた予
備検討 |
| 19. 畑中駿平 (仙台高等専門学校) | 天体動画観測と画像解析による突発天体候補の検出と分類 |
| 20. 小宮山裕 (法政大学) | Tomo-e Gozen を用いた観測実習報告 |
| 21. 毛利勝廣 (名古屋市立大学/名古屋
市科学館) | Tomo-e Gozen Sky Atlas の教育的活用 |
| 22. 瀧田怜 (東京大学) | Tomo-e Gozen data platform on mdx |
| 23. 内山久和 (国立天文台) | SMOKA の現状と今後の計画 |
| 24. 古澤久徳 (国立天文台) | 大規模データ時代のデータアーカイブとデータ利活用について |
| 25. 新納悠 (東京大学) | Tomo-e Gozen による重力波追観測実施状況 |
| 26. 池田一得 (東京大学) | SuperKamiokande における超新星爆発モニターについて |
| 27. 田口健太 (京都大学) | Tomo-e Gozen と京都大学せいめい望遠鏡による新星の初期観測に
向けて |
| 28. 倉島啓斗 (東京大学) | 木曾 30cm 望遠鏡に搭載する高速同時偏光観測試験機の開発 |

ポスター

- | | |
|--------------------------|---|
| 1. Zhang Tianfang (東京大学) | Photometric Calibration of the Tomo-e Gozen Using Stripe 82
Standard Stars |
| 2. 及川千遥 (法政大学) | こと座 RR 型変光星 AQ Leonis の変光観測 |
| 3. 奥原香菜 (法政大学) | 散開星団 M67 の質量光度関係の推定 |
| 4. 土屋光汰朗 (法政大学) | トモエゴゼンで見つかった謎の高速移動天体の正体 |
| 5. 樋口あや (東京電機大学) | 木曽シュミット望遠鏡/Tomo-e Gozen を用いた観測実習の報告 |
-



図 3.4: 木曽シュミットシンポジウム 2024 集合写真

3.2.9.6 その他の国内研究会・発表

1. 東京電機大学 商工懇話会 総会 (東京電機大学東京千住キャンパス, 2024/04/13)
「最新望遠鏡で探る星・惑星系形成」
樋口あや (東京電機大学)
2. 東京電機大学 短期大学卒業生の会 (東京電機大学東京千住キャンパス, 2024/06/08)
「最新望遠鏡で探る星・惑星系形成」
樋口あや (東京電機大学)
3. JHPCN 第 16 回シンポジウム (東京コンファレンスセンター・品川, 2024/07/11-12)
「Tomo-e Gozen データプラットフォームの開発」
瀧田怜, 酒向重行 (東京大学)
4. 東京電機大学 校友会 岩手県支部総会 (サンセール盛岡, 2024/09/07)
「最新望遠鏡で探る星・惑星系形成」
樋口あや (東京電機大学)

5. ADVNET2024 (国立情報学研究所, 2024/10/04)
「Tomo-e Gozen データプラットフォームの開発」
瀧田 怜, 酒向重行, 森由貴 (東京大学)
6. 高エネルギー現象で探る宇宙の多様性 IV (東京大学宇宙線研究所, 2024/11/11)
「木曾 Tomo-e Gozen による短時間変動現象の探査」
酒向重行 (東京大学)
7. 可視赤外線観測装置技術ワークショップ 2024, (国立天文台三鷹キャンパス, 2024/11/25-26)
「小型望遠鏡による金星紫外・可視分光観測」
江口 倫太郎, 田口 真 (立教大) 今井正亮, 高橋英則 (東京大学), 鍵谷将人 (東北大)
8. 第 15 回光赤外線天文学大学間連携 (OISTER) ワークショップ (姫路・西はりま地場産業センター, 2024/12/10-12)
「東京大学・木曾観測所の活動報告」
瀧田 怜 (東京大学)
9. 第 15 回光赤外線天文学大学間連携 (OISTER) ワークショップ (姫路・西はりま地場産業センター, 2024/12/10-12)
「東京大学アタカマ天文台 (TAO) 6.5m 望遠鏡の観測装置」
高橋英則 (東京大学)
10. 宇宙電波懇談会シンポジウム 2025 (国立天文台三鷹キャンパス, 2025/01/08-10)
「多波長観測で探る星形成領域 W3, W4, W5」
沼田 琴愛 (東京電機大学)
11. 武蔵野大学 MCME セミナー (武蔵野大学有明キャンパス, 2025/02/25)
「最新望遠鏡で探る星・惑星系形成」
樋口あや (東京電機大学)
12. 第 33 回東京大学大学院理学系研究科・理学部技術部シンポジウム (東京大学本郷キャンパス理学部化学本館 5 階講堂, 2025/3/4)
「木曾観測所における観測運用の現状と課題」
近藤 莊平 (東京大学)
13. 日本天文教育普及研究会 2024 年度中部支部会 (オンライン, 2025/3/22)
「東京大学木曾観測所 50 周年と長野県内での記念観望会」
衣笠健三 (東京大学)

3.2.9.7 普及講演

1. OPIE 宇宙・天文光学 EXPO 2024 特別セミナー (パシフィコ横浜, 2024/04/26)
「木曾トモエゴゼンが切り拓くタイムドメイン天文学」
酒向重行 (東京大学)
2. 野辺山宇宙電波観測所特別公開ミニ講演会 (野辺山宇宙電波観測所, 25 名, 2024/08/24)
「祝! 東京大学木曾観測所 50 周年」
高橋英則 (木曾観測所)

3. ハッブル星と自然のフェスタ 講演会（ガトーキングダム小海, 20名, 2024/11/09）
「東大木曽観測所の50年とこれから」
小林尚人（木曽観測所）
4. はまぎんキッズ・サイエンストークイベント 「ブラックホール観測リレー」（はまぎん こども宇宙科学館, 2024/11/10）
「トモエゴゼンで星の爆発の瞬間をとらえる」
酒向重行（東京大学）

3.2.10 学生実習

1. CMOS 撮像と画像解析

嶋作一大 (東京大学理学部天文学科)

本実習は東京大学理学部天文学科の「基礎天文学観測」のテーマの1つであり, Tomo-e Gozen を用いて可視光の撮像観測とデータ整約の基礎を学ぶことを目的としている. 2024年度は, 学部3年生4名に代表者を加えた合計5名で2024年10月30日から11月1日までの2泊3日で実施した.

まず10月30日の前半夜に近傍銀河団 Abell 2634 を B と I バンドで観測した. 天気は晴れだった (ただし翌日の解析でシーイングが約6秒と大きめだったことがわかった). 学生は, 近藤荘平さんの指導のもと, 望遠鏡と Tomo-e Gozen の操作, 観測ログへの記入, 天気のチェックを交代で分担した. 近藤さんには観測に先立ち, ドーム内で望遠鏡と Tomo-e Gozen の解説もしていただいた.

翌日からの解析では, 観測所の計算機群を用いて, IRAF による一次処理, 画像のつなぎ合わせ, 天体検出ソフト SExtractor による天体の自動検出, $B - I$ の色に基づく早期型銀河の選び出しまでを行なった. 画像のつなぎ合わせまでは近藤さんに指導していただいた. 図 3.5 は解析の結果得られた I バンドのモザイク画像である

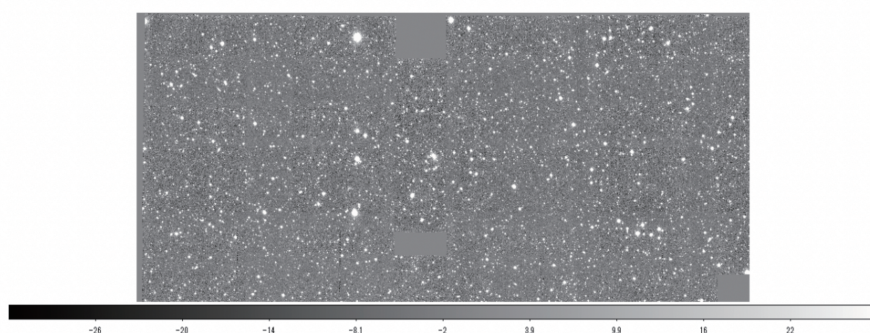


図 3.5: 解析の結果得られた I バンドのモザイク画像. 長辺は約3度. (小松侑生氏のレポートより)

2. CMOS 撮像と時系列解析

酒向重行 (天文学教育研究センター)

東京大学理学部天文学科の選択必修科目の一つ「基礎天文学観測」では, 学生がテーマ別に少人数の班に分かれて各地の天文台に出向き, 観測とデータ解析を実地に学ぶ. 「CMOS 撮像と時系列解析」は木曽観測所で行われるテーマの一つである.

2024年度は、学部3年生4名とTA1名に代表者を加えた合計6名が2024年11月5日-11月7日の2泊3日の日程で木曾観測所に滞在して、Tomo-e Gozenを用いた動画データの観測と解析、観測装置の開発に関する実習を行った。

1日目は14:00より実習の概要を説明した後、望遠鏡施設の見学を行った。天候の回復が難しい状況にあったため1日目の観測は断念し、室内にて偏光シートを使った対物偏光装置の製作を実施した。

2日目は、過去に取得したデータを用いて解析実習を行った。用いたデータはTomo-e Gozenで2フレーム/秒で取得した地球接近小惑星(NEO)の動画データである。最初に各フレームに検出されているNEOを測光しライトカーブを作成した。午後に天候が回復したため、対物偏光装置を用いた観測の計画を立案し、日没後にNGC1333, VdB141, NGC7023, C2023A3(紫金山・アトラス彗星)の偏光観測データの取得を実施した。

3日目はライトカーブを1周期ごとに重ねることでフェーズカーブを作成した後、NEOの回転運動に関して議論した。また、2日目に取得した偏光データの解析も実施した。11:30に実習を終え、まとめの講義を行った。

3. 天文学観測による天文学教育の実践と教材開発(4大学合同実習)

伊藤信成(三重大学教育学部), 西浦慎悟(東京学芸大学自然科学系), 下井倉ともみ(大妻女子大学社会情報学部), 山縣朋彦(文教大学教育学部)

三重大学教育学部, 東京学芸大学教育学部, 大妻女子大学社会情報学部, 文教大学教育学部の4大学共同の天体観測実習を行った。当初予定は2024年8月28日(水)から31日(土)で、例年通りに3泊4日であったが、台風10号の直撃を受けて、急遽、期間を短縮し8月28日-29日の1泊2日で行った。参加者は、文教大学が3年生9名(男子6名, 女子3名), 東京学芸大学が3年生4名(男子2名, 女子2名), 大妻女子大学が2名(女子2名), 三重大学が0名の計15名(男子9名, 女子6名)と、本研究代表者・共同研究者の教員4名であった。因みに、三重大学は学内カリキュラムの都合で本年の学生参加はなかった。

実習期間短縮のために、例年通りの実習は行わずに、主に所内見学を行った。8月28日は15時30分頃に観測所に到着。事務手続きと諸注意連絡の後、観測所本館と105cmシュミット望遠鏡ドーム(105cmシュミット望遠鏡, Tomo-e Gozen, 一般見学用展示)を見学した。晩には、105cmシュミット望遠鏡とTomo-e Gozenによる天体観測を行う予定であったが、悪天候のため、以前、Kiso Wide Field Camera(=KWFC)で取得した予備データを用いて、データ解析実習、主に疑似カラー合成を行った。

データ解析実習は、全参加者をランダムに分けて2-3名を1班とし、まず、KWFCによるM31のB, V, R画像から、疑似カラー画像を作成する作業を行った。実習2日目は、午前中に、班毎に簡単な成果発表を行った後、想定よりも早い天候悪化が予想されたために予定を早めて、13時頃に退所した。

4. 甲南大学大学実習

富永望, 大澤亮(国立天文台)

2020年度から単位を取得できる「天体観測ワークショップ」としての開催となった。2024年度には甲南大学理工学部物理学科の2年生16名、講師2名が参加した。甲南大学において事前学習を行った後に、木曾観測所に滞在しこれまで学部生が触れたことのない天体望遠鏡を用いた観測研究の一端を経験してもらった。

本実習は、学生自身で観測目的を考え、観測プランを立て、観測を遂行し、データ解析を行うことを重視している。事前学習に基づき、学生自身がどの天体の画像を取得したいのかを、visibilityを確認して選択し、finding chartを作る等の観測準備を行って観測実習に臨んだ。到着当日には望遠鏡を見学させ

ていただいた。また、昼間には観測、データ解析を行うにあたっての基礎知識の座学を行った。9/3-6の3晩観測の予定であったが、2日目に少しと最終日に観測データを取得することができ、各自の観測した天体のデータ解析を行った。今年度は例年と同様に銀河 (M101, NGC6503, NGC7318, NGC7227, NGC7318, NGC598, NGC628, NGC1961, NGC5907 など) や星団 (NGC6229) や星雲 (M16, M20, M27, M76, NGC6543, IC1296, NGC6888, NGC6960, NGC7635, NGC6992, NGC7023 など) の観測を希望した学生が多かった。最終日はよく晴れ今後の実習で天候不良の場合に使用できるデータが撮れた。データ解析では、IRAFを用いて、ダーク引き、フラット割り、座標合わせ、複数露出のスタック、観測した星雲や銀河の3色合成を行った。今回の実習を通して、学生たちは天体観測・データ解析の実感をつかみ、天体観測の楽しさを知ったと考えられる。

旅費等の実費がかかるのにもかかわらず、定員50名の物理学科で16名が参加を希望する人気科目となっている。1名の学生からこの実習を通して大学院への進学を決めたと声があった。他の学生も今回の経験を活かして卒業研究や大学院に進んでもらえると期待している。また観測所の方々にはお忙しい中多数の学生を受け入れていただき大変感謝している。

5. 東京電機大学天文学研究室 光学望遠鏡観測実習

樋口あや (東京電機大学), 小宮山裕 (法政大学)

東京電機大学の2・3年生を対象とした観測実習を、2025年3月10日(月)から13日(木)までの3泊4日で、法政大学との合同で実施した。実習では、105cmシュミット望遠鏡およびTomo-e Gozenを用いて若い星団や彗星の観測を行う計画を立てたが、当日は天候に恵まれなかったため、アーカイブデータを用いた解析を実施した。実習の具体的な流れは以下の通りである。

1. 事前講義
2. 望遠鏡・観測装置・一般見学室の見学
3. 観測計画表の作成
4. データ解析および発表資料の作成
5. 成果報告会

3年生は、観測の立案から実行、データ解析までを一通り経験し、自身の卒業研究テーマの検討を行った。2年生は天文データ解析が初めてであったため、実習中にPythonによる解析環境を構築し、これまでに学習した物理学や情報科学の知識を活用して解析を進めた。

6. トモエゴゼンを用いた観測実習

小宮山裕 (法政大学), 樋口あや (東京電機大学)

本年度は3月10日～3月14日の日程でトモエゴゼンを用いた観測実習を行った。実習は、東京電機大学樋口研究室との合同で行い、法政大学からは学部3年生7名(うち1名は肺炎のため実習自体は欠席)が参加した。また、TAとして4年生1名と大学院生2名も参加し、学部3年生の観測及びデータ解析のサポートを行った。

法政大学では観測実習を行うにあたって、10月より実際の観測画像を使った解析を学ぶとともに、1月より学生各自が観測目的と観測対象を考え、実現性などを検討したうえで観測計画を立ててから実習に臨んだ。具体的には下記のような観測対象・観測目的を目指した観測を行った。

- ・惑星状星雲 M97 の輝度分布と電子密度の比較
- ・最短周期アルゴル型食変光星 HW Vir の周期解析
- ・ 2326 Tololo & TYC 0757 - 02244 - 1 の掩蔽観測
- ・ M101 回転花火銀河の渦巻腕と星形成領域
- ・相互作用銀河 M51 の構造と相互作用の関係
- ・球状星団の構造と密度の関係

しかし、残念ながら本観測は厚雲が一晩中空を覆っており、観測することができなかった。また翌日以降も天候の回復は難しいと判断し、観測日翌日から SMOKA に保存されているトモエゴゼンのアーカイブデータを検索し、各自の対象天体の画像データをダウンロードして解析を行った。各自の観測計画で想定していたようなデータセットにならない場合もいくつかあったが、当初の観測目的に向けて解析を進めた。そして、実習最終日に観測研究発表会を行い、木曽観測所所員の皆さんから質問やコメントをいただいた。

また、最終日の夜は大学より搬入した可搬式望遠鏡（口径 130 mm 屈折望遠鏡）を設置し、自分たちで望遠鏡を操作し観測を行った。特に、観測実習で選んだ天体（例えば、M97 や M51）を観測し、木曽シュミット望遠鏡のすごさを実感できたことも非常に良い経験であった。



図 3.6: 集合写真

7. 科学の芽/目を育む保育実践演習プログラム開発の試み

豊田明子（名古屋柳城女子大学こども学部）

2024 年 8 月 5-7 日の日程で、名古屋柳城女子大学・名古屋柳城短期大学の教員 6 名、学生 12 名の計 18 名が参加し、観測所施設の見学と観測所前庭での自然観察や人間関係構築のための各種アクティビティを実施した。本研修の実施は今回で 3 年目となり、回を重ねることによってプログラムを改善している。

本研修の根底には、保育職に就くことを志望する学生が、高等学校までの段階の学校教育において、理系科目への興味関心を失っている、というよりも、理系科目の学びを忌避しているような状態で、乳幼児期の子どもに接していいのだろうか、という問題意識がある。したがって本研修の目的は、保育者の卵である彼女たちが天文学や観測施設に興味をもち、各種自然体験活動から感得した自然に対する畏怖や驚嘆の気持ちを、将来、子どもとの関わりに活かしてほしいという願いの下で、宿泊を伴う課外活動として相應しいプログラムを検討することにおく。

3 年目となる今回は、基本的には前年度の内容（保育内容 5 領の専門性をもつ教員によって企画された各種プログラムの実施）を踏襲しつつ、各プログラム内およびプログラム間に時間的なゆとりをもたせ、使用教材の変更もおこなった。これは学生理解が深まったことによって、よりいっそう目的にあった時間環境の構成、教材選択が可能になった結果である。

なお、観測所内での活動によって学年を越えて繋がり合えるようになった人間関係を基盤に、観測所周辺

の自然環境とそこで育つ子どもの生育環境についての学びを深めたが、それら全ての活動の参加者満足度は高く、保育資格・幼稚園教諭免許取得のために余裕を失っている本学のカリキュラムの中で、ひときわ貴重なリトリートのひとときとなったといえる。その学修の成果は10月におこなわれた本学院の大学祭でポスター発表の形式で公開している。

次年度はさらに、研修プログラムのいっそうの深化、事前事後学習の再検討をおこなうと同時に、教員らに対して、このプログラムを通して培ってきた学生理解の方法や教材研究に関する知見を、より汎用性のある形で発信していきたい。

3.2.11 地域貢献事業

木曽観測所は開所以来シュミット望遠鏡を用いた観測と観測データを元に研究を進めながら、同時に観望会や講演会、理科教育プログラム等、様々な社会貢献活動を積極的に行っている。このような活動を継続して実施するためには地域との連携が不可欠であり、様々な協力関係・連携体制を育むことにも力を入れている。今年度も「長野県は宇宙県」連絡協議会や木曽星の会、木曽観測所サポーターズクラブなど様々な団体・機関と連携して活動を行った。本年度の活動について以下にまとめる。

3.2.11.1 「長野県は宇宙県」連絡協議会

2016年7月14日、阿部 守一長野県知事が木曽観測所を視察された際に、「長野県の特徴である素晴らしい星空を地域の関連協力団体と連携して、天文教育や地域の観光振興拠点として活かしていくことはできないか検討して欲しい」との依頼を受けた。そこで、2016年11月に国立天文台野辺山宇宙電波観測所や木曽観測所などが中心となり、長野県内の研究施設や天文関連団体および個人などが参加する「長野県は宇宙県」連絡協議会を起ち上げた。

本年度も長野県の星空環境の観察や保全活動、長野県の天文文化研究、各観測所の特別公開や星フェスでの「長野県は宇宙県」の紹介などの活動を継続して行った。本年度は、木曽観測所50周年であるとともに、JAXA宇宙空間観測所40周年であるため、「長野県は宇宙県」リーフレットを改訂して、本年度に特化したものを作成し、各イベント等で配布をした。6月には、「宇宙県&ながてん交流会 in 小川村」と称して、長野県小川村にある小川天文台と星と緑のロマン館を会場に、長野県内の天文愛好者を中心とした初めての合宿を行った。57名の方々が参加し、夜の観望会とともに、今後の活動についての意見交換を行った。10-12月においては、東京大学木曽観測所50周年を記念した「長野県！出かけよう星空観望会」を長野県内の多くの施設や団体と協力して実施した（詳細は3.2.13.4節を参照）。11月の「長野県は宇宙県」ミーティングでは、東京大学宇宙線研究所の宮川治氏による「重力波で見る宇宙」と題し、重力波望遠鏡KAGRAの現状についての講演会を行った。また、全体テーマを「観望会」と位置付け、現在ブームになりつつある電視観望についての情報交換等を行った。当日の夜は実際に観望会を実施する予定だったが、あいにくの荒天のため中止し、参加者同士の親睦を深める時間とした。今年度は、いくつかの天文現象についても話題となった。5月には木曽観測所をはじめ長野県の各地で低緯度オーロラが観測され、学術的にも意義のあるデータとなったものもある。10月には紫金山・アトラス彗星の接近、12月には土星食などの天文現象などもあり、県内でも多くの地点で撮影や観察会が行われた。以下、今年度の「長野県は宇宙県」連絡協議会に関連した主だったイベントを列挙する。

実施日時	内容（実施場所）	参加人数	担当職員
6月1日-2日	宇宙県&ながてん交流会 in 小川村 (小川天文台, 星と緑のロマン館)	57名	-
7月19日	第13回長野県星空継続観察ミーティング(オンライン)	約20名	森, (衣笠)

7月20日	野辺山宇宙電波観測所 オンライン特別公開	約50名	－
8月3日-4日	木曽観測所特別公開		－
8月24日-9月6日	デジタルカメラによる星空観察		森, 小林, (衣笠)
8月26日	野辺山宇宙電波観測所 特別公開 (現地開催)	約1300名	高橋
9月25日	「長野県！出かけよう星空観望会」プレスリリース		小林
10月5日-12月8日	「長野県！出かけよう星空観望会」	約1000名	森, (衣笠)
10月20日	JAXA 臼田宇宙空間観測所 特別公開		－
11月8日-9日	ハッブル星と自然のフェスタ in こうみ		小林, 森
11月2日	第14回長野県星空継続観察ミーティング (大鹿村交流センター＋Zoom)	23名 (オンライン7名)	小林, 森, 新納, (衣笠)
	第8回長野県は宇宙県ミーティング (大鹿村交流センター＋Zoom)	27名 (オンライン8名)	小林, 森, 新納, (衣笠)
1月20日-2月2日	デジタルカメラによる星空観察		森, 小林, 衣笠

3.2.11.2 木曽星の会との連携

「木曽星の会」は平成16年(2004年)11月に発足した。この会の目的は、木曽観測所や天文関係者と連携して観望会などを開き、より多くの人々に星空の関心を持ってもらうこととなっている。木曽は美しい星空環境を有していることから、星をテーマとした文化活動が活発となり、さらにはこの環境を後世に残すことに繋がる活動を開始すると表明している。木曽観測所はこの目的に賛同し、木曽星の会と連携し諸事業に協力している。今年度、木曽観測所が協力した活動および、観測所行事に対して協力をいただいた活動を以下に示す。

実施日	内容	場所	参加観測所スタッフ
5月12日	木曽星の会 総会	木曽観測所	近藤
7月27日	木曽星の会 20周年記念講演会・星空観望会	御岳明神温泉やまゆり荘	小林, 新納, 森, 近藤
8月3, 4日	木曽観測所 特別公開	木曽観測所	

3.2.11.3 木曽観測所サポーターズクラブ

木曽観測所の地域連携・社会還元活動をサポートする様々な方々(サポーターズ)をまとめたクラブとして、2023年4月に設立されたものである。木曽星の会や「長野県は宇宙県」の活動等で以前から木曽観測所をサポートしてくれていた方々だけでなく、本年度は県内外の天文愛好家も数名加わり21名となった。さらに観測所OBの3名も特別顧問として参加している。会員は木曽観測所の地域貢献・社会還元事業への協力をはじめ、木曽地域の星空や観測所施設を活用した地域貢献・社会還元事業を実施するとともに、会員の自由な天文活動や天文に関する知識の相互共有、スキルアップ、ノウハウの蓄積を行っていく。

4月に行われた総会では、今年度の活動予定とともに、入会にあたっての手続き等を明確にしていくことが議論された。続く5月の連休には昨年実施したシュミットドームの公開が行われた。連休で観測所を訪れた方々にドームの中へ入って望遠鏡を間近に見てもらうことができ、たいへん好評であった。8月の特別公開では昼間の星観望を独自に企画して実施し、また夜の観望会でも大活躍であった。これまで観測所スタッフが実施していた星の教室や銀河学校での観望会にもサポートをお願いし、自前の機材を持ち込んで観望会を開いてもらった。さらに、木曽観測所50周年を記念した観望会(3.2.13.4)にも参加し、木曽町や大桑村にて独自に観望会を実施した。

これらの活動の他、観測所構内の環境整備や 30cm 望遠鏡を利用した内部観望会も行われ、親睦を深めていた。以下、今年度の主な活動を列挙する。

実施日時	内容（実施場所）	参加人数
4月7日	総会（於：木曽観測所）	11名
5月3日-4日	シュミットドーム公開	来場者約 50 名
7月23日	屋代高校星の教室での観望会	4名
8月3日-4日	木曽観測所特別公開への協力	9名
8月23日	飯山高校星の教室での観望会	6名
9月9日	木曽青峰高校星の教室での観望会	2名
10月26日	観望会（於：木曽文化公園）	来場者 24 名
11月10日	相模原「宇宙教室」見学サポート	1名
11月30日	観望会（於：大桑村スポーツ公園）	来場者約 90 名
2月1日-2日	内部観望会・懇親会	8名
3月27日	銀河学校での観望会	5名

3.2.11.4 木曽文化公園との連携

木曽観測所 50 周年記念写真展「写真で見る木曽観測所の 50 年」（10 月 9 日-12 月 5 日）と木曽観測所 50 周年記念シンポジウム（12 月 8 日）を共同主催していただき、チラシの作成や会場の提供、当日の運営など多大なご協力をいただいた。それぞれのイベントの詳細は (§3.2.13.2) , (§3.2.13.3) を参照。

3.2.11.5 松本市教育文化センターとの連携

松本市教育文化センターの実施する「星空散歩」にて、画像処理（三色合成）を行う講座と望遠鏡での観望をセットにした講座が本年度も企画され、木曽観測所 (KWFC) で撮影した M31, M42, ばら星雲の画像を提供した。講座は 11 月 9 日に実施され、小学生 2 名を含む 10 名の参加者が画像処理ソフト GIMP を用いて B, V, R バンドの FITS 画像を合成し、各々できれいなカラー画像を作成した。

3.2.11.6 駒ヶ根工業高校との連携

長野県駒ヶ根工業高校には林厚志教諭を指導教員として宇宙開発班という課題研究班があり、木曽観測所とは以前より観望会や課題研究発表会など相互交流がある。2024 年度には退官記念講演および木曽観測所 50 周年記念行事の際の参加者への記念品としてグラスを配布したが、その加工にご協力頂いた。3 月には宇宙開発班のメンバーおよび高校との相互交流のある県内の高校生の体験実習等も行なった。その際に、高校における天体観測の促進とともに、将来の共同観測を想定し、小口径の天体望遠鏡を貸与している。また、駒ヶ根工業高校宇宙開発班をはじめ当高校、および関係のある県内外の高校生を対象としたリモート天文学講座も複数回行い、多くの聴講があった（詳細は次項）。

3.2.11.7 その他の活動

以上の他にも、地域からの依頼に応じた様々な活動を実施している。以下に今年度の活動をまとめる。

実施日時	実施場所・内容	人数	担当職員
4月24日	木曾文化公園自主企画実行委員会 見学・講演	8名	新納
6月6日	東京大学木曾天文台協力会	38名	大越研究科長ほか; 河野センター長, 酒向, 橋口, 赤岩; 小林, 高橋, 新納, 近藤, 森
7月9日	茅野市中央公民館高齢者大学講座 「星と惑星の誕生」	80名	小林
7月19日	長野県シニア大学講座 「星と惑星の誕生」	20名	小林
8月26日	大桑小学校6年生 見学・授業	14名	新納
8月27日	三岳小学校4年生 見学・授業	9名	新納
9月24日	上松小学校6年生 見学	29名	新納, 近藤
9月25日	王滝小学校4年生 見学・授業	2名	新納
9月30日	WWL事業に係るオンラインを活用した 同時双方向型授業 vol.1 (駒ヶ根工業高校起点)		高橋
11月28日	WWL事業に係るオンラインを活用した 同時双方向型授業 vol.2 (駒ヶ根工業高校起点)		高橋
3月7日-8日	駒ヶ根工業高校等 見学・望遠鏡講習・観望会	9名	高橋, 衣笠

3.2.12 教育 (パブリックアウトリーチ)・広報活動

パブリック・アウトリーチ (Public Outreach) とは「研究開発を行う機関による、一般に対する教育普及活動」といった意味で使用される言葉である。

木曾観測所は東京大学大学院理学系研究科に附属する観測天文学の研究施設であり、主とする役割は観測天文学を行う研究者への様々なサポートと観測天文学に関連した研究開発業務である。しかしながら当観測所が運営する観測設備や今までに取得された観測データは、専門の研究者のみならず一般の方々への教育普及活動に対しても非常に効果的に使用し得るという判断から、観測所スタッフを中心として様々なパブリック・アウトリーチ活動が行われている。

3.2.12.1 銀河学校 2025

銀河学校は1998年から続いている全国の高校生を対象とした天文学体験実習である。第28回銀河学校を2025年3月26日(水)–29日(土)に開催した。

参加者は『星の光を遮る黒い厄介モノに迫る』『機械学習×天文学入門～画像から銀河までの距離を予測しよう～』の2つのテーマの中から1つを選択し、105cmシュミット望遠鏡を使った天体観測、観測データの解析、考察、結果発表という研究の一連の流れを体験した。今年度はこれまでにない大量のデータを扱うテーマに挑戦し、プログラミングを駆使して解析に取り組んだ。また、前年度からプログラムの見直しを行い、発表会のオンライン配信やTAの研究紹介など、新しい取り組みも行った。

銀河学校は観測所所員の他に、天文学教室の学生や銀河学校卒業生を中心とした大学生・大学院生がTAとして多く参加しており、次世代の教育・研究者を育てる場ともなっている。

- 対象

全国の高校生

- 日程・場所

2025年3月26日(水) – 29日(土)・木曾観測所

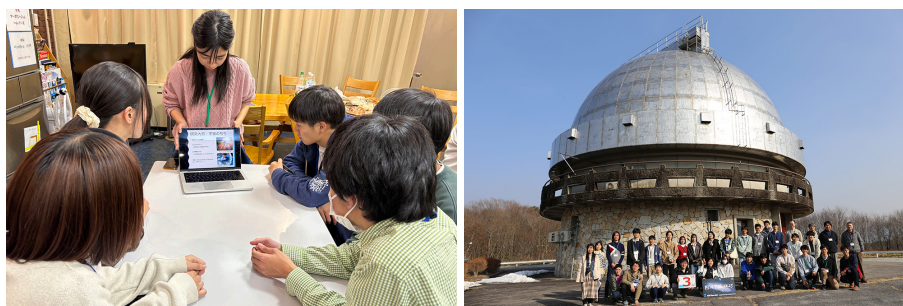


図 3.7: TA 研究紹介の様子 (左), 集合写真 (右)

- 担当者

講師: 山岸光義, 今井正亮 (天文学教育研究センター)

TA: 田中匠, 妹尾梨子 (東大・天文・M2), 石川諒 (東北大・M2), 是友健太郎, 齋田知克 (東大・天文・B3), 村尾和紀 (上智大・B2), 三井敬斗 (東京理科大・B1))

スタッフ: 森, 新納, 近藤, 小林, 衣笠

- 参加人数

高校生 19 名 (応募者 54 名から抽選)

- 研究テーマ

星の光を遮る黒い厄介モノに迫る

機械学習×天文学入門 ～画像から銀河までの距離を予測しよう～

- 主催

NPO 法人サイエンスステーション

- 助成

国立青少年教育振興機構 子どもゆめ基金

3.2.12.2 理科教育プログラム『星の教室』

星の教室は、文部科学省によって進められている『科学技術・理科大好きプラン』の一環として、サイエンスパートナーシッププロジェクト、スーパーサイエンスハイスクールの施策に則り、2002 年度から木曽観測所で行われている理科教育プログラムである。

実習では、視角を使って距離をもとめる原理を応用し、銀河の画像を使って宇宙の年齢をもとめる。高校生にレクチャー、観測機器の見学、実験、実習などを通じて、天文学をはじめとした自然科学への興味、理解を深めさせることを目的としている。

本年度は長野県の 4 高校に対し実施した。木曽観測所での合宿形式を基本として開催しているが、木曽青峰高校についてはカリキュラムの変更に伴うスケジュールの都合から、今年度は高校での講演と日帰りで行う別プログラムの実習を実施した。実習のために、Tomo-e Gozen のデータ (スカイアトラス) を利用し、惑星の逆行時の軌道予測と実測値との違いから惑星の楕円軌道を考察する新たなプログラムを作成した。

参加学校	参加生徒数	実施日時(開催場所)	担当
長野県屋代高校**	2年生 41名	7月23-24日 (於: 木曽観測所)	主講師: 高橋, 副講師: 今井正亮(天文センター), TA: 稲井天, 魚村直人(信州大・B4)
長野県飯山高校**	2年生 27名	8月23-24日 (於: 木曽観測所)	主講師: 山岸光義(天文センター), 副講師: 平 尾優樹(天文センター), TA: 佐藤良, 柳谷百合 (信州大・M1)
長野県木曽青峰高校	1・2年生 39 名	9月6日 (於: 木曽青峰高校) 9月9日 (於: 木曽観測所)	講師: 新納 講師: 瀧田怜(天文センター)
長野県伊那北高校	1年生 39名	2月27-28日 (於: 木曽観測所)	主講師: 新納, 副講師: 衣笠, TA: 江川諒太(東 大・天文・B3), 大平達也(京都大・B3)

**SSH(スーパーサイエンスハイスクール指定校)

3.2.12.3 木曽観測所特別公開(2024年8月3日-4日)

毎年恒例である特別公開は2024年度は8月に戻して実施した。木曽観測所にて2日間にわたり施設公開と講演会を実施し、初日の夜に天体観望会も行った。2024年度は観測所開所50周年ということもあり、それをメインテーマとした公開内容であった。講演会は3日土曜日は元木曽観測所所長の中田好一氏で「木曽観測所これまでの50周年～昭和・平成・令和を駆け抜けて」、2日目は天文学教育研究センターの酒向重行准教授による「木曽観測所これからの50年～105cmシュミット望遠鏡とともに」という現在・過去・未来が感じられる内容であった。講演会の様子は、今回も情報システムチームの協力を得て理学系のYouTubeチャンネルでライブ配信が行われた。シュミットドームでの展示は写真乾板から各種CCD、さらにシュミット望遠鏡に搭載されているトモエゴゼンカメラまでを公開し、観測装置開発の歴史を知ることができる内容であった。夜の天体観望会は、木曽の暗い夜空を堪能できるような天候で、シュミット望遠鏡同荷20cm屈折望遠鏡、30cm望遠鏡のほか、サポーターズクラブメンバーによる複数の移動式望遠鏡で行うことで、待ち時間の少ないスムーズな観望を行うことができた。50周年ロゴを配したスタッフポロシャツも制作し、一見で見学者とスタッフが区別できるようにした。

施設公開・観望会

● 日程・場所

2024年8月3日(土) 13時-4日(日) 16時・木曽観測所

● 内容

講演会、望遠鏡見学・観測装置展示・研究紹介展示・Sky Atlas体験・赤外雲モニタ紹介・隕石展示・昼間の星観望・「長野県は宇宙県」紹介(8月3日13-18時, 4日10-16時), 野辺山宇宙電波観測所紹介(8月3日13-18時), 天体観望会(8月3日19-21時)

● 参加人数

昼間の公開: 約170名

天体観望会: 約200名

講演会(3日): 現地 約70名, YouTube 視聴数 約440名

講演会(4日): 現地 約40名, YouTube 視聴数 約460名

- スタッフ

木曽観測所：近藤, 小林, 高橋, 新納, 森, 中地

天文センター：瀧田, 根津

情報システムチーム：玉造潤史, 本城剛毅

国立天文台野辺山電波観測所：西村淳

その他 23 名 (OBOG, 木曽観測所サポーターズクラブ, 木曽星の会, 「長野県は宇宙県」連絡協議会など)

- 共催

名古屋大学宇宙地球環境研究所



図 3.8: シュミットドームと受付の様子 (左), 展示室の様子 (右)

3.2.12.4 東大オープンキャンパス (2024 年 8 月 6 日-7 日)

毎年東大本郷キャンパスで開かれている「高校生のためのオープンキャンパス」は東京大学の教育研究に接してもらうことが目的で, 2024 年もオンラインでの開催となった. 数年前には新型コロナウイルス感染対策という理由もあったが, 昨今の猛暑による熱中症対策の意味合いもある. 実際のオープンキャンパスでは, 説明会, 模擬講義のライブ配信, 録画映像配信, オンラインツールを用いた質問コーナーや相談会などが行われ, 引き続き一定の成果はあったと思われる. 木曽観測所はオンデマンド配信という形で参加した. 2024 年度は観測所開所 50 周年であり, 直前に行われた特別公開の様子を撮影した動画を公開した. 他には観測所およびシュミット望遠鏡の紹介の他, 主鏡コーティングの様子を新たに公開した. さらに現在稼働している Tomo-e Gozen Camera の概要と動画観測での成果についても紹介した.

3.2.12.5 天文学教育研究センター特別公開 (三鷹 2024 年 10 月 19 日)

「三鷹・星と宇宙の日」は, 自然科学研究機構国立天文台, 自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター, 東京大学天文学教育研究センター, 総合研究大学院大学天文科学専攻の特別公開イベントである. 新型コロナウイルス感染症の影響により, 2020 年以降はオンラインのみの開催や規模を縮小したオンサイト開催であったが, 2024 年は制限のない形でのオンサイト開催となった (講演会のライブ配信は継続).

木曽観測所は特設ブース (天文学教育研究センター会議室) にて, 木曽観測所の 50 周年に合わせて写真乾板からトモエゴゼンまで, 歴代の観測装置の展示を行った. その他, 例年通りトモエゴゼン計画や期待されるサイエンス, 最新成果についての紹介ポスターを掲示した. またトモエゴゼンの画像を閲覧・検索できる web インターフェイス「SkyAtlas」を参加者が操作できるようなデモンストレーションを大型プロジェクタを使って行った.



図 3.9: 特別公開木曽観測所ブースの様子

3.2.12.6 地元学校からの見学

木曽郡内の小・中・養護学校に呼びかけて年中行事として恒常的に観測所見学に来てもらうことで、木曽に生まれ育った人であれば誰でも一度は観測所に来たことがある状態をつくることを目指す。地元学校の恒常的な観測所見学は長らく行われていなかったが、2024年度より呼びかけを開始した。初年度にあたる2024年度には大桑小学校、三岳小学校、上松小学校、王滝小学校からの観測所見学があり、それぞれ45分間程度の施設見学の後、さらに滞在時間の許す場合は宇宙に関する45分程度の特別授業をおこなった（図 3.10）。

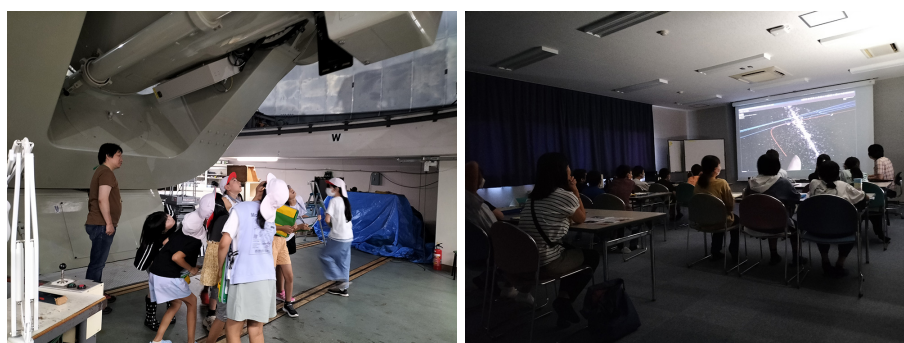


図 3.10: 2024 年度の見学の様子

3.2.12.7 広報用グッズの制作

ステッカー

木曽観測所 50 周年のロゴマークのステッカーを作成し、特別公開やその他イベントで配布した（図 3.11）。



図 3.11: ステッカー

カレンダー

木曽観測所の広報を目的としたカレンダー (B2 版) を制作した (図 3.12) . 1988 年に大判カラーフィルムで撮影されたプレアデス星団の写真 (L05965) を用いて, イラストレーターの若尾寛子氏にデザインを依頼した. 制作したカレンダーは木曽観測所, 東京大学, 天文学コミュニティー, 教育機関等に幅広く配布された.



図 3.12: 2025 年のカレンダー

3.2.12.8 その他のアウトリーチ活動

特別授業・見学・観望会

実施日時	実施場所・内容	人数	担当職員
5月22日	スーパーカミオカンデ関係者 見学	6名	新納
7月2日	木曾町図書館 見学	9名	新納
7月22日	名古屋鯉城学園気象天文クラブ 見学	15名	高橋
7月29日	おんたけ休暇村 見学	45名	高橋, 近藤
8月20日	宮田村公民館 見学	25名	高橋, 近藤
8月24日	茅野市八ヶ岳総合博物館 見学	15名	近藤
9月9日	東北大天文研究会 見学	3名	高橋
9月10日	大阪めいらく 見学	7名	高橋
11月10日	相模原市中央地区「子どもと大人 共に学ぶ宇宙教室」 見学・講演	33名	新納, 近藤

3.2.12.9 プレスリリース

本年度はプレスリリースは行われなかった。

3.2.12.10 その他 各メディアでの紹介

1. 新聞・Web ニュース

2024年	5月2日	じもとアイ (GW 特別公開の紹介)	市民タイムス 24面
	6月7日	東大木曾観測所 今秋50周年 式典や記念誌など事業計画	信濃毎日新聞 19面
	6月8日	東京大学木曾観測所 開所50周年へ	中日新聞 15面
	6月12日	観測所50周年事業に協力 天文台協力会総会で確認	市民タイムス 1面
	8月18日	星空見上げ宇宙に思い 三岳で子供向け観望会	市民タイムス 7面
	8月20日	アンドロメダで乾杯!	市民タイムス 10面
	8月24日	木曾星の会20年 東大の天文台と連携	市民タイムス 10面
	9月28日	東大木曾観測所50周年記念 県内各地で観望会	信濃毎日新聞 11面
	10月10日	天文台の半世紀 写真で	市民タイムス 17面
	10月11日	東大木曾観測所 半世紀振り返る写真展	信濃毎日新聞 12面
	11月29日	東京大木曾観測所50周年記念写真展	MG プレス 10面
	12月6日	東大観測所8日50周年シンポジウム	市民タイムス 1面
	12月10日	天文学に貢献 歩み50年	信濃毎日新聞 11面
	12月10日	木曾観測所開設50年シンポ	中日新聞 11面
	12月11日	東大木曾観測所開設50年 世界の天文学第一線担う	市民タイムス 1面
	12月12日	じもとアイ (50周年記念品の紹介)	市民タイムス 28面
2025年	1月29日	今年はプレアデス星団 カレンダー希望者に配布	市民タイムス 1面

2. 雑誌・情報誌

木曾観測所および名古屋大学太陽地球環境研究所
特別公開のお知らせ

天文月報	2024年7月号
天文ガイド	2024年8月号
星ナビ	2024年8月号
日経サイエンス	2024年8月号
サンデー毎日	2024年10月13日号

〔UFO〕政府がUFO現象解明に動き出す日がやってくる！？

小泉議員の助言により日本にも「UFO議連」が誕生

東京大学木曾観測所 50 周年！

東京大学木曾観測所 50 周年 105cm シュミットの半世紀

「銀河学校 2025」参加者募集

kisojin	vol.41
星ナビ	2024年11月号
天文月報	2025年1月号
星ナビ	2025年2月号
天文ガイド	2025年2月号
ニュートン	2025年2月号

3. テレビ

2024年12月19日～25日 ウィークリーきそ 木曾広域ケーブルテレビ
「木曾の星空に広がる可能性」

4. ラジオ

2024年9月14 峰竜太とみんなの信州 文化放送

5. 書籍・出版物など

2024年4月 書籍「月に移住!? 宇宙開発物語」

写真「おとめ座銀河団」使用

2024年5月 書籍「2025 大学入学共通テスト過去問レビュー 地学基礎・地学」

写真「プレアデス星団」使用

2024年5月 書籍「天文宇宙検定公式問題集 2 級 銀河博士 2024～2025 年版」

写真「馬頭星雲」使用

6. その他

4月24日～26日 OPIE 宇宙・天文光学 EXPO 2024 tomoe-PM など展示

3.2.13 木曾観測所 50 周年記念事業

3.2.13.1 東京大学木曾観測所開所 50 周年 および 青木勉氏、征矢野隆夫氏、樽澤賢一氏 ご定年記念事業

2024年10月5日に東京大学伊藤国際学術研究センター伊藤謝恩ホールにて、木曾観測所の開所 50 周年と、木曾観測所の功労者である青木勉氏、征矢野隆夫氏、樽澤賢一氏のご定年を祝う記念事業を実施した。青木氏は 2019 年 3 月 31 日、征矢野氏と樽澤氏は 2020 年 3 月 31 日に定年を迎えられており、本来は 2020 年に記念事業を行う予定であったが、新型コロナウイルスの感染拡大により延期となっていた。三氏の活躍は木曾観測所の 50 年を象徴するものであり、50 周年の記念事業を三氏の記念講演会を主軸として実施することとなった。記念講演会のプログラムは以下の通りである。

式辞

天文学教育研究センター長 河野 孝太郎
理学系研究科等 事務部長 村岡 俊

祝辞

国立天文台長 土居 守 様

講演

「木曾観測所 50 周年にあたって」 木曾観測所長 小林 尚人

樽澤 賢一 氏 ご定年記念講演

紹介の辞

中田 好一 様 (東京大学名誉教授／元木曾観測所長)

講演

樽澤 賢一 氏 (元木曾観測所 技術専門員／技術部機器分析系長)

征矢野 隆夫 氏 ご定年記念講演

紹介の辞

岡村 定矩 様 (東京大学名誉教授／元木曾観測所員)

講演

征矢野 隆夫 氏 (元木曾観測所 副所長／助手)

青木 勉 氏 ご定年記念講演

紹介の辞

市川 伸一 様 (元国立天文台データセンター／元木曾観測所員)

講演

青木 勉 氏 (元木曾観測所 副所長／助手)

三氏の講演の前には「紹介の辞」として三氏に縁の深い方から三氏や木曾観測所での思い出をお話しいただいた。三氏の講演では、それぞれが手掛けてこられた仕事を中心に木曾観測所の様々な出来事が語られ、三氏の歴史とともに木曾観測所の 50 年を振り返る良い機会となった。記念講演会の様子は、情報システムチームにご協力いただき、記録映像に残してもらった。



図 3.13: 三氏の講演の様子。左から、樽澤氏、征矢野氏、青木氏。

講演会の後は多目的スペースにて祝賀会を開催した。吉井譲氏(東京大学名誉教授／元天文学教育研究センター長)の挨拶と、前原英夫氏(金光学園高等学校／元国立天文台岡山天体物理観測所長)による乾杯の挨拶(Zoom)の後、総勢 113 名の盛大な祝宴となった。祝賀会中には、渡部潤一氏(国立天文台 天文情報センター長)、柏川伸成氏(理学系研究科天文学専攻長)、吉田英人氏(理学系研究科地球惑星科学専攻／前技術長)、吉田道利氏(国立天文台 副台長)、宮内良子氏(元国立天文台／旧銀河系部)、浜部勝氏(日本女子大学名誉教授)、畑英利氏(木曾星の会)よりスピーチをいただき、お祝いの言葉や三氏と木曾観測所での思い出などをお話しいただいた。最後は、三氏による「ばんざい」で締めくくられた。

記念事業には、理学系研究科、天文学教育研究センターを始め、様々な研究機関・大学、木曾星の会、木曾観測所サポーターズクラブ、銀河学校 OB/OG、天文学教室・天文学教育研究センター卒業生、木曾観測所 OB/OG など、合計 117 人もの方にご参加いただき、盛大な記念事業となった。



図 3.14: 集合写真

3.2.13.2 50周年記念シンポジウム・記念式典・祝賀会

50周年記念イベント概要

東京大学木曾観測所は、1974年10月の開所から50周年を迎えるにあたり、2024年12月8日（日）に木曾文化公園にて記念行事を開催した。行事は、50周年記念シンポジウム、記念式典、祝賀会の三部構成で行われ、多くの関係者が参加した。当日は、歴代職員、東京大学理学系研究科の関係者、長野県および周辺自治体の教育・行政関係者など、各界からの招待者約80名に加え、記念シンポジウムには一般参加者約70名の来場があった。

記念シンポジウム

- 日時：2024年12月8日（日）14:00 – 16:00（13:30開場）
- 会場：木曾文化公園 文化ホール
- 主催：東京大学木曾観測所、木曾文化公園
- 司会：一般社法人 木曾人 代表 小林夏樹
- 後援：長野県、木曾町、上松町、王滝村、信濃毎日新聞社、中日新聞社、市民タイムス

第1部：50周年記念講演（14:00 – 15:05）

- 開会挨拶：小林 尚人（東京大学大学院理学系研究科附属天文学教育研究センター木曾観測所長）
- 演題：「木曾シュミット望遠鏡 ― 半世紀の成果と今後への期待」
- 講師：土居 守（国立天文台長）

講演では、木曾観測所の設立に至る経緯から始まり、これまでの研究成果、観測装置の開発、高等教育や普及活動への貢献、さらには近年の「トモエゴゼン」による成果と将来の展望に至るまで、幅広く紹介された。また、

長年にわたる地元の皆様からの支援に対する感謝の意も述べられ、観測所が地域とともに歩んできたことの重みを改めて実感させる講演となった。

第2部：50周年記念パネルディスカッション（15:15 – 16:00）

- テーマ：「長野県の夜空に広がる無限の可能性 ～星空を活かした木曽地域の活性化について～」
- パネリスト：
 - － 阿部 守一（長野県知事）
 - － 土居 守（国立天文台長）
 - － 大西 浩次（「長野県は宇宙県」連絡協議会長・長野工業高等専門学校 教授）
 - － 畑 英利（前木曽星の会会長・前木曽教育会長）
 - － 山下 真輝（JTB 総合研究所 主席研究員、日本アドベンチャーツーリズム協議会 理事）
- モデレーター：小林 尚人

パネルディスカッションでは、観光・教育・環境保全の観点から、星空資源を活かした地域振興の具体策について議論が行われた。光害対策や情報発信の体制づくりに加え、木曽の魅力や特色を活かした星空の活用にも期待が寄せられた。



図 3.15: 挨拶の様子 (左), パネルディスカッション (右)

記念式典

木曽観測所 50 周年記念式典を、多くの来賓・関係者の出席のもとに挙行了。地元自治体や大学関係者の協力のもと、これまでの歩みを振り返り今後の発展を誓う機会となった。

- 概要
 - － 日時：2024 年 12 月 8 日（日）16:30 – 17:15
 - － 会場：木曽文化公園 文化ホール
 - － 司会：瀬戸 美香子（東京大学大学院理学系研究科等事務部 総務課長）
- 式典の進行は以下の通りである（所属・肩書略、敬称略）。
 - － 開式の辞（河野 孝太郎）



図 3.16: 阿部長野県知事の祝辞 (左), 感謝状贈呈 (右)

- － 主催者挨拶（大越 慎一）
- － 来賓祝辞（詳細は別項「祝辞」参照）
- － 感謝状贈呈（詳細は別項「表彰・感謝状贈呈」参照）
- － 閉式の辞（小林 尚人）

壇上参加者一覧

東京大学関係者

- 大越 慎一（東京大学大学院理学系研究科長）
- 河野 孝太郎（東京大学大学院理学系研究科附属天文学教育研究センター長）
- 小林 尚人（東京大学大学院理学系研究科附属天文学教育研究センター木曾観測所長）
- 村岡 俊（東京大学大学院理学系研究科等事務部長）

来賓

- 阿部 守一（長野県知事）
- 原 久仁男（木曾町長）
- 大屋 誠（上松町長）
- 越原 道廣（王滝村長）

祝辞

以下の方々より、ご祝辞を賜った。

- 阿部 守一（長野県知事）
- 後藤 茂之（衆議院議員） ご欠席のため、事前にお預かりした祝辞を主催者側にて代読。

- 大畑 俊隆（長野県議会議員） ご欠席のため、事前にお預かりした祝辞を主催者側にて代読。

感謝状贈呈

長野県、木曽広域連合、木曽町、上松町、王滝村、木曽観測所の敷地を所有している森林組合と個人に対し、木曽観測所 50 周年を記念して感謝状を贈呈した。



図 3.17: 記念式典参加者の集合写真 (左), 感謝状贈呈者 (右)

祝賀会

開会挨拶や祝辞、乾杯の後、会食と歓談が和やかに進行した。木曽観測所サポーターズクラブによる「土星食」のテレビ観望と専門家の解説が特別なひとときを演出し、最後は万歳三唱で盛況に閉会した。参加者同士の交流と地域との連携が深まる祝賀会であった。



図 3.18: 大屋上松町長による乾杯 (左), 祝賀会の様子 (中), 原木曽広域連合長・木曽町長による万歳三唱 (右)

- 概要
 - － 日時：2024 年 12 月 8 日（日）17:30 – 19:30
 - － 会場：木曽文化公園 第2会議室
- 進行は以下の通り (肩書略)
 - － 開会の挨拶（河野 孝太郎）
 - － 来賓挨拶（越原 道廣）
 - － 乾杯（大屋 誠）
 - － 土星食観望：

- * 望遠鏡の設営と観測（木曽観測所サポーターズクラブ：川村 晶, 神前 卓爾）
- * 解説（大西 浩次）
- － 挨拶：
 - * 木曽観測所サポーターズクラブ会長 渡邊 文雄
 - * 駒ヶ根工業高等学校 林 厚志
- － 万歳三唱（原 久仁男）

記念品

- **記念グラス**：最新鋭の観測装置「Tomo-e Gozen」のロゴマークが彫刻された特製グラスである。彫刻は、長野県駒ヶ根工業高等学校 宇宙航空研究グループの皆様により施された。観測所との教育・研究交流の縁によって実現したコラボレーション作品である。
- **木曽ひのき製コースター**：地元・上松町の田中木工所によって製作された、木曽ひのき製のコースターである。表面には、木曽シュミットドームのイラストと、50周年記念ロゴマークが刻まれている。木曽の自然と観測所の歴史が感じられる逸品である。



図 3.19: 記念グラス (右), 木曽ひのき製コースター (左)

3.2.13.3 50周年記念写真展

木曽観測所の50年間の歴史をおさめた記録写真や木曽観測所で撮られた天体写真・星景写真を木曽郡内6町村の会場で巡回展示することで木曽観測所の活動を紹介し、6会場合計で243名（任意の記帳簿への記名件数）以上の来場があった。木曽郡内にこのような研究施設があることを初めて知って驚いたという来場者の方の声も届いており、科学研究の現場を身近に感じてもらう機会を作ることができたと考えられる。

会場と展示期間

- 木曽町文化交流センター: 10月9日-15日
- 王滝村公民館: 10月17日-23日
- 上松町ひのきの里総合文化センター: 10月25日-31日

- 木祖村藪原宿にぎわい広場笑ん館: 11月2日-7日
- 南木曽会館: 11月21日-27日
- 大桑村歴史民俗資料館: 11月29日-12月5日

3.2.13.4 「長野県！出かけよう星空観望会」

木曾観測所50周年を記念し、長野県の天文台やプラネタリウム施設、天文同好会等で開催される天体観望会を、県内の統一的なイベントとして、「長野県は宇宙県」連絡協議会(3.2.11.1)を主催として以下の内容で実施したものである。参加者には、木曾観測所50周年を記念した特製シールを記念品としてプレゼントをした。合計で23ヶ所、41回の観望会等が開催され、合計で約1000人の方が参加された。

話題となった紫金山・アトラス彗星や土星、木星などを実際に見て頂いたことで、県内の多くの方々に、天文に関する興味や関心を持ってもらうだけでなく、長野県には綺麗な星空があることを実感して貰えた。さらに、木曾観測所をはじめとした県内の天文施設等についても関心をもって貰う好機となった。

名称	「長野県は宇宙県」東京大学木曾観測所50周年記念「長野県！出かけよう星空観望会」
日程	2024年10月5日(土) - 12月8日(日)
開催場所	長野県内の天文台、プラネタリウム施設、天文同好会活動場所など、
主催	「長野県は宇宙県」連絡協議会
共催	長野県天文愛好者連絡会、長野県プラネタリウム連絡協議会
後援	長野県、東京大学木曾観測所



図 3.20: 「長野県！出かけよう星空観望会」のチラシ

3.3 施設、設備

3.3.1 観測所

木曽観測所は、山頂の主要施設（通常はこれを木曽観測所と呼ぶ）と上松町の上松連絡所から成る。山頂の主要施設は、海拔 1120 m、長さ約 1 km の尾根に位置する木曽町、王滝村、上松町の三ヶ町村にまたがり、村有、組合有、共有、個人有 等からの借地に置かれた本館、シュミット観測室、夜天光観測室 等から成る。本館は、事務室、研究室、仮眠室、食堂、測定機室、実験開発室、写真暗室、変電室、ボイラー室 等からなる。シュミット観測室は、シュミット望遠鏡を入れるドームとその関連設備を内包する。シュミット望遠鏡の中心不動点 (WGS84) は、海拔 1130 m、測地位置 東経 137 度 37 分 31.5 秒、北緯 35 度 47 分 50.0 秒である。

	建築延面積	建築年
本館	1,285 m ²	1974 年
シュミット観測室	701 m ²	1974 年
夜天光観測室	105 m ²	1974 年
夜天光赤道儀室	18 m ²	1974 年
揚水ポンプ室	8 m ²	1974 年
圧力ポンプ室	19 m ²	1974 年
画像処理室	71 m ²	1985 年
教育・共同研究室	82.9m ²	2004 年
建物小計	2,290 m ²	
敷地小計	64,822 m ²	(借地)

- 上松連絡所及び職員宿舎 〒 399-5607 長野県木曽郡上松町大字小川 1935 番地

	建築延面積	建築年
上松連絡所	72 m ²	1974 年
職員宿舎	256 m ²	1977 年
建物小計	328 m ²	
敷地小計	686 m ²	(個人有の借地)

- 建物、敷地総面積

建物合計 2,618 m²

敷地は次のように三ヶ町村に跨がっている。

町村	面積	建物
木曽町	32,605 m ²	観測所
王滝村	27,494 m ²	観測所
上松町	4,723 m ²	観測所
上松町	686 m ²	連絡所・職員宿舎
敷地合計	65,508 m ²	

3.3.2 105cm シュミット望遠鏡

	直径	厚み	材質	重量
補正板	105cm	2cm	UBK7	48kg
主鏡	150cm	24cm	CERVIT	1350kg

	頂角	直径	分散 (於 H γ /A band)	重量
対物プリズム 1	2°	105cm	800/3800 Å/mm	121kg
対物プリズム 2	4°	105cm	170/1000 Å/mm	245kg

焦点距離 330cm	像スケール 62.6 秒/mm
口径比 F/3.1	視野 6° × 6°

3.3.3 30cm 望遠鏡

表 3.5: 主な仕様

望遠鏡	高橋製作所 ミューロン 300CRS
形式	Corrected Dall-Kirkham 式
口径	300 mm
焦点距離	2960 mm
口径比	1 : 9.9
イメージサークル	40 mm Φ
メタルバック	189.5 mm
鏡筒径	324 mm
鏡筒全長	1045 mm
重量	27 mm
望遠鏡架台	SHOWA 25E 赤道儀
赤道儀制御器	ATLASTAR basic
フォーカス制御ソフト	Focus Infinity ver1.2
天体導入ソフト	ステラナビゲーター ver.11
冷却 C-MOS カメラ	4/3 型 ASI294MC/Pro
一眼デジタルカメラマウント	DX-WR (Canon/Nikon)
天候・望遠鏡指向方向監視カメラ	1/2.8 型 ASI290MC+F1.4/3-8mmCCTVfl4.0m
望遠鏡姿勢監視カメラ	1/2.8 型 ASI290MC+F1.4/3-8mmCCTVfl4.0m

3.3.4 広視野動画カメラ Tomo-e Gozen

装置仕様

イメージセンサー	CANON 35MMFHDXM
センサータイプ	35 mm サイズ表面照射型 CMOS イメージセンサー マイクロレンズアレイ付, 反射防止コート処理カバーガラス付
センサーフォーマット	2,160 × 1,200 画素 / チップ (全画素) 2,000 × 1,128 画素 / チップ (感光画素)
センサーチップ数	84 チップ
画素サイズ	19 μm
画素スケール	1.189 秒角
視野角	39.7 分角 × 22.4 分角 × 84 チップ = 20.8 平方度
光電子変換係数	波長 500 nm (ピーク波長) にて 0.72
(画素開口 × 量子効率)	波長 380 nm と 710 nm にて 0.36
ビーム効率	視野中心より 2 度以上離れた視野にて低下
(主鏡の周辺によるけられ)	視野最外にて視野中心の 50 % に低下
フィルター	透過窓
インバースゲイン係数	0.23 電子/カウント (High ゲイン設定) 0.94 電子/カウント (Mid ゲイン設定) 2.4 電子/カウント (Low ゲイン設定)
読み出しノイズ	2.0 電子 (High ゲイン設定) 4.1 電子 (Mid ゲイン設定) 9.2 電子 (Low ゲイン設定)
ウェル深さ	6,000 電子 (High ゲイン設定)
(線形性 <5 %)	25,000 電子 (Mid ゲイン設定) 52,000 電子 (Low ゲイン設定)
暗電流	0.5 電子/秒/画素 (センサー温度 290 K) 6.0 電子/秒/画素 (センサー温度 305 K)
熱設計	受動的冷却 (温度制御無し)
読み出しによるオーバーヘッド	ローリングシャッター読み出しのためゼロオーバーヘッド
フレームレート (最大)	2 フレーム/秒 (全領域読み出し) 68.8 フレーム/秒 (部分領域読み出し) 読み出し領域依存性
生画像ファイル	16 ビットキューブ FITS 4.9 MB / フレーム (全領域読み出し)
データ生成レート (最大)	830 MB/秒 = 30 TB/夜 (全領域読み出し, 2 フレーム/秒, 10 時間)

3.3.5 遠隔自動観測システム

Tomo-e Gozen による観測はキューシステムを通して実行される設計となっている。観測者は観測命令を記載したスクリプト (Recipe と定義) を作成し、観測キューシステムに登録することで観測を行う。観測キューシステムへの登録は VPN 接続を通して行えるため、遠隔での観測が可能となっている。「All-Sky Survey」などの定常のサーベイプログラムについては Recipe 生成プログラムが用意されており、Recipe は自動的に登録される。さらに「All-Sky Survey」と「High-Cadence Survey」の Recipe は、赤外線全天雲モニタのデータをもとに予測された晴れ領域を観測するように適宜生成される。

望遠鏡・装置の状態や観測の進捗は、Web アプリケーションにより可視化されており、VPN 接続を通して Web ブラウザで確認できる。観測に関する連絡やエラーの通知などは、ビジネスコラボレーションハブ「Slack」を使って、観測者/開発者およびプロジェクトメンバーで共有している。観測条件の判定は、観測条件判定プロ

グラムを用いて行っている。観測キューシステムと観測条件判定プログラムが連携し、天候に応じて自動で観測を開始/停止する自動観測を実現している。

3.3.5.1 観測条件判定プログラム

木曽観測所屋上の気象観測機器（観測サポート機器を参照）によって約1分おきに取得される気象情報とその時の太陽高度から観測の可否を判定し、Slackへ観測可否を通知する。また、太陽高度が -3° を超えるか、どれか1つでも気象データが観測中断・終了条件を満たした場合には、ドームスリットを閉める。表3.6に観測の開始・再開条件および中断・終了条件を示す。

表 3.6: 観測の開始・再開条件および終了・中断条件

判定項目	開始・再開条件	中断・終了条件
雨滴	雨滴を検知したセンサ数が1以下	雨滴を検知したセンサ数が2以上
湿度	95%未満	96%以上
霧	視程 3500m 以上	視程 2500m 未満
視程の時間変化（10 分間の最大最小値の差）	10 分間の平均に対して 20%以下	10 分間の平均に対して 30%以上
雲（外気温から推定した快晴時の放射強度と観測された放射強度の比）	1.05 以下	1.12 以上
太陽高度	-5° 未満	-10° 以上

3.3.6 観測サポート機器: 気象観測機器と監視カメラ

本館屋上に気象観測機器とそれら機器のための制御箱が設置されている。本館屋上には計算機室から100VとLANの配線を繋ぎ、電源コンセントとPoE対応のネットワークコンセントを持つ箱が設置されている。また、そのボックスには計算機室と直接繋がったケーブルなどを通すために汎用的に使える管も用意されている。

3.3.6.1 可視全天カメラ

可視全天カメラは、市販のデジタルカメラを用い、制御用PCから撮影トリガを送信して撮影を行うシステムとして運用している。2024年度には、9月末頃からカメラと制御PC間の通信ができないケースが徐々に増加し、カメラの故障が疑われた。そのため、2024年12月13日に同一機種のカメラと交換を実施した。交換後は通信エラーが発生しておらず、正常に稼働している。また、本システムは高頻度で撮影を行っているため、カメラの寿命は撮影回数に依存する可能性があると考えられる。これを踏まえ、カメラの寿命延長を目的として、2025年1月16日より太陽高度が10度以上の時間帯に限り、撮影頻度を1時間に1回（毎時30分）に変更した。さらに、冬季の積雪による視界不良を軽減することを目的として、2025年1月10日にカメラにヒーターを追加した。ヒーターは市販の水道凍結防止用ヒーターを使用し、カメラケース内側の天井部に貼り付けて設置した。これにより、降雪時にケース前面のアクリルの窓への雪の付着が軽減することが期待される。本システムの仕様を以下に示す。

カメラ	Nikon D3500
制御 PC	Interface 社製 Linux
観測範囲	天頂角 0–90 度の範囲
観測波長	可視光
夜間観測頻度	2 分に 1 回
日中観測頻度 *	1 時間に 1 回 (毎時 30 分)
設置場所	木曽観測所本館屋上

* 太陽高度が 10 度以上の時間帯

3.3.6.2 赤外線全天雲モニタ

赤外線全天雲モニタは、全天の雲分布を定量的に把握することを目的として設計・開発されたシステムである。本システムは、非冷却赤外線センサと特殊形状の凹面ミラーを組み合わせることで、カメラ本体による天頂方向のケラレを回避しつつ全天像の取得を実現している。赤外線センサにはタムロン社製 LW10F42-T を用い、 80×80 ピクセルのシリコン型マイクロボロメータと焦点距離 3.7 mm のゲルマニウムレンズを備えている。カメラはシャッターレス仕様であり、温度変化に対するドリフトが小さいという特長がある。また、全天像取得のために新たに設計された直径 100 mm の凸面ミラーは、アーチ状断面を持つことで視野中心部から周辺部までを歪み少なく反射するよう最適化されている。画像取得は 1 分ごとに実行され、1 分間に撮影された 8 fps の 10 枚のフレームを平均スタックし、FITS 形式および JPEG 画像として保存する。画像は赤外線センサから得られるドーナツ型の反転像であり、これに座標変換・フラット補正・画素補間を施すことで全天視野の画像へと変換される。さらに、全天画像を直径 10 度の領域に分割して平均輝度を算出し、雲の有無を判定する二値マップ（晴れ／曇り）を出力する。出力された画像や晴れ／曇りマップはウェブ上に即時反映され、Tomo-e Gozen サーベイのリアルタイムなルート最適化に活用されている。本システムの仕様を以下に示す。

赤外線センサ	Tamron LW10F42-T
検出素子	非冷却マイクロボロメータ (80×80 ピクセル)
ミラー	特注凸面ミラー (直径 100 mm, 焦点距離 120 mm)
取得視野	全天 (天頂角 0–90 度)
観測波長帯	8–14 μm
観測頻度	1 分に 1 回 (10 枚スタック)
設置場所	木曽観測所本館屋上

3.3.6.3 気象ステーション

Vaisala 社ウェザートランスミッター WXT520 を本館屋上に設置し、風速、風向、雨量、温度、湿度、気圧を毎分 1 回の頻度で測定している。環境監視用計算機でそれらデータを気象監視データベースへ記録するとともに、観測者の閲覧可能な web ページに表示している。

3.3.6.4 赤外線放射計

上空の赤外線放射温度を測定する機器 AAG CloudWatcher を観測所本館屋上に設置し、ほぼ天頂まわりの空の 72 度の赤外線放射を測定している。環境監視用計算機で毎分 1 回の頻度で気象監視データベースへ記録するとともに、観測者の閲覧可能な web ページでの表示を行っている。

観測範囲	天頂角 0-36 度の範囲
観測波長	8-12 μm
観測頻度	1 分に 1 度測定
設置場所	木曽観測所本館屋上

3.3.6.5 霧センサ

望遠鏡およびカメラが霧に曝されるのを防ぐため Optical Sensors 社の霧センサ Sten Löfving を 2013 年に導入した。毎分 1 回の頻度で visibility データ (0-10000m) を取得し、環境監視用計算機で気象監視データベースへ記録するとともに、観測者の閲覧可能な web ページでの表示を行っている。霧センサの仕様は以下の通りである。

レーザー出力	5 mW 以下
レーザー波長	650 nm
設置場所	木曽観測所本館屋上

3.3.6.6 雨滴センサ

雨滴の検出のため、アスザック社の AKI-1805 を 3 台と Vaisala 社製の DRD-11A を 3 台使用している。環境監視用計算機により、毎分 1 回の頻度でデータを取得し、気象監視データベースへ記録するとともに、閲覧 web ページに表示する。

3.3.6.7 温湿度計

望遠鏡鏡筒内とドーム観測床に T&D 社のおんどとりをそれぞれ 1 台ずつ設置し、環境監視用計算機で温度と湿度の測定、気象監視データベースへ記録するとともに、観測者の閲覧可能な web ページでの表示を行っている。

3.3.6.8 監視カメラ（屋内、屋外）

望遠鏡やドーム、敷地内の安全確認のため、以下に示しているテーブルのようにドーム内 5 ヶ所、ドーム制御室 1 ヶ所、ドーム展示室 1 ヶ所、ドーム外 2 ヶ所、本館玄関前 1 ヶ所の計 10 ヶ所に監視カメラを設置している。環境監視用計算機で画像は毎分 1 回取得し、気象監視データベースへ記録するとともに、観測者が閲覧可能な web ページに表示している。

3.3.7 計算機

木曽観測所では観測およびデータの整約用に以下のような計算機を運用している。

3.3.7.1 望遠鏡・ドーム制御用計算機

計算機「ontake」では、望遠鏡、ドーム、ならびにドームフラット用ランプおよびNDフィルターの制御を行っている。望遠鏡やドームの駆動に関わる各種コマンドの実行やステータスの取得は、ネットワークを介して観測所内の任意の場所から実行可能である。フラット制御のために、PCI規格のInterface社製PCI-2726CLボードがインストールされている。また、PCI-Express規格のRS-232C増設ボードとマザーボード上のポートを合わせ、必要な3つのRS-232Cポートを確保している。

3.3.7.2 環境監視用計算機群

計算機「teru」で、環境監視のための以下の機能を運用している。並行して後継機への移行も進めている。

- 気象観測機器・監視カメラからのデータ取得・保存・表示
- 気象データに応じた観測条件判定・通知
- 望遠鏡・Tomo-e Gozenの状態監視

また、システムに問題が発生した場合にいち早く察知するため、本館玄関ホールにディスプレイを6枚設置して、天候、望遠鏡ステータス、カメラステータス、チャット(Slack)が一覧できる環境を構築している。

3.3.7.3 Tomo-e Gozen 観測用計算機

Tomo-e Gozen は多くの計算機によって運用されている。望遠鏡ドーム1階にあるドーム計算機室には3台のサーバラックが設置されており、それぞれデータ取得用計算機、一時保存用バッファ計算機、データ解析用計算機が格納されている。データ取得用計算機はカメラの駆動と4つのカメラモジュールから生成されるデータの取得を担当している。一時保存用バッファ計算機はカメラから出力された画像データを数日間保管する役割になっている。一時保存用バッファ計算機に保管されたデータは一定の期間が経過すると自動的に消去される。データ解析用計算機は一時保存用バッファ計算機からデータを取得して、あらかじめ指定された解析を実行して解析結果を後述するデータアーカイブシステムに保存する。それぞれの計算機の名前と役割を表3.7、3.8、3.9に示す。

表 3.7: Tomo-e Gozen データ取得用計算機

計算機名	設置場所	役割
tomoe-gozen	ドーム計算機室 (ラック#1)	観測全体のコントロール
tomoedat-master	ドーム計算機室 (ラック#1)	データ取得プロセス管理
tomoedat-slave0	ドーム計算機室 (ラック#1)	データ取得/画像生成 (Q1)
tomoedat-slave1	ドーム計算機室 (ラック#1)	データ取得/画像生成 (Q2)
tomoedat-slave2	ドーム計算機室 (ラック#1)	データ取得/画像生成 (Q3)
tomoedat-slave3	ドーム計算機室 (ラック#1)	データ取得/画像生成 (Q4)

本館計算機室にはデータアーカイブシステムが設置されている。データ解析用計算機によって整約されたデータはデータアーカイブシステムのストレージノードに保管される。また、データは管理用計算機のデータベースに登録される。それぞれの計算機の名前と役割を表3.10に示す。また、本館の観測室には観測に使用するためのコンソール計算機が設置されている(表3.11)。

Tomo-e Gozen 観測用計算機は木曾観測所のネットワークだけでなく10 Gbpsのネットワークでも接続されており、データの転送や観測運用では主に10 Gbpsの高速ネットワークを使用している。ドーム計算機室と本

表 3.8: Tomo-e Gozen 一時保存用バッファ計算機

計算機名	設置場所	役割
tomoebuf-master	ドーム計算機室 (ラック#2)	バッファストレージ管理
tomoebuf-node0	ドーム計算機室 (ラック#2)	ストレージノード#1
tomoebuf-node1	ドーム計算機室 (ラック#2)	ストレージノード#2
tomoebuf-node2	ドーム計算機室 (ラック#2)	ストレージノード#3
tomoebuf-node3	ドーム計算機室 (ラック#2)	ストレージノード#4

表 3.9: Tomo-e Gozen データ解析用計算機

計算機名	設置場所	役割
tomoered-node0	ドーム計算機室 (ラック#3)	データ解析用ノード#1
tomoered-node1	ドーム計算機室 (ラック#3)	データ解析用ノード#2
tomoered-node2	ドーム計算機室 (ラック#3)	データ解析用ノード#3
tomoered-node3	ドーム計算機室 (ラック#3)	データ解析用ノード#4
tomoered-node4	ドーム計算機室 (ラック#3)	データ解析用ノード#5
tomoered-supoort	ドーム計算機室 (ラック#3)	データ解析用ノード#6

館の間は 10 Gbps の光ファイバで接続されている。10 Gbps のネットワークは SINET に接続し、観測所外部とも高速に通信が可能となっている。Tomo-e Gozen 観測用計算機は VPN を通してアクセス可能であり、ネットワーク環境さえ整っていれば木曽観測所外部から観測できる。

表 3.10: Tomo-e Gozen データアーカイブシステム

計算機名	設置場所	役割
tomoearv-master	本館計算機室 (ラック#1)	アーカイブ用データベース管理
tomoearv-node0	本館計算機室 (ラック#1)	ストレージノード#1
tomoearv-node1	本館計算機室 (ラック#1)	ストレージノード#2
tomoearv-node2	本館計算機室 (ラック#1)	ストレージノード#3
tomoearv-node3	本館計算機室 (ラック#2)	ストレージノード#4

表 3.11: Tomo-e Gozen 観測用計算機

計算機名	設置場所	役割
kaneto	本館観測室	観測運用
encke	本館観測室	観測補助

3.3.7.4 Tomo-e Gozen 研究用計算機

本館の計算機室にはサイエンスケースごとに Tomo-e Gozen のデータを解析するための計算機が導入されている。現在は差分処理によって突発天体を検出するための計算機 (突発天体サーベイ)、光度曲線の周期解析を実行するための計算機 (HeSO サーベイ)、地球接近小惑星サーベイのための計算機、重ねあわせ法によって微小な地球接近小惑星を検出するためのアルゴリズムを試験するための計算機が運用されている。各計算機の名前と用途を表 3.12 にまとめた。

表 3.12: Tomo-e Gozen 研究用計算機

計算機名	設置場所	役割
shinohara1	本館計算機室 (ラック#3)	突発天体サーベイ
shinohara2	本館計算機室 (ラック#3)	突発天体サーベイ
shinohara3	本館計算機室 (ラック#3)	突発天体サーベイ
shinohara4	本館計算機室 (ラック#3)	突発天体サーベイ
shinohara5	本館計算機室 (ラック#3)	突発天体サーベイ
shinohara6	本館計算機室 (ラック#3)	突発天体サーベイ
shinohara7	本館計算機室 (ラック#3)	突発天体サーベイ
shinohara8	本館計算機室 (ラック#3)	突発天体サーベイ
shinohara9	本館計算機室 (ラック#3)	突発天体サーベイ
shinohara10	本館計算機室 (ラック#3)	突発天体サーベイ
shinohara11	本館計算機室 (ラック#3)	突発天体サーベイ
gwkiso	本館計算機室 (ラック#3)	突発天体サーベイ
gwdata	本館計算機室 (ラック#3)	突発天体サーベイ
lustre	本館計算機室 (ラック#3)	突発天体サーベイ
shinohara12	本館計算機室 (ラック#4)	突発天体サーベイ
gwdata2	本館計算機室 (ラック#4)	突発天体サーベイ
lustre2	本館計算機室 (ラック#4)	突発天体サーベイ
kagayaki	本館計算機室 (ラック#4)	突発天体サーベイ
naginata	本館計算機室 (ラック#5)	HeSO サーベイ
apollo	本館計算機室 (ラック#5)	地球接近小惑星サーベイ
neo1	本館計算機室	地球接近小惑星 (重ねあわせ法)
fpga1	本館計算機室	地球接近小惑星 (重ねあわせ法)
gpu002	本館計算機室	デブリサーベイ

3.3.7.5 Tomo-e Gozen 情報公開用計算機

Tomo-e Gozen の観測データやウェブページを公開するための計算機を本郷キャンパス理学部1号館の研究科共通サーバスペースに設置している。計算機本体と、そこに接続するディスクエンクロージャ2台の計3台で構成されており、合計で約400TBのディスク容量を有する。ウェブページの公開にあたって、東大理学部の発行するサーバ証明書を取得して運用しており、また定期的なセキュリティアップデートを行っている。木曾観測所がSINET6に接続されたことで、定常的に5Gbps程度の速度で観測所内のTomo-e Gozen 計算機と通信可能となっている。望遠鏡の駆動状況や気象情報等の一部のデータはリバースプロキシによって木曾観測所内の計算機から提供されている。

3.3.7.6 教育/研究用共用計算機

木曾観測所を利用する複数の大学の大学生、大学院生向けの天文学実習や、銀河学校、星の教室などの高校生向け天文学実習などに利用する計算機を12台用意している(4台故障のため、使用可能な計算機は8台)。これらの計算機は2013年度に導入されたWindowsPCで、Windows10で動作している。Windows環境にはFITS画像解析のためのマカリ、ds9の他、MSOfficeがインストールされている。本年度には新たに6台のWindowsPCを導入し、同様の環境を整えた。Linux環境を使用する実習では、WindowsPCからNoVNCを用いて解析用計算機fopm-kisoを使用できるように環境を整えている。

3.3.7.7 国立天文台アーカイブシステム SMOKA 計算機

木曽観測所で取得した観測データや気象データを国立天文台天文データセンターのサーバーへ転送するための国立天文台アーカイブシステム SMOKA 計算機が本館計算機室に3台設置されていたが、本年度に2台が撤収された。残りの1台は気象データの国立天文台天文データセンターへの転送と、ネットワークが使えない場合に Tomo-e Gozen の RAW データを保存しておくバックアップ機の役割を担っている。ドーム計算機室にある一時保存用バッファ計算機と本館計算機室にある SMOKA 計算機は、独立した 10 Gbps ファイバでつながっており、Tomo-e Gozen が取得した生データを直接転送できるようになっている。

3.3.7.8 事務業務端末

東京大学の事務業務端末が1台事務室に設置されている。本端末は所内ネットワークにはつながっておらず、大学内の別系統のネットワークにつながっている。

3.3.8 観測所のネットワーク設備

木曽観測所では以下のようなネットワークを運用している。

3.3.8.1 1 Gbps 所内ネットワーク・インターネット回線

観測所の基本ネットワークとして、理学系研究科管理のネットワーク（NTT フレッツ光の回線・VPN サービスを利用）を利用している。通信速度は最大 1 Gbps である。観測所内の各施設間（本館-ドーム-夜天光）は光ファイバで接続され、所内ネットワークを構築している。

3.3.8.2 10 Gbps 外部ネットワーク（SINET）

2023 年 3 月に木曽広域連合の光ファイバを利用した木曽観測所から SINET6 松本 DC までの 10 Gbps 専用線が開通し、木曽広域連合と木曽観測所の間で「木曽地域高度情報化網接続協定」を締結して運用している。所内の Tomo-e Gozen 観測・解析用計算機は本回線に接続し、所内外問わず 10 Gbps で通信が行える。

3.3.8.3 10 Gbps 所内ネットワーク

2016 年度より所内での Tomo-e Gozen 観測データ転送用に 10 Gbps のプライベートネットワークを運用している。ドームと本館の間は 10 Gbps のシングルモードファイバで接続され、10 Gbps の通信系が構築されている。Tomo-e Gozen 観測・解析用と SMOKA 用の 2 系統のネットワークがあり、Tomo-e Gozen 観測・解析用のネットワークは SINET へ接続している。

3.3.8.4 無線 LAN

無線 LAN のアクセスポイントが、理学系研究科の情報システムチームにより、本館 1 階と講義室（2013 年～）、本館 2 階（2017 年～）に設置されている。2022 年度からはさらに 7 か所（本館 1 階に 2 か所、本館 2 階に 1 か所、食堂、ドーム制御室、ドーム展示室、夜天光観測室）にアクセスポイントが設置されている。このアクセスポイントでは、東大の教職員および学生向けの理学系研究科の無線 LAN（sos）と全学無線 LAN サービス（0000UTokyo）、国際無線 LAN ローミング基盤（eduroam）の他、ゲスト用に一時的なアカウントの発行が可

能な UTokyo-Guest の利用も可能である。その他、所内ネットワーク用の無線アクセスポイントも所員向けに設置している。

3.3.8.5 VPN

外部から所内ネットワークへのアクセスは、OpenVPN を用いたソフトウェア VPN によって実現している。VPN は Tomo-e Gozen の観測・開発用に学外の共同研究者にも公開している。

3.3.9 外部機関管理機器

3.3.9.1 名古屋大学 GPS 観測装置

名古屋大学地震火山研究センターの GPS 観測装置が、2015 年から夜天光観測室に設置されている。GPS アンテナが夜天光観測室玄関上に設置され、GPS 受信機・データ通信装置が収納された観測機材 BOX が室内に設置されている。御嶽山周辺における地殻変動観測網を強化することで御嶽火山活動およびその周辺での地震活動への理解を深めることを目的とした装置であり、地域貢献の一環として、観測所が設置場所と電力の提供を行っている。

3.3.9.2 星空ライブカメラ

星空ライブカメラは一般市民向けの科学の教育と普及、環境問題としての光害、木曾の星空環境の良さ、木曾観測所の研究・社会貢献活動を広く周知することを主目的として、東京大学と株式会社朝日新聞社の産学連携により 2019 年 4 月に運用が開始された。カメラはシュミット望遠鏡ドームと夜天光観測室を含む北東の空を望むように本館屋上に設置されている。1 年を通して昼夜途切れなく撮影される動画は、YouTube 社の動画ライブ配信サービス (YouTube ライブ) を通じて広く一般に公開されている。2021 年 1 月に開設された「朝日新聞宇宙部」には天文・宇宙に特化したサブチャンネルがあり、木曾観測所のほかハワイ・マウナケア山頂すばる望遠鏡などに設置されたライブカメラ映像も配信され、木曾観測所とは異なる天域、時刻で星空を楽しめるようになっている。(現在は築地市場、神宮外苑、福島谷川溪谷、香川県丸亀などからの配信も行っている。)

2020 年 11 月には朝日新聞社と星空ライブカメラの運用に関する協定が正式に締結され、撮影機材と YouTube チャンネルコンテンツの運営は朝日新聞社、インフラの供給と装置の維持は東京大学木曾観測所が担当している。Tomo-e Gozen の自動観測システムと連動することで、気象状況や観測状況の YouTube ライブのチャットサービスへの自動投稿も行っている。

2023 年 7 月には、4K 画質のライブ配信に対応するためカメラと計算機のリプレイスを行った。その際本館屋上から計算機室までの HDMI 配線の新設なども行った。現在は年に数回マイナーな対応はあるものの、問題なく定常運用が行われている。システム概要を表 3.13 に纏める。

表 3.13: 星空ライブカメラシステム

カメラ	SONY FX3 (2023 年度に更新) HDMI 出力
レンズ	APS-C 用 16mm F/1.4
視野	水平 70 度, 上下 50 度
感度設定	自動 (ISO 100-409600)
設置場所	木曾観測所本館屋上
撮影方角	北東の空
配信先	YouTube 朝日新聞社チャンネル

3.3.9.3 名古屋市科学館全天カメラ

名古屋市科学館と協力し、木曽観測所に夜間星空撮影が可能な全天カメラが設置されている。円周魚眼で得られる全天画像を広く公開することで、一般市民向けの科学教育に資すること、ならびに得られた星空画像を対象とした研究活動を行うことを目的としている。さらにこれらの画像や活動そのものを通じて、環境問題としての光害や、木曽の星空環境の良さ、木曽観測所での研究・社会貢献活動などを広く周知することも目的の一つである。

場所は、全方位が開けており、シュミットドームや御嶽山が見通せる夜天光観測棟の屋上である。対応区分として観測所は場所以外に、電源、通信、必要に応じてメンテナンスをサポートし、名古屋市科学館はカメラ本体を含むシステムの提供および名古屋市科学館のホームページを通じた画像配信を行っている。日中は1時間毎、夜間は10分毎に撮影・配信される画像は、愛知県名古屋市にある名古屋市科学館屋上に設置された同型の全天カメラと併せて公開されており、その比較から空の明るさや気象の地域差も把握することができる。

2020年1月の設置以降、大きなトラブルもなく順調に運用を継続している。公開している画像は名古屋市科学館のホームページからダウンロードすることができる。

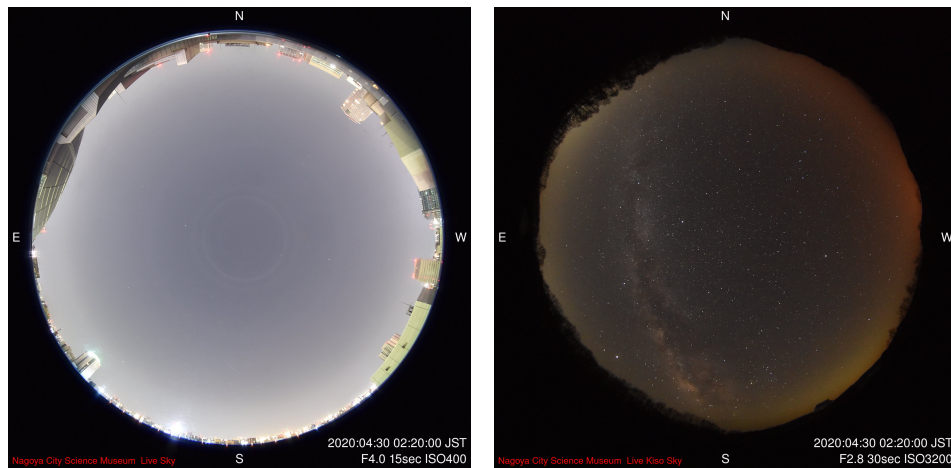


図 3.21: 名古屋と木曽の星空の比較

3.3.9.4 DIMS / 流星観測システム

DIMS (Dark Matter and Interstellar Meteoroid Study) は、宇宙全体の質量エネルギーのおおよそ3割を占めると考えられている暗黒物質の候補粒子や太陽系外から飛翔する高速の流星体が大気中で高速で飛翔するときの発光を、これまでにない超高感度のカメラで探索を行う国際的な共同研究であり、主に甲南大学と日本大学が共同して開発を進めてきた。この観測装置が木曽観測所を含め国内3箇所（他は信州大学、東大宇宙線研明野観測所）に設置され、多地点同時観測による高速微光流星のデータ収集と性能評価を行ってきた。その後米国ユタ砂漠に5台の観測装置を設置し、高速微光天体の速度や到来方向からのその軌道などを決定する観測を行った。

DIMSの移設後、収納されていた収納箱は、日本大学阿部グループの流星観測システムに流用されている。東京大学宇宙線研究所に同様の観測システムを設置し、2地点からの立体観測から軌道決定を行う計画となっている。この計画の目的は、流星発光の観測から、鉄やマグネシウム、ナトリウムなどの発光組成の統計的なデータを収集し、流星群ごとのNa/Mg/Fe比の統計データから彗星・小惑星・活動小惑星などの母天体との関連とダストトレイル中での経年変化を調べることと、2点観測から軌道決定を行い、火球などの散在流星の起源と物

質科学的な調査を行うことである。なおこのカメラシステムは撮像カメラ（Canon ME20F-SH+35mm/F1.4）、分光カメラ（SONY α 7S+24mm/F1.4+Grating[600/mm]）、火球カメラ（AtomCam2）の3つのカメラシステムからなる。



図 3.22: 屋上に設置されている外部機関カメラ収納箱（手前の2つ）

3.4 運用, 管理

3.4.1 他機関との協力

木曽観測所では様々な機関との協力関係を構築し、研究・教育・地域貢献の幅広い活動を実現している。以下に木曽観測所が他機関と締結している協定・覚書等を示す。

1. 東京大学木曽天文台協力会会則
1971年12月21日, 東京大学木曽天文台協力会
2. 名古屋市科学館木曽全天カメラ設置および運用に関する協定書
2020年4月1日, 名古屋市科学館学芸課天文係
3. 星空ライブカメラの設置運用データと技術利用に関する協定書
2020年11月1日, 朝日新聞社編集局科学医療部
4. Tomo-e Gozen カメラを用いたスペースデブリデータ活用の共同研究
2022年6月24日, デロイト トーマツ リスクアドバイザリー株式会社
5. 共同研究契約書 (Tomo-e Gozen カメラの画像データを利用した低軌道物体の状況把握技術の開発)
2022年7月1日, 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 研究開発部門
6. 木曽地域高度情報化網接続協定
2023年4月1日, 木曽広域連合
7. スーパーカミオカンデとトモエゴゼンのプロジェクト間 MOU
2024年12月24日, スーパーカミオカンデ

3.4.2 東京大学木曽天文台協力会

東京大学木曽天文台協力会は長野県, 上松町, 木曽町, 王滝村, 各町村土地所有者代表からなる組織で, 木曽観測所が行う天体観測業務達成に協力することを目的として昭和46年に発足した。長野県(木曽地域振興局)主宰ではほぼ2年に一度総会が開かれており, 第28回目の総会が2024年6月6日に木曽合同庁舎2階講堂にて開催された。

総会には38名が出席した。渡邊卓志 木曽地域振興局長, 大屋誠 上松町長, 原久仁夫 木曽町長, 越原道廣 王滝村長をはじめとする地元関係者20名にご出席いただき, 東京大学からは大越 理学系研究科長, 佐藤 副研究科長をはじめとする理学系研究科, 天文学教育研究センター関係者18名が出席した。

今回は一般向けの講演会を行わず, 来賓挨拶として, 大越理学系研究科長に東京大学理学系研究科の紹介, 佐藤理学系副研究科長に南極における気象観測についてそれぞれ短い講演を行っていただいた。

会議では, 木曽観測所長より木曽観測所の活動について紹介を行い, 地元関係者へ日ごろの環境整備や地域連携へのご協力に対する感謝をお伝えした。また, 10月に木曽観測所が50周年を迎えるにあたって, 計画していた50周年事業の紹介を行い, 協力をお願いした。

3.4.3 木曽観測所共同利用相談会 (東京大学天文学教育研究センター, 2025/4/8)

相談会メンバー	河野 孝太郎 (センター長, オンライン参加)	
	小林 尚人 (観測所長)	酒向 重行 (観測所副所長)
	渡部 潤一 (国立天文台)	嶋作 一大 (東京大学)
	富田 晃彦 (和歌山大学, オンライン参加)	田中 雅臣 (東北大学, オンライン参加)

オブザーバー：新納悠 (観測所), 書記：森由貴 (観測所)

3.4.4 旅館営業

平成24年に旅館業経営許可を取得し、旅館営業を行っている。本年度は4月に木曽観測所宿泊施設利用規程の改訂を行い、利用料金を改訂した。また、食品衛生許可書の期限を迎えたため、9月に更新を行った。

3.4.4.1 利用料金改訂

平成24年に旅館営業を開始して以来利用料金の変更を行ってこなかったが、消費税率や物価上昇に即した改訂を実施することになった。令和6年4月1日付で木曽観測所宿泊施設利用規程の改訂を行い、以下のように利用料金を改訂した。

		改正前		改正後	
項目	種類	学内者	学外者	学内者	学外者
宿泊費	個室	3,000 円	3,300 円	3,200 円	3,500 円
	個室 (ツイン)			2,200 円	2,500 円
	一般室	1,000 円	1,300 円	1,200 円	1,500 円
	高校生以下		800 円		1,000 円
食事	朝食	200 円	200 円	200 円	200 円
	昼食	400 円	400 円	500 円	500 円
	夕食	600 円	600 円	750 円	750 円
クリーニング代		700 円	700 円	750 円	750 円

3.4.4.2 滞在者数

木曽観測所の本年度の滞在者数は下記の通りであった。昨年度より大学実習の回数や日数が減少した影響もあり、滞在期間 (人・日) は前年より少なめであった。

所属機関	延人数 (人)	滞在期間 (人・日)
東京大学 (天文センター)	17	72
東京大学 (センター以外)	20	50
国立天文台	9	26
他大学・他機関	107	234
外国	1	1
高校生	131	171
その他	29	52
計	314	606

3.4.5 日誌

2024 年	4 月 1 日	木曽観測所宿泊施設利用規程改訂
	5 月 15 日-16 日	木曽シュミットシンポジウム (於：木曽福島保健センター・Zoom)
	6 月 6 日	木曽協力会 (於：木曽地域振興局)
	8 月 3 日- 4 日	木曽観測所特別公開
	9 月 19 日	産業医巡視
	9 月 26 日	食品衛生許可書更新
	10 月 5 日	東京大学木曽観測所 50 周年および青木勉氏, 征矢野隆夫氏, 樽澤賢一氏 ご定年記念事業 (於：東京大学伊藤国際学術研究センター)
	10 月 9 日-12 月 5 日	木曽観測所 50 周年記念写真展
	12 月 8 日	木曽観測所 50 周年記念シンポジウム・記念式典・祝賀会 (於：木曽文化公園)
2025 年	3 月 26 日-29 日	第 28 回 銀河学校

3.4.6 役務, 営繕工事等

本年度実施した役務, 営繕工事等を以下に記載する. 大きな工事としては, ドーム電気室 耐雷トランス設置工事と 全館の照明 LED 化を実施できた.

2024 年	4 月	ドーム地下電気スイッチ交換
	7 月	1 階女子トイレ 便器交換 構内草刈り
	9 月	食堂雨漏り修理 火災報知器保守点検 セレナ 6 か月点検
	10 月	階段踊り場電灯 LED 化 厨房シンク交換 灯油タンク点検 暖房ボイラー点検
	11 月	浄化槽法定検査 浄化槽清掃
	12 月	2 号室ダクト内 蜂の巣除去
2025 年	1 月	講義室 LAN 敷設工事
	2 月	夜天光除湿器設置 上松宿舎 101 号室水道栓バルブ修理 ドーム電気室 耐雷トランス設置工事 本館研究室他 LED 化工事
	3 月	火災報知器保守点検 夜天光内部塗装工事 上松宿舎 LED 化工事 上松宿舎東側壁塗装工事 ドーム室他 LED 化工事

3.4.7 晴天率・観測統計

2015 年からの晴天率・観測統計を図 3.23 に示す.

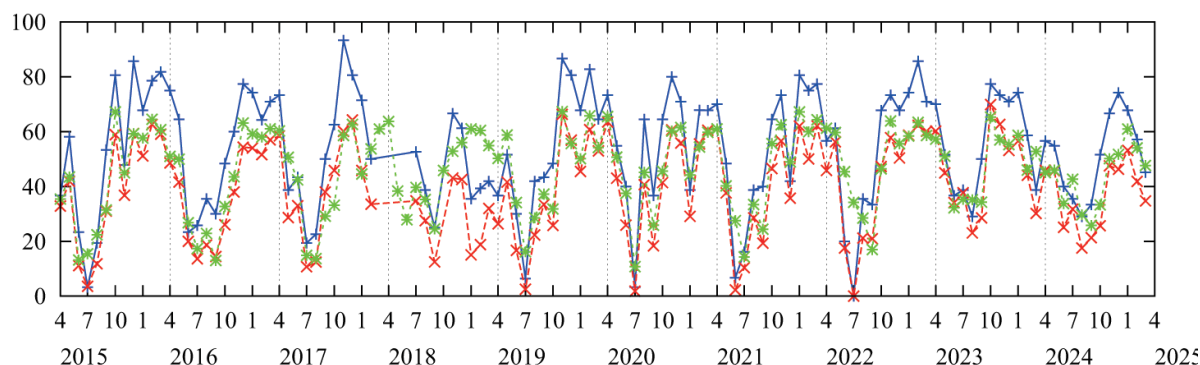


図 3.23: 晴天率と観測効率 (月平均値のプロット). 青色が日効率, 赤色が時間効率, 緑色が晴天率を表す.

グラフの青色が日効率, 赤色が時間効率, 緑色が晴天時間率 (自動判定による観測可能時間の割合) を表す. 日効率 (観測実施夜数) と時間効率 (観測実施率) は, KWFC と Tomo-e Gozen の観測実績より, それぞれ以下の定義で算出した.

- KWFC

日効率: オブジェクトフレームが 20 exposure / 日 以上撮られている日数の割合

時間効率: オブジェクトフレームが 5 exposure / 時間 または 300 秒積分 / 時間 以上撮られている時間の割合

- Tomo-e Gozen

日効率: オブジェクトフレームが 180 exposure / 日 以上撮られている日数の割合

時間効率: オブジェクトフレームが 45 exposure / 時間 または 250 秒積分 / 時間 以上撮られている時間の割合

2018 年 2 月から 6 月は Tomo-e Gozen のログが整備されていなかったため, 観測効率のデータは存在しない. Tomo-e Gozen の試験観測期間は晴天率に対し時間効率の値が低くなっているが, 2019 年 7 月の自動観測開始以降は効率よく観測が行われていることがわかる.

3.4.8 環境安全衛生

3.4.8.1 産業医巡視

2024 年 9 月 19 日に産業医による巡視が実施された. 重大な改善指摘事項はなかったが, 整理整頓などに関する 13 点の指摘があった. これらすべてについて適切な対応を行い, 報告を完了した.

3.4.8.2 スズメバチ対応

スズメバチに刺された際のアナフィラキシー・ショックによる重篤な症状を防ぐため, 当観測所ではエピペンを常備している. 2024 年度には, このエピペンの有効期限に伴い, 新しいものと交換した.

3.4.9 環境維持・環境整備

木曽観測所は山中の森林環境下にあるため、観測研究・教育環境を保つための環境維持のために常に環境整備が欠かせず、観測所の重要な業務となっている。ここ数年で観測所の敷地内外の伐採（皆伐）が進み、観測・観望環境の大幅な改善が見られているが、その維持のためにも環境整備を系統的にとりまとめて実施する必要性が高くなっている。

また地域の人口減少による近傍集落の過疎化などの社会環境の変化、および温暖化等の気候変化に伴い、クマ等の野生動物、スズメバチ等の危険な昆虫との接触の機会が増えている。

3.4.9.1 刈払

毎年梅雨時期、夏、残暑の3回の時期に亘り、観測所敷地全体の草刈り（刈払）、ならびにブローなどを用いた掃除を実施している。特に重要なドーム、本館および夜天光施設の3つの建物の周囲は定期的3回以上に細やかに実施しているが、所員全員が協力してこの業務にあたっている。特別公開の少し前の時期には、地域のシルバーセンターに依頼し、敷地内の道路に沿った広域の刈払いをして貰っている。隣接する名古屋大学宇宙地球環境研究所の電波望遠鏡エリアの刈払いと同時期に行うことで、多くの人が訪れる特別公開が安全に行えるよう広い範囲の見通しを良くしている。

3.4.9.2 枝打ち

観測所構内の電線にかかりそうな樹木については枝打ちを適宜実施している。倒木がよく見られるが、道路に倒れた分については速やかに切断除去している。また、満天星（どうだんつつじ）など構内の観葉植物のみならず、自然樹木の剪定も適宜行っている。

3.4.9.3 土砂除去

観測所構内道路の両側には側溝が設けられているが、ほとんどが土砂や枯葉に埋もれていて使えない状態になっていた。そのため特に道路が第1ゲートと第2ゲート間の谷を横切るところで降雨後に水や土砂が道路に溢れ出ることが常態化しており、道路やその下の盛土の破壊が問題になる可能性が高まっていた。そこで側溝内の土砂を除去し水が流れやすくするとともに、土砂の元となっている切り通しの斜面の土砂を押し戻したり、枯葉の元となる樹木の伐採等の作業等をこつこつと進めている。

3.4.9.4 山野草ならびに樹木保護

観測所構内には長野県指定希少野生植物であるササユリを始め、海拔1000m以上の高地に特有の数多くの貴重な山野草、樹木が分布している。そのため、普段からその分布を適宜調査し、把握することに努めている。木曽観測所は、協力機関である理学系研究科附属小石川植物園（東京都）にとっても高地植物が自然の状態を観察できる貴重な理学系施設となるため、昨年度の合同調査に引き続き、共同で調査や観察を続けることになった。その一環として、長野県の許可をとりササユリの球根と種を採取し小石川植物園で育成が行われたが、2024年始めに球根が無事開花した。（https://x.com/bg_utokyo/status/1785472742181179884）

3.5 所員

3.5.1 教員および職員

3.5.1.1 木曽観測所

小林 尚人 (准教授, 所長)
高橋 英則 (助教)
新納 悠 (助教)
近藤 莊平 (技術専門職員)
衣笠 健三 (特任研究員, 2025/01/01-)
森 由貴 (主事員)
中地 紀子 (臨時用務員)

3.5.1.2 天文学教育研究センター

酒向 重行 (准教授, 副所長)
瀧田 怜 (特任助教)

3.5.2 外国人来訪研究者

氏 名	所 属	時期
Marika Przybylak	University of Lodz	2024/11/22-23

3.5.3 記録事項

1. 受賞

酒向 重行 吉田庄一郎記念・ニコン天文学業績賞 (2025 年 3 月)
「木曽広視野動画観測システム Tomo-e Gozen の開発と天文用 CMOS センサーの普及」

2. 科学研究費補助金等

新納 悠 科学研究費補助金 基盤研究 (B) (2020-2024 年度)
「可視光広域高速撮像による高速電波バースト対応天体探査」
酒向 重行 科学研究費補助金 基盤研究 (A) (2021-2024 年度)
「広視野高頻度測光観測と異常検知による秒スケールで変動する宇宙の探査」
木坂 将大 科学研究費補助金 基盤研究 (B) (2022-2025 年度)
(新納 悠 分担) 「中性子星の磁気圏物理から迫る Repeating FRB の解明」
宮田 隆志 光赤外線天文学大学間連携 (2022-2026 年度)
「木曽シュミット望遠鏡超広視野高速 CMOS カメラを活用した光赤外線観測」
酒向 重行 国立天文台共同開発研究 (2023-2024 年度)
「天文用超低雑音可視光カメラモジュールの開発」
奥村 真一郎 科学研究費補助金 基盤研究 (C) (2023-2025 年度)
(酒向 重行 分担) 「広視野高速サーベイと即時追跡観測による微小地球接近天体の起源と進化の解明」

- 高橋 英則 科学研究費補助金 基盤研究 (C) (2023-2025 年度)
「近赤外線波長走査型分光器による様々な空間スケールでの星形成活動の3次元分光観測」
- 毛利 勝廣 科学研究費補助金 基盤研究 (C) (2024-2026 年度)
(瀧田 怜 分担) 「宇宙天文系観測データのプラネタリウムでの可視化, 可聴化」
- 酒向 重行 科学研究費補助金 挑戦的研究 (開拓) (2024-2026 年度)
「超低雑音可視光カメラモジュールの開発」

3. 委員その他

- 小林 尚人 東京大学未来社会共創推進本部社会連携分科会体験型活動ワーキンググループ 副座長
(委員2年目)
- 小林 尚人 東京大学大学院理学系研究科 地殻化学運営委員会 委員 (2年目)
- 酒向 重行 日本天文学会 会計理事
- 酒向 重行 東京大学大学院理学系研究科 技術委員
- 酒向 重行 光学赤外線天文連絡会 将来計画検討専門委員会委員
- 衣笠 健三 日本天文教育普及研究会 代議員

4. 学部大学院講義

教員名	講義名	大学または大学院名	時期
小林 尚人	全学自由研究ゼミナール	東大教養学部	2024 年度夏学期
小林 尚人	天体輻射論 I	東大天文学科	2024 年度冬学期
	恒星物理学特論 IV	東大天文学専攻	(学部大学院共通科目)
酒向 重行	天体観測学	東大天文学科3年	2024 年度夏学期
酒向 重行	全学自由研究ゼミナール	東大教養学部	2024 年度夏学期
酒向 重行	基礎天文学観測	東大天文学科3年	2024 年度冬学期
高橋 英則	全学自由研究ゼミナール	東大教養学部	2024 年度夏学期
新納 悠	全学自由研究ゼミナール	東大教養学部	2024 年度夏学期

5. 学生・大学院生指導

教員名	課程	学生・院生名	研究テーマ
小林 尚人	修士課程 (M2)	和田 空大	ライトカーブ遅延法による地球接近小惑星の熱慣性推定
小林 尚人	修士課程 (M1)	根津 正大	Tomo-e Gozen による T Tauri 型星の短時間変動
酒向 重行	修士課程 (D2)	越 諒太郎	Ia 型超新星のスペクトル細分類ごとの光度曲線の多様性の研究
酒向 重行	修士課程 (M2)	倉島 啓斗	SPAD イメージセンサの性能評価および高速偏光撮像装置の試験機の開発
酒向 重行	修士課程 (M2)	笹岡 大雅	Tomo-e Gozen 広域サーベイにおける突発現象アラートの高精度化
酒向 重行	修士課程 (M1)	児玉 エ門	TAO 望遠鏡可視光装置の開発
酒向 重行	学部生 (B4)	大木 亮吾	Tomo-e Gozen 広域サーベイで検出された人工天体のライトカーブのクラスター分析

6. 学位取得

- 笹岡 大雅 2025 年 3 月, 修士 (理学)
「Tomo-e Gozen 広域サーベイにおける突発現象アラートの高精度化」
- 和田 空大 2025 年 3 月, 修士 (理学)
「ライトカーブ遅延法による地球接近小惑星の熱慣性推定」
- 大木 亮吾 2025 年 3 月, 学士 (理学)
「Tomo-e Gozen 広域サーベイで検出された人工天体のライトカーブのクラスター分析」

7. 国外出張

- 高橋 英則 2024 年 4 月 27 日-5 月 10 日
TAO サイト (サンペドロ・デ・アタカマ (チリ))
TAO 望遠鏡山頂施設完成式典, Chajnantor Working Group Meeting
- 高橋 英則 2024 年 8 月 26 日-9 月 4 日
国立天文台チリオフィス (サンチアゴ (チリ)), TAO サイト (サンペドロ・デ・アタカマ (チリ))
TAO チリオフィス・国立天文台チリオフィス打ち合わせ, TAO 山麓施設管理・整備
- 高橋 英則 2024 年 9 月 21 日-10 月 4 日
TAO サイト (サンペドロ・デ・アタカマ (チリ))
TAO 望遠鏡蒸着設備設置作業および立ち会い
- 高橋 英則 2024 年 10 月 13 日-12 月 7 日
TAO サイト (サンペドロ・デ・アタカマ (チリ))
TAO 望遠鏡蒸着設備設置作業および立ち会い
- 高橋 英則 2025 年 1 月 17 日-2 月 3 日
TAO サイト (サンペドロ・デ・アタカマ (チリ))
TAO 望遠鏡蒸着設備追加作業・追加試験
- 高橋 英則 2025 年 3 月 20 日-4 月 5 日
TAO サイト (サンペドロ・デ・アタカマ (チリ)), AURA/Noir Lab. (La Serena (チリ))
TAO 山麓施設管理・整備, Joint Mirror Coating Workshop