

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

2019 (令和元) 年度

2020 (令和 2) 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 日本学術振興会特別研究員	9
1.2.3 日本学術振興会外国人特別研究員	9
1.2.4 特任研究員	9
1.2.5 客員共同研究員	10
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	19
1.5.3 銀河系および星間物質	20
1.5.4 恒星	24
1.5.5 太陽系外惑星および星惑星形成	30
1.5.6 太陽系	33
1.5.7 機器・ソフトウェア開発	33
1.6 論文および出版物	34
1.6.1 英文報告	34
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, 研究会における発表	45

1.7.1	日本天文学会 2019 年秋季年会, 熊本大学 (2019/9/11-9/13)	46
1.7.2	日本天文学会 2020 年春季年会, 筑波大学 (2020/3/16-3/19)	47
1.7.3	日本地球惑星科学連合 2019 年大会	48
1.7.4	第 63 回宇宙科学技術連合講演会	48
1.7.5	国際研究会	48
1.7.6	国内研究会	53
1.7.7	その他の講演	57
1.8	その他の活動	58
1.8.1	記者会見, プレスリリース, 新聞報道	58
1.8.2	受賞	58
1.8.3	他学科・専攻での講義	59
1.8.4	他大学での講義	59
1.8.5	委員その他	59
1.8.6	科研費等	60
1.8.7	出張記録	61
1.9	来訪者	66
1.10	教室談話会	69
第 2 部	天文学教育研究センター	71
2.1	天文学教育研究センターの沿革と現状	73
2.1.1	東京大学アタカマ天文台 - TAO 計画の経緯と進捗	75
2.2	教員, 職員, 名誉教授, 研究員等	76
2.2.1	教員及び職員	76
2.2.2	研究員及び客員	76
2.2.3	名誉教授	77
2.3	天文学教育研究センター運営委員会	77
2.4	敷地, 建物, 及び主な設備・備品	77
2.5	研究活動	78
2.5.1	宇宙および系外銀河	78
2.5.2	銀河系および星間物質	87
2.5.3	恒星および系外惑星	88
2.5.4	太陽及び太陽系	90
2.5.5	望遠鏡, 観測機器, ソフトウェアの製作と開発	91
2.5.6	TAO 計画	94
2.5.7	TAO 6.5m 望遠鏡用近赤外線エシエル分光観測装置 NICE	103
2.6	論文及び出版物	105
2.6.1	英文報告	105
2.6.2	著書, 訳書, 編書	117
2.6.3	和文その他の解説記事	117
2.7	学会, 研究会における発表	117
2.7.1	日本天文学会 2019 年秋季年会, 熊本大学 (2019/09/11 - 09/13)	117
2.7.2	日本天文学会 2020 年春季年会, web 年会, (2020/03/16 - 03/19)	119
2.7.3	日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 幕張メッセ (2019/05/26-30)	123
2.7.4	日本惑星科学会 2019 年秋季講演会, 京都産業大学 (2019/10/07-09)	123
2.7.5	国際研究会	123

2.7.6	国内研究会	126
2.7.7	その他の講演 (談話会等)	128
2.7.8	研究会の主催	128
2.8	天文センター談話会	129
2.9	広報普及活動・社会貢献	130
2.9.1	特別公開	130
2.9.2	東大オープンキャンパス	131
2.9.3	全国同時七夕講演会	131
2.9.4	普及講演	132
2.9.5	プレスリリース	132
2.9.6	雑誌等取材記事	132
2.10	その他の活動	133
2.10.1	講義等 (学部)	133
2.10.2	講義等 (大学院)	133
2.10.3	講義等 (他大学)	133
2.10.4	各種委員	133
2.10.5	科研費等	134
2.10.6	PI 共同利用時間	135
2.10.7	国外出張	136
2.10.8	来訪研究者	141
第 3 部	天文学教育研究センター木曾観測所	142
3.1	沿革と現状	144
3.1.1	沿革	144
3.1.2	現状	144
3.1.3	技術系職員 3 名の定年退職	145
3.2	木曾観測所の活動	146
3.2.1	木曾超広視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen の開発	146
3.2.2	Tomo-e Gozen を用いた研究	150
3.2.3	KWFC を用いた研究	165
3.2.4	写真乾板を用いた研究	167
3.2.5	望遠鏡とドームの保守, 整備	169
3.2.6	所員の研究活動	170
3.2.7	論文および出版物	172
3.2.8	天文電報等	176
3.2.9	学会, 研究会等での報告	178
3.2.10	学生実習	185
3.2.11	地域貢献事業	190
3.2.12	教育 (パブリックアウトリーチ)・広報活動	194
3.3	施設, 設備	202
3.3.1	観測所	202
3.3.2	105cm シュミット望遠鏡	203
3.3.3	30cm 望遠鏡	203
3.3.4	遠隔自動観測システム	203
3.3.5	観測サポート機器	204

3.3.6	計算機/ネットワーク	207
3.3.7	外部機関管理機器	210
3.4	運用, 管理	213
3.4.1	宿泊	213
3.4.2	日誌	213
3.4.3	役務, 営繕工事等	214
3.4.4	晴天率・観測統計	214
3.4.5	環境安全衛生	215
3.4.6	環境維持	216
3.5	所員	217
3.5.1	教員および職員	217
3.5.2	外国人来訪研究者	217
3.5.3	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, 2019/12/23)	217
3.5.4	記録事項	218

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-xxxx (内線 2xxxx) [xxxx は下表参照]

FAX: 03-5841-7644 (内線 27644)

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

表 1.1: 天文学教室 (2020 年 3 月 31 日)

氏名または室名	部屋番号	電話番号	電子メールアドレス	研究者番号
理学系研究科・理学部 1 号館西棟				
事務室 (藤枝)	1108	4254	fujieda.shin@mail.u-tokyo.ac.jp	
事務室 (浅川)	1108	4251	asakawa.yuko@mail.u-tokyo.ac.jp	
事務室 (永山)	1108	4251	yamamura.etsuko@mail.u-tokyo.ac.jp	
戸谷	1117	4257	totani@astron.s.u-tokyo.ac.jp	90321588
田村	1113	4258	motohide.tamura@astron.s.u-tokyo.ac.jp	00260018
相川	1115	4256	aikawa@astron.s.u-tokyo.ac.jp	40324909
柏川	1112b	4261	n.kashikawa@astron.s.u-tokyo.ac.jp	00290883
嶋作	1107b	4259	shimasaku@astron.s.u-tokyo.ac.jp	00251405
梅田	1105	8055	umeda@astron.s.u-tokyo.ac.jp	60447357
藤井	1101	1030	fujii@astron.s.u-tokyo.ac.jp	90722330
高田	1104	8056	takata@astron.s.u-tokyo.ac.jp	20334245
左近	1106	4276	isakon@astron.s.u-tokyo.ac.jp	70451820
松永	1102	4272	matsunaga@astron.s.u-tokyo.ac.jp	80580208
研究員室	1110	4114		
名誉教授室・ビジター室	1111			
院生室	1119	4265		
院生室	1120	4266		
院生室	1121	4267		
院生室	1122	4268		
輪講室	1103	4255		
理学系研究科・理学部 1 号館中央棟				
学部学生実習室	1031	なし		
計算機室	1032	なし		
実験室	1033	4273		
KWON	1035	8529	kwon.jungmi@astron.s.u-tokyo.ac.jp	60724094
研究員室	1036	4569		
教員室	1037	1032		
客員研究室	1038	4264		
講師控室	1039	8303		
学部学生控室	1040	4269		
学部学生端末室	1041	なし		
学部講義室	1042	なし		
大学院講義室	1043	なし		
実験室	1044	4681		

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-2019年度)	499名	(うち2019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-2019年度)	683名	(うち2019年度21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-2019年度)	377名	(うち2019年度6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-2019年度)	7名	(うち2019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-2019年度)	21名	(うち2019年度1名)
博士課程退学者・論文博士	(1990年度-2019年度)	10名	(うち2019年度0名)
論文博士(天文以外の出身者)	(1990年度-2019年度)	8名	(うち2019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)	
	左近 樹	(さこん いつき)	
	松永 典之	(まつなが のりゆき)	
特任助教	KWON Jungmi	(くおん じょんみ)	
事務職員	藤枝 伸	(ふじえだ しん)	
	浅川 優子	(あさかわ ゆうこ)	
臨時職員	永山 悦子	(ながやま えつこ)	
派遣職員	棚田 真寿美	(たなだ ますみ)	2019年9月1日着任
	望月 陽子	(もちづき ようこ)	

1.2.2 日本学術振興会特別研究員

衣川 智弥 (SPD) [梅田]	(2019.12.31 まで)
越本 直季 (PD) [田村]	
百瀬 莉恵子 (RPD) [嶋作]	

1.2.3 日本学術振興会外国人特別研究員

TRANI Alessandro [藤井]	(2019.10.31 まで)
VARRI Anna Lisa [藤井]	(2019.4.30 まで)
MRIDUSMITA Buragohain [左近]	
WANG Long [藤井]	(2019.11.30～)

1.2.4 特任研究員

吉田 敬 [梅田]	
熊本 淳 [藤井]	
Livingston John Henry [田村]	
森 昇志 [相川]	
楊 毅 [田村]	
CATALDI Gianni [相川]	(2019.7.15～)
TRANI Alessandro [藤井]	(2019.11.1～)

1.2.5 客員共同研究員

柳澤 顕史 [松永] (2019.5.31 まで)
 VARRI Anna Lisa [藤井] (2019.5.1~2019.10.31)
 Ryan Masami LAU [左近] (2019.7.1~)

1.2.6 名誉教授

海野 和三郎 堀 源一郎 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准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竹田洋一准教授、関井隆准教授、原弘久准教授、宇宙科学研究所の吉川真准教授が参加している。

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准教授、また、非常勤講師として宇宙科学研究所の山口弘悦准教授、東北大学の田中雅臣准教授、千葉大学の吉田滋教授、University of Zurichの石橋和貴子研究員が参加している。さらに下記の関連研究機関の教員が加わっている。

兼任教員(東京大学)

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

兼任教員(国立天文台)

教授 郷田 直輝 小久保 英一郎 Raffaele FLAMINIO 阪本 成一
 深川 美里 本間希樹 高遠徳尚
 准教授 原 弘久 奥田 武志 勝川 行雄 中村 文隆

兼任教員(宇宙科学研究所)

教授 海老沢 研 坪井 昌人
 准教授 片坐 宏一

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	板根 晶規	小藤 由太郎	塩屋 沙季	下野 直弥	寺崎 友規
	水越 翔一郎	道藤 翼	三井 康裕	大和 義英	吉岡 岳洋
3年	池邊 蒼太	黄 天銳	越 諒太郎	清水 利憲	武田 佳大
	辻田 旭慶	徳野 鷹人	西垣 萌香	西野 耀平	水谷 洋輔

1.3.2 大学院学生 ([]内は指導教員)

- D3 SAEZ ELGUETA Scarlet Margarita [田村] (2016年9月23日入学)
池内綾人 [嶋作] 石塚将斗 [田村] 岡村 拓 [嶋作]
佐々木宏和 [中村] 寺尾恭範 [本原] 藤井善範 [Raffaele FLAMINIO]
山田彩豊 [郷田] 藤本 空 [梅田] 向江志朗 [大内]
森 智宏 [宮田] 山崎翔太郎 [戸谷]
FENG Chien-Chang [梅田] (2017年9月22日進学)
ZHANG Jin [田村] (2017年9月22日進学)
- D2 石田 剛 [河野] 一木 真 [土居] 崔 仁士 [相川]
須藤貴弘 [戸谷] 辰馬未沙子 [小久保] DE LEON Jerome Pitogo [田村]
森 寛治 [中村] 山口正行 [田村]
JIAN Mingjie [田村] (2018年9月21日進学)
LIN Haoxiang [戸谷] (2018年9月21日進学)
LUO Yudong [中村] (2018年9月21日進学)
- D1 有馬 宣明 [土居] 石塚 典義 [原] 柏田 祐樹 [郷田]
菊地原 正太郎 [大内] 財前 真理 [梅田] 下向 怜歩 [海老沢]
武井 勇樹 [茂山] 陳 家偉 [河野] 寺田 由佳 [田村]
長谷川 大空 [藤井] 山下 祐依 [河野] 李 建鋒 [河野]
康 浩然 [河野] (2019年9月20日入学)
郭 康柔 [小久保] (2019年9月20日進学)
李 秀珍 [本間] (2019年9月20日進学)
- M2 寺澤祥子 [相川]
郭 康柔 [小久保] (2019年9月13日修了)
李 秀珍 [本間] (2019年9月13日修了)
安藤 誠 [嶋作] 岩田 朔 [茂山] 遠藤いずみ [相川]
沖野大貴 [本間] 鹿熊亮太 [大内] 片岡 叡 [郷田]
川上知洋 [深川] 櫛引洸佑 [本原] 高倉隼人 [海老沢]
谷口大輔 [小林] 馬場亮太 [戸谷] 聖川昂太郎 [梅田]
星野 遥 [小久保] 松田一真 [柏川] 御堂岡拓哉 [海老沢]
森 万由子 [田村] 森田雅大 [土居] 山崎雄太 [中村]
吉成直都 [藤井] 吉村勇紀 [河野]
張 也弛 [大内] (2018年9月21日入学)
- M1 朝野 哲郎 [藤井] 石本 梨花子 [柏川] 宇野 慎介 [河野]
大野 望海 [原] 小川 貴士 [土居] 桶屋 誠人 [片坐]
木下 真一 [中村] 栗山 直人 [茂山] 桑田 敦基 [田村]
黄 燦 [奥田] 後藤 光希 [深川] 五島 雛子 [嶋作]
酒井 直 [大内] 沈 有程 [梅田] 高村 美恵子 [本間]
橋 健吾 [宮田] 恒次 翔一 [峰崎] 富永 愛侑 [海老沢]
中津野 侃貴 [郷田] 中村 洋貴 [本原] 長谷川 龍斗 [深川]
平田 圭佑 [相川] 紅山 仁 [小林] 三橋 一輝 [阪本]
吉田 雄城 [小久保] NAGELE CHRISTOPHER [梅田]
LUO Tianyin [梅田] (2019年9月20日入学)
張 天放 [土居] (2019年9月20日入学)

1.3.3 博士論文, 修士論文および課題研究発表

博士論文 (2019 年 12 月 16 日取得)

柴田 雄 Planetesimal Accretion under a Realistic Accretion Condition

博士論文 (2020 年 3 月 23 日取得)

岡村 拓 The size and angular momentum evolution of high redshift galaxies

佐々木 宏和 Neutrino oscillations deep inside core-collapse supernovae and their impact on ν p-process nucleosynthesis

寺尾 恭範 A study of star-forming galaxies at $2.1 < z < 2.5$ selected by broad-band flux excesses

向江 志朗 Spectroscopic Study and TMT/IRIS Instrumentation for Uncovering Galaxy Formation in Gaseous Large-Scale Structures

森 智宏 Polarized view on protoplanetary disks: grain dynamics and alignment

山崎 翔太郎 Revealing the Origins of Violent Stellar Transients from Fast Radio Bursts and Magnetars

修士論文 (2019 年 9 月 13 日修了)

郭 康柔 Planetesimal Dynamics in the Presence of a Massive Companion

李 秀珍 Observational Study of Magnetar Outburst in the Radio Bands: Re-activation of XTE J1810-197

修士論文 (2020年3月23日修了)

寺澤 祥子	褐色矮星候補天体 L328-IRS の観測的研究：ALMA データの再考察
安藤 誠	A Systematic Search for Galaxy Proto-cluster Cores at $z \sim 2$
岩田 朔	超新星爆発時のフォールバックと中心天体からのエネルギー供給が決める若い中性子星の多様性
遠藤 いずみ	Experimental and observational approaches to understand the properties of organics in space
沖野 大貴	Collimation of the relativistic jet in the quasar 3C 273 with multi-frequency VLBI observations
鹿熊 亮太	Exploring galaxy formation by optical large surveys for Ly α emission
片岡 叡	銀河円盤における星団潮汐テイルの力学的解析
櫛引 洸佑	近赤外線面分光ユニット SWIMS-IFU の開発と近傍 LIRG の Pa α 撮像による観測的研究
高倉 隼人	Far-sidelobe and Polarization Measurement of LiteBIRD Low Frequency Telescope using a 1/4-scaled Model
谷口 大輔	A Method of Measuring Chemical Abundances of Red Supergiants and the Application to the Objects near the End of the Galactic Bar
聖川 昂太郎	The rate of iPTF 14gqr like ultra-stripped supernovae and binary evolution leading to double neutron star formation
星野 遥	Orbital structure of planetary systems formed by giant impacts: stellar mass dependence
松田 一真	σ Orionis Cluster の K_s band 広域高頻度観測に基づく惑星関連現象の探索
御堂岡 拓哉	X線天文衛星 XRISM の初期観測データ解析に向けた地上試験
森 万由子	Transmission Spectroscopy of the Atmosphere of TRAPPIST-1g using Subaru/MOIRCS and Gemini/GMOS-N
森田 雅大	Fermi-LAT ガンマ線源の可視光度変動観測によるブレーザー対応天体推定
山崎 雄太	Galactic Chemical Evolution of r-process Elements -Constraints of their Astrophysical Sites on Core-Collapse Supernova, Neutron-Star Merger and Collapsar-
吉成 直都	Development of a new N-body simulation code for globular clusters with binary stars
吉村 勇紀	ALMA を用いた分子吸収線観測で探る希薄な分子ガスの物理・化学状態

課題研究発表

板根 晶規 [小林]	近赤外分光観測に基づく RR Lyr の組成分析
小藤 由太郎 [嶋作]	$z \sim 6$ の銀河の halo mass とその他の性質の関係
塩屋 沙季 [本原]	P α で探る近傍星形成銀河の性質
下野 直弥 [戸谷]	星形成銀河のガンマ線放射～理論的予想と CTA による検証
寺崎 友規 [茂山]	Fast Luminous Blue Transients in the Reionization Era and Beyond
水越 翔一郎 [河野]	ALMA での分子原子輝線データと力学モデルに基づく宇宙星生成最盛期の銀河の研究
道藤 翼 [宮田]	中間赤外線波長での二視野同時観測による測光安定性の評価
三井 康裕 [田村]	すばる望遠鏡用赤外ドップラー装置 (IRD) 戦略枠観測のための M 型矮星サンプルの特性調査
大和 義英 [相川]	原始惑星系円盤 MWC 480 における N_2D^+ , N_2H^+ 輝線観測データの解析
吉岡 岳洋 [柏川]	すばる望遠鏡 HSC で描く宇宙再電離の空間的非一様性のマッピング

1.4 授業

1.4.1 学部

教養学部主題科目

31569 (S セメスター) 全学自由研究ゼミナール「最新の宇宙像」 本原顕太郎・他

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 高田将郎
0520003 (A セメスター第4学期) 天文学概論 戸谷友則・田村元秀・相川祐理

天文学科3年

0520013	(S セメスター)	銀河天文学	嶋作一大・柏川伸成
0520015	(S セメスター)	天体観測学	土居守・宮田隆志
0520046	(A セメスター)	太陽恒星物理学	横山央明・関井隆・原弘久
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	田中培生
0520034	(S セメスター)	天体物理学演習 II	江草芙実
0520038	(A セメスター)	天文学ゼミナール	左近樹・廿日出文洋
0520040	(S セメスター)	基礎天文学実験	左近樹・各教員
0520041	(通年)	基礎天文学観測	田中培生・各教員
0520042	(S セメスター)	位置天文学・天体力学	吉川真
0520801	(通年)	研究倫理	柏川伸成

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・田中培生
0520044	(S セメスター)	星間物理学 II	河野孝太郎・本原顕太郎
0520045	(S セメスター)	系外惑星	生駒大洋・相川祐理
0590101	(A セメスター)	重力波物理学	Raffaele FLAMINIO, Kipp Cannon

1.4.2 大学院

35604-0010	(S セメスター)	天体力学特論 V	小久保英一郎
35604-0011	(A セメスター)	光赤外線天文学特論 I	片坐宏一
35604-0016	(A セメスター)	理論天体物理学特論 I	梅田秀之
35604-0025	(S 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	(A 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	田中培生
35604-0041	(S セメスター)	星間物理学特論 I	中村文隆
35604-0046	(S セメスター)	高エネルギー天文学特論 I	山口弘悦
35604-0056	(S セメスター)	系外惑星特論 I	生駒大洋・相川祐理
35604-0057	(A セメスター)	系外惑星特論 II	田村元秀・須藤靖
35603-0115	(A セメスター)	重力波物理学	CANNON Kipp・FLAMINIO Raffaele
35603-0083	(S セメスター)	科学英語演習 I	Peter Maksym
35604-1001	(A セメスター)	観測天文学特別講義 I	吉田滋
35604-1017	(S セメスター)	理論天文学特別講義 VII	田中雅臣
35604-1018	(S セメスター)	理論天文学特別講義 VIII	石橋和貴子
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. インフレーション宇宙における生命の発生 (戸谷)

生命の起源に関して、RNA ワールド仮説に基づき、生命活動を起こすのに必要な最小の RNA の長さ、その長さの RNA がランダムな化学反応で発生するために必要な宇宙の大きさとの関係を導いた。その結果、インフレーションで広がった宇宙では多数の生命が自然に発生してもおかしくないことを示した。

2. すばる望遠鏡による $z > 6$ 低光度クェーサー探査 (柏川)

松岡良樹 (愛媛大), 尾上匡房 (MPIA), 泉琢磨 (国立天文台), Michael Strauss (プリンストン大) らとの共同研究。このプロジェクトでは、すばる HSC SSP の広域撮像データと可視追分光観測から $z \sim 6$ の低光度クェーサーを多数発見している。これらは従来の約 1/100 の明るさのクェーサーでより低質量のブラックホールを内包していると考えられる。2019 年度はさらに 35 個の新たな $z \sim 6$ の低光度クェーサーを発見した (Matsuoka et al. 2019b)。この探査観測により、1) $z = 7$ を超える初めての低光度クェーサーの発見 (Matsuoka et al. 2019a), 2) 近赤外分光追観測によりブラックホール質量が確かに低質量であり、エディントン比が高すぎるわけではないこと (Onoue et al. 2019), 3) ALMA の追観測により母銀河が星形成主系列や近傍のブラックホール質量-力学質量関係に載ること (Izumi et al. 2019), などを成果にまとめた。

3. すばる望遠鏡による $z \sim 4$ 原始銀河団探査 (柏川)

利川潤 (バース大), 伊藤慧 (総研大), 久保真理子 (国立天文台) らとの共同研究。このプロジェクトでは、すばる HSC SSP の広域撮像データを活かして $z \sim 4$ の原始銀河団探査を行い、従来の 20 倍ほどの統計的大規模サンプルを構築し、その普遍的性質を探ろうとしている。この探査観測により、1) 最も明るい銀河団銀河のサンプルを $z \sim 4$ で初めて構築し、その銀河とその周囲でダスト赤化が原因だと思われる色の違いを発見した (Ito et al. 2019), 2) Plack などのデータと対応させ、銀河団銀河だけでは説明できない遠赤外線光度の超過があり、隠された星形成活動、もしくは AGN が潜んでいることを示唆した (Kubo et al. 2019), などを成果にまとめた。

4. $z = 2 - 3$ におけるクェーサー周辺における低質量銀河形成の抑制 (柏川)

内山久和 (国立天文台) らとの共同研究。 $z = 2 - 3$ のクェーサー 11 個周辺で Lyman α emitter (LAE) の広域探査を行い、その近傍で Ly α 輝線の等価幅が 150 \AA 以上の LAE が系統的に少ないことを明らかにした。これらの LAE は星質量で $10^8 M_{\odot}$ 以下、あるいはハロー質量で $3 \times 10^9 M_{\odot}$ 以下の低質量銀河に相当する。この現象はクェーサーからの強い UV 放射による光蒸発効果によって周囲のガスの冷却時間が長くなり低質量銀河の形成が抑制されている可能性があり、流体力学シミュレーションの結果とも合致する (Uchiyama et al. 2019)。

5. クェーサーアウトフロー加速度の直接測定 (柏川)

三澤透 (信州大) らとの共同研究。6 つの明るいクェーサーについて 10 年前に取得されたデータと今回取得したデータを比較し、クェーサーのアウトフローに成因があると考えられる狭吸収線の速度差を測定し、その加速度に平均で $0.7 \text{ km s}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ (0.002 cm s^{-2}) 制限を与えた。将来的にはサンプル数を増やし精度を高めることによりさらに強い制限を与え、降着円盤からのアウトフローの物理メカニズムが理解できると期待される (Misawa et al. 2019)。

6. 再電離期の銀河団銀河形成史 (柏川)

Roderik Overzier (ブラジル国立天文台) との共同研究。将来観測計画、特に地上超大型望遠鏡が今後銀河団研究にどのような役割を果たすのかを、米国の Astro2020 Decadal Survey のための white paper として執筆、提出した (Overzier & Kashikawa 2019)。

7. SSA22 領域における原始銀河団に付随するコヒーレントな中性水素ガス (柏川)
林野友紀 (元東北大学), 井上昭雄 (早稲田大学) らとの共同研究. SSA22 領域に知られている $z = 3.1$ の原始銀河団背後の銀河のスペクトルを集め, 観測者系でスタックしたところ, ちょうど $z = 3.1$ のところに中性水素の大きな吸収が見られ, これは原始銀河団に付随する中性水素ガス, あるいは銀河周縁雲の重ね合わせである可能性を示した. 数 Gpc にもわたる視線方向の大規模構造を中性水素をトレーサーとして捉えた (Hayashino et al. 2019).
8. $z \sim 6$ QSO 周囲に見られる広がった Ly α 輝線構造 (百瀬, 嶋作, 柏川)
後藤友嗣, 橋本哲也 (国立清華大学) らとの共同研究. われわれが取得した QSO Ly α ハロー ($z = 6.42$) のデータとアーカイブデータをもとに, Ly α ハローの性質と QSO 母銀河の関係を調べ, QSO の進化段階に応じて Ly α ハローの明るさが進化する可能性があること, QSO Ly α ハローは遠方に行くにつれて面輝度は暗く, サイズは小さくなっていくことを明らかにした (Momose et al. 2019).
9. 再電離期における銀河間ガスの光学的厚みの非一様性の起源に関する研究 (柏川)
柏野大地 (チューリッヒ工科大学) らとの共同研究. 再電離期における銀河間ガスの透過率はその密度揺らぎだけでは説明できない空間非一様性があることがこれまでの研究で示唆されており, この時期の紫外光背景輻射の揺らぎ, あるいは温度揺らぎが起因していると考えられてきたがそのどちらが優勢かは明らかになっていなかった. これはその銀河間ガス周辺の銀河分布で区別がつくことがモデル予測されている. これまでの測定で $z \sim 5.7$ における光学的厚みが最も大きい銀河間ガス付近において dropout 銀河を探索したところ, 明らかな銀河密度の欠損があり, LAE で同様の観測を行った先行研究を裏付ける形となった (Kashino et al. 2020).
10. $z \sim 7.3$ の Ly α 光度関数と宇宙再電離期の推定 (五島, 嶋作)
Ly α 輝線銀河の Ly α 光度関数 (Ly α LF) はこれまで様々な赤方偏移で求められており, その赤方偏移方向の進化を全銀河の UV 光度関数の進化と比べることで, 宇宙空間の中性水素の割合が求められてきた. 中性水素の割合が高いと, 銀河から出た Ly α 光子がそれだけ高い確率で散乱され, Ly α LF が暗くなることを利用したものである. Ly α LF の実質的な最遠方の測定は Konno et al. (2014) による $z \sim 7.3$ のものであるが, サーベイ面積が狭いことにより, エラーが大きく, また明るい (したがって数密度の低い) Ly α 輝線銀河に対する感度も十分ではなかった. そこで我々は, より広い視野の HSC SSP の狭帯域フィルター (NB1010) のデータを用いて $z \sim 7.3$ の明るい Ly α 輝線銀河を探索している. COSMOS 領域, SXDS 領域の 2 視野のデータがあり, 合計のサーベイ面積は約 3.5 deg^2 である. 今年度は COSMOS 領域のデータを解析した. 最も深い場所で, 限界等級は 24.7 mag (5σ , $w/1.41''$ diameter aperture), その等級より明るい側での detection completeness は約 90% であることがわかった. 探索の結果, 5σ 限界等級より明るい Ly α 輝線銀河の検出個数は視野全体で 0 個であった. これは, $z \sim 7.3$ の次に遠い測定である $z \sim 7.0$ の光度関数 (Itoh et al. 2018, Hu et al. 2019) から見積もられる期待値より小さい. 今後は SXDS 領域でも同様の解析を行い, Ly α LF の進化および中性水素の割合を議論する予定である.
11. 3次元ズームインシミュレーションに基づく $z \sim 6$ の銀河のサイズ-光度関係 (岡村, 嶋作)
川俣良太 (東京大学, 日立製作所), 荒田翔平, 長峯健太郎 (大阪大学), 矢島秀伸 (筑波大学) との共同研究. The First Billion Years (FiBY) というプロジェクト (GADGET-3 に初代星形成, 非平衡化学進化, ダスト形成モデルを組み込んで高赤方偏移での銀河形成に特化した計算を行うプロジェクト) のコードを用いて $z \sim 6$ の銀河を生成し, Hubble Frontier Fields (HFF) を模して銀河団の重力レンズ効果を通して模擬的に観測して, サイズ-光度関係を調べた. 得られたサイズ-光度関係は, 傾きは HFF で得られている結果とほぼ一致したが, サイズ, 光度ともに真の値より小さい値が得られた. これらのずれの原因は, HFF のデータが十分深くないために, シミュレートした銀河の広がった輝度分布を検出できないことにある.
12. 大規模空間中の Ly α 光子の調査 (百瀬, 嶋作, 柏川)
後藤友嗣, 橋本哲也 (国立清華大学), 内海洋輔 (KIPAC, SLAC, Stanford), Ji-Jia Tang (Australia National

University), 斎藤俊 (Missouri S&T) との共同研究. Croft et al. (2016, 2018) は, 約百万個の銀河のスペクトルから, $z = 2 - 3$ では強い Ly α 輝線で特徴付けられる若い星形成銀河 (LAE) から見積もられる Ly α 光子の 21 - 35 倍もの Ly α 光子が銀河間空間とハローという大規模空間に存在していることを示した. 彼らの結果は, 大規模空間には観測された LAE と輻射輸送計算から予想されるより遥かに多くの Ly α 光子が存在することを意味しており, 銀河におけるガス供給を理解する上で重要な知見となる. ゆえに, この結果の正否を独立な検証で調べる必要がある. そこで我々は 2016 年より, Hyper Suprime-Cam (HSC)/すばる望遠鏡を用いて大規模空間中の Ly α 光子を探索するプロジェクトを始め, 2017 年に一部観測データを取得した. しかし, 2017 年に割り当てられた観測時間では我々が到達したい感度に達していなかったため, 本年はこの HSC データの追加観測をすばる望遠鏡に提案した.

13. 銀河間空間ガスの大規模構造と銀河の関係 (百瀬, 嶋作, 柏川, 安藤)

本原顕太郎, 寺尾恭範 (東京大学), 長峯健太郎 (大阪大学), 清水一紘 (四国学院大学), 日下部晴香 (University of Geneva), 中島王彦 (国立天文台), Lee Spitler (Macquarie University) との共同研究. 銀河の進化過程を左右する銀河へのガス供給には, 銀河がいる大規模な環境が影響していると考えられる. そこで我々は銀河と銀河間空間ガス (IGM) の相関を観測アーカイブデータとシミュレーションデータを用いて調べた. 理論では, GADGET3-Osaka による宇宙論的流体シミュレーションから生成された擬似三次元 IGM トモグラフィデータと擬似銀河カタログを用いた (Shimizu et al. 2019; Nagamine et al. 2020 準備中). 観測では, 中性水素ガス HI による Ly α 輝線の吸収線系, Ly α フォレストの観測データから再現された三次元 IGM トモグラフィデータ (CLAMATO プロジェクト, Lee et al. 2016, 2018) を IGM データとして使用した. 銀河サンプルは, 多波長の観測データ・銀河カタログが公開されている COSMOS 領域のカタログを使用した (e.g. Nakajima et al. 2012; Sobral et al. 2013; Laigle et al. 2016; Straatman et al. 2016; Konno et al. 2016). これらのデータを用い, 銀河と IGM 間の相関を距離の関数として導出し, どのような種族・性質の銀河が IGM の大規模な構造と強い相関を持つか調べた. その結果, 理論研究では, IGM-銀河の相関関数は, 銀河の質量, 特にダークハロー質量に強く依存していることが明らかとなった. これは現在の標準宇宙モデル (Λ CDM) から予想される構造形成理論と矛盾しない. 一方観測研究では, IGM-銀河の相関関数が銀河種族に依存して変化していることが明らかとなった. このことは, 銀河種族によって属する Mpc 規模のガス密度環境が異なることを示唆している. これら 2 つの研究は銀河の複数のパラメータに対して IGM-銀河の相関関係を初めて系統的に調査した独創的な研究である. 理論・観測研究それぞれを投稿論文としてまとめ, 現在査読中である (Momose et al. 2020a, b).

14. 遠方矮小銀河の探索とその諸性質の解明 (百瀬, 嶋作, 柏川, 安藤)

Micheal Rauch (Carnegie Observatories), 三澤透 (信州大学), 大越克也 (東京理科大学), 柏野大地 (ETH) との共同研究. $z > 2$ で遠で多数発見されている銀河種族は, ダークハロー質量が $M_{\text{DH}} > 10^{11} M_{\odot}$ のもので, 銀河進化の超初期段階にいるとされる低質量の矮小銀河 ($M_{\text{DH}} < 10^{11} M_{\odot}$) に関する理解は浅い. 理由は, 遠方矮小銀河の有効な探索法が未だ確立されておらず, 先行研究が少ないためである. そこで我々は, 遠方矮小銀河の探索方法を開拓し, 検出後はその諸性質の評価, 他銀河種族との性質比較を行い, 銀河進化の枠組みにおける遠方矮小銀河の役割を解明することを目的とした研究を開始した. 本年は, チリにあるマゼラン望遠鏡による遠方矮小銀河探索観測 (P.I. Rauch 博士) に参加した. また, 遠方矮小銀河の諸性質解明のために, アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計やすばる望遠鏡での多波長観測の提案も行った.

15. 宇宙論的シミュレーションと Ly α 輻射輸送計算で明かす Ly α ハローと銀河進化 (百瀬)

Anne Verhamme, Moupiya Maji, Thibault Garel, Floriane Leclercq, 日下部晴香 (University of Geneva), Jérémy Blaizot (University of Lyon), Maxime Trebitsch (Sorbonne University) との共同研究. 標準宇宙モデルと標準銀河進化理論によると, 銀河はダークマターの大規模構造の中で生まれ, 銀河間空間からフィラメント, 銀河とその周辺環境の境界であるハローを介して銀河円盤にガスを獲得し, 質量を増加さ

せながら進化する。このように銀河の進化過程はガスから星という物質循環と密接に関係しており、その解明には銀河円盤における星形成過程と銀河円盤へのガス流入・流出過程の理解が肝要となる。銀河円盤へのガス流入・流出過程は、銀河周辺に淡く広がる銀河周辺ガス (CGM) に反映されると考えられている。私はこれまで、 $\text{Ly}\alpha$ 輝線を指標として CGM を観測し ($\text{Ly}\alpha$ ハロー)、その広がりや明るさと母銀河の諸性質の関係を観測データを用いて調査し、その結果を銀河進化の枠組みの中で議論してきた (Momose et al. 2014, 2016, 2019)。しかし、観測研究間での共通見解は未だなく、議論は混沌としている。そこで私は、スイス・ジュネーブ天文台の Anne Verhamme 教授のグループと共同で、理論の観点から $\text{Ly}\alpha$ ハローと銀河の関係を明らかにするプロジェクトを始めた。本プロジェクトでは、宇宙論的流体シミュレーションの計算によって生成された銀河に Verhamme 教授が開発した $\text{Ly}\alpha$ 輝線の輻射輸送計算を組み込んで $\text{Ly}\alpha$ ハローを生成する。この $\text{Ly}\alpha$ ハローを地上望遠鏡の分解能を想定して擬似観測し、 $\text{Ly}\alpha$ ハローの観測量 (光度, サイズ) と母銀河の様々な物理量 (星質量, 銀河本体の光度, 年齢等) 間の相関を調査する。現在は、Verhamme 教授らより一部データを提供してもらい、解析を進めている。

16. $z \sim 2$ における原始銀河団コアの系統的探査法の開発とそのメンバー銀河の性質 (安藤, 嶋作, 百瀬)

原始銀河団中の最も重いダークマターハローである原始銀河団コア及びそのメンバー銀河の性質は、コアの特定の難しさから観測的研究が進んでいない。そこで、コアを系統的に特定する手法の開発と、そのメンバー銀河の星質量関数や星形成活動などの調査を行なった。ダークマターハローの質量進化に着目すると、コアを特定するには $z \sim 2$ の宇宙で DMH 質量が $> 2 - 3 \times 10^{13} M_{\odot}$ のダークマターハローを探せばよい。そこで、星質量が非常に大きな銀河のペアをコアに属する系の候補として選び出し、クラスタリング解析の手法でダークマターハロー質量推定することで、コアとして妥当な系かを確認するという手順で、1.5 平方度の領域において 75 個のコア候補を特定した。銀河進化シミュレーションとの比較から、この探査法は現在までにおとめ座銀河団程度の質量に進化するコアのおよそ半数程度を探し出せるとわかっている。コアに属する銀河の星質量関数とコアに属さない銀河のそれとの比較から、コアでは重い銀河の形成が促進されていることがわかった。また、星形成を停止した銀河の割合をコアと一般領域とで比べると、コアの方が 3 倍程度高いことがわかった。これらはコア領域での環境効果が $z \sim 2$ で既に生じていることを示唆する。

1.5.2 宇宙の高エネルギー現象

1. 高速電波バーストからの電波残光 (戸谷, Lin)

高速電波バースト (FRB) が連星中性子星合体で生成されるというシナリオに基づき、合体で放出されるイジェクタが星間物質と衝突して起こす電波残光の光度を理論計算し、FRB の残光としてどれだけの明るさで輝くかを検討した。

2. 銀河系ハローの分散指標への寄与の新しいモデル (戸谷, 山崎)

銀河系外で起こる FRB で観測された分散指標 (DM) のうち、銀河系のハローによる成分がどれだけあるかを見積もることは重要であるが、これまで、精度の良いモデルがなかった。X 線背景放射の最新観測データを用いて、初めて、方向依存性を持つ形でこの成分の理論モデルを構築し、FRB の観測データ解析に役立ててもらえるようにした。

3. 連星中性子星合体からの非熱的残光 (戸谷, Lin)

史上初めて、重力波で発見された連星中性子星合体 GW170817 で検出された非熱残光のモデルを構築した。特に、従来のモデルでは、衝撃波中の電子が全て非熱電子として加速されるという非現実的な仮定を見直し、電子の最低エネルギーと非熱電子の量が独立に扱われるモデルで初めてデータをフィットした。その結果、最低エネルギーに対応する SED ピークが従来のモデルより高い振動数に現れ、将来の観測でより明確にピークを検出できる可能性を示した。

4. マグネターフレアのスペクトルの起源 (山崎)

マグネターフレアは超強磁場中性子星が突発的に X 線/軟ガンマ線域で激しくバーストする現象である。山崎らは、初期熱的スペクトルが非相対論的な速度で運動する中性子星磁気圏内プラズマによる磁気共散乱で受ける影響を考慮し、理論的なスペクトルモデルを構築した。さらに、このモデルを過去の間サイズフレアに適用し、観測されたスペクトルを非常に良く説明できることを示した。

5. パルサーの TeV ハローの観測可能性とその示唆 (須藤)

パルサーの周辺に「TeV ハロー」と呼ばれる構造が存在することが、ガンマ線望遠鏡による観測で近年明らかになった。須藤はオハイオ州立大学の Tim Linden, John Beacom との共同研究で、TeV ハローの将来計画での検出予想個数を見積もり、また TeV ハローが銀河系の拡散ガンマ線や未同定天体の解明に重要であることを示した。また、TeV ハローの観測からパルサーの性質に制限がつけられる可能性があることを示した。

6. SS433 のジェットにおける粒子加速 (須藤)

近年の観測により、近傍のコンパクト天体星の連星 (SS433) が噴出するジェットから高エネルギーのガンマ線が検出された。須藤は理研の井上芳幸氏、立教大の Dmitry Khangulyan 氏との共同研究で、SS433 のジェットにおける粒子加速と放射のモデル化を行った。その結果、本天体では粒子が非常に良い効率で加速されており、PeV 陽子の生成が起こっている可能性があることを指摘した。

1.5.3 銀河系および星間物質

1. フェルミバブルの研究 (戸谷)

戸谷は、早稲田大の片岡淳や東大名誉教授の祖父江義明らと共同で、銀河系中心部にみられる拡散ガンマ線放射、いわゆるフェルミバブルの研究を行い、Loop I の北側アーク構造領域の拡散 X 線放射の観測結果を報告した。

2. The three-body problem from planets to black holes (Trani)

The few-body problem is one of the oldest problems in astronomy and classical mechanics. Yet, its simplest instance, the three-body problem, has no general analytical solution and only a partial statistical solution has been achieved so far. With the birth of gravitational wave astronomy and the rise in exoplanet discoveries, the three-body problem is becoming central to modern astrophysics. We have been studying how three-body encounters can perturb compact binaries in orbit around supermassive black holes, leading to an increase of gravitational wave merger rates in galactic nuclei. Binaries coalescing via this mechanism can have a unique gravitational wave emission pattern that will be identifiable by LISA and DECIGO. Revealing the details of this mechanism is of paramount importance in order to understand the origin of observed gravitational wave events.

In addition, we have been exploring the role of the secular and non-secular few-body interactions in the migration of giant planets hosting exomoons. The moons can regulate the migration of giant planets in binaries and thus explain the presence (or lack thereof) of exomoons around short-period planets.

3. 高金属量散開星団起源の連星ブラックホールによる重力波検出率への寄与 (熊本)

我々は、近傍での散開星団起源の連星ブラックホール合体の合体率を求めるために、金属量が異なる星団について、重力 N 体シミュレーションコード NBODY6++GPU を用いて、Kroupa の初期質量関数に従う 0.08 から 150 太陽質量の主系列星からなる星団の進化を計算した。本研究では散開星団程度の星団について 0.1, 0.25, 0.5, 1.0 太陽金属量のモデルについて計算を行った。さらに、銀河の金属量進化史を考慮することで、近傍での合体率への寄与を推定した。その結果、散開星団起源の連星ブラックホールの近傍

での合体率密度は $\sim 70 \text{ yr}^{-1} \text{ Gpc}^{-3}$ と推測され、重力波の観測から示唆される連星ブラックホール合体率密度とよく一致することが分かった。

4. The nexus between kinematic complexity and black holes in star clusters (Varri)

The existence of intermediate-mass black holes (IMBHs) is a topical problem in modern astrophysics. However, possible detections remain so far inconclusive. For this reason, we have started to make progress towards addressing the following key question: what is the physical origin of the nexus between kinematic complexity and black holes in dense stellar systems? A number of theoretical studies on the role of kinematic complexity in the dynamical evolution of collisional stellar systems have been completed, in collaboration with researchers at the University of Edinburgh (which is the counterpart UK institution of Varri's JSPS Fellowship, as nominated by the Royal Society of London).

We have also initiated several additional projects, on other lines of research (e.g., on the formation of globular clusters in a cosmological context and on the evolution of collisional systems in a small dark matter halo), in collaboration with researchers at the local Department of Physics and RIKEN Institute in Kobe. We believe that these initiatives will help in making us a competitive team for future synergistic international funding applications.

5. Multiple stellar populations and few-body stellar dynamics in star clusters (Wang)

The phenomenon of multiple stellar populations (MSPs) is discovered in most of the Galactic globular clusters (GCs), while its origin is still unclear. By using numerical N -body simulations, we found that the dynamically few-body interaction which leads to the stellar mergers of massive stars may play an important role in the formation of MSPs. Similarly, the ejection of OB stars via this dynamical channel may also explain the three short-age interval populations discovered in the Orion nebula cluster.

On the other hand, we found the IMF play an important role on the long-term evolution of star clusters. Especially, when a top-heavy IMF exists, many stellar-mass black holes (BHs) can form and significantly accelerate the relaxation process of the clusters.

We have also developed the new numerical N -body code for fast and accurately evolving few-body systems, which makes the large N -body simulations of star clusters with many binaries become possible.

6. N 体シミュレーションで探る Hercules stream の起源 (朝野, 藤井)

Fujii et al. (2019) の天の川銀河 N 体シミュレーションのデータを解析し、太陽近傍の moving group の一つである Hercules stream の起源を調べた。 N 体モデル銀河内の様々な場所で粒子の速度空間分布を求めたところ、銀河中心からの距離 $R = 8 \text{ kpc}$ 、バーの長軸から測った角度 $\phi = 20^\circ$ の位置で Hercules stream に類似した速度空間構造が見られることがわかった。この近傍の粒子の軌道を解析すると、バーの 4:1 と 5:1 共鳴に束縛された粒子が Hercules stream を構成していた。さらに、Gaia 衛星の観測で見つかった R - v_ϕ 空間の ridge 構造も共鳴軌道によって作られることが示された。

7. 国際宇宙ステーションきぼう実験棟簡易船外曝露実験装置 ExHAM を利用したダストの曝露実験と分析 (左近, 遠藤, 尾中)

電気通信大学の木村誠二, 和田節子, 北海道大学の木村勇氣, 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進めている。2015 年 4 月に打ち上げられた実験サンプルは、EE64-I と EE64-II の 2 つで、それぞれ 64 個の試料スロットに急冷炭素質物質 (QCC) や、窒素含有炭素質物質、Hydrogenated Amorphous Carbon, グラファイト, 多環式芳香族炭化水素, 非晶質/結晶質シリケートなどの試料を搭載し、国際宇宙ステー

ション「きぼう」実験棟簡易船外曝露実験装置 ExHAM1 号機にインストールされ 2015 年 5 月 26 日より船外曝露実験を開始した。1 年の宇宙環境曝露を経て、2016 年 9 月 20 日に筑波宇宙センターにて回収／帰還試料が引き渡された。また、2016 年 4 月に、重水素化急冷炭素質物質や、人造グラファイトなど、新規試料を含む新たな実験サンプル EE64-III を打ち上げ、2016 年 6 月 29 日より船外曝露実験を開始し、約 384 日間の宇宙環境曝露を経て船内回収し、2017 年 10 月に筑波宇宙センターにて回収／帰還試料が引き渡された。曝露資料に対して、物性分析を開始し、赤外線顕微分光スペクトル測定を行い、曝露前後での赤外分光特性の比較を実施し、地上対照実験の結果と併せて得られた変化の解釈を行った。主要な実験試料の一つである膜状急冷炭素質物質 (filmy QCC) に対して、宇宙曝露実験の結果、水酸基 (OH) および共役ケトン ($>C=O$) に対応する赤外バンド構造が現れることがわかり、それらは炭素質隕石物質中の不溶性有機物 (Insoluble Organic Matter; IOM) に見られる特徴とも一致することがわかった。2019 年 8 月に、分子科学研究所極端紫外光研究施設 (UVSOR) の共同利用の枠組みで、九州大学野口高明および広島大学 藪田ひかるらの協力のもと、XANES 顕微鏡 (STXM) を用いた X 線吸収端近傍構造 (XANES) 分光分析を実施し、宇宙曝露実験回収試料に対して炭素、窒素、酸素の XANES のデータを取得した。

8. 窒素含有炭素質ダストの合成実験 (遠藤, 左近, 尾中)

1973 年以降様々な天体環境で観測されてきた未同定赤外バンドは、これまでその担い手として、多環式芳香族炭化水素 (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon; PAH) 仮説に基づく解釈が行われてきたが、依然として実際の観測と整合性のとれるような正確な物質の理解には至っていない。急冷炭素質物質 (Quenched Carbonaceous Composite; QCC) は 2.45GHz マイクロ波電源装置を用いてメタンガスより生成させたプラズマを急冷凝縮することで合成される実験室ダストである。QCC は、芳香族及び脂肪族の C-H 結合及び芳香族の C-C 結合由来の赤外特性を持ち、観測される未同定赤外バンドを担うダストの物性を探る上できわめて有用である。我々は同装置を用いて QCC を窒素ガスプラズマに晒すことによって、急冷窒素含有炭素質ダスト (Quenched Nitrogen-included carbonaceous compounds; QNCC) を合成した。この実験手法は年老いた恒星が終焉期に放つ恒星風が星周物質と相互作用する過程を模擬する物である。回収した NCC の赤外吸収特性を調べた結果、主に 3.29, 6.25, 8, 11.4 μm にピークを持ち、QCC や各種 PAH をはじめとするどの既知の物質よりも、未同定赤外バンドの構造に類似した特徴を持つことが分かった。特に、古典新星の周囲で観測される未同定赤外バンドの特徴と酷似した特徴を持ち、その各バンドのピーク波長位置は一般的な星間物質中に観測される未同定赤外バンド (Class A) よりも長波長側にシフトしており、Class C と分類される。本研究から、古典周囲に観測される未同定赤外バンドの担い手として、窒素含有炭素質ダスト NCC を提案するに至った。本実験で合成した NCC に対する、微量質量分析による N/C 比測定、及び、X 線吸収端近傍構造 (XANES) 分析から、実験的に合成した NCC が、 $N/C = 3 - 5\%$ の窒素を含み、アミン構造を有するダストである事を明らかにした。本結果は、Endo et al. “On the Nature of Organic Dust in Novae” として、Nature Communications 誌に投稿中である。

9. 国際宇宙ステーションきぼう実験棟簡易船外曝露実験装置 ExHAM を利用した窒素含有炭素質ダストの新規宇宙曝露実験 (遠藤, 左近, 尾中)

これまでの室内ダスト合成実験に基づいて、2.45GHz マイクロ波電源装置を用いて炭化水素と窒素ガスを材料に合成した急冷窒素含有炭素質 QNCC が、新星の周囲で合成される有機物の赤外スペクトルの特徴を極めてよく再現することを明らかにしたが、同時に、炭素質隕石中の不溶性有機物 (Insoluble Organic Matter; IOM) の赤外線分光特性ともよく一致することを明らかにした。2015 年 - 2018 年にかけて実施した炭素質ダストの宇宙曝露実験から、炭素質ダストが宇宙環境曝露によって水酸基 (OH) および共役ケトン ($>C=O$) に対応する赤外バンド構造を獲得することが明らかになったと踏まえて、「QNCC を宇宙環境に曝露して回収した物質と、IOM との物性比較を行う」新規の宇宙曝露実験に着手した。この QNCC の曝露環境実験は、太陽系の始原的な有機物の起源として、新星などの恒星に由来する有機物が寄与する可能性を調査することを目的とする。これまでに、たんぽぽ 2 ミッションの枠組みにおいて、宇宙曝露実験の実験サンプルの準備と事前分析を実施した。実験サンプルは 2019 年 7 月に国際宇宙ステー

ションに届けられたのち、同年8月22日以降宇宙曝露が開始された。2020年11月に船内回収および帰還が予定されている。

10. DFT Study on Interstellar PAH Molecules with Aliphatic Side Groups (Buragohain, 左近, 尾中)
多環式芳香族炭化水素分子 (polycyclic aromatic hydrocarbon; PAH) は、星間物質の赤外放射中に見られる未同定赤外バンドの担い手として理論的研究の対象となってきた。本研究では、aliphatic side group (鎖状構造) を持つ PAH 分子 (特に Coronene) の振動スペクトルを Density Functional Theory (DFT) 計算に基づいて調査した。今回考慮した鎖状構造のユニットは、 $-H$ (hydrogenated), $-CH_3$ (methyl), $-CH_2-CH_3$ (ethyl) および $-CH=CH_2$ (vinyl) で、比較的大きな side group における鎖状 C-H 結合が増加することによって、観測される $3.4-3.5\mu m$ features の少なくともいくつかのバンド放射が説明できることがわかった。同時に炭素数が 24 程度の分子 (Coronene) に対して、Deuterium が混入した場合における考察も行なった。
11. DFT Study on N incorporated Polycyclic Aromatic hydrocarbons (PANHs) (Buragohain, 左近, 遠藤, 尾中)
中性 (Neutral), 陽イオン (Cationic) およびプロトン化 (Protonated) の状態にある naphthalene, pyrene, および perylene に対して、窒素原子が混入した場合の赤外スペクトルへの影響を調査した。その結果、N-H および N-H₂ 結合の振動モードの feature がそれぞれ波長 2.8 および $3.0\mu m$ に見られることがわかった。また、通常 $6.2\mu m$ feature は中性分子の場合では弱く抑えられるが、窒素が混入することによって、中性の状態でも $6.2\mu m$ feature が $11.2\mu m$ feature と同程度の強度を示すことを明らかにした。
12. The 3D Distribution of Long-period Miras in the Galactic Disk (N. Matsunaga (DoA), R. Urago, T. Omodaka, T. Nagayama, Y. Watabe, R. Miyanoshita (Kagoshima Univ.), R. A. Burns (East Asia Core Observatories))
Long-period Miras are considered to have relatively high initial masses and may be potentially useful as tracers of spiral arm structure of the Milky Way. From 2004 to 2017, we monitored long-period Mira candidates selected from the IRAS color-color diagram in the near-infrared K' band. As an initial result of this study, we found 108 Miras and determined their periods, mean magnitudes, and amplitudes. Most of them are located between 0° and 90° in Galactic longitude. The peak of their period distribution is at around 500 days, which is longer than the typical value for Miras selected in optical surveys. Distances to our Miras have also been estimated using the period-luminosity relation (PLR) in $3.4\mu m$ with the help of a three-dimensional map of interstellar extinction. While the K_s -band PLR has a large scatter at longer periods ($\log P > 2.6$), the PLR based on the Wide-field Infrared Survey Explorer $3.4\mu m$ data has a much smaller scatter. We compare the spatial distribution of our sample to the spiral arms in the literature, and discuss the possible association of the long-period Miras with the spiral arms although the limited spatial coverage and the limited distance accuracy of the current sample prevent us from drawing a firm conclusion. Published in Urago et al. (2020, ApJ, 891, 50).
13. Stellar Overdensity in the Local Arm in Gaia DR2 (N. Matsunaga (DoA), Y. Miyachi, K. Fujisawa (Yamaguchi Univ.), N. Sakai, J. Baba, M. Honma (NAOJ), D. Kawata (Univ. College London))
Using the cross-matched data of Gaia DR2 and the 2MASS Point Source Catalog, we investigated the surface density distribution of stars aged ~ 1 Gyr in the thin disk in the range of $90^\circ \leq l \leq 270^\circ$. We selected 4654 stars above the turnoff corresponding to the age ~ 1 Gyr, that fall within a small box region in the color-magnitude diagram, $(J - K_s)_0$ versus $M(K_s)$, for which the distance and reddening are corrected. The selected sample shows an arm-like overdensity at $90^\circ \leq l \leq 190^\circ$. This overdensity is located close to the Local Arm traced by high-mass star-forming regions (HMSFRs), but its pitch angle

is slightly larger than that of the HMSFR-defined arm. Although the significance of the overdensity we report is marginal, its structure poses questions concerning both of the competing scenarios of spiral arms, the density-wave theory, and the dynamic spiral arm model. The offset between the arms traced by stars and HMSFRs, i.e., gas, is difficult to explain using the dynamic arm scenario. On the other hand, the pitch angle of the stellar Local Arm, if confirmed, is larger than that of the Perseus arm, and is difficult to explain using the classical density-wave scenario. The dynamic arm scenario can explain the pitch angle of the stellar Local Arm, if the Local Arm is in a growing up phase, while the Perseus arm is in a disrupting phase. Our result provide a new and complex picture of the Galactic spiral arms, and encourages further studies. Published in Miyachi et al. (2019, ApJ, 884, 20).

14. Abundance analysis of red supergiants at around the Galactic bar-end region (D. Taniguchi, N. Matsunaga, N. Kobayashi (IoA), S. Kondo (IoA), H. Sameshima (IoA), and WINERED team)

Recent progress in high-resolution near-infrared spectroscopy has enabled us to investigate the metallicity distribution of the inner Galactic disk, where stars are severely reddened by interstellar dust. One of the striking discoveries achieved with such new datasets is that three young massive clusters at around the Galactic bar-end region have metallicities much lower than expected from the radial metallicity gradient of the Galactic thin disk (Davies et al. 2009; Origlia et al. 2019). To further investigate the metallicities of young stars in this region, we observed two red supergiants (RSGs) associated with the giant molecular cloud (GMC) complex G23.3–0.4 near the bar end with our NIR high-resolution spectrograph, WINERED (YJ bands, $R \sim 28,000$). In addition, we also observed six RSGs in the Solar neighborhood for comparison. We have found that two RSGs around the bar end also have metallicities lower than the metallicity gradient, which poses an interesting question about the chemical evolution that occurred in the GMC and also in a large volume near the bar end.

1.5.4 恒星

1. IaSN 発生率から見積もる重力波観測での連星白色矮星合体観測率と位置決定精度 (衣川)

JAXA の山口弘悦氏と東大物理の武田紘樹氏との共同研究. 重力波観測の将来計画である DECIGO によって観測されうる連星白色矮星合体の観測率を Ia 型超新星の近傍での発生率により予想した. また, DECIGO での連星白色矮星合体の位置決定精度を見積もることにより近傍 100Mpc 程度の連星合体の観測で十分母銀河を特定できるということを示した.

2. 大質量星の最終進化の多次元シミュレーション (吉田, 梅田)

固武慶 (福岡大学), 滝脇知也 (国立天文台), 高橋亘 (AEI), 中村航 (福岡大学), D. Aguilera-Dena (ボン大学), N. Langer (ボン大学) との共同研究. 本研究では大質量星の重力崩壊直前数分間における進化の多次元シミュレーションを行い, ケイ素や酸素を多く含む層における対流の性質を調べ, 対流による非球対称性が超新星爆発に与える影響を議論する. 今年度はケイ素/酸素層の広さが異なる 2 種類の大質量星について 60-200 秒程度の最終進化の 3 次元流体シミュレーションを行った. そして, 両方の星において酸素, Ne の shell 燃焼に起因する Mach 数 0.1 程度に達する大規模で強い対流が起こることが得られた. また, 我々はいくつかの高速回転大質量星の最終進化の多次元シミュレーションについても計算を進めている. ここでは, ケイ素/酸素層における対流の性質とともに, 大質量星内部における角運動量輸送の多次元効果についても調べている.

3. 超低金属大質量星の進化 (吉田, 衣川, 梅田)

谷川衝 (総合文化), 高橋亘 (AEI) との共同研究. 近年, ブラックホール連星や中性子星連星の合体が重力波により観測されるようになり, 重力波観測を通してこれら連星系の進化を調べることが可能になり

始めた。特にブラックホール連星の合体は宇宙の金属量が非常に少ない時期における大質量星連星の進化に関係がある。そこで我々は金属量が太陽系金属量の $10^{-8} \sim 10^{-2}$ 倍で8–160 太陽質量という広い範囲の大質量星についてその進化を数値計算により調べた。そして、大質量星連星の進化を系統的に調べるためにこれら大質量星の進化を fitting formula で表した。さらに、より質量が大きな星の進化に対応するため 320–1280 太陽質量の巨大質量星についても進化の計算を行った。

4. 超新星残骸 Cassiopeia A における Mn と Cr の観測と親星の金属量 (吉田, 梅田)

佐藤寿紀, 長瀧重博, 小野正臣 (理研), 前田啓一 (京都大学), 平井遼介 (Monash Univ.), J. P. Hughes (Rutgers Univ.), B. J. Williams (NASA GSFC), 前田良知 (宇宙研) との共同研究。この研究では X 線観測衛星 Chandra で観測した超新星残骸 Cassiopeia A (IIB 型超新星) の Mn, Cr, Fe の存在度を調べた。そして、Cassiopeia A では Mn/Cr 比が 0.10–0.66 の範囲となることが得られた。Mn は超新星爆発時に鉄族元素が生成される領域における中性子過剰の割合の指標となり、他の鉄族元素の存在度との比をとることでこの領域における中性子過剰を推定することができる。そこで、本研究ではさまざまな質量、金属量の大質量星が進化した超新星における元素合成の数値計算を行い、Cassiopeia A の超新星の親星の金属量を推定した。その結果、Cassiopeia A は爆発的 Si 燃焼の層の電子モル分率 (Y_e) が 0.4990–0.5 の範囲となり、この超新星は太陽の半分程度の金属量を持つ大質量星が強い (爆発エネルギーが 2×10^{51} erg 以上) 非球対称爆発を起こしたものであると考えられる。

5. IIn 型超新星 1978K の X 線輝線観測と親星に関する制限 (吉田, 梅田)

千葉友樹, 勝田哲 (埼玉大学), 高橋亘 (AEI) との共同研究。この研究では X 線観測衛星 XMM-Newton を用いて IIn 型超新星 1978K の X 線スペクトルを観測し、この天体における N, O, Ne, Fe の存在度を調べた。その結果、存在度比は太陽組成の $N = 2.36^{+0.88}_{-0.80}$, $O = 0.20 \pm 0.05$, $Ne = 0.47 \pm 0.12$, $Fe = 0.15^{+0.01}_{-0.02}$ 倍であることが得られた。次に我々はこの結果をさまざまな大質量星の進化モデルと比較した。そして、この超新星は、AGB 星が進化した電子捕獲型超新星あるいは大質量星の中でも比較的low質量 ($\sim 10M_{\odot}$) または大質量 ($\sim 20\text{--}25 M_{\odot}$) な赤色超巨星が進化した弱い爆発の重力崩壊型超新星の可能性を示した。しかし、本研究では観測から示唆される爆発前約 1000 年程度にわたる $\sim 10^{-3}M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ という大きな質量放出を説明することには至っていない。

6. Pair-instability supernova から放出されるニュートリノの観測可能性 (藤本, 吉田, 梅田)

高橋亘 (AEI) との共同研究。Pair-instability supernova は、120 から 260 太陽質量という大きな初期質量を持ち、かつ低金属量の星がなり得る超新星である。このような超新星から放出されるニュートリノについて観測可能性を調べている。本研究では Takahashi et al. (2015) の Pair-instability supernova のモデルを用いて計算を行った。今後は、更に厳密な予測を行うため、ニュートリノの放出機構について網羅的に考慮して計算を行う。

7. Head-on collision of a white dwarf and a neutron star (Feng, Umeda)

This is a joined study with Ke-Jung Chen from ASIAA. This research is done in two stages, construction of progenitor white dwarf by stellar evolution simulation and a simpler stellar model followed by hydrodynamical simulation during the collision process. In the first stage, to understand how different structures of a white dwarf affect the explosion process and the products, multiple white dwarf progenitors are built with a simpler stellar model, which is developed based on the work by Frank Timmes. Because of the simplicity in physics that the code contains, several CO white dwarf with different mass and center temperature can be generated. Another method to build white dwarfs is to adopt wildly used MESA code (Modules for experiments in Stellar Astrophysics), which gives more realistic stellar models yet more challenging to tune. The explosion induced by a merging neutron star is simulated by hydrodynamical simulation code FLASH. Before the process of inducing explosions, due to the nature of the stellar evolution codes and an Eulerian hydrodynamical code, the models are not ensured to

be stable initially. Microscopic physics such as the equation of state of the star and some numerical treatment are needed to achieve stability, which is the current progress of continuing work for now.

The stability of the star after the mapping from Lagrangian code (MESA or Timmes) to Eulerian code FLASH is challenging to be reached. The common Helmholtz equation of state is used, but the numerical difference of them does disable the model. Not converged and oscillating thermal dynamical properties have been magnified during the simulation process and give nonphysical results. The source of the instability could be the nature of the star generation code or something yet have to be solved.

8. 重力崩壊型超新星爆発におけるニュートリノハロー効果を考慮したニュートリノ集団振動計算 (財前, 吉田, 梅田)

John F. Cherry (University of South Dakota), 固武慶 (福岡大学), 滝脇知也 (国立天文台), 堀内俊作 (バージニア工科大学) らとの共同研究. これまでニュートリノスフィアから放出されたニュートリノは, それ以降物質との散乱により伝播方向を変えないものとして扱ってきた. しかし現実の超新星内部には原子核が大量に存在しているため, ニュートリノの一部は中性カレントを介して散乱されるはずである. 散乱しない場合には到来し得なかった方向からニュートリノが飛来し, 相互作用を引き起こすことになる. こうして相互作用角度が広がる効果が集団振動へ影響を与えるとして, ニュートリノハロー効果が Cherry 氏により提唱された. 本研究ではこの効果を2次元重力崩壊型超新星爆発モデルに適用させ, ハロー効果が集団振動へ与える影響がどのように時間変化するか調べた. 特にここでは, 散乱して内側に向かって戻ってくるニュートリノと外側へ逃げるニュートリノのどちらの影響の方が強いのかについても注目した. その結果, 衝撃波よりも内側では散乱により戻ってくるニュートリノ成分が強いものの, 衝撃波を抜けて密度が大きく下がったところからはその成分よりも衝撃波内側から外側に向けて逃げてくる成分の方が強くなることがわかった. また最終的に地上で検出されるニュートリノスペクトルがより熱的なものから外れるような変化を起こすという結果が得られることとなった.

9. 軸対称を破るニュートリノ集団振動 (財前, 吉田, 梅田)

John F. Cherry (University of South Dakota), 固武慶 (福岡大学), 滝脇知也 (国立天文台), 堀内俊作 (バージニア工科大学) らとの共同研究. これまでニュートリノ同士の相互作用を考える際には, 軸対称を仮定して方位角方向の積分を解析的に実施する計算方法を取っていた. しかし方程式の線形化を用いた不安定性解析によって, 非軸対称性がこれまでとは別の振動効果を生じさせる可能性が提唱された. 本研究では実際に運動量空間を3次元に引き上げて計算を行うようなコードを開発し, 数値計算によりこの非軸対称性がどのような効果をもたらすか調べた. その結果, これまでニュートリノ振動が生じにくいとされていた条件においても振動効果が新たに発生することがわかった.

10. Ultra-stripped supernovae の発生位置 (聖川, 衣川, 吉田, 梅田)

連星相互作用により外層を著しく失った星の爆発を, ultra-stripped supernova (SN) と呼ぶ. これは主に連星中性子星が形成される最終段階で生じると考えられている. 現在観測例は一例のみで, 候補とされる例も2,3ほどであるが, 今後 Zwicky Transient Facility などのサーベイによって更に発見されることが期待されている (Hijikawa et al. 2019). SN が起きて中性子星が形成される時, 一般に爆発の非対称性に起因して, 中性子星が瞬間的にランダムな方向へ加速される. これをキックと呼ぶ. もし, ultra-stripped SN が連星中性子星形成の最終段階で生じるならば, つまり伴星が中性子星ならば, 最初の爆発の時点で連星系にキックが加わっていることになる. そのため, 最初の爆発から二度目の爆発 (ultra-stripped SN) の間に, 連星系は銀河内を移動し, 生まれた場所とは異なる場所で ultra-stripped SN を起こすと考えられる. 一方で, もし ultra-stripped SN の伴星が白色矮星やブラックホールならば, これらのコンパクト天体が形成される時にキックは加わらないので, ultra-stripped SN の位置は生まれた場所のごく近くと考えられる. そこで, 今後の ultra-stripped SN の観測に備えるために, 我々は population synthesis を用いて ultra-stripped SN の伴星の種類と割合について調べ, そして生まれた場所からの移動距離の分

布を求めた。結果、95%以上の ultra-stripped SN は、生まれた場所から高々 50pc しか移動しないことが判明した。一方、実際に確認されている唯一の ultra-stripped SN, iPTF 14gqr (SN2014 ft) は母銀河の中心から約 30kpc 離れており、その場所では星形成が行われていないことが観測から分かっている。これは我々の結果と一致しないように思われるが、ultra-stripped SN が起きる前に星形成領域が消え失せてしまった可能性もある。この食い違いについては議論の余地が残されており、今後検討していく。

11. The Final Fate of Supermassive $M \sim 5 \times 10^4 M_{\odot}$ Population III stars (Nagele, 梅田, 吉田)

高橋亘 (AEI), 住吉光介 (沼津高専) との共同研究. The origin of supermassive black holes (SMBHs) is one of the interesting problems of high Redshift astronomy. Observationally, we know that quasars driven by SMBHs exist in the early universe, but there is no satisfactory method of generating such massive objects in the short amount of time required. One proposed scenario for SMBH formation is the direct collapse scenario, whereby supermassive Pop III stars collapse into intermediate mass black holes, that can then grow to be the observed SMBHs. We simulated the stellar evolution, and then explosion or collapse into a black hole that occurs soon after the general relativistic instability in the helium core. We used three different 1D codes, all including the effects of general relativity. First we used a stellar evolution code, then a hydrodynamics code, and finally a hydrodynamics code including neutrino transfer.

12. 初代星の星団形成における超音速ガス流の効果についての計算とその解析 (沈, 梅田)

平野信吾 (九州大学) との共同研究. 再電離期におけるダークマター・バリオン間の速度差が宇宙初期の構造形成に影響することが指摘されている。初代星形成において、ダークマターハロー内でのバリオンの重力収縮を抑制するため、星形成を遅らせる効果がある。また、数値シミュレーションを行った先行研究から、大きなバリオン流速のもとでは始原ガス雲が分裂することが確認された。分裂によって連星や星団を残す可能性が示唆されているが、計算時間および計算モデル数が不十分であった。本研究では、初代星の初期質量関数のバリオン流速依存性を統計的に求めるために、先行研究と同様のバリオン流速のもとで形成されたガス雲について、重力崩壊後の長時間進化計算を 10 モデル以上に対して行った。また、計算結果の解析アルゴリズムを新たに構築し、効率的に星質量分布を求める手法を確立した。

13. Dependence of $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)^{16}\text{O}$ reaction rate on supernova nucleosynthesis yields (Luo, 梅田, 吉田)

Purpose: After simulating stellar evolution and explosion of stellar models with varying reaction rates, we find variation in the final nucleosynthesis yields for each element. Then, using the ratio of yield/solar abundance, we can determine the most suitable $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)^{16}\text{O}$ reaction rate, which is the rate that results in yield/solar abundance among all elements with the least variance. Finally, we will study the effects that rotation will have compared to non-rotating scenario.

Progress: Completed simulations of the non-rotating models for 15, 20, and 25 solar masses, varied across 1.0x to 2.0x CF88 (the reaction rate given in Caughlan & Fowler 1988; the current accepted value is 1.2x). After averaging the yields over the IMF, we find a convergence near 1.7x to 1.8x CF88. This is expected, as it reproduces the results in previous studies such as Weaver & Woosley 1993. The next step is to refine our results, and then perform simulations with initial rotation turned on, and compare those results and see if any differences arise.

14. 早期型主系列星の内部自転を星震学によって推定する方法 (高田)

R.-M. Ouazzani (パリ天文台), 齊尾 (東北大学) らとの共同研究. 恒星の自転がその内部構造と進化にどのような影響を及ぼすかは、長年の未解決問題である。今回はこの問題を研究するにあたり、早期型主系列星に注目する。これらは一般に自転が速く、自転の影響が強く表れると期待されるからである。近年 Kepler 計画により、早期型主系列星に属する多くの脈動変光星がスペースから精密に測定され、星震学

を用いてこれらの星の内部構造を調べることができるようになった。とくに、かじき座ガンマ (γ Dor) 型や SPB 型 (slowly pulsating B type) とよばれる星では、星の力学的時間尺度に比べてはるかに長い周期の振動が観測されており、特にコリオリ力の強い影響を受けていると考えられている。

このような星の振動から内部構造、特に自転の情報を引き出すには、従来星震学で用いられていたのとは異なる手法を用いる必要がある。太陽をはじめとする多くの星では自転が遅いため、コリオリ力の効果は摂動論の枠組みで理解できる。一方早期型主系列星ではこの取り扱いが正当化できない。そこで今回の研究では、高速自転する星の低周波数振動に一般に用いることのできる手法 (traditional approximation と呼ばれる気象学、海洋学で知られる枠組み) を応用することで、観測される振動周波数から内部自転角速度の平均値を推定する方法を考案した。すなわち、かじき座ガンマ型や SPB 型でもっともよく観測される振動モードに対しては、以下の関係が成り立つ。隣り合うモードの周波数の平均値を横軸に、差の平方根を縦軸にとって図を描くと、すべての点は一直線に並び、その直線と横軸 (縦軸の値が 0 になる線) との交点が自転角速度の平均値を与えるのである。(一方直線の傾きは、星の進化段階の指標となる。) この方法は簡便なため、多くの星を一度に解析する際に特に有用である。

15. かじき座ガンマ型星に見つかった中心対流核の慣性振動と強く結合する固有振動モードについて (高田 R.-M. Ouazzani (パリ天文台), 斉尾 (東北大学) らとの共同研究。かじき座ガンマ型脈動変光星は、質量が 1.3 から 2 太陽質量程度の主系列星であり、自転周期と典型的な振動周期がともに 1 日程度という特徴を持つ。この振動は従来、コリオリ力の振動を強く受けた重力波 (慣性重力波) で構成されると考えられてきた。これらの星は中心に対流核を持つが、重力波は浮力を復元力とするため対流層には伝わらず、したがって振動からわかるのはその外側にある輻射層の情報のみということになる。ところが、今回かじき座ガンマ型星のモデルに対して、その固有振動モードを数値的に計算してみたところ、一部のモードの振動は、対流核にまで伝播していることがわかった。詳しく調べてみると、これらのモードでは、対流核で起きるコリオリ力を復元力とする振動 (慣性振動) モードと輻射層にたつ慣性重力波のモードが結合 (共鳴) していることがわかった。このようなモードは、周波数スペクトルに特徴的な構造を示すため、観測的に検出可能であり、また対流核にまで伝播することから、慣性重力波のモードでは調べることのできなかった中心部の情報を引き出すのに役立つと期待される。
16. 終焉期の大質量星 WR125 によるダスト形成現場の赤外線観測 (遠藤、左近)

Ryan Lau (宇宙研) らとともに、2019 年 10 月 11 日に、すばる望遠鏡共同利用観測 S19B-126 “A Census of Dusty Wolf-Rayet Stars with COMICS (PI. Lau, R.)” に参加し、終焉期の大質量星 WR125 の中間赤外線撮像および低分散分光観測を行った。WR125 は、WC7 型の Wolf Rayet 星と O9 型の伴星の連星系で、28.3 年周期で近日点通過を繰り返すたびに、衝突する恒星風内におけるダスト形成が起きることが知られている。1992–1993 年の近日点通過からおおよそ 1 周期が進み、2019 年 10 月は近日点通過に向かって赤外の増光が見られ出したタイミングに該当する。N-band の測光観測に加えて実施した低分散分光観測の結果からは、500–600K のダスト放射の連続光成分に加えて、8–9 μ m 付近に broad なバンド放射を確認した。Wolf-Rayet 星に付随し broad な 8 μ m バンドとして特徴付けられる未同定赤外バンドは、これまでに WC10 に対する報告があり、本観測データと実験室で生成する窒素含有炭素質物質との比較により、終焉の大質量星を期限とする有機物の性質についての物性情報を得ることを狙う。
17. Identification of Absorption Lines of Heavy Metals in the Wavelength Range 0.97–1.32 μ m (N. Matsunaga, D. Taniguchi, M. Jian (DoA), K. Kondo, N. Kobayashi, H. Sameshima (IoA), S. Hamano, T. Tsujimoto, C. Yasui (NAOJ), Y. Ikeda, K. Fukue, H. Kawakita, S. Otsubo, K. Takenaka, A. Watase, T. Yoshikawa (Kyoto Sangyo Univ.))

Stellar absorption lines of heavy elements can give us various insights into the chemical evolution of our Galaxy and other nearby galaxies. Recently developed spectrographs for the near-infrared wavelengths are becoming more and more powerful at producing a large number of high-quality spectra, but

identification and characterization of the absorption lines in the infrared range remain to be fulfilled. We searched for lines of elements heavier than the iron group, i.e., those heavier than Ni, in the Y (9760–11100 Å) and J (11600–13200 Å) bands. We considered the lines in three catalogs, i.e., the Vienna Atomic Line Database, the compilation by R. Kurucz, and the list published in 1999 by Meléndez & Barbuy. Candidate lines were selected based on synthetic spectra, and the confirmation was done by using WINERED spectra of 13 giants and supergiants within FGK spectral types (spanning 4000–7200 K in the effective temperature). We detected lines of Zn I, Sr II, Y II, Zr I, Ba II, Sm II, Eu II, and Dy II, in the order of atomic number. Although the number of the lines is small, 23 in total, they are potentially useful diagnostic lines of the Galactic chemical evolution, especially in those regions for which interstellar extinction hampers detailed chemical analyses with spectra in shorter wavelengths. We also detected of lines whose presence was not predicted by the synthetic spectra created with the above three line lists. Published in Matsunaga et al. (2020, ApJS, 246, 10).

18. Effective temperatures of red supergiants estimated from line-depth ratios of iron lines in the YJ bands, 0.97–1.32 μm (D. Taniguchi, N. Matsunaga, N. Kobayashi (IoA), S. Kondo (IoA), H. Sameshima (IoA), and WINERED team)

Determining the effective temperatures of red supergiants (RSGs) observationally is important in many aspects of stellar physics and galactic astronomy, yet some significant difficulties for it remain due to model uncertainty. Among spectroscopic approaches to determining the temperatures, the methods making use of atomic lines in high-resolution spectra has some advantages compared to the conventional methods using molecular bands; relatively shallow atomic lines are less affected by the uncertain temperature structure in the upper atmosphere of RSGs. A promising approach is the line-depth ratio (LDR) method using ratios of line depths of two atomic absorption lines, which has been successfully applied to various kinds of late-type stars (e.g. Gray & Johnson 1991, Taniguchi et al. 2018). We established the relations between effective temperature and LDR of two neutral Fe lines based on calibrating red giants. Our LDR indicators are expected to give temperatures consistent for both red giants and RSGs because the LDR of two neutral Fe lines are insensitive to the surface gravity (Jian et al. 2020). We then determined the effective temperatures of ten nearby RSGs observed with the WINERED spectrograph (near-infrared YJ bands) with a precision of ~ 40 K. The resultant effective temperatures show good agreement with the Geneva’s stellar evolution model.

19. Studying the metallicity and gravity effect on infrared LDR- T_{eff} relations using WINERED spectra (M. Jian, N. Matsunaga, D. Taniguchi, S. S. Elgueta, and WINERED team)

As the gravity effect and metallicity effect on infrared line-depth ratio (LDR) present, we make use of the information stored inside these effects for the calibration of infrared LDR- T_{eff} relations using WINERED spectra. The LDR- T_{eff} relations for solar-metal dwarfs and supergiants are calibrated using the spectra of 20 dwarfs and 18 supergiants covering the spectral of G0–K4 and F7–K5, respectively. The precision of T_{eff} determined from our LDR relations is 10–30 K. We then include the metallicity terms in a new set of LDR- T_{eff} relations calibrated from F9–K3 dwarfs and G5–M0 giants with $-0.7 < [\text{Fe}/\text{H}] < 0.4$. These relations are used in a Bayesian approach for determining T_{eff} and $[\text{Fe}/\text{H}]$ simultaneously using LDR measurements. The precision in the derived stellar parameters is around 20 K in T_{eff} and 0.05 dex in $[\text{Fe}/\text{H}]$ for both dwarfs and giants.

20. Studying the behavior of helium 10830 Å line using WINERED spectra (M. Jian, N. Matsunaga, D. Taniguchi, S. S. Elgueta, and WINERED team)

The helium triplet line in 10830 Å presents in most of the late type stars (including dwarfs, giants and

supergiants) and has the potential to be used to determine the stellar helium abundance. We use the observed WINERED spectra to study the behavior of this helium line. The line width decrease as $\log g$ value increase (i.e., from supergiants to giants and then dwarfs). The lines of supergiants shift from rest wavelength and are asymmetric, indicating that strong stellar winds may exist. We also identified clear trends between line strength and $(T_{\text{eff}}, [\text{Fe}/\text{H}])$. The former trend is consistent with previous researches, while the latter one is newly found. The synthetic spectra of helium line from the NLTE radiation transfer and spectral synthesis program PANDORA indicate that the strength of this line is sensitive to stellar helium abundance, thus we may determine the helium abundance using WINERED spectra.

21. Near-infrared spectra of Cepheids (S. S. Elgueta, N. Matsunaga, M. Jian, D. Taniguchi, and WINERED team)

We are investigating YJ -band ($0.97\text{--}1.32 \mu\text{m}$) spectra of Cepheids. Cepheids are useful tracers of young stellar populations in the Galactic disk, but studies making use of the near-infrared spectra of Cepheids have been limited. We are trying to establish the basic methods of the spectroscopic analysis: determination of stellar parameters (T_{eff} and $\log g$) and identification of absorption lines of various elements.

For the effective temperature (T_{eff}), we are using the method of line-depth ratio (LDR). Previous works on the LDR method for giants and supergiants were proposed by Kovtyukh and collaborators (2005, 2007) but performed with optical spectra. On the other hand, in the infrared regime, Taniguchi, D. (2018), Jian, M. (2019) estimated T_{eff} of giants. We are extending the LDR method for NIR spectra taken with the WINERED spectrograph and applying it to Cepheids.

Surface gravity ($\log g$) is also a key quantity when deriving stellar parameters. Its calculation is, however, not trivial and there are advantages and drawback in various approaches. There is long standing discrepancy between the $\log g$ values obtained with the spectroscopic and physical (based on the estimated stellar masses and radii) approaches.

Finally, it is a crucial step to identify absorption lines visible in the Cepheids' spectra that can be used for abundance measurements over different pulsation phases. We are making a systematic search of such absorption lines using the time-series WINERED spectra of several Cepheids collected with 1.3-m Araki telescope at Koyama Astronomical Observatory, Kyoto Sangyo University. For example, we have identified and confirmed some absorption lines of heavy rare earth elements reported in Matsunaga et al. (2020, ApJS, 246, 10). In addition, we have successfully identified and confirmed several lines of P I (Phosphorus), which will be useful for a variety of disciplines including astrochemistry and exoplanets. Abundance measurements with this unique set of lines would bring us new opportunities to investigate the chemical evolution of our galaxy, especially its parts affected by strong interstellar extinction, and neighbors.

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撮像による観測

すばる望遠鏡戦略枠 SEEDS および Post-SEEDS プロジェクトに基づく国際共同研究. HiCIAO/SCEXAO/CHARIS を用いた高コントラスト観測を行い, 系外惑星・円盤の探査を行っている. その結果, これまで原始惑星系中にある誕生直後の惑星と考えられていた LkCa15b が惑星ではなく, 円盤の一部であることが分かった (Currie et al.). また, CQ Tau などの原始惑星系円盤の微細構造を解明し, 惑星との関係を議論した (Uyama et al.).

2. 赤外線視線速度法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観測を推進した。TRAPPIST-1 のロシター効果を初検出し、ハビタブル惑星系の軌道軌道面が傾いていないことを実証した (Hirano et al.).

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 の新偏光器を用いた Kwon 博士他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、星形成における磁場の役割を解明した (Kandori et al.).

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

K2 ミッション等の系外惑星のトランジット観測を進めた。とりわけ NASA の TESS 衛星の地上フォローアップ観測を進めた。

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 (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 SAND の開発を行っている。TMT のための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、赤外線分光器 MODHIS の開発も進めている。これら装置によって各々、地球型惑星の直接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 WFIRST 改め Roman Space Telescope のためのコロナグラフ用偏光器の開発を共同研究で進めている。

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. 星形成コアの化学進化 (相川)

低質量星原始星コアではさまざまな分子種が検出されている。特にメタノールなど6原子以上の大型有機分子が豊富に検出されるコアは Hot Corino とよばれる。一方、不飽和炭素鎖分子が検出されるコアは WCCC (Warm Carbon Chemistry) コアとよばれる。星形成前の冷たいコアから原始星コアまでの星間物質進化を一貫して解いた我々のモデルでは、大型有機分子は氷マントル中での CO への水素付加およびラジカル反応により生成し、原始星近傍の 100K 以上の領域で昇華して回転輝線で観測される。一方、不飽和炭素分子は原始星近傍で昇華したメタンの気相反応で生成される。モデルではこれら2つの分子種は1つのモデルコアの中で生成可能である。観測では、最近になって両方の分子種をもつコアが見つかってきたが、従来から Hot Corino として有名なコアでは炭素鎖分子の輝線が弱く、WCCC として有名なコアでは大型有機分子輝線が弱いことが知られている。このようなコア毎の分子組成の多様性は、星形成前のコアの物理状態に起因する氷組成の違いに因ると推測されている。そこで星形成コアの分子進化モデルにおいて、星形成前のコアの温度、紫外線減光、重力収縮開始までの時間を変化させ、原始星コアの組成への影響を数値的に調べた。その結果、炭素鎖分子の少ない Hot Corino は星形成前のコアが比較的高温なモデルなどで再現できるが、WCCC 天体で大型有機分子が少ない傾向は再現出来なかった。大型有機分子ガスは炭素鎖分子が増加する領域よりも高温領域で昇華することから、大型有機分子輝線の検出されない天体では、そのような中心領域でダスト連続波が厚くなったり、ケプラー円盤ができてい

7. JCMT transient survey (相川)

星形成時の平均的な質量降着率は、星の質量を形成期のタイムスケールで割ることで推定される。しかし、低質量星形成領域において観測される典型的なYSOの光度は、この質量降着率から期待される光度よりも低い。これはLuminosity Problemと呼ばれている。Luminosity Problemの解決法として、質量降着率、光度の変動が考えられている。実際、FU Ori型星、EX Lupi型星などが光度変動を示すYSOとして観測されているが、これらは赤外で観測できるYSOである。理論的にはエンベロープガスに埋もれ赤外で観測できないより若いYSOについても光度変動があると予想されており、このような若い段階も含めた光度変動の統計データが星形成過程の解明に重要である。そこでtransient surveyプロジェクトでは、JCMTを用いたサブミリ波での星形成領域のモニター観測を行っている。相川は国内コーディネーターとしてプロジェクトに参加し、ALMAでの追観測提案などに貢献している。今年度はモニター観測で周期的な変光の見られたEC53についてALMAでの追加観測結果が出版された。

8. 原始惑星系円盤の分子輝線高空間分解能観測 (相川, Cataldi)

近年ALMAによるダスト連続波高空間分解能観測(~0.1秒角)により、複数の原始惑星系円盤でリング-空隙構造が見つかった。一方で、円盤の主成分であるガスについては、ダスト連続波よりも長い観測時間が必要となるため、同程度の高空間分解能観測は行われていなかった。分子輝線観測は、惑星系形成過程の重要なパラメータであるガス/ダスト比、円盤内での鉛直方向も含めた温度・密度分布、分子および元素組成分布を解明する上で必要不可欠である。そこでALMA Large Program “Molecules with ALMA at Planet-forming Scales (MAPS)”では5つの原始惑星系円盤においてさまざまな分子輝線を0.1秒に迫る高分解能で観測する。相川はco-PIとしてMAPSのプロポーザル準備段階から貢献し、Gianni Cataldi 特任研究員、修士1年平田圭佑、学部4年生の大和義英とともに重水素分子輝線の解析および参照モデルの構築を行っている。

9. デブリ円盤のガス探査 (Cataldi)

デブリ円盤は、低中質量の主系列星周囲にみられるダスト円盤である。近年、デブリ円盤で一酸化炭素ガス輝線の検出されており、ガスの起源やそこから推定される惑星系形成過程への制約が議論されている。CataldiはALMA望遠鏡を用いて、デブリ円盤HD32297において炭素原子輝線を検出した。CO輝線と炭素原子輝線の強度比は、大量のCO供給がある一方、炭素原子が 10^3 年程度の短時間で取り除かれることを示唆する。炭素原子がダストに吸着されてCOが再生されるようなモデルが整合的である。

10. 原始星周囲での円盤形成 (森)

近年、低質量原始星への質量降着や原始星周囲での円盤形成過程がALMAによる高空間分解能観測で調べられている。分子輝線のドップラーシフトを用いて空間構造と速度構造を同時に解析する(P-V図)ことによって中心星の質量や質量降着率、円盤サイズなどが導出できる。森は、原始星エンベロープから円盤への質量降着流の数値解を用いて、放射輸送計算による疑似観測を行い、P-V図が降着流の角運動量や中心星質量にどのように依存するかを明らかにした。またP-V図から推定される中心星質量が、仮定する降着流のモデルによってどれほど変わるかを定量的に調べた。

11. 原始惑星系円盤のsnow line (森)

惑星の水の含有量は、惑星の表層環境を決める主要因である。地球型惑星は原始惑星系円盤内で固体物質の集積で形成されるので、円盤内で水が固体として存在する領域と水蒸気として存在する領域の境(スノーライン)の位置を理論的、観測的に特定することは惑星系形成を解明する上で重要となる。森は、磁気流体(MHD)計算によって円盤内での角運動量輸送過程とそれに伴う円盤加熱効率を定量的に調べることによって、スノーラインの位置やその時間変化の理論的解明を目指している。また今年度は、SPICA working groupにも参画し、スノーラインの内側から放射される水分子輝線の検出可能性について検討を行った。

12. 星団間の速度分散と星団形成シミュレーション (藤井)

星団が複数同時に生まれるような環境(star cluster complex)における星団間の速度分散を星団形成シ

ミュレーションを行い調べた。本研究では、巨大分子雲の初期自由落下時間まで星形成を仮定せずに流体のみの計算を行い、その後、局所密度に応じた割合で星形成を仮定し、星のみの N 体計算を行う手法を用いている。その結果、Carina nebula と NGC2264 において、観測されている星団間の速度分散が再現された。

13. 星団中での原始惑星系円盤の破壊 (長谷川, 藤井)

星団のような星の遭遇が頻繁に起こる環境では、原始惑星系円盤が、星の近接遭遇や周囲の大質量星による光蒸発で破壊されることで、惑星形成が抑制されると予想される。本研究では、星団形成 N 体シミュレーションを用いて、星の近接遭遇、大質量星による光蒸発それぞれの効果によって原始惑星系円盤が星団中でどの程度破壊されるかを見積もった結果、散開星団では、光蒸発の方が効率良く効くことがわかった。今後、シミュレーションの結果を観測と比較していく。

1.5.6 太陽系

1.5.7 機器・ソフトウェア開発

1. 高精度積分法を組み込んだ新しい星団形成シミュレーションコードの開発 (藤井)

星団形成シミュレーションを行うには、流体計算コードに、星形成のための条件、星からのフィードバックを組み込んだ流体シミュレーションコードと、形成した星の軌道進化を解く N 体シミュレーションコードが必要となる。これまでの銀河形成シミュレーションでは、星の軌道計算には低精度の積分法が使われていたが、それでは形成直後の星団の力学進化を正しく取り扱うことができない。本研究では、星の軌道を扱う積分法には高精度の手法（6次エルミート法）を扱うよう、SPH法を用いた流体/N体計算コードASURAを改良したコードを開発した。

2. P³T法を用いた球状星団用 N 体シミュレーションコードの開発 (吉成, 藤井)

100万粒子を用いた球状星団進化シミュレーションを行うために、星団全体はツリー法・リープフロッグ法で、近接遭遇のみをダイレクト法・4次エルミート法を用いる計算手法P³Tを用い、さらに、周期の短い連星がある場合は、その連星は周りの粒子からは1粒子とみなし、連星の運動はケプラー問題として近似する手法（GORILLA）を組み合わせた新しいコードを開発した。

3. ロケット実験によるダスト凝縮過程のその場観察のための赤外分光装置開発 (左近)

木村勇氣 (北海道大学低温研究所) らとともに、2017年度に小規模計画DUSTプロジェクトを開始し、ダストの業種機過程を微小重力下でその場観察するプロジェクトに着手した。これまでに、ボロメータを用いた場合の予測感度計算を担当し、凝縮するダストの赤外吸収スペクトルを測定するための、回折格子分光装置の光学設計に関する検討を実施した。

4. Thirty Meter Telescope (TMT) 第二期観測装置に搭載を目指す赤外線観測装置 MICH I の開発 と中間赤外線面分光技術の開発 (左近, 池内)

Chris Packahm (フロリダ大), 本田 (久留米大学) らと、TMT に第二期観測装置として搭載を目指す赤外線観測装置 MICH I のサイエンス検討および開発を行っている。中間赤外線補償光学 (MIRAO) と組み合わせる事で、0.1秒各を切る空間解像度で系内の星周物質の空間構造や空間変化を調べることが可能となり、特に、効率的に二次元のスペクトル情報を得る目的で赤外波長域での面分光機能に高い需要がある。これまでに、TMT/MICH I の光学設計検討を基に、大型フォーマット (スライス数 11 枚) のイメージスライサーユニットの試作を実施し、それを用いて疑似スリット像の結像性能評価試験系の構築を行ない、結像性能評価試験を実施した。

5. 次世代中間赤外線装置に利用可能な面分光技術の開発 (左近, 池内)

UC Santa Crus の Andrew Skemer および Deno Stelzer らと、Keck/SCALES に利用するイメージスライ

サーの共同研究に着手した。Keck/SCALES (Santa Cruz Array of Lenslets for Exoplanet Spectroscopy) は、多様な系外惑星の検出と characterization を行うことを目的とし、将来的に TMT の Planetary Systems Imager (PSI) red channel の precursor instrument として UC Santa Cruz が中心となって研究開発が進める観測装置である。これまでに一体型大型フォーマットイメージスライサーに利用するスライスミラーや瞳ミラーの超精密加工による一体型加工に重点を置いた開発を進めてきたヘリテージを生かし、Keck/SCALES のイメージスライサーユニットの design study における問題点である実加工と調整コストの問題点の解決を図る。

6. Mission Concept Studies for the 2020 Decadal Survey ; Origins Space Telescope (左近)

Origins Space Telescope (OST) は、米国の 2020 年の decadal survey に向けて、community-based Science and Technology Definition Team (STDT) の枠組みで検討が進められている 4 つの大型ミッションのうち、中間・遠赤外線ミッションである。2016 年 4 月より、JAXA liaison として OST の STDT 活動に参加し、2019 年の 8 月の Origins 最終検討報告書の作成を完了した。検討の中で、NASA Ames Research Center とともに、JAXA が中間赤外線観測装置 Mid-infrared Spectrometer and Camera (MISC) の概念設計を担当するに至り、MISC の Instrument lead としてその装置検討を担当した。Origins 最終検討報告書において、baseline concept として波長 3–20 μm において < 5 ppm の安定性を実現するトランジット分光装置 MISC-T, Upscope concept として MISC Transit Spectrometer (MISC-T) に加えて波長 5–28 μm をカバーする撮像および低分散分光装置 MISC Wide Field Imager (MISC WFI) の検討結果の執筆を担当した。

1.6 論文および出版物

1.6.1 英文報告

出版済 (2019 年)

1. Lin H., Totani T., Kiuchi K. 2019. “Non-thermal afterglow of the binary neutron star merger GW170817: a more natural modelling of electron energy distribution leads to a qualitatively different new solution”, MNRAS, 485, 2155.
2. Sudoh, T., Linden, T., Beacom, J.F., 2019 “TeV Halos are Everywhere: Prospects for New Discoveries”, Phys. Rev. D., 100, 043016.
3. Kandori, R., Tamura, M., Nagata, T., T., Kohji, Kusakabe, N., Nakajima, Y., Kwon, J., Nagayama, T., Tatematsu, K. 2018a, “Distortion of Magnetic Fields in a Starless Core. III. Polarization-Extinction Relationship in FeSt 1–457”, ApJ, 857, 100.
4. Sugitani, K., Nakamura, F., Shimoikura, T. and 7 more. 2019, “Near-infrared imaging polarimetry toward M 17 SWex”, PASJ, 71S, 7.
5. Kusune, T., Nakamura, F., Sugitani, K. and 6 more. 2019, “Magnetic field structure in Serpens South”, PASJ, 71, 5.
6. Saida, H., Nishiyama, S., Ohgami, T. and 16 more. 2019, “A significant feature in the general relativistic time evolution of the redshift of photons coming from a star orbiting Sgr A*”, PASJ, 71, 120.

7. Barragán, O., Aigrain, S., Kubyskhina, D. and 37 more. 2019, “Radial velocity confirmation of K2-100b: a young, highly irradiated, and low-density transiting hot Neptune”, *MNRAS*, 490, 698.
8. Fukui, A., Suzuki, D., Koshimoto, N. and 57 more. 2019, “Kojima-1Lb Is a Mildly Cold Neptune around the Brightest Microlensing Host Star”, *AJ*, 158, 206.
9. Quinn, S. N., Becker, Juliette C., Rodriguez, J. E. and 78 more. 2019, “Near-resonance in a System of Sub-Neptunes from TESS”, *AJ*, 158, 177.
10. Miret-Roig, N., Bouy, H., Olivares, J. and 12 more. 2019, “IC 4665 DANCe. I. Members, empirical isochrones, magnitude distributions, present-day system mass function, and spatial distribution”, *A&A*, 631, 57.
11. Parviainen, H., Tingley, B., Deeg, H. J. and 18 more. 2019, “Multicolour photometry for exoplanet candidate validation”, *A&A*, 630, 89.
12. Crossfield, I. J. M., Waalkes, W., Newton, E. R. and 57 more. 2019, “A Super-Earth and Sub-Neptune Transiting the Late-type M Dwarf LP 791-18”, *ApJ*, 883, L16.
13. Kwon, Y. G., Ishiguro, M., Kwon, J. and 7 more. 2019, “Near-infrared polarimetric study of near-Earth object 252P/LINEAR: an implication of scattered light from the evolved dust particles”, *A&A*, 629, 121.
14. Persson, C. M., Csizmadia, S., Mustill, A. J. and 55 more. 2019, “Greening of the brown-dwarf desert. EPIC 212036875b: a 51 MJ object in a 5-day orbit around an F7 V star”, *A&A*, 628, 64.
15. Luque, R., Pallé, E., Kossakowski, D. and 73 more. 2019, “Planetary system around the nearby M dwarf GJ 357 including a transiting, hot, Earth-sized planet optimal for atmospheric characterization”, *A&A*, 628, 39.
16. Gerard, B. L., Marois, C., Currie, T. and 15 more. 2019, “A Chromaticity Analysis and PSF Subtraction Techniques for SCExAO/CHARIS Data”, *AJ*, 158, 36.
17. Beichman, C., Hirano, T., David, T. J. and 9 more. 2019, “A Mass Limit for the Young Transiting Planet V1298 Tau b”, *RNAAS*, 3, 89.
18. Tsukagoshi, T., Muto, T., Nomura, H. and 10 more. 2019, “Discovery of An au-scale Excess in Millimeter Emission from the Protoplanetary Disk around TW Hya”, *ApJ*, 878, L8.
19. Coudé, S., Bastien, P., Houde, M. and 119 more. 2019, “The JCMT BISTRO Survey: The Magnetic Field of the Barnard 1 Star-forming Region”, *ApJ*, 877, 88.
20. Alsubai, K., Tsvetanov, Z. I., Pyrzas, S. and 26 more. 2019, “Qatar Exoplanet Survey: Qatar-8b, 9b, and 10b—A Hot Saturn and Two Hot Jupiters”, *AJ*, 157, 224.
21. Cazzoletti, P., Manara, C. F., Baobab Liu, H. and 20 more. 2019, “ALMA survey of Class II protoplanetary disks in Corona Australis: a young region with low disk masses”, *A&A*, 626, 11.
22. Currie, T., Marois, C., Cieza, L. and 30 more. 2019, “No Clear, Direct Evidence for Multiple Protoplanets Orbiting LkCa 15: LkCa 15 bcd are Likely Inner Disk Signals”, *ApJ*, 877, L3.
23. Liu, J., Qiu, K., Berry, D. and 128 more. 2019, “The JCMT BISTRO Survey: The Magnetic Field in the Starless Core ρ Ophiuchus C”, *ApJ*, 877, 43.

24. Wang, J.-W., Lai, S.-P., Eswaraiah, C. and 130 more. 2019, “JCMT BISTRO Survey: Magnetic Fields within the Hub-filament Structure in IC 5146”, *ApJ*, 876, 42.
25. Olivares, J., Bouy, H., Sarro, L. M. and 10 more. 2019, “Ruprecht 147 DANCe. I. Members, empirical isochrone, luminosity, and mass distributions”, *A&A*, 625, 115O.
26. Tamaoki, S., Sugitani, K., Nguyen-Luong, Q. and 6 more. 2019, “Magnetic Stability of Massive Star-forming Clumps in RCW 106”, *ApJ*, 875, L16.
27. Rich, E. A., Wisniewski, J. P., Currie, T. and 58 more. 2019, “Multi-epoch Direct Imaging and Time-variable Scattered Light Morphology of the HD 163296 Protoplanetary Disk”, *ApJ*, 875, 38.
28. Akiyama, E., Vorobyov, E. I., Baobabu Liu, H. and 4 more. 2019, “A Tail Structure Associated with a Protoplanetary Disk around SU Aurigae”, *AJ*, 157, 165.
29. Aso, Y., Hirano, N., Aikawa, Y., Machida, M. N., Ohashi, N., Saito, M., Takakuwa, S., Yen, H.-W., Williams, J. P. 2019, “Protostellar Evolution in Serpens Main: Possible Origin of Disk-Size Diversity”, *ApJ*, 887, 209, 14pp.
30. Furuya, K., Aikawa, Y., Hama, T., Watanabe, N., 2019, “H₂ Ortho-Para Spin Conversion on Inhomogeneous Grain Surfaces”, *ApJ*, 882, 172, 11 pp.
31. Oya, Y., López-Sepulcre, A., Sakai, N., Watanabe, Y., Higuchi, A. E., Hirota, T., Aikawa, Y., Sakai, T., Ceccarelli, C., Lefloch, B., Caux, E., Vastel, C., Kahane, C., Yamamoto, S., 2019, “Sulfur-bearing Species Tracing the Disk/Envelope System in the Class I Protostellar Source Elias 29”, *ApJ*, 881, 112, 16 pp.
32. Kayanuma, M., Shoji, M., Furuya, K., Kamiya, K., Aikawa, Y., Umemura, M., Shigeta, Y., 2019, “First-Principles Study of the Reaction Mechanism of CHO + H on Graphene Surface”, *The Journal of Physical Chemistry A*, 123, 26, 5633–5639.
33. Lee, J.-E. Lee, S., Baek, G., Aikawa, Y., Cieza, L., Yoon, S.-Y. Herczeg, G., Johnstone, D., Cassasus, S. (2019.2) “The ice composition in the disk around V883 Ori revealed by its stellar outburst”, *Nature Astronomy*, 3, 314–319.
34. Kayanuma, M., Shoji, M., Furuya, K., Aikawa, Y., Umemura, M., Shigeta, Y., 2019, “Theoretical Study of the Photodissociation Reaction of Methanol”, *Chemical Physics Letters*, 714, 137–142.
35. Cavallius, M., Cataldi, G., Brandeker, A., Olofsson, G., Larsson, B., Liseau, R., 2019, “Upper limits on the water vapour content of the β Pictoris debris disk”, *A&A*, 628, A127.
36. Okuzumi, S., Mori, S., Inutsuka, S., 2019, “The Generalized Nonlinear Ohm’s Law: How a Strong Electric Field Influences Nonideal MHD Effects in Dusty Protoplanetary Disks”, *ApJ*, 878, 133, 13pp.
37. Uchiyama, H., Kashikawa, N., Overzier, R., Toshikawa, J., Onoue, M., Ishikawa, S., Kubo, M., Ito, K., Namiki, S., Liang, Y., 2019, “Suppression of Low-mass Galaxy Formation around Quasars at $z \sim 2-3$ ”, *ApJ*, 870, 45, 14pp.
38. Misawa, T., Eracleous, M., Charlton, J. C., Kashikawa, N., 2019, “Direct Measurement of Quasar Outflow Wind Acceleration”, *ApJ*, 870, 68, 15pp.

39. Matsuoka, Y., Onoue, M., Kashikawa, N. et al., 2019, “Discovery of the First Low-luminosity Quasar at $z > 7$ ”, *ApJ*, 872, L2, 6pp.
40. Hayashino, T., Inoue, A. K., Kousai, K., Kashikawa, N. et al., 2019, “Enhancement of H I absorption associated with the $z = 3.1$ large-scale proto-cluster and characteristic structures with AGNs sculptured over Gpc scale in the SSA22 field”, *MNRAS*, 484, 4, 20pp.
41. Overzier, R., & Kashikawa, N., 2019 “Tracing the formation history of galaxy clusters into the epoch of reionization”, *Astro2020: Decadal Survey on Astronomy and Astrophysics*, science white papers, no. 180; *Bulletin of the American Astronomical Society*, Vol. 51, Issue 3, id. 180.
42. Ito, K., Kashikawa, N., Toshikawa, J. et al., 2019, “The Brightest UV-selected Galaxies in Protoclusters at $z \sim 4$: Ancestors of Brightest Cluster Galaxies?”, *ApJ*, 878, 68, 13pp.
43. Higuchi, R., Ouchi, M., Ono, Y., Shibuya, T., Toshikawa, J., Harikane, Y., Kojima, T., Chiang, Y-K., Egami, E., Kashikawa, N. et al., 2019, “SILVERRUSH. VII. Subaru/HSC Identifications of Protocluster Candidates at $z \sim 6 - 7$: Implications for Cosmic Reionization”, *ApJ*, 879, 28, 15pp.
44. Onoue, M., Kashikawa, N., Matsuoka, Y. et al., 2019, “Subaru High- z Exploration of Low-luminosity Quasars (SHELLQs). VI. Black Hole Mass Measurements of Six Quasars at $6.1 \leq z \leq 6.7$ ”, *ApJ*, 880, 77, 15pp.
45. Hashimoto, T., Inoue, A.K., Mawatari, K. et al. (including Kashikawa, N.), 2019, “Big Three Dragons: A $z = 7.15$ Lyman-break galaxy detected in [O III] $88 \mu\text{m}$, [C II] $158 \mu\text{m}$, and dust continuum with ALMA”, *PASJ*, 71, 71, 24pp.
46. Momose, R., Goto, T., Utsumi, Y. et al. (including Kashikawa, N.), 2019, “Possible evolution of the circum-galactic medium around QSOs with QSO age and cosmic time revealed by Ly α haloes”, *MNRAS*, 488, 1, 15pp.
47. Harikane, Y., Ouchi, M., Ono, Y. et al. (including Kashikawa, N.), 2019, “SILVERRUSH. VIII. Spectroscopic Identifications of Early Large-scale Structures with Protoclusters over 200 Mpc at $z \sim 6 - 7$: Strong Associations of Dusty Star-forming Galaxies”, *ApJ*, 883, 142, 16pp.
48. Matsuoka, Y., Iwasawa, K., Onoue, M., Kashikawa, N. et al., 2019, “Subaru High- z Exploration of Low-luminosity Quasars (SHELLQs). X. Discovery of 35 Quasars and Luminous Galaxies at $5.7 \leq z \leq 7.0$ ”, *ApJ*, 883, 183, 15pp.
49. Kubo, M., Toshikawa, J., Kashikawa, N. et al., 2019, “Planck Far-infrared Detection of Hyper Suprime-Cam Protoclusters at $z \sim 4$: Hidden AGN and Star Formation Activity”, *ApJ*, 887, 214, 20pp.
50. Izumi, T., Onoue, M., Matsuoka, Y. et al., 2019, “Subaru High- z Exploration of Low-Luminosity Quasars (SHELLQs). VIII. A less biased view of the early co-evolution of black holes and host galaxies”, *PASJ*, 71, 111, 19pp.
51. Kashino, D., Lilly, S.J., Shibuya, T., Ouchi, M., Kashikawa, N., 2019, “Evidence for a Highly Opaque Large-scale Galaxy Void at the End of Reionization”, *ApJ*, 888, 6, 12pp.
52. Shimasaku, K., Izumi, T., 2019, “Black versus Dark: Rapid Growth of Supermassive Black Holes in Dark Matter Halos at $z \sim 6$ ”, *ApJL*, 872, L29, 7pp.

53. Rousseau-Nepton, L. et al. (another 63 co-authors including Momose, R.), 2019, “SIGNALS: I. Survey description”, *MNRAS*, 489, 5530, p.5530–5546.
54. Hashimoto, T., Goto, T., Momose, R., Ho, C.-C., Makiya, R., Chiang, C.-Y., Kim, S.-J., 2019, “A young galaxy cluster in the old Universe”, *MNRAS*, 489, 2014, p.2014–2029.
55. Momose, R., Goto, T., Utsumi, Y., Hashimoto, T., Chiang, C.-Y., Kim, S.-J., Kashikawa, N., Shimasaku, K., Miyazaki, S., 2019, “Possible evolution of the circum-galactic medium around QSOs with QSO age and cosmic time revealed by Ly α haloes”, *MNRAS*, 488, 120, p.120–134.
56. Kikuta, S., Matsuda, Y., Cen, R., Steidel, C. C., Yagi, M., Hayashino, T., Imanishi, M., Komiyama, Y., Momose, R., Saito, T., 2019, “Ly α view around a $z = 2.84$ hyperluminous QSO at a node of the cosmic web”, *PASJ*, 71, id.L2.
57. Kusakabe, H., Shimasaku, K., Momose, R., Ouchi, M., Nakajima, K., Hashimoto, T., Harikane, Y., Silverman, J. D., Capak, P. L., 2019, “The dominant origin of diffuse Ly α halos around Ly α emitters explored by spectral energy distribution fitting and clustering analysis”, *PASJ*, 71, id.55.
58. Goto, T., Oi, N., Utsumi, Y., Momose, R. et al. (another 20 co-authors), 2019, “Infrared luminosity functions based on 18 mid-infrared bands: revealing cosmic star formation history with AKARI and Hyper Suprime-Cam”, *PASJ*, 71, id.30.
59. Sawicki, M., Shimasaku, K. et al., 2019, “The CFHT large area U -band deep survey (CLAUDS)”, *MNRAS*, 489, p.5202–5217.
60. Kinugawa T., Harikane Y., Asano K., 2019, “Long Gamma-Ray Burst Rate at Very High Redshift”, *ApJ*, 878, 128, [DOI: 10.3847/1538-4357/ab2188].
61. Suzuki, T., Chiba, S., Yoshida, T., Takahashi, K., Umeda, H., Nomoto, K., 2019, “Forbidden transitions in nuclear weak processes relevant to neutrino detection, nucleosynthesis and evolution of stars”, *EPJ Web Conf.* 223, 01063, [DOI: 10.1051/epjconf/201922301063].
62. Yoshida, T., Takahashi, K., Umeda, H., Ishidoshiro, K., 2019, “Neutrinos from Presupernova Stars”, *Springer Proceedings in Physics* 219, 157–161, [DOI: 10.1007/978-3-030-13876-9_26].
63. Suzuki, T., Shibagaki, S., Yoshida, T., Kajino, T., Otsuka, T., 2019, “R-Process Nucleosynthesis in Core-Collapse Supernova Explosions and Binary Neutron Star Mergers”, *Springer Proceedings in Physics* 219, 437–440, [DOI: 10.1007/978-3-030-13876-9_84].
64. Yoshida, T., Takiwaki, T., Kotake, K., Takahashi, K., Nakamura, K., Umeda, H., 2019, “One-, Two-, and Three-dimensional Simulations of Oxygen-shell Burning Just before the Core Collapse of Massive Stars”, *ApJ* 881, 16 (20pp), [DOI: 10.3847/1538-4357/ab2b9d].
65. Hijikawa, K., Kinugawa, T., Yoshida, T., and Umeda, H., 2019, “The Rate of iPTF 14gqr like Ultra-stripped Supernovae and Binary Evolution Leading to Double Neutron Star Formation”, *ApJ.*, 882, 93, 9pp, [DOI: 10.3847/1538-4357/aaf8a8].
66. Fujii, M. S., & Hori, Y., 2019, “Survival Rates of Planets in Open Clusters: the Pleiades, Hyades, and Praesepe clusters”, *A&A*, 624, id. A110, 21 pp.
67. Fujii, M. S., 2019, “Kinematics of subclusters in star cluster complexes: imprint of their parental molecular clouds”, *MNRAS*, 486, 3, pp.3019–3026.

68. Sakurai, Y., Yoshida, N., & Fujii, M. S., 2019, “Growth of intermediate mass black holes by tidal disruption events in the first star clusters”, *MNRAS*, 484, 4, p.4665–4677.
69. Trani, A., Fujii, M. S., & Spera, M., 2019, “The Keplerian three-body encounter I. Insights on the origin of the S-stars and the G-objects in the Galactic center”, 875, 1, article id. 42, 8 pp.
70. Kumamoto, J., Fujii, M. S., & Tanikawa, A., 2019, “Gravitational-wave emission from binary black holes formed in open clusters”, *MNRAS*, 486, I3, pp.3942–3950.
71. Trani, A., Spera, M., Leigh, N. W. C., & Fujii, M. S., 2019, “The Keplerian three-body encounter II. Comparisons with isolated encounters and impact on gravitational wave merger timescales”, *AJ*, Volume 885, Issue 2, article id. 135, 14 pp.
72. Hirai, Y., Saitoh, T. R., Wanajo, S., & Fujii, M. S., 2019, “Enrichment of Heavy Elements in Chemo-Dynamical Simulations of Dwarf Galaxies”, *Dwarf Galaxies: From the Deep Universe to the Present*, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium, Volume 344, pp.
73. Spera, Mapelli, Giacobbo, Trani, Bressan, Costa, 2019, “Merging black hole binaries with the SEVN code”, *MNRAS*, 485, 889.
74. Trani and 33 other authors (5th author), 2019, “K2-264: a transiting multiplanet system in the Praesepe open cluster”, *MNRAS*, 484, 8.
75. Hatta, Y., Sekii, T., Takata, M., Kurtz, D. W., 2019, “The Two-dimensional Internal Rotation of KIC 11145123”, *ApJ*, 871, id. 135, 11pp.
76. Pinçon, C., Takata, M., Mosser, B., 2019, “Evolution of the gravity-offset of mixed modes in RGB stars”, *A&A*, 626, A125.
77. Meixner, M., Cooray, A., Leisawitz, D., Staguhn, J., Armus, L., Battersby, C., Bauer, J., Bergin, E., Bradford, C. M., Ennico-Smith, K., Fortney, J., Kataria, T., Melnick, G., Milam, S., Narayanan, D., Padgett, D., Pontoppidan, K., Pope, A., Roellig, T., Sandstrom, K., Stevenson, K., Su, K., Vieira, J., Wright, E., Zmuidzinas, J., Sheth, K., Benford, D., Mamajek, E. E., Neff, S., De Beck, E., Gerin, M., Helmich, F., Sakon, I., Scott, D., Vavrek, R., Wiedner, M., Carey, S., Burgarella, D., Moseley, S. H., Amatucci, E., Carter, R. C., DiPirro, M., Wu, C., Beaman, B., Beltran, P., Bolognese, J., Bradley, D., Corsetti, J., D’Asto, T., Denis, K., Derkacz, C., Earle, C. P., Fantano, L. G., Folta, D., Gavares, B., Generie, J., Hilliard, L., Howard, J. M., Jamil, A., Jamison, T., Lynch, C., Martins, G., Petro, S., Ramsbacher, D., Rao, A., Sandin, C., Stoneking, E., Tompkins, S., Webster, C., 2019, “Origins Space Telescope Mission Concept Study Report”, eprint arXiv:1912.06213 (376pp.).
78. Leisawitz, D., Amatucci, E., Allen, L., Arenberg, J., Armus, L., Battersby, C., Beaman, B. G., Bauer, J., Bell, R., Beltran, P., Benford, D., Bergin, E., Bolognese, J., Bradford, C. M., Bradley, D., Burgarella, D., Carey, S., Carter, R., Chi, J. D., Cooray, A., Corsetti, J., D’Asto, T., De Beck, E., Denis, K., Derkacz, C., Dewell, L., DiPirro, M., Earle, C. P., East, M., Edgington, S., Ennico, K., Fantano, L., Feller, G., Flores, A., Folta, D., Fortney, J., Gavares, B. J., Generie, J., Gerin, M., Granger, Z., Greene, T. P., Griffiths, A., Harpole, G., Harvey, K., Helmich, F., Helou, G., Hilliard, L., Howard, J., Jacoby, M., Jamil, A., Jamison, T., Kaltenegger, L., Kataria, T., Knight, J. S., Knollenberg, P., Lawrence, C., Lightsey, P., Lipsy, S., Lynch, C., Mamajek, E., Martins, G., Mather, J. C., Meixner, M., Melnick, G., Milam, S., Mooney, T., Moseley, S. H., Narayanan, D., Neff, S., Nguyen, T., Nordt, A., Olson, J., Padgett, D., Petach, M., Petro, S., Pohner, J., Pontoppidan, K., Pope, A., Ramsbacher,

- D., Rao, A., Rieke, G., Rieke, M., Roellig, T., Sakon, I., Sandin, C., Sandstrom, K., Scott, D., Seals, L., Sheth, K., Staguhn, J., Steeves, J., Stevenson, K., Stokowski, L., Stoneking, E., Su, K., Tajdaran, K., Tompkins, S., Turner, J., Vieira, J., Webster, C., Wiedner, M., Wright, E. L., Wu, C., Zmuidzinas, J., 2019, “The Origins Space Telescope”, Proceedings of the SPIE, Volume 11115, id. 111150Q, 12pp, [DOI: 10.1117/12.2530514].
79. Cooray, A., Meixner, M., Leisawitz, D., Staguhn, J., Armus, L., Battersby, C., Bauer, J., Bergin, E., Bradford, M., Ennico-Smith, K., Fortney, J., Kataria, T., Melnick, G., Milam, S., Narayanan, D., Padgett, D., Pontoppidan, K., Pope, A., Roellig, T., Sandstrom, K., Stevenson, K., Su, K., Vieira, J., Wright, N., Zmuidzinas, J., Carter, R., Sheth, K., Benford, D., Mamajek, E., Neff, S., DiPirro, M., Wu, C., Amatucci, E., De Beck, E., Aalto, S., Gerin, M., Helmich, F., Sakon, I., Scott, D., Vavrek, R., Wiedner, M., Burgarella, D., 2019, “Origins Space Telescope: From First Light to Life”, Astro2020: Decadal Survey on Astronomy and Astrophysics, APC white papers, no. 59; Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 51, Issue 7, id. 59.
80. Kebukawa, Y., Koga, M., Sakon, I., Endo, I., Kobayashi, K., Matsuoka, M., Ito, M., Zolensky, M. E., Alexander, C. M. O’D., Mita, H., Yano, H., 2019, “Space Exposure Experiments of Carbonaceous Chondrites, Chondritic Organic Matter and its Analogues in Tanpopo2, Astrobiology Space Mission on ISS”, 82nd Annual Meeting of The Meteoritical Society, held 7–12 July, 2019 in Sapporo, Japan. LPI Contribution No. 2157, 2019, id.6160.
81. Kataria, T., Zellem, R. T., Fortney, J. J., Stevenson, K. B., Tremblay, L., Line, M. R., Morley, C., Halverson, S., Meshkat, T., Armus, L., Birkby, J., Evans, T. M., Fauchez, T. J., Kopparapu, R., Pontoppidan, K., Roellig, T. L., Wordsworth, R., Danchi, W. C., Greene, T., Kane, S. R., Sakon, I., Stassun, K., Swain, M. R., 2019, “The Mid-Infrared Search for Biosignatures on Temperate M-Dwarf Planets”, Astro2020: Decadal Survey on Astronomy and Astrophysics, science white papers, no. 462.
82. Burgarella, D., Sakon, I., Buat, V., Béthermin, M., Charmandaris, V., Cooray, A., Ferkinhoff, C., Farrah, D., Takeuchi, T., Schneider, R., 2019, “Measuring the Metallicity of Low-Mass, Low-Metallicity Galaxies in the Early Universe and the Galactic Habitability”, Astro2020: Decadal Survey on Astronomy and Astrophysics, science white papers, no. 213.
83. Meixner, M., Leisawitz, D., Pope, A., Bergin, E., Stevenson, K., Armus, L., Vieira, J., Pontoppidan, K., Milam, S., Kataria, T., Fortney, J., Cooray, A., Bradford, C. M., Staguhn, J., Roellig, T., Sakon, I., Origins Study Team, 2019, “The Origins Space Telescope: Science Traceability Matrix”, The Space Astrophysics Landscape for the 2020s and Beyond, Proceedings of the conference held 1–3 April, 2019 in Potomac, Maryland. LPI Contribution No. 2135, id.5034.
84. Sakon, I., Roellig, T., Ennico, K., Matsuo, T., Ikeda, Y., Staguhn, J., 2019, “Origins Space Telescope: The Mid-Infrared Transit Spectrometer Instrument (MISC)”, The Space Astrophysics Landscape for the 2020s and Beyond, Proceedings of the conference held 1–3 April, 2019 in Potomac, Maryland. LPI Contribution No. 2135, id.5031.
85. Takahashi, A., Ootsubo, T., Matsuhara, H., Sakon, I., Usui, F., Chihara, H., 2019, “Mid-infrared spectroscopy of zodiacal emission with AKARI/IRC”, PASJ, Vol. 71, id. 110, [DOI: 10.1093/pasj/psz095].
86. Bhardwaj, Kanbur, He, Rejkuba, Matsunaga, de Grijs, Sharma, Singh, Baug, Ngeow, Ou, 2019, “Multiwavelength Period-Luminosity and Period-Luminosity-Color Relations at Maximum Light for Mira Variables in the Magellanic Clouds”, ApJ, 884, 20.

87. Bono, Iannicola, Braga, Ferraro, Stetson, Magurno, Matsunaga, Beaton, Buonanno, Chaboyer, Dall’Ora, Fabrizio, Fiorentino, Freedman, Gilligan, Madore, Marconi, Marengo, Marinoni, Marrese, Martínez-Vázquez, Mateo, Monelli, Neeley, Nonino, Sneden, Thevenin, Valenti, Walker, 2019, “On a New Method to Estimate the Distance, Reddening, and Metallicity of RR Lyrae Stars Using Optical/Near-infrared (B, V, I, J, H, K) Mean Magnitudes: ω Centauri as a First Test Case”, *ApJ*, 870, 115.
88. Braga, Stetson, Bono, Dall’Ora, Ferraro, Fiorentino, Iannicola, Inno, Marengo, Neeley, Beaton, Buonanno, Calamida, Contreras Ramos, Chaboyer, Fabrizio, Freedman, Gilligan, Johnston, Lub, Madore, Magurno, Marconi, Marinoni, Marrese, Mateo, Matsunaga, Minniti, Monson, Monelli, Nonino, Persson, Pietrinferni, Sneden, Storm, Walker, Valenti, Zoccali, 2019, “New near-infrared JHK_s light-curve templates for RR Lyrae variables”, *A&A*, 625, A1.
89. Hamano, Kawakita, Kobayashi, Takenaka, Ikeda, Matsunaga, Kondo, Sameshima, Fukue, Yasui, Mizumoto, Otsubo, Watase, Yoshikawa, Kobayashi, 2019, “First Detection of A–X (0,0) Bands of Interstellar C_2 and CN”, *ApJ*, 881, 143.
90. Inno, Urbaneja, Matsunaga, Bono, Nonino, Debattista, Sormani, Bergemann, da Silva, Lemasle, Romaniello, Rix, 2019, “First metallicity determination from near-infrared spectra for five obscured Cepheids discovered in the inner disc”, *MNRAS*, 482, 83.
91. Jian, Matsunaga, Fukue, 2019, “The metallicity effect on line-depth ratios in APOGEE H -band spectra”, *MNRAS*, 485, 1310.
92. Kawata, Bovy, Matsunaga, Baba, 2019, “Galactic rotation from Cepheids with Gaia DR2 and effects of non-axisymmetry”, *MNRAS*, 482, 40.
93. Kondo, Fukue, Matsunaga, Ikeda, Taniguchi, Kobayashi, Sameshima, Hamano, Arai, Kawakita, Yasui, Izumi, Mizumoto, Otsubo, Takenaka, Watase, Asano, Yoshikawa, Tsujimoto, 2019, “Fe I Lines in 0.91–1.33 μm Spectra of Red Giants for Measuring the Microturbulence and Metallicities”, *ApJ*, 875, 129.
94. Magurno, Sneden, Bono, Braga, Mateo, Persson, Preston, Thevenin, da Silva, Dall’Ora, Fabrizio, Ferraro, Fiorentino, Iannicola, Inno, Marengo, Marinoni, Marrese, Martínez-Vázquez, Matsunaga, Monelli, Neeley, Nonino, Walker, 2019, “Chemical Compositions of Field and Globular Cluster RR Lyrae Stars. II. ω Centauri”, *ApJ*, 881, 104.
95. Menzies, Whitelock, Feast, Matsunaga, 2019, “Luminous AGB variables in the dwarf irregular galaxy, NGC 3109”, *MNRAS*, 483, 5150.
Miyachi, Sakai, Kawata, Baba, Honma, Matsunaga, Fujisawa, 2019, “Stellar Overdensity in the Local Arm in Gaia DR2”, *ApJ*, 882, 48.
96. Origlia, Mucciarelli, Fiorentino, Ferraro, Dalessandro, Lanzoni, Rich, Massari, Contreras Ramos, Matsunaga, 2019, “Variable Stars in Terzan 5: Additional Evidence of Multi-age and Multi-iron Stellar Populations”, *ApJ*, 871, 114.
97. Yasui, Hamano, Fukue, Kondo, Sameshima, Takenaka, Matsunaga, Ikeda, Kawakita, Otsubo, Watase, Taniguchi, Mizumoto, Izumi, Kobayashi, 2019, “Possible Progression of Mass-flow Processes around Young Intermediate-mass Stars Based on High-resolution Near-infrared Spectroscopy. I. Taurus”, *ApJ*, 886, 115.

出版済 (2020 年)

1. Yamasaki S., Totani T., 2020. “The Galactic Halo Contribution to the Dispersion Measure of Extragalactic Fast Radio Bursts”, *The Astrophysical Journal*, 888, 105.
2. Totani T., 2020. “Emergence of life in an inflationary universe”, *Scientific Reports*, 10, 1671.
3. Sudoh, T., Inoue, Y., Khangulyan, D., 2020 “Multiwavelength Emission from Galactic Jets: the Case of the Microquasar SS433”, *ApJ*, 889, 146
4. Kandori, R., Saito, M., Tamura, M. and 9 more. 2020, “Distortion of Magnetic Fields in Barnard 335”, *ApJ*, 891, 55.
5. Uyama, T., Muto, T., Mawet, D. and 28 more. 2020, “Near-infrared Imaging of a Spiral in the CQ Tau Disk”, *AJ*, 159, 118.
6. Kandori, R., Tamura, M., Saito, M. and 8 more. 2020, “Distortion of magnetic fields in Barnard 68”, *PASJ*, 72, 8.
7. Hirano, T., Gaidos, E., Winn, J. N. and 21 more. 2020, “Evidence for Spin — Orbit Alignment in the TRAPPIST-1 System”, *ApJ*, 890, L27.
8. Kandori, R., Tamura, M., Saito, M. and 9 more. 2020, “Distortion of Magnetic Fields in the Dense Core CB81 (L1774, Pipe 42) in the Pipe Nebula”, *ApJ*, 890, 14.
9. Yang, Y., Akiyama, E., Currie, T. and 56 more. 2020, “High-resolution Near-infrared Polarimetry and Submillimeter Imaging of FS Tau A: Possible Streamers in Misaligned Circumbinary Disk System”, *ApJ*, 889, 140.
10. Uyama, T., Currie, T., Hori, Y. and 19 more. 2020, “Atmospheric Characterization and Further Orbital Modeling of κ Andromeda b”, *AJ*, 159, 40.
11. Kandori, R., Tomisaka, K., Saito, M. and 9 more. 2020, “Distortion of Magnetic Fields in a Starless Core. VI. Application of Flux Freezing Model and Core Formation of FeSt 1–457”, *ApJ*, 888, 120.
12. Mayama, S., Pérez, S., Kusakabe, N. and 66 more. 2020, “Subaru Near-infrared Imaging Polarimetry of Misaligned Disks around the SR 24 Hierarchical Triple System”, *AJ*, 159, 12.
13. Parviainen, H., Palle, E., Zapatero-Osorio, M. R. and 37 more “MuSCAT2 multicolour validation of TESS candidates: an ultra-short-period substellar object around an M dwarf”, *A&A*, 633, 28.
14. Sai, J., Ohashi, N., Saigo, K., Matsumoto, T., Aso, Y., Takakuwa, S., Aikawa, Y., Kurose, I., Yen, H-W., Tomisaka, K., Tomida, K., Machida, M. N., 2020, “Disk Structure around the Class I Protostar L1489 IRS Revealed by ALMA: A Warped-disk System”, *ApJ*, 893, 51.
15. Shimonishi, T., Das, A., Sakai, N., Tanaka, K. E. I., Aikawa, Y., Onaka, T., Watanabe, Y., Nishimura, Y., 2020., “Chemistry and physics of a low-metallicity hot core in the Large Magellanic Cloud”, *ApJ*, 891, 164, 24pp.
16. Lee, S., Lee, J.-E., Aikawa, Y., Herczeg, G., Johnstone, D., 2020, “The Circumstellar Environment around the Embedded Protostar EC 53”, *ApJ*, 889, 20, 12pp.

17. Cataldi, G., Wu, Y., Brandeker, A., Ohashi, N., Moór, A., Olofsson, G., Ábrahám, P., Asensio-Torres, R., Cavallius, M., Dent, W. R. F., Grady, C., Henning, T., Higuchi, A. E., Hughes, A. M., Janson, M., Kamp, I., Kóspál, A., Redfield, S., Roberge, A., Weinberger, A., Welsh, B. 2020, “The Surprisingly Low Carbon Mass in the Debris Disk around HD 32297”, *ApJ.*, 892, 99.
18. Uchiyama, H., Kashikawa, N., Overzier, R., Toshikawa, J., Onoue, M., Ishikawa, S., Kubo, M., Ito, K., Namiki, S., Liang, Y., 2019, “Suppression of Low-mass Galaxy Formation around Quasars at $z \sim 2-3$ ”, *ApJ*, 870, 45, 14pp.
19. Misawa, T., Eracleous, M., Charlton, J. C., Kashikawa, N., 2019, “Direct Measurement of Quasar Outflow Wind Acceleration”, *ApJ*, 870, 68, 15pp.
20. Matsuoka, Y., Onoue, M., Kashikawa, N. et al., 2019, “Discovery of the First Low-luminosity Quasar at $z > 7$ ”, *ApJ*, 872, 2, 6pp.
21. Hayashino, T., Inoue, A.K., Kousai, K., Kashikawa, N. et al., 2019, “Enhancement of H I absorption associated with the $z = 3.1$ large-scale proto-cluster and characteristic structures with AGNs sculptured over Gpc scale in the SSA22 field”, *MNRAS*, 484, 5868, 20pp.
22. Zhang, H., Shimasaku, K. et al., 2020, “CHORUS. III. Photometric and Spectroscopic Properties of Ly α Blobs at $z = 4.9 - 7.0$ ”, *ApJ*, 891, id.177.
23. Ono, M., Nagataki, S., Ferrand, G., Takahashi, K., Umeda, H., Yoshida, T., Orlando, S., Miceli, M., 2020, “Matter Mixing in Aspherical Core-collapse Supernovae: Three-dimensional Simulations with Single-star and Binary Merger Progenitor Models for SN 1987A”, *ApJ* 888, id. 111, [DOI: 10.3847/1538-4357/ab5dba].
24. Kato, C., Nagakura, H., Furusawa, S., Takahashi, K., Umeda, H., Yoshida, T., Ishidoshiro, K., Yamada, S., 2020, “Pre-supernova neutrino emission from massive stars and their detection”, *J. Phys. Conf. Ser.* 1468, 1, 012173, [DOI: 10.1088/1742-6596/1468/1/012173].
25. Zaizen, M, Cherry, J F., Takiwaki, T, Horiuchi, S, Kotake, K, Umeda, H, and Yoshida, T, 2020, “Collective flavor conversion including the neutrino halo in core-collapse supernovae”, *J. Phys. Conf. Ser.* 1468, 1, 012137, [DOI: 10.1088/1742-6596/1468/1/012137].
26. Wang, L., Nitadori, K., and Makino, J., 2020, “A slow-down time-transformed symplectic integrator for solving the few-body problem”, *MNRAS*, 493, 3398.
27. Iwasawa, M., Namekata, D., Nitadori, K., Nomura, K., Wang, L., Tsubouchi, M., and Makino, J., 2020, “Accelerated FDPS: Algorithms to use accelerators with FDPS”, *PASJ*, 72, 13.
28. Wang, L., “The survival of star clusters with black hole subsystems”, 2020, *MNRAS*, 491, 2413.
29. Wang, L., Kroupa, P., Takahashi, K., and Jerabkova, T., 2020, “The possible role of stellar mergers for the formation of multiple stellar populations in globular clusters”, *MNRAS*, 491, 440.
30. Giersz, M., Askar, A., Wang, L., Hypki, A., Leveque, A., and Spurzem, R., 2020, “MOCCA-SURVEY Database I: Dissolution of tidally filling star clusters harboring black hole subsystem”, *IAUS*, 351, 438.
31. Takata, M., Ouazzani, R.-M., Saio, H., Christophe, S., Ballot, J., Antoci, V., Salmon, S. J. A. J., Hijikawa, K., 2020, “A diagnostic diagram for γ Doradus variables and slowly pulsating B-type stars”, *A&A*, 635, A106.

32. Buragohain, M., Pathak, A., Sakon, I., Onaka, T., 2020, “DFT Study on Interstellar PAH Molecules with Aliphatic Side Groups”, *ApJ*, 892, id. 11, [DOI: 10.3847/1538-4357/ab733a].
33. Onaka, T., Nakamura, T., Sakon, I., Ohsawa, R., Wu, R., Kaneda, H., Lebouteille, V., Roellig, T. L., 2020, “Processing of nano dust particles in galaxies”, *Astronomy in Focus XXX*, presented at IAU XXX General Assembly, Vienna, Austria. *Proceedings of the IAU*, 2020, pp. 391–392, [DOI: 10.1017/S1743921319004873].
34. Endo, I., Sakon, I., Onaka, T., Helton, A. L., Lau, R. M., Kimura, S., Wada, S., Ogawa, N., Ohkouchi, N., Kebukawa, Y., 2020, “Nitrogen-included Carbonaceous Compounds (NCC): Laboratory-synthesized organics as the probable candidate for the carrier of the UIR bands observed in dusty classical novae”, *Origins: From the Protosun to the First Steps of Life. Proceedings of the International Astronomical Union*, Volume 345, pp. 343–344, [DOI: 10.1017/S1743921319001947].
35. Jian, Taniguchi, Matsunaga, Kobayashi, Ikeda, Yasui, Kondo, Sameshima, Hamano, Fukue, Arai, Otsubo, Kawakita, 2020, “The effect of surface gravity on line-depth ratios in the wavelength range 0.97–1.32 μm ”, *MNRAS*, 494, 1724.
36. Matsunaga, Taniguchi, Jian, Ikeda, Fukue, Kondo, Hamano, Kawakita, Kobayashi, Otsubo, Sameshima, Takenaka, Tsujimoto, Watase, Yasui, Yoshikawa, 2020, “Identification of Absorption Lines of Heavy Metals in the Wavelength Range 0.97–1.32 μm ”, *ApJS*, 246, 10.
37. Sinha, Sharma, Pandey, Yadav, Ogura, Matsunaga, Kobayashi, Bisht, Pandey, Ghosh, 2020, “Variable stars in the Sh 2–170 H II region”, *MNRAS*, 493, 267.
38. Urago, Omodaka, Nagayama, Watabe, Miyanosita, Matsunaga, Burns, 2020, “The 3D Distribution of Long-period Mira Variables in the Galactic Disk”, *ApJ*, 891, 50.
39. Wang, D’Orazi, Matsunaga, Bono, 2020, “The chemical feature of Miras in 47 Tuc based on the WINERED spectra”, *IAUS*, 351, 540.
40. Zenko, Nagata, Kurita, Kino, Nishiyama, Matsunaga, Nakajima, 2020, “Magnetic field structure of the Galactic plane from differential analysis of interstellar polarization”, *PASJ*, 72, 27.
41. Deng, Sun, Jian, Jiang, Yuan, 2020, “Intrinsic Color Indices of Early-type Dwarf Stars”, *AJ*, 159, 208.

印刷中

1. Aikawa, Y., Furuya, K., Yamamoto, S., Sakai, N. 2020, “Chemical Variation among Protostellar Cores: Dependence on Prestellar Core Conditions”, *ApJ* in press.
2. Orlando, S., Ono, M., Nagataki, S., Miceli, M., Umeda, H., Ferrand, G., Bocchino, F., Petruk, O., Peres, G., Takahashi, K., Yoshida, T., 2020, “Hydrodynamic simulations unravel the progenitor-supernova-remnant connection in SN 1987A”, *A&A* 636, id. A22, 19pp, [DOI: 10.1051/0004-6361/201936718].
3. Sato, T., Yoshida, T., Umeda, H., Nagataki, S., Ono, M., Maeda, K., Hirai, R., Hughes, J. P., Williams, B. J., Maeda, Y., 2020, “A Subsolar Metallicity Progenitor for Cassiopeia A, the Remnant of a Type IIb Supernova”, *ApJ* 893, id. 49, [DOI: 10.3847/1538-4357/ab822a].
4. Chiba, Y., Katsuda, S., Yoshida, T., Takahashi, K., Umeda, H., 2020, “First detection of X-ray line emission from Type II_n supernova 1978K with XMM-Newton’s RGS”, *PASJ* 72, 2, [DOI: 10.1093/pasj/psz148].

5. Zaizen, M., Cherry, J. F., Takiwaki, T., Horiuchi, S., Kotake, K., Umeda, H., and Yoshida, T., “Neutrino halo effect on collective neutrino oscillation in iron core-collapse supernova model of a $9.6 M_{\odot}$ star”, *J. Cosmol. Astropart. Phys.*, in press (arXiv:1908.10594).
6. Tanikawa, A., Kinugawa, T., Kumamoto, J., & Fujii, M. S., 2020, “Formation rate of LB-1-like systems through dynamical interactions”, *PASJ*, in press.
7. Shikauchi, M., Kumamoto, J., Tanikawa, A., & Fujii, M. S., 2020, “Gaia’s Detectability of Black Hole-Main Sequence Star Binaries Formed in Open Clusters”, *PASJ*, in press.
8. Kumamoto, J., Fujii, M. S., & Tanikawa, A., 2020, “Merger rate density of binary black holes formed in open cluster”, *MNRAS*, in press.
9. Hatta, Y., Sekii, T., Takata, M., Kurtz, D. W., 2020, “Asteroseismic study of KIC 11145123: its structure and rotation”, in *Dynamics of the Sun and Stars, Honoring the life and work of Michael J. Thompson*, eds. Mário J. P. F. G. Monteiro, Rafael A. García, Jørgen Christensen-Dalsgaard, Scott McIntosh, *Astrophysics and Space Science Proceedings*, in press.
10. Lau, R. M., Eldridge, J. J., Hankins, M. J., Lamberts, A., Sakon, I., Williams, P. M., 2020, “Revisiting the Impact of Dust Production from Carbon-Rich Wolf-Rayet Binaries”, *ApJ*, in press (eprint arXiv:2006.08695).

1.6.2 和文論文および解説記事

1. 田村元秀, 「系外惑星の観測で新展開を迎えたアストロバイオロジー」, ミルシル 2020年1月号
2. 田村元秀, 「2019年度ノーベル賞: 太陽系恒星まわりの系外惑星の発見」, 岩波書店・科学 2020年1月号
3. 熊本淳, 「低質量星団内におけるブラックホール連星形成と重力波放射可能性」, スーパーコンピューティングニュース, 東京大学情報基盤センター, Vol.21, Special Issue 1, pp.90–95, 2019
4. 高田 将郎, 「総説一星震学とは何か」, 天文月報 2020年2月号, 61–72
5. 高田 将郎, 「赤色巨星の星震学」, 天文月報 2020年2月号, 94–101
6. 遠藤いずみ, 左近 樹, 尾中 敬, 癸生川陽子, 小林憲正, 横尾卓哉, 三田 肇, 矢野 創 2019, “急冷窒素含有炭素質物質の宇宙環境暴露実験”, 第63回宇宙科学技術連合講演会講演集, 印刷中

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 2020」, 2019, 丸善

1.7 学会, 研究会における発表

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 2019 年秋季年会, 熊本大学 (2019/9/11–9/13)

1. 田村元秀: TMT 時代の系外惑星観測と観測装置
2. 杉谷光司ほか: 星形成レガシープロジェクト III : M17 SWex 分子雲の磁場構造
3. 原千穂美ほか: Class-0 原始星連星 VLA1623A からの不整列分子流対
4. 塚越崇ほか: ALMA を用いた二周波観測による TW Hya の原始惑星系円盤のスペクトル・インデックス分布の調査
5. 平野照幸ほか: 近赤外高分散分光器 IRD による系外惑星のトランジット分光観測
6. 森 万由子ほか: 地上望遠鏡による TRAPPIST-1g 大気のトランジット分光観測と解析
7. 山本広大ほか: せいめい望遠鏡搭載にむけた太陽系外惑星撮像装置の開発
8. 土生圭一郎ほか: 広帯域コロナグラフ観測を目指した多層 8 分割位相マスクの開発
9. 安藤誠, 嶋作一大: 多波長データに基づく $z \sim 2$ の原始銀河団コアに属する銀河の性質, X35c
10. 百瀬莉恵子, 柏川伸成, 嶋作一大: Ly α halos around quasars at $z > 6$, X61a
11. 聖川昂太郎, 衣川智弥, 吉田敬, 梅田秀之: iPTF 14gqr と同種の ultra-stripped supernovae の発生率と、NS 合体との関係, W71a
12. 藤井通子, 斎藤貴之, 平居悠: ASURA+BRIDGE を用いた星団形成シミュレーション, Z313a
13. 熊本淳, 藤井通子, 谷川衝: 散開星団起源の連星ブラックホール合体率の金属量依存性, W64a
14. 吉成直都, 藤井通子, 熊本淳, 谷川衝, 岩澤全規: 球状星団における連星形成シミュレーション, W65a
15. 朝野哲郎, 児玉忠恭, 本原顕太郎, Lori Lubin, Brian Lemaux, Roy Gal, 林将央, 小山佑世, 田中壺, 鈴木智子, 山本直明, 木村大希, 小西真広, SWIMS チーム: $z = 0.9$ 銀河団の最新観測で探る銀河降着過程と星形成活動の関係, X39a
16. 長谷川大空, 藤井通子: 星団形成期の周囲の星による星周円盤の破壊, P214a
17. 高田将郎, C. Pinçon, B. Mosser: 赤色巨星の太陽型振動にみられる周波数スペクトルの微細構造の解釈, N01a
18. 八田良樹, 関井隆, 高田将郎: 主系列 F 型星 KIC 9244992 の対流コアに焦点を絞った自転角速度推定, N02a
19. 遠藤いずみ, 左近 樹, 他: 急冷窒素含有炭素質物質の赤外分光特性, Q51c
20. 左近 樹, 他: Mission Concept Studies for the 2020 Decadal Survey ; Origins Space Telescope (OST), V255a
21. 善光哲哉, 栗田光樹夫, 木野勝, 長田哲也 (京都大学), 松永典之 (東京大学), 西山正吾 (宮城教育大学), 中島康 (一橋大学): 銀河系面内のセファイドを利用した磁場構造解析 II, R21a

1.7.2 日本天文学会 2020 年春季年会, 筑波大学 (2020/3/16–3/19)

1. Shotaro Yamasaki, Tomonori Totani: 天の河銀河高温ガスハローによる高速電波バーストの分散指標への寄与, Q31a
2. 神鳥亮ほか: 分子雲コアの砂時計型磁場: 凍結磁場モデルとコア形成の初期条件について
3. 眞山聡ほか: ALMA による遷移円盤内の傾いた内側ガス円盤の検出
4. 大宮正士ほか: IRD-SSP による M 型星周りの惑星サーベイ: 1 年目の観測ステータス
5. 小谷隆行ほか: REACH プロジェクト: 超高コントラストと高分散分光を組み合わせたすばる 望遠鏡での系外惑星直接撮像分光について
6. Mori S., SPICA planet formation working group: SPICA observation of water emission reveals thermal and dynamical structures of protoplanetary disk, March 19–20, 2020, The Astronomical Society of Japan 2020 Spring Meeting, Online. (oral)
7. 石本梨花子 (東京大学)、柏川伸成 (東京大学)、松岡良樹 (愛媛大)、尾上匡房 (MPIA)、泉拓磨 (国立天文台)、ほか HSC project 93 メンバー: 宇宙再電離期における暗いクェーサー周囲の電離状況
8. 熊本淳, 藤井通子, 谷川衝: 高金属量散開星団起源の連星ブラックホールによる重力波検出率への寄与, W01a
9. 吉成直都, 藤井通子, 熊本淳, 谷川衝, 岩澤全規: P³T 法を用いた球状星団起源の連星形成シミュレーション, W03a
10. 朝野哲郎, 藤井通子, 馬場淳一, Jeroen Bédorf, Simon Portegies Zwart: N 体シミュレーションによって示唆される高次のバー共鳴由来の Hercules stream, R25a
11. 遠藤いずみ, 左近 樹, 他: すばる望遠鏡 COMICS を用いた WR125 の中間赤外低分散分光観測, N25a
12. 左近 樹, 他: 宇宙初期の銀河星間環境を特徴付けるダストの性質の理解, Z214c
13. 谷口大輔, Mingjie Jian, 松永典之, 小林尚人, 近藤荘平, 鮫島寛明 (東京大学), 福江慧, 池田優二, 河北秀世 (京都産業大学), 濱野哲史, 安井千香子 (国立天文台): 近赤外線 YJ バンドに現れる鉄吸収線ペアのライン強度比を用いた赤色超巨星の有効温度の決定, N17a
14. Mingjie Jian, Daisuke Taniguchi, Noriyuki Matsunaga, Naoto Kobayashi, Scarlet Saez Elgueta, Sohei Kondo (UTokyo), Satoshi Hamano, Chikako Yasui (NAOJ), Yuji Ikeda, Hiroaki Sameshima, Kei Fukue, Akira Arai, Shogo Otsubo, Hideyo Kawakita (KyotoSangyo Univ.): Determining T_{eff} and [Fe/H] with line-depth ratios using infrared Y J-band spectra, N18a
15. 安井千香子, 濱野哲史 (国立天文台), 近藤荘平, 鮫島寛明, 松永典之, 谷口大輔, 小林尚人 (東京大学), 福江慧, 竹中慶一, 池田優二, 河北秀世, 大坪翔悟, 渡瀬彩華 (京都産業大学), 水本岬希 (ダラム大学), 泉奈都子 (茨城大学), WINERED 開発チーム: 前主系列星における彩層活動由来の He I λ 10830 吸収線の初検出: 近赤外線高分散分光器 WINERED による Taurus 星生成領域中の中質量星の観測, N20a
16. 松永典之, 谷口大輔, Mingjie Jian, 近藤荘平, 小林尚人, 鮫島寛明 (東京大学), 池田優二, 福江慧, 河北秀世, 大坪翔悟, 竹中慶一, 渡瀬彩華, 吉川智裕 (京都産業大学), 濱野哲史, 辻本拓司, 安井千香子 (国立天文台), 近赤外線 YJ バンドに存在する中性子捕獲元素の吸収線の同定, N24a

1.7.3 日本地球惑星科学連合 2019 年大会

1. 相川祐理: FU Ori 型星で探る円盤の水組成 (PCG22-P07)
2. 相川祐理: 原始惑星系円盤における複数の重水素濃縮経路 (PCG22-03)
3. 遠藤いずみ, 左近 樹 他: 急冷室素含有炭素質物質の性質と宇宙曝露実験 (PCG23-04)

1.7.4 第 63 回宇宙科学技術連合講演会

1. 遠藤いずみ, 左近 樹, 他: 急冷室素含有炭素質物質の宇宙環境曝露実験', 2Q12

1.7.5 国際研究会

1. Totani, T., “Fast Radio Bursts, Neutron Star Mergers, Supernovae, ... and the Cosmological Constant”, invited talk at the cosmos at high energies: exploring extreme physics through novel instrumentation, IPMU, Univ. of Tokyo, Kashiwa, Oct. 16–18, 2019
2. Tomonori Totani, “GRBs as a reionization probe / Fast radio bursts from neutron star mergers”, Invited talk at Yokohama GRB 2019 workshop, Oct. 28–Nov. 1, 2019, Yokohama
3. Sudoh, T., “Acceleration of High-Energy Particles in the Jets of the Microquasar SS433” Variable Galactic Gamma-Ray Sources (V), Barcelona university, Spain, 2019/9/04–06
4. Haoxiang L., “GW170817 afterglow: a more natural electron energy distribution leads to a new solution”, CTA 1st Science Symposium, Bologna, Italy, 2019/5/6–9
5. Haoxiang L., “GW170817 afterglow: a more natural electron energy distribution leads to a new solution”, Nanjing GRB Conference, Nanjing, China, 2019/5/13–17
6. Haoxiang L., “Very-high-energy gamma-ray afterglows from binary neutron star mergers”, Yukawa International Seminar, Kyoto, Japan, 2019/10/7–11
7. Haoxiang L., “Very-high-energy gamma-ray afterglows from binary neutron star mergers”, Yokohama GRB Conference, Yokohama, Japan, 2019/10/28–11/1
8. Tamura, M. “Into the unknown of star/planet formation and exoplanets with Subaru”, Science with Subaru: An Indian Perspective, Mumbai, India, 2019/12/19 (invited)
9. Tamura, M. “Exploring Exoplanet and Star-Formation Studies with Subaru”, Subaru Telescope 20th Anniversary Conference, Hawaii, USA, 2019/11/22 (invited)
10. Kotani, T. et al. “Development of the Extremely High-Contrast, High Spectral Resolution Spectrometer REACH for the Subaru Telescope”, In the Spirit of Lyot 2019, Odaiba, Tokyo, 2019/10/21–25
11. Lozi, J. et al. “SCEXAO: Current status and upgrades”, In the Spirit of Lyot 2019, Odaiba, Tokyo, 2019/10/21–25
12. Aikawa, Y. “Gas-dust chemistry of volatiles in the star and planetary system formation”, IAU Symposium 350, Laboratory Astrophysics: From Observations to Interpretation, Cambridge, UK, Apr 14–19, 2019 (invited review)

13. Aikawa, Y. “Chemistry of Volatiles from Molecular Cloud Formation to Protostellar Core”, Origins of Solar Systems, Gordon Research Conference, Meteoritical, Spacecraft and Astrophysical Perspectives on the Assembly and Composition of Planets, June 23–28, 2019, Mount Holyoke College South Hadley, MA, USA (invited talk)
14. Aikawa, Y. “Chemical Variation among Protostellar Cores: Dependence on Prestellar Core Conditions”, ALMA Workshop 2019: Early Planet Formation in Embedded Disks, Dec 8–10, 2019, University of Tokyo, Japan (oral)
15. Aikawa, Y. “Chemical Variation among Protostellar Cores: Dependence on Prestellar Core Conditions”, ALMA Large Program MAPS meeting, Jan 20–Jan 24, 2020, Center for Astrophysics, Boston, USA (oral)
16. Cataldi, G. “Gas in debris disks”, Rescue Summer school 2019: From the Solar System to the Universe, Aug 23–26 2019, Kakunodate, Japan (oral)
17. Cataldi, G. “The surprisingly low carbon mass in the debris disk around HD 32297”, Planet Formation Workshop 2019, Nov 25–28 2019, Mitaka, Japan (oral)
18. Cataldi, G. “The surprisingly low carbon mass in the debris disk around HD 32297”, ALMA Grant Fellow Symposium 2019, Dec 17 2019, Mitaka, Japan (oral)
19. Cataldi, G. “The surprisingly low carbon mass in the debris disk around HD 32297”, ALMA/45m/ASTE Users Meeting 2019, Dec 18–19 2019, Mitaka, Japan (poster)
20. Cataldi, G. “DCN/HCN in MAPS objects”, ALMA Large Program MAPS meeting, Jan 20–Jan 24, 2020, Center for Astrophysics, Boston, USA (oral)
21. Mori S., Bai, X., Okuzumi, S., “Inefficient Accretion Heating in Protoplanetary Disks: Influence on Evolution of Snow Line”, May 26–30, 2019, Japan Geoscience Union Meeting 2019, Chiba, Japan. (oral)
22. Mori, S., Bai, X., Okuzumi, S., “Inefficient Magnetic Accretion Heating in Protoplanetary Disks”, From Stars to Planets II, June 17–21, 2019, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden. (oral)
23. Mori, S., Okuzumi, S., Bai, X., “Inefficient Magnetic Accretion Heating in Protoplanetary Disks”, Ringberg Workshop: Turbulence and Structure Formation in Protoplanetary Disks 2019: Observation, Theory, and Experiments, July 8–12, 2019, Ringberg Castle, Germany. (Invited talk)
24. Mori, S., Okuzumi, S., Kunitomo, M., Bai, X., “Evolution of the Water Snowline in Magnetized Protoplanetary Disks”, EXTREME SOLAR SYSTEMS IV, August 19–23, Reykjavik, Iceland. (Poster)
25. Mori, S., Shibaike, Y., “Wind-driven Accretion in Circumplanetary Disks”, Planetary and Satellite System Workshop 2019, September 24–26, Tanegashima island, Japan. (oral)
26. Mori, S., Okuzumi, S., Kunitomo, M., Bai, X., “Evolution of the Water Snowline in Magnetized Protoplanetary Disks”, PLANET FORMATION WORKSHOP 2019, November 25–28, 2019, NAOJ, Japan. (oral)

27. Mori, S., Aikawa, Y., “Physical interpretation of line observations of envelope and disk systems: a case of L1527”, ALMA workshop 2019: Early Planet Formation in Embedded Disks, December 8–10, 2019, The University of Tokyo, Japan. (oral)
28. Kashikawa, N.: “HSC high- z protoclusters”, Science with Subaru: an Indian perspective, Mumbai, India, 2019/12/18–20 (invited talk).
29. Ichimoto, R.: “Near-zone Size Measurement for Faint Quasar Spectra”, Cosmic Evolution of Quasars: from the First Light to Local Relics, Beijing, China, 2019/10/21–25
30. Momose, R.: “What can we learn about the IGM-galaxy connection from 3D tomography map?”, Subaru Telescope 20th Anniversary Conference, Hawaii, USA, 2019/11/17–22
31. Momose, R.: “Ly α Halos around quasars at $z > 6$ ”, NEP Meeting 2019, 新竹, 台湾, 2019/6/24–26
32. Makoto Ando, Kazuhiro Shimasaku: “A Systematic Search for Galaxy Proto-Cluster Cores at $z \sim 2$ ”, Subaru Telescope 20th Anniversary Conference, Hawaii, USA, 2019/11/17–22
33. Makoto Ando, Kazuhiro Shimasaku, Rieko Momose: “A Systematic Search for Galaxy Proto-Cluster Cores at $z \sim 2$ ”, IAU Symposium 359: GALFEED, Bent-Gonçaves, Brazil, 2020/3/2–6
34. T. Kinugawa, “Binary population synthesis”, Workshop on core-collapse supernova explosions and relate”, Workshop on core-collapse supernova explosions and related physics, Exeter, England, 2019/08/5–9
35. T. Kinugawa, “First star remnants for gravitational sources”, GWPAW2019, Tokyo, Japan, 2019/10/14–17
36. T. Kinugawa, “Long gamma-ray burst rate at very high redshift”, Yokohama GRB2019, Yokohama, Japan, 2019/10/28–2019/11/01
37. Yoshida, T., “Advanced Evolution of Massive Stars and Connection to Supernova Explosions”, Workshop on core-collapse supernova explosions and related physics, University of Exeter, UK, 2019/8/5–9
38. Yoshida, T., “Multi-dimensional Hydrodynamics Simulations of Oxygen-Shell Burning Just Before the Core Collapse of Massive Stars”, Multi-dimensional Modeling and Multi-Messenger observation from Core-Collapse Supernovae (4M-COCOS), Fukuoka University, Japan, 2019/10/21–24, Invited talk.
39. Yoshida, T., “Multi-dimensional Hydrodynamics Simulations of Oxygen-Shell Burning Just Before the Core Collapse of Massive Stars”, Collaborative Meeting on Supernova Remnants between Japan and USA, Riken, Japan, 2019/11/7–8, Invited talk.
40. Yoshida, T., Takiwaki, T., Kotake, K., Takahashi, K., Nakamura, K., Umeda, H., “Multi-dimensional Hydrodynamics Simulations of Oxygen-Shell Burning Just Before the Core Collapse of Massive Stars”, The Evolution of Massive Stars and Formation of Compact Stars: from the Cradle to the Graves, Waseda University, Japan, 2020/2/26–28
41. Zaizen, M., “Collective neutrino oscillations”, Workshop on core-collapse supernova explosions and related physics, University of Exeter, UK, 2019/8/5–9
42. Zaizen, M., Cherry, J. F., Takiwaki, T., Horiuchi, S., Kotake, K., Umeda, H., and Yoshida, T., “Collective flavor conversion including the neutrino halo in core-collapse supernovae”, TAUP 2019, Toyama, Japan, 2019/9/9–13

43. Zaizen, M., Cherry, J. F., Takiwaki, T., Horiuchi, S., Kotake, K., Umeda, H., and Yoshida, T., “Neutrino halo on collective neutrino oscillation in core-collapse supernovae”, Multi-dimensional Modeling and Multi-Messenger observation from Core-Collapse Supernovae (4M-COCOS), Fukuoka University, Japan, 2019/10/21–24
44. Hijikawa, K., Kinugawa, T., Yoshida, T., and Umeda, H., “Rate of iPTF 14gqr like ultra-stripped supernovae and binary evolution leading to DNS formation”, YITP long-term workshop (Multi-Messenger Astrophysics in the Gravitational Wave Era), Kyoto, Japan, 2018/9/24–10/25
45. Umeda, H., “Massive star evolution: Our recent works”, Collaborative Meeting on Supernova Remnants between Japan and USA, Riken, Japan, 2019/11/07-08, Invited talk.
46. Fujii, M. S., “Inter-cluster velocity structure of star cluster complexes, Star Clusters: from the Milky Way to the Early Universe”, IAU Symposium 351 & MODEST-19, Bologna, Italy, 2019/5 (oral)
47. Fujii, M. S., “Simulations of massive star cluster formations using a new N-body/SPH code ASURA + BRIDGE”, StarFormMapper (European H2020 RIA project): A scientific study into the formation and evolution of massive stars and their natal clusters, York, UK, 2019/9 (oral)
48. Fujii, M. S., “Formation and dynamical evolution of star clusters and associations, Challenges and innovations in computational astrophysics”, Saint Petersburg, Russia, 2019/9 (oral)
49. Fujii, M. S., “Binary black hole mergers originated from star clusters; from open to globular cluster”s, Gravitational Wave Physics and Astronomy Workshop, The University of Tokyo, Japan, 2019/10 (oral)
50. Fujii, M. S., “N-body simulations of star clusters, Lorentz center workshop;The Origins of Black Hole Mergers and Gravitational waves”, Leiden University, Leiden, The Netherlands, 2019/12 (oral)
51. Kumamoto, J., “Formation of binary black holes in star clusters as gravitational wave sources”, Topics in Astroparticle and Underground Physics 2019, Toyama, Japan, 2019/9 (oral)
52. Kumamoto, J., “The formation mechanism of binary black holes in open clusters”, Challenges and Innovations in Computational Astrophysics, Sankt Peterburg, Russia, 2019/9 (oral)
53. Kumamoto, J., “Formation of binary black holes in open clusters as gravitational wave sources”, Gravitational Wave Physics and Astronomy Workshop, Tokyo, Japan, 2019/10 (oral)
54. Kumamoto, J., “Formation of binary black holes in open clusters as gravitational wave sources”, The Origins of Black Hole Mergers and Gravitational Waves, Leiden, Netherlands, 2019/12 (oral)
55. Kumamoto, J., “Metallicity dependence on merger rate of BBHs originated from open clusters”, MODEST 20: Dense Star Clusters in the Era of Large Surveys, Mumbai, India, 2020/2 (oral)
56. Kumamoto, J., “Unexpectedly high formation rate of merging binary black holes in open clusters”, IAUS 351: Star Clusters: from the Milky Way to the Early Universe, Bologna, Italy, 2019/5 (poster)
57. Kumamoto, J., “Formation of binary black holes in open clusters as gravitational wave sources”, the Yukawa International Seminar (YKIS) 2019, Kyoto, Japan, 2019/9 (poster)
58. Kumamoto, J., “Contribution to the detection rate of gravitational waves by binary black holes originating from the metal-rich open cluster”, The Third Annual Symposium of the innovative area “Gravitational Wave Physics and Astronomy: Genesis”, Hyogo, Japan, 2020/2 (poster)

59. Trani, A.A., "TSUNAMI: A modern regularized code for planetary and black hole dynamics", Saint Petersburg, Russia, 2019/9 (oral)
60. Trani, A.A., "Density cusps around supermassive black holes as nurseries of gravitational wave events", The Third Annual Symposium of the innovative area "Gravitational Wave Physics and Astronomy: Genesis", Hyogo, Japan, 2020/2 (oral)
61. Trani, A.A., "The few-body problem from Newton to black holes", The Origins of Black Hole Mergers and Gravitational Waves, Lorentz Center, Leiden University, Netherlands, 2019/12 (oral)
62. Trani, A.A., "Density cusps around supermassive black holes as nurseries of gravitational wave events", Gravitational Wave Physics and Astronomy Workshop 2019, RESCEU, Tokyo University, Japan, 2019/10 (oral)
63. Trani, A.A., "Equations and other calculus in V. Khlebnikov prose", XIII International Khlebnikov readings, Astrakhan University, Russia, 2019/9 (oral)
64. Trani, A.A., "Scatterings on a sphere: on the origin of the S-Stars", New Horizons in Galactic Center, Yokohama, Japan, 2019/10 (poster)
65. Trani, A.A., "TSUNAMI: a modern, user-friendly N-body code for planetary dynamics", Extreme Solar System IV, Reykjavik, Iceland, 2019/8 (poster)
66. Trani, A.A., "Merging black hole binaries close to supermassive black holes: the role of encounters", IAU Symposium 351 – MODEST19, Bologna, Italy, 2019/5 (poster)
67. Trani, A.A., "Scatterings on a sphere – On the S-stars, the three-body escape problem and binary black hole mergers in galactic nuclei", International School for Advanced Studies, Trieste, Italy, 2019/6 (oral)
68. Hasegawa, T., "Destruction of Circumstellar Disks by Surrounding Stars during Star Clusters Formation", Challenges and innovations in computational astrophysics, Saint Petersburg, Russia, 2019/9 (oral)
69. Hasegawa, T., "Destruction of Circumstellar Disks by Surrounding Stars during Star Clusters Formation", Extreme Solar System IV, Reykjavik, Iceland, 2019/8 (poster)
70. Yoshinari, N., "Tree-direct hybrid N-body simulation code for globular cluster evolution and binary formation", Challenges and Innovations in Computational Astrophysics, Sankt Peterburg, Russia, 2019/9 (oral)
71. Yoshinari, N., "Dynamical formation of compact binaries in globular clusters", Gravitational Wave Physics and Astronomy Workshop, Tokyo, Japan, 2019/10 (oral)
72. Yoshinari, N., "Development of a new N-body simulation code for globular clusters with binary stars", The Third Annual Symposium of the innovative area "Gravitational Wave Physics and Astronomy: Genesis", Hyogo, Japan, 2020/2 (poster)
73. Sakon, I., "Understanding of the properties of Interstellar Dust and Organics" International Conference on Infrared Astronomy and Astrophysical Dust, 22–25 October 2019, IUCAA, Pune, India, invited talk

74. Endo, I., “Experimental approaches to understand the properties of organics in space” International Conference on Infrared Astronomy and Astrophysical Dust, 22–25 October 2019, IUCAA, Pune, India, Oral presentation
75. Endo, I., “Laboratory experiments on the carriers of the ‘Class C’ UIR bands” The Physics and Chemistry of the Interstellar Medium, 2–6 September 2019, Palais des Papes-Avignon, France, poster presentation
76. Endo, I., “Quenched Nitrogen-included Carbonaceous Composite (QNCC): a a powerful candidate of the carriers of the UIR bands in classical novae”, IAU Symposium 350, “Laboratory Astrophysics: from Observations to Interpretation”, Jesus College, UK, 2019/04/15–2019/4/19, poster presentation
77. Buragohain, M., “Investigation of interstellar polycyclic aromatic hydrocarbon molecules as carriers for mid-infrared emission bands: Combined approach”, The 12th meeting on Cosmic Dust 2019, Chiba Institute of Technology (CIT), Japan, 2019/8/12–16, oral presentation
78. Buragohain, M., “Investigation of Interstellar PAH molecules as carriers for mid-infrared emission bands: combined approach”, International Conference on Infrared Astronomy and Astrophysical Dust, 22–25 October 2019, IUCAA, Pune, India, oral presentation
79. Matsunaga, N., “Near-IR windows of precise and detailed chemical measurements”, Subaru Telescope 20th Anniversary Workshop, Waikoloa Beach Marriott Resort & Spa, Hawaii, USA, 2019/11/18–22 (oral)
80. Matsunaga, N., “Approaches to Complex Populations of Evolved Stars Around the Galactic Center”, Galactic Center Workshop 2019, Keio University, 2019/10/21–24 (poster)

1.7.6 国内研究会

1. 戸谷友則: “東京大学の天文学専攻の昨今”, 研究集会「減災・防災の徹底に向けた地学教育の展望と課題」－北海道胆振東部地震など現場からの直接フィードバック－, 東京大学地震研究所, 2019年8月24日–25日
2. 山崎翔太郎: “天の河銀河高温ガスハローによる高速電波バーストの分散指標への寄与”, 天の川銀河研究会, 鹿児島大学, 2020/2/13–15
3. 山崎翔太郎: “磁気共鳴散乱で解き明かすマグネターフレアの放射機構”, 第32回理論懇シンポジウム, 国立天文台, 12/25–27
4. 須藤貴弘: “TeV Mysteries : coming solutions from HAWC”, 「RESCEU Summer School」, 秋田県角館温泉花葉館, 2019/8/23–26
5. 須藤貴弘: “Probing Particle Acceleration in the Jets of the Microquasar SS433 with MeV gamma rays” 「第2回 MeV ガンマ線天文学研究会」東京大学本郷キャンパス, 2019/9/26–27
6. 須藤貴弘: “Pulsar TeV Halos: Prospects for New Discoveries”, 「高エネルギーガンマ線でみる極限宇宙 2019」, 東京大学柏キャンパス, 2019/11/14–15
7. 須藤貴弘: “Pulsar TeV Halos: Prospects for New Discoveries”, 「高エネルギー宇宙物理学研究会 2019」, 山形県・蔵王アストリアホテル, 2019/12/5–7

8. 須藤貴弘: “Particle Acceleration in the Jets of the Microquasar SS433”, 「日本天文学会春季年会」, 講演中止, 資料提出による発表成立
9. Haoxiang Lin: “Off-Axis Very-High-Energy Afterglows from Binary Neutron Star Mergers”, Planet² / RESCEU Summer School: From the Solar System to the Universe, 秋田縣仙北市, 2019/8/23–26
10. Haoxiang Lin: “Afterglows from Neutron Star Mergers and Fast Radio Bursts”, 基盤研究(S)研究会・宇宙線研究所共同利用研究会「高エネルギーガンマ線でみる極限宇宙2019」, 東京大学, 2019/11/14–15
11. Tamura, M.: “Exoplanet Direct Imaging: Past and Future Earth-Like Planet Direct Imaging”, Workshop at OUS, 2019/11/14
12. Tamura, M. et al.: “Planetary systems around young stars and Earth-like planets exploration around nearest M dwarfs with new IR Doppler instruments”, 新学術領域「星惑星形成」シンポジウム, 2020/3/25
13. 相川祐理: “Astrochemistry: basic theoretical models and recent topics on isotopes”, 宇宙における物質進化—原子核・原子・分子—第1回シンポジウム, 理化学研究所和光キャンパス, 2019, 8/1–8/2 (招待講演)
14. 柏川伸成: “Subaru NIR PFC”, 近赤外線広視野サイエンスワークショップ, 2019/07/01–02, 国立天文台
15. 柏川伸成: “Galaxy environment & quasar environment”, 日本天文学会年会, 2019/09/11–13, 熊本大学 (招待講演)
16. 柏川伸成: “Galaxy environment & quasar environment”, 初代星・初代銀河研究会 2019, 2019/11/11–13, 名古屋大学 (招待講演)
17. 嶋作一大: “Rapid growth of SMBHs in dark matter halos at $z \sim 6$ ”, 「超巨大ブラックホール研究推進連絡会」第6回ワークショップ, 京都大学, 2019/5/29–30
18. 嶋作一大: “The host dark matter halos and galaxies of $z \sim 6$ quasars,” 初代星・初代銀河研究会 2019, 名古屋大学, 2019/11/11–13
19. 百瀬莉恵子: “Diffuse Ly α halos around galaxies at $z > 6$ ”, 面分光研究会 2019, 国立天文台, 2019/10/29–30
20. 百瀬莉恵子: “What can we learn about the IGM-galaxy connection from a 3D tomography map?”, SKA-Japan シンポジウム 2019, 国立天文台, 2019/9/2–6
21. 安藤誠, 嶋作一大: “Exploring Galaxy Proto-Cluster Cores at $z \sim 2$ ”, 6th Galaxy Evolution Workshop, Kavli IPMU, 千葉県, 2019/6/5–7
22. 安藤誠, 嶋作一大: “ $z \sim 2$ における原始銀河団コアの探索とメンバー銀河の性質”, 2019年度第49回天文・天体物理若手夏の学校, ロワジール豊橋, 愛知県, 2019/7/30–8/2
23. 安藤誠, 嶋作一大: “ $z \sim 2$ における原始銀河団コアの探索とメンバー銀河の性質”, 銀河・銀河間ガス研究会, 北見工業大学, 北海道, 2019/8/5–9
24. 衣川智弥: “連星白色矮星合体の重力波での観測率”, 天文天体物理夏の学校, 愛知, 2019年7月
25. 吉田敬, “大質量星の最終進化における OSi-rich 層での大規模対流”, 令和元年度国立天文台天文シミュレーションプロジェクトユーザーズミーティング, 国立天文台, 2020/01/20–21 (ポスター)
26. 吉田敬, “超新星ニュートリノと元素合成”, 第1回地下宇宙若手研究会, 東京大学宇宙線研究所附属 神岡宇宙素粒子研究施設, 2020/2/22–24

27. 財前真理, J. F. Cherry, 滝脇知也, 堀内俊作, 固武慶, 梅田秀之, 吉田敬, “超新星爆発においてニュートリノハローがニュートリノ集団振動へ与える影響”, 第49回天文・天体物理若手夏の学校, 愛知県 ロワジュールホテル豊橋, 2019/7/30-8/2 (ポスター)
28. 財前真理, “軸対称を破るニュートリノ集団振動と質量階層性”, 新学術「地下宇宙」第6回超新星ニュートリノ研究会, 東京大学宇宙線研究所 柏キャンパス, 2020/1/6-7
29. 財前真理, J. F. Cherry, 滝脇知也, 堀内俊作, 固武慶, 梅田秀之, 吉田敬, “重力崩壊型超新星爆発におけるニュートリノハロー効果を考慮したニュートリノ集団振動計算”, 天文シミュレーションプロジェクト ユーザーズミーティング, 国立天文台, 2020/1/20-21 (ポスター)
30. 財前真理, “超新星内部で生じるニュートリノ集団振動”, 第1回地下宇宙若手研究会, 東京大学宇宙線研究所附属 神岡宇宙素粒子研究施設, 2020/2/22-24
31. Christopher Nagele, Hideyuki Umeda, Koh Takahashi, Takashi Yoshida, Kohsuke Sumiyoshi, “Evidence for GR Induced Explosions in Supermassive Population III Stars”, 初代星・初代銀河研究会 2019, 名古屋大学, 2019/11/11-13
32. 藤井通子: “N体シミュレーションで見る天の川銀河バルジ”, 天の川銀河バルジ研究会 2019, 国立天文台, 2019年2月
33. 藤井通子: “Inter-clump velocity dispersion in star cluster complexes”, CfCA, 2018年度ユーザーズミーティング, 国立天文台, 2019年1月
34. 藤井通子: “シミュレーションで探る天の川銀河の運動と構造”, 平成30年度 インターン・後期 採択課題 成果報告会, 東京大学情報基盤センター スーパーコンピューティング研究部門, 2019/6
35. 藤井通子: “天の川銀河の N 体モデル”, 天の川銀河研究会 2020 (MilkyWay Workshop 2020), 鹿児島大学郡元キャンパス, 2020/2
36. 藤井通子: “富岳へ向けて:大規模構造形成から星団まで” ポスト「京」萌芽的課題・計算惑星 第4回 公開シンポジウム, TV 会議および Zoom, 2020/3 (invited)
37. 熊本淳: “低質量星団内におけるブラックホール連星形成と重力波放射”, 平成30年度 インターン・後期 採択課題 成果報告会, 東京大学情報基盤センター スーパーコンピューティング研究部門, 2019/6
38. 吉成直都: “Dynamical evolution of globular cluster using N-body simulation”, Galaxy Evolution Workshop 2019, 東京大学柏キャンパス, 2019/6
39. 吉成直都: “球状星団におけるコンパクト連星の力学進化”, 第49回天文・天体物理若手夏の学校, 愛知県豊橋市, 2019/7
40. 朝野哲郎: “Environmental impacts on star-forming galaxies in a $z \sim 0.9$ cluster during the course of galaxy accretion”, Galaxy Evolution Workshop 2019, 東京大学柏キャンパス, 2019/6
41. 朝野哲郎: “ $z \sim 1$ 銀河団の最新観測で探る銀河降着過程と星形成活動の関係”, 第49回天文・天体物理若手夏の学校, 愛知県豊橋市, 2019/7
42. 朝野哲郎: “天の川銀河の N 体シミュレーションと Gaia DR2 の比較:高次のバー共鳴由来の Hercules stream”, 天の川銀河研究会 2020 (MilkyWay Workshop 2020), 鹿児島大学郡元キャンパス, 2020/2
43. Trani, A.A.: “Three-body dynamics in a Keplerian tidal field and implications for gravitational wave emission”, Symposium of Celestial Mechanics, University of Kitasato, Japan 2019/7 (poster)

44. Trani, A.A.: “Can a Hot Jupiter host exomoons?”, RESCEU workshop on planetary science, Tokyo University, Japan, 2019/8 (oral)
45. 長谷川大空: “星団形成期における星周円盤の破壊”, 第49回天文・天体物理若手夏の学校, 愛知県豊橋市, 2019/7 (ポスター)
46. 左近 樹: “TMT/MICHI用のイメージライザーの開発”, 面分光研究会 2019-新面分光装置で花開く新しいサイエンス-, 国立天文台 三鷹キャンパス, 2019/10/29-30, 招待講演
47. 左近 樹: “Understanding the properties of dust and organics formed in novae”, Mid-infrared Astronomy -Past 20 years & Future 20 years-, 国立天文台 三鷹キャンパス, 2019/8/27-28, 口頭講演
48. 左近 樹: “Origins へのハードウェア貢献”, 2019年度光赤天連シンポジウム「2030年代を見据えて光赤天連のあり方を考える」, 国立天文台 三鷹キャンパス, 2019/9/24-9/26, 口頭講演
49. 左近 樹: “たんぽぽ2: 模擬星間有機物、小天体有機物、アミノ酸の宇宙曝露実験”, 第20回宇宙科学シンポジウム, 宇宙科学研究所相模原キャンパス, 2019/1/8, ポスター講演
50. 左近 樹: “Origins Space Telescope”, 第20回宇宙科学シンポジウム, 宇宙科学研究所相模原キャンパス, 2019/1/9, ポスター講演
51. Mridusmita Buragohain: “Investigation of Interstellar Polycyclic Aromatic Hydrocarbon molecules as carriers for mid-infrared emission bands: combined approach”, Mid-infrared Astronomy -Past 20 years & Future 20 years-, 国立天文台 三鷹キャンパス, 2019/8/27-28, 口頭講演
52. 遠藤いずみ: “急冷室素含有炭素質物質の宇宙環境曝露実験”, 36th Grain Formation Workshop, 2020/2/26-28
53. 松永典之: “近赤外線帯に発見した中性子捕獲元素の吸収線とその応用の見込み”, 天の川銀河研究会 2020, 鹿児島大学, 2020/2/13-15
54. 松永典之: “銀河系中心部(バルジ+中心角バルジ)のミラ型変光星”, Small-JASMINE コンソーシアム・キックオフミーティング, 国立天文台, 2019/8/26
55. 谷口大輔: “銀河系棒状バルジ終端部付近の金属欠乏”, 2019年度第49回天文・天体物理若手夏の学校, 愛知, 2019/7/30-8/2
56. 谷口大輔: “銀河系棒状バルジ終端部付近の金属欠乏”, 天の川銀河研究会 2020, 鹿児島大学, 2020/2/13-15
57. 谷口大輔: “赤色超巨星の湯高温度—近赤外線 YJ バンドに現れる鉄吸収線ペアのライン強度比を用いた決定”, 第25回天体スペクトル研究会, 東京工業大学 (オンライン), 2020/2/29-3/1
58. Mingjie Jian: “The helium absorption at 10830 Å: observational trends with stellar parameters and the synthetic spectra”, Milky Way Workshop 2020, University of Kagoshima, 2020/2/13-15
59. Mingjie Jian: “Detecting helium directly in stars and exoplanets: The helium 10830 Å line”, IRD-SSP kickoff meeting, NAOJ, 2019/10/04

1.7.7 その他の講演

1. Shotaro Yamasaki: Fast Radio Bursts and Binary Neutron star Mergers/ Radio Suppression at the Onset of Short Magnetar Flares, Astrophysics and Cosmology Seminar, Ben Gurion University of the Negev, Israel, 2019/6/5
2. Shotaro Yamasaki: Revealing the Origin of Violent Stellar Transients from Fast Radio Bursts and Magnetars, 東京大学, 天文学教室談話会, 2019/12/3
3. 柏川伸成: みんなのサマーコンサート in BX ホール ～感じてみよう！広い宇宙のものがたり～, 2019/08/03
4. 柏川伸成: “遠方宇宙のブラックホール探査”, 朝日カルチャー新宿 ブラックホール研究の最前線, 2019/09/28
5. 柏川伸成: “うちゅうのなぞ”, 東大理学部ホームカミングデイ 2019 ～家族で体験 理学のワンダーランド～, 2019/10/19
6. 柏川伸成: “すばる望遠鏡の見た宇宙、そしてその向こう”, 東大理学部高校生のための冬休み講座 2019, 2019/12/25
7. 百瀬莉恵子: “多視点で探る銀河進化”, 朝日カルチャーセンター横浜, 21 December, 2019
8. Momose. R.: “Environmental dependence of galactic properties traced by Ly α forest absorption”, APEC Seminar, Kavli IPMU University of Tokyo, 2020/03/12
9. Momose. R.: “Environmental dependence of galactic properties traced by Ly α forest absorption”, ROE Seminar, Edinburgh University, 2020/01/22
10. Momose. R.: “Environmental dependence of galactic properties traced by Ly α forest absorption”, Galaxy group Seminar, Geneva Observatory, 2020/01/16
11. Momose, R.: “Evolution of galaxies traced by Ly α halos”, CosmoClub, UC Santa Cruz, 2019/05/20
12. 衣川智弥: “重力波天文学で探る宇宙初期からの連星進化”, 九州産業大学, 2019/11/1-3
13. 吉田 敬: “Multi-dimensional Hydrodynamics Simulations of Oxygen-Shell Burning Just Before the Core Collapse of Massive Stars’’, 早稲田大学, 宇宙物理研究室セミナー, 2019/5/10
14. 吉田 敬: “Multi-dimensional Hydrodynamics Simulations of Oxygen-Shell Burning Just Before the Core Collapse of Massive Stars’’, 東京大学, RESCEU セミナー, 2019/7/24
15. Chien-Chang Feng, Ke-Jung Chen, Hideyuki Umeda: “Head-on collision of a white dwarf and a neutron star”, Institute of Astronomy and Astrophysics, Academia Sinica, Taipei, Taiwan, Seminar, 2019/8/18
16. 財前 真理: “Collective neutrino oscillation including the neutrino halo effects in core-collapse supernovae’’, 早稲田大学, 山田研究室セミナー, 2020/1/23
17. Trani, A.A.: “Scatterings on a sphere – On the S-stars, the three-body escape problem and binary black hole mergers in galactic nuclei”, University of Padova, Padova, Italy, 2019/5 (oral)
18. Trani, A.A.: “The few-body problem from planets to black holes”, Seminar, Kavli Institute for the Physics and Mathematics of the Universe, Tokyo University, Japan, 2020/1 (oral)

19. Trani, A.A.: “The few-body problem: astrophysical implications and numerical approaches”, Seminar, Waseda University, Japan, 2020/1 (oral)
20. Trani, A.A.: “The few-body problem from Newton to black holes”, Seminar, CIERA, Northwestern University, USA, 2020/3 (oral)
21. Trani, A.A.: “TSUNAMI code: applications to planetary dynamics”, Seminar, NAOJ, Japan, 2019/11 (oral)
22. Trani, A.A.: “The few-body problem from planets to black holes”, Seminar, NAOJ, Japan, 2019/10 (oral)
23. 高田将郎: “星震学の現状と展望”, 東北大学天文学教室談話会, 東北大学, 2019/6/10.
24. Izumi Endo: “Laboratory experiments on the carriers of the UIR bands observed in classical novae”, Seminar at CEA, CNRS, Université Paris-Saclay, France, 2019/8/30
25. 松永典之: “WINERED–high-resolution zYJ -band spectrograph moving to Magellan”, Special SSP Seminar, Harvard Smithsonian Center for Astrophysics, Cambridge (MA), US, 2019/12/11
26. 谷口大輔: “NIR Spectroscopy of Red Supergiants at around the Galactic Bar-End Region”, Seminar at Astronomical Observatory of Padova, Italy, 2019/5/31
27. 谷口大輔: “AIが教えてくれる宇宙の秘密”, 第15回サイエンスカフェ in 松江, 島根, 2019/12/14
28. Mingjie Jian: “Helium spectral line in 10830 Å: observational trends with stellar parameters”, Special SSP Seminar, Harvard Smithsonian Center for Astrophysics, Cambridge (MA), US, 2019/12/11

1.8 その他の活動

1.8.1 記者会見, プレスリリース, 新聞報道

1. 戸谷友則: 「宇宙における生命～どのように生まれたのか、そして命の星はいくつあるのか」, 東京大学理学部プレスリリース, 2020/02/03
2. 松永典之, 小林尚人, 辻本拓司, 河北秀世: 「宇宙の錬金術を観察するためのカギを赤外線域で発見～中性子捕獲元素によって近赤外線に現れる吸収線の多くを観測的に同定～」, 東京大学大学院理学系研究科プレスリリース, 2020/1/9
<https://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/info/6668/>

1.8.2 受賞

1. 戸谷友則 (共著者として): “The Subaru FMOS galaxy redshift survey(FastSound). IV. New constraint on gravity theory from redshift space distortions at $z \sim 1.4$ ”, 2018年度日本天文学会論文研究報告論文賞
2. 衣川智弥: 「初代星起源コンパクト連星からの重力波についての研究」, 平成30年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞, 2018/4/17

3. A. L. Varri “Future Leaders Fellowship” awarded by UK Research and Innovation, 2019/05
4. 藤井通子, 日本女性技術者フォーラム 女性技術者に贈る奨励賞 2019年度
5. 藤井通子, 公益財団法人 島津科学技術振興財団 島津奨励賞 2019年度

1.8.3 他学科・専攻での講義

1. 藤井: 力学 A (教養学部)

1.8.4 他大学での講義

1. 田村 元秀: 太陽系外惑星, 名古屋大学.
2. 衣川智弥: 先端物理学, デジタルハリウッド大学.
3. 吉田敬: コンピュータリテラシー 1, 2, 明治学院大学

1.8.5 委員その他

戸谷	学内	天文学専攻専攻長 理学系研究科進学指導担当教員 理学系研究科学生支援室運営委員 理学系研究科ハラスメント防止委員会委員 理学系研究科天文学教育研究センター運営委員 理学系研究科 TAO 諮問委員会委員長
	他機関	日本天文学会代議員 国立天文台 TMT 科学諮問委員会 国立天文台 プロジェクト評価委員会 京都大学基礎物理学研究所運営協議会委員
田村	学内	宇宙地球国際卓越委員
	学内	評価委員会委員
	学内	宇宙惑星科学機構運営委員
	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	専攻教育会議議長 宇宙地球国際卓越協力教員 地殻化学実験施設運営委員会
	他機関	国際天文学連合 Commission H2 Organizing Committee Member 神戸大学・CPS 運営委員会委員 日本天文学会欧文研究報告・編集委員 日本天文学会代議員 日本学術会議地球惑星科学委員会委員 日本学術会議物理学委員会委員
柏川	学内	教務委員 グローバルサイエンスコース (GSC) ファカルティ委員

		GSGC ファカルティ委員
	他機関	光学赤外線天文連絡会・運営委員
嶋作	学内	日露学生交流プログラム (STEPS) 運営委員会委員 理学系研究科キャリア支援室運営委員
	他機関	日本天文学会欧文研究報告・編集委員長
梅田	学内	理学系研究科図書委員 理学系研究科技術委員会委員 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	国際交流委員
	他機関	国立天文台 CfCA 科学諮問委員
左近	学内	環境安全管理室天文学専攻室員
	他機関	The Origins Space Telescope International Ex-Officio Non-voting members, JAXA Liaison Nova Conference in July 2019 in Aveiro, Portugal, SOC (2018-) 光赤天連運 2030 年代将来計画検討ワーキンググループメンバー
松永	学内	理学系研究科ネットワーク委員
	他機関	国立天文台 せいめい小委員会委員 (2019年9月まで)

1.8.6 科研費等

(次ページに続く)

戸谷	基盤研究 (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
山崎	特別研究員奨励費 [17J04010]	高速電波バースト及び残光の理論・観測的研究
須藤	特別研究員奨励費 [18J20943]	銀河の形成進化と超高エネルギー宇宙ニュートリノの起源
Kwon	若手研究 [19K14775]	高解像度円偏光観測と氷実験：生命のホモキラリティの起源の理解に向けて
相川	基盤研究 S (分担) [18H05222]	原始惑星系円盤形成領域の化学組成とその進化)
	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'
柏川	基盤研究 (A)(分担) [17H01114]	すばる HSC 狭帯域深宇宙探査で暴く宇宙再電離: CHORUS プロジェクト
嶋作	基盤研究 (C) [19K03924]	原始銀河団の系統的探査に基づく銀河団銀河の進化の研究
	基盤研究 (A)(分担) [17H01114]	すばる HSC 狭帯域深宇宙探査で暴く宇宙再電離: CHORUS プロジェクト
百瀬莉恵子	特別研究員奨励費 [18J40088]	天文学振興財団 国際研究支援事業 (国際交流) に対する助成
衣川	特別研究員奨励費 [18J00558]	
梅田	基盤研究 (C) [17K05380]	回転の影響を考慮した宇宙初期の超巨大質量星の研究
	基盤研究 (A)(分担) [17H01130]	大質量星の多次元進化から解き明かす爆発的コンパクト天体形成メカニズムの統一的解明
藤井	新学術領域研究 (研究領域提案型)(分担) [17H06360]	ブラックホール連星形成過程の理論的研究
	基盤 B(代表)[19H01933]	銀河シミュレーションで探る星団起源ブラックホール連星の宇宙史
高田	基盤研究 (C) [18K03695]	赤色巨星における抑圧された双極子振動モードの謎 — 漸近理論による究明

- 左近 基盤研究 (C) [16H05997] 赤外観測および実験に基づく恒星終焉期のダスト形成過程の理解
2020年度 特別研究員奨励費 (Mridusmita Buragohain) [19F19029] 融合的な手法に基づく星間芳香族炭化水素の性質の理解
2019年度国際共同ミッション推進研究経費 [ISAS] 米国 2020年 decadal survey にむけた Origins/MISC の最終検討報告書の完成
TMT 戦略基礎開発研究経費 (委託) [NAOJ] MICHI (Mid-Infrared Camera, High-disperser, and IFU) の要素技術開発
- 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
科研費・基盤研究 (B) [18H01248] セファイド変光星の多次元情報に基づく銀河系円盤の進化過程の検証
特別推進 (分担) [16H06287] 近赤外線重力マイクロレンズ観測による冷たい系外惑星及び浮遊惑星の探索
自然科学研究機構国立天文台の大学支援経費「委託研究」 光赤外線 YJ バンドに存在する r 過程元素吸収線の較正と応用

1.8.7 出張記録

- 戸谷 友則 2019/4/12-13, 京都大学, 研究打ち合わせ
2019/6/29-7/5, チリ・コピアポ, IAU Symposium 354: Solar and Stellar Magnetic Fields: Origins and Manifestations に参加
2019/9/11-13, 熊本県熊本市, 日本天文学会秋季年会に参加
2019/10/17, 東京大学柏の葉キャンパス, 国際会議 The cosmos at high energies: exploring extreme physics through novel instrumentation に参加
2019/10/28-11/1, 神奈川県横浜市, 国際会議 Yokohama GRB 2019 に参加
2019/11/10-11, 京都国際会館, 京都賞受賞式に出席
2019/11/14, 東京大学柏の葉キャンパス, 研究会「高エネルギーガンマ線でみる極限宇宙 2019」に参加
2019/11/19-24, 米国ハワイ, 国際会議 SUBARU TELESCOPE 20TH ANNIVERSARY - Optical & Infrared Astronomy for the Next Decade - に出席
2020/1/24, 京都大学, 基礎物理学研究所運営協議会出席
2020/3/24-25, 国立天文台水沢 VLBI 観測所, 研究打ち合わせ
- 山崎 翔太郎 2020/2/13-15, 鹿児島県鹿児島市, 天の川銀河研究会 2020 に参加
2019/5/2-7/26, Beer-Sheva, Israel, Ben-Gurion University に長期研究滞在
- 須藤 貴弘 2019/7/30-8/02, 愛知県, 「第49回天文・天体物理若手夏の学校」に参加
2019/8/23-26, 秋田県, 「RESCEU Summer School」に参加
2019/9/04-06, スペイン, バルセロナ, 「Variable Galactic Gamma-Ray Sources (V)」に参加
2019/9/09-13, 富山県, 「16th International Conference on Topics in Astroparticle and Underground Physics」に参加
2019/9/09-13, 東京都, 「第2回 MeV ガンマ線天文学研究会」に参加
2019/11/11-13, 千葉県, 「Dark Matter searches in the 2020s」に参加
2019/11/14-15, 千葉県, 「高エネルギーガンマ線でみる極限宇宙 2019」に参加
2019/12/5-7, 山形県, 「高エネルギー宇宙物理学研究会 2019」に参加
2019/12/25-27, 東京都, 「第32回理論懇シンポジウム」に参加

(次ページに続く)

- 2020/2/21 コペンハーゲン大学でセミナー
- Lin Haoxi-
ang 2019/5/6-11, ボローニャ (イタリア), CTA 1st Science Symposium に参加
- 2019/5/13-17, 南京 (中国), Nanjing GRB Conference に参加
- 2019/8/23-26, 秋田縣仙北市, RESCEU Summer School に参加
- 2019/10/7-11, 京都大学基礎物理学研究所, Yukawa International Seminar に参加
- 相川 祐理 2019/4/14-21, Cambridge, UK, IAU Symposium 350, Laboratory Astrophysics: From Observations to Interpretation にて招待講演
- 2019/6/22-29, Mount Holyoke College South Hadley, MA, USA, Origins of Solar Systems, Gordon Research Conference, Meteoritical, Spacecraft and Astrophysical Perspectives on the Assembly and Composition of Planets にて招待講演
- 2020/1/19-26, Center for Astrophysics, Boston, USA, ALMA Large Program MAPS meeting にて研究成果発表および打ち合わせ
- 2019, 8/1-8/2, 理研和光キャンパス, 宇宙における物質進化-原子核・原子・分子-第1回シンポジウムにて招待講演
- 柏川伸成 2019/7/1, 東京都三鷹市, 国立天文台, 近赤外線広視野観測ワークショップに参加
- 2019/9/12-13, 熊本県熊本市, 日本天文学会 2019 年秋季年会に参加
- 2019/10/21-25, Beijing, China, Beijing University, Cosmic Evolution of Quasars: from the First Light to Local Relics に参加
- 2019/11/12, 愛知県名古屋市, 名古屋大学, 初代星・初代銀河研究会 2019 に参加
- 2019/11/14, 神奈川県大和市, 大野原小学校, 講演
- 2019/12/18-20, Mumbai, India, Science with Subaru: an Indian perspective に参加
- 石本梨花子 2018/7/22-25, 愛知県豊橋市, ロワジール豊橋, 2019 年度第 40 回天文・天体物理若手夏の学校に参加
- 2019/10/21-25, Beijing, China, Beijing University, Cosmic Evolution of Quasars: from the First Light to Local Relics に参加
- 嶋作 一大 2019/5/29-30, 京都市, 京都大学, 超巨大ブラックホール研究推進連絡会「第6回ワークショップ」, 口頭発表
- 2019/9/11-13, 熊本市, 熊本大学, 日本天文学会 2019 年秋季年会, 参加
- 2019/11/11-13, 名古屋市, 名古屋大学, 初代星・初代銀河研究会 2019, 口頭発表
- 百瀬莉恵子 2019/5/7-6/10 アメリカ カリフォルニア州, パサデナ, “共同研究”
- 2019/6/23-26 台湾 新竹市, “NEP Meeting 2019 参加 招待講演”
- 2019/8/1 東京都港区 明治記念館, “学振 RPD 交流会 口頭発表”
- 2019/8/23 東京都三鷹市 国立天文台, “総研大キャリア支援 TA”
- 2019/9/5 東京都三鷹市 国立天文台, “SKA-Japan シンポジウム 2019 口頭発表”
- 2019/9/11-15 熊本県熊本市 熊本大学, “日本天文学会秋季年会参加 口頭発表”
- 2019/10/30 東京都三鷹市 国立天文台, “面分光研究会 2019 口頭発表”
- 2019/11/17-24 アメリカ ハワイ州, コナ, “Subaru Telescope 20th Anniversary Conference 参加 口頭発表”
- 2019/11/26-2019/12/04 チリ ラスカンパナス, “マゼラン望遠鏡での観測”
- 2019/12/21 神奈川県横浜市, “朝日カルチャーセンター横浜 講師”
- 2020/1/12-22 スイス ジュネーヴ, “共同研究”
- 2020/1/22-26 イギリス エディンバラ, ロンドン, “セミナーおよび共同研究”
- 2020/3/12 千葉県柏市 Kavli IPMU, “セミナー”

(次ページに続く)

- 安藤誠 2019/6/5-7, 千葉県柏市, Kavli IPMU, 第6回銀河進化研究会, 口頭発表
 2019/7/30-8/2, 愛知県豊橋市, ロワジュール豊橋, 2019年度第49回天文・天体物理若手夏の学校, 口頭発表
 2019/8/5-9, 北海道北見市, 北見工業大学, 銀河・銀河間ガス研究会, 口頭発表
 2019/9/11-13, 熊本県熊本市, 熊本大学, 日本天文学会2019年秋季年会, ポスター発表
 2019/11/17-22, アメリカ ハワイ州, ハワイ島, Subaru 20th Anniversary Symposium, ポスター発表
 2020/3/2-6, ブラジル リオ・グランデ・ド・スル州, ベント・ゴンサルベス, IAU Symposium 359: GALFEED, ポスター発表
 2019/11/7-8, 理化学研究所, Collaborative Meeting on Supernova Remnants between Japan and USA
- 衣川智弥 2019/7/30-8/2, 愛知にて天文天体物理夏の学校に参加
 2019/8/3-10, イギリス, エクセター大学にて研究会「Workshop on core-collapse supernova explosions and relate」に参加
 2019/9/11-13, 熊本にて日本天文学科に参加
 2019/9/27-10/3, 京都にて YITP long term workshop に参加
 2019/10/6-14, 京都にて YITP long term workshop に参加
 2019/10/18-23, 京都にて YITP long term workshop に参加
 2019/10/28-11/1, 横浜にて研究会 Yokohama GRB2019 に参加
 2019/11/1-3, 福岡の九州産業大学にてセミナー
 2019/11/29-12/1, 愛知の中京大学にて研究会「連星系・変光星研究会2019」に参加
 2019/12/6-9, 中国三亜にて研究会「APSS2019」に参加
- 吉田 敬 2019/5/10, 早稲田大学宇宙物理研究室, セミナー発表
 2019/8/3-11, イギリス, エクセター大学, Workshop on core-collapse supernova explosions and related physics, 口頭発表
 2019/10/20-24, 福岡大学, Multi-dimensional Modeling and Multi-Messenger observation from Core-Collapse Supernovae (4M-COCOS), 口頭発表
 2019/11/7-8, 理化学研究所, Collaborative Meeting on Supernova Remnants between Japan and USA
 2020/1/6-7, 東京大学宇宙線研究所, 第6回超新星ニュートリノ研究会, 参加
 2020/1/20-21, 国立天文台, 天文シミュレーションプロジェクトユースターズミーティング, ポスター発表
 2020/2/22-24, 東京大学宇宙線研究所附属 神岡宇宙素粒子研究施設, 第1回地下宇宙若手研究会, 口頭発表
- Chien-Chang Feng 2019/8/18-8/24, Institute of Astronomy and Astrophysics, Academia Sinica, Taipei, 研究打ち合わせ
- 財前 真理 2019/7/30-8/2, 愛知県豊橋市, ロワジュールホテル豊橋, 2019年度第49回天文・天体物理若手夏の学校, ポスター
 2019/8/3-11, イギリス, エクセター大学, Workshop on core-collapse supernova explosions and related physics, 口頭発表
 2019/9/9-13, 富山国際会議場, TAUP 2019, 口頭発表
 2019/10/20-24, 福岡大学, Multi-dimensional Modeling and Multi-Messenger observation from Core-Collapse Supernovae (4M-COCOS), 口頭発表

(次ページに続く)

- 2020/1/6-7, 東京大学宇宙線研究所, 第6回超新星ニュートリノ研究会, 口頭発表
 2020/1/20-21, 国立天文台, 天文シミュレーションプロジェクトユーザーズミーティング, ポスター
 2020/2/23, 早稲田大学, 山田研究室, セミナー発表
 2020/2/22-24, 東京大学宇宙線研究所附属 神岡宇宙素粒子研究施設, 第1回地下宇宙若手研究会, 口頭発表
- 聖川 昂太郎 2019/8/19-23, 広島県福山市, まなびの館 ローズコム, サマースクール「コンパクト天体基礎講座」に参加
 2019/9/11-13, 熊本県熊本市, 熊本大学, 日本天文学会 2019 年秋季大会, 口頭発表
 2019/10/7-18, 京都府京都市, 京都大学, YITP long-term workshop (Multi-Messenger Astrophysics in the Gravitational Wave Era), 口頭発表
- Christopher Nagele 2019/11/11-13, 愛知県名古屋市, 名古屋大学, 初代星・初代銀河研究会 2019, 口頭発表
- 藤井通子: 2019/5/27-6/1, Bologna, Italy, IAU Symposium 351 & MODEST-19 参加
 2019/9/12-13, 熊本, 熊本大学, 日本天文学会 2019 年 秋季年会参加
 2019/9/16-17, York, UK, StarFormMapper 参加
 2019/9/18-20, st.petersburg, Russia, INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE 参加
 2019/12/15-22, Amsterdam, Netherland, Lorentz center workshop;The Origins of Black Hole Mergers and Gravitational waves 参加
 2020/2/13-15, 鹿児島, 鹿児島大学, 天の川銀河研究会 2020 (MilkyWay Workshop 2020) 参加
- 熊本 淳: 2019/5/26-6/1, Bologna, Italy, IAU Symposium 351 & MODEST-19 参加
 2019/9/8-10, 富山市, Topics in Astroparticle and Underground Physics 2019 参加
 2019/9/11-13, 熊本市, 熊本大学, 日本天文学会 2019 年 秋季年会参加
 2019/9/15-21, st.petersburg, Russia, INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE 参加
 2019/10/7-11, 京都市, 京都大学, the Yukawa International Seminar (YKIS) 2019 参加
 2019/11/27-28, 神戸市, 甲南大学, 進捗状況報告の会合参加
 2019/12/16-21, Leiden, Netherlands, Lorentz center workshop;The Origins of Black Hole Mergers and Gravitational waves 参加
 2020/2/10-12, 神戸市, 甲南大学, Gravitational wave physics and astronomy: Genesis; The Third Annual Area Symposium 参加
- 吉成直都: 2019/6/5-7, 柏市, 東京大学, Galaxy Evolution Workshop 2019 参加
 2019/7/30-8/2, 豊橋市, ロワジールホテル豊橋, 第49回天文・天体物理若手夏の学校 参加
 2019/9/11-13, 熊本市, 熊本大学, 日本天文学会 2019 年 参加
 2019/9/16-20, St.Petersburg, Russia, INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE 参加
 2020/2/10-12, 神戸市, 甲南大学, Gravitational wave physics and astronomy: Genesis; The Third Annual Area Symposium 参加
- 朝野哲郎: 2019/6/5-7, 柏市, 東京大学, Galaxy Evolution Workshop 2019 参加
 2019/7/30-8/2, 豊橋市, ロワジールホテル豊橋, 第49回天文・天体物理若手夏の学校参加
 2019/8/19-8/20, 仙台市, 作並温泉 La 楽リゾートホテルグリーングリーン及び東北大学, 銀河力学研究会参加及び研究打ち合わせ

(次ページに続く)

- 2019/9/11–13, 熊本市, 熊本大学, 日本天文学会 2019 年秋季年会参加
 2020/2/13–15, 鹿児島, 鹿児島大学, 天の川銀河研究会 2020 (MilkyWay Workshop 2020) 参加
 2020/2/20–3/13, Leiden, The Netherlands, Leiden Observatory, 共同研究
- 長谷川大空: 2019/7/30–8/2, 豊橋市, ロワジールホテル豊橋, 第 49 回天文・天体物理若手夏の学校 参加
 2019/8/18–23, Reykjavik, Iceland, Extreme Solar Systems IV 参加
 2019/9/11–13, 熊本市, 熊本大学, 日本天文学会 2019 年 参加
 2019/9/16–20, St.Petersburg, Russia, INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE 参加
- 高田 将郎 2019/06/10–11, 東北大学, 仙台, 東北大学天文学教室談話会にて講演
 2019/09/11–13, 熊本大学, 熊本, 日本天文学会 2019 年秋季年会にて発表
- 左近 樹 2019/6/19–23, Simons Foundation, Flatiron Institute, NYC, USA, Origins Space Telescope Science and Technology Definition Team F2F meeting, oral presentation, discussion
 2019/ 10/22–26, IUCAA, Pune, Indi India, International Conference on Infrared Astronomy and Astrophysical Dust, invited talk
- Mridsmita 2019/6/23–6/30, the University Paul Sabatier, Toulouse, France, participation to Summer
 Burago- School PAHs in extreme environments
 hain
 2019/9/1–10, Palais des Papes, Avignon, France, The Physics and Chemistry of the Interstellar Medium, poster presentation
 2019/10/21–11/7, IUCAA, Pune, Indi India, International Conference on Infrared Astronomy and Astrophysical Dust, oral presentation
- 遠藤 いづみ 2019/4/13–20, Jesus Collage, UK, IAU Symposium 350 “Laboratory Astrophysics: from Observations to Interpretation, poster presentation
 2019/7/17–30, Kennedy Space Flight Center, USA, preparation for experiment sample
 2019/8/29–9/8, CEA Saclay, Paris & Palais des Papes, Avignon, France, Semiar talk and poster presentation at The Physics and Chemistry of the Interstellar Medium
 2019/10/8–10/16, Subaru Telescope, HI, USA, Open Use Observation (S19B-126 “Census of Dusty Wolf-Rayet Stars with COMICS”)
 2019/10/20–10/26, IUCAA, Pune, Indi India, International Conference on Infrared Astronomy and Astrophysical Dust, oral presentation
- 松永 典之 2019/5/19–26, ローマ大学トルベルガータ校, イタリア, Bono 氏らとの共同研究のためローマ出張
 2019/11/18–22, ハワイ, 米国, すばる望遠鏡 20 周年記念研究会
 2019/12/10–11, Harvard Smithonian Center for Astrophysics, 米国, Andrea Dupree 氏らとの研究打ち合わせのため
- 谷口大輔 2019/5/19–26, University of Rome Tor Vergata, Italy, 研究打ち合わせ.
 2019/5/27–28, Astrophysics and Space Science Observatory of Bologna, Italy, 研究打ち合わせ
 2019/5/28–6/1, Astronomical Observatory of Padova, Italy, セミナーと研究打ち合わせ
 2019/6/2–7, University of L’Aquila, Italy, ISSS Summer School on “Space Astrometry for Astrophysics”
 2019/7/30–8/2, 愛知, 日本, 2019 年度第 49 回天文・天体物理若手夏の学校
 2019/8/26, 三鷹, 日本, JASMINE Consortium Kick-off Meeting

(次ページに続く)

	2019/10/4, 三鷹, 日本, “IRD-SSP キックオフミーティング”
	2019/10/29–30, 三鷹, 日本, 面分光研究会 2019
	2020/2/13–15, 鹿児島, 日本, 天の川銀河研究会 2020
Mingjie Jian	2019/4/15–5/2, South African Astronomical Observatory, South Africa, IRSF Observation on Galactic Cepheids
	2019/9/22–29, KIAA Peking University, Discussion on YSO with Anupam Bhardwaj and Tapas Baug
	2019/12/10–11, Harvard Smithsonian Center for Astrophysics, 米US, Discussion on stellar helium abundance with Eugege Avrett and Andrea Dupree

1.9 来訪者

氏名	所属	受入	期間	備考
Xavier Prochaska	University of California, Santa Cruz	戸谷	2019/9/4	談話会
Soheb Mandhai	Univ. Leicester	戸谷	2019/11/2–14	discussion
Jes Jorgensen	Niels Bohr Institute, Denmark	相川	2019/12/8–10	ALMA Workshop 2019 Early Planet Formation in Embedded Disks
Kwon, Woojin	KASI, Korea	相川	2019/12/8–10	ALMA Workshop 2019 Early Planet Formation in Embedded Disks
Lai, Shih-Ping	National Tsing Hua University, Taiwan	相川	2019/12/8–10	ALMA Workshop 2019 Early Planet Formation in Embedded Disks
Lee, Chang Won	KASI, Korea	相川	2019/12/8–10	ALMA Workshop 2019 Early Planet Formation in Embedded Disks
Lee, Jeong-Eun	Kyung Hee University, Korea	相川	2019/12/8–10	ALMA Workshop 2019 Early Planet Formation in Embedded Disks
Li, Zhi-Yun	University of Virginia, USA	相川	2019/12/8–10	ALMA Workshop 2019 Early Planet Formation in Embedded Disks
Looney, Leslie	University of Illinois, USA	相川	2019/12/8–10	ALMA Workshop 2019 Early Planet Formation in Embedded Disks

(次ページに続く)

氏名	所属	受入	期間	備考
松本倫明	法政大学	相川	2019/12/8-10	ALMA Workshop 2019 Early Planet Formation in Em- bedded Disks
大橋永芳	台湾中央研究院	相川	2019/12/8-10	ALMA Workshop 2019 Early Planet Formation in Em- bedded Disks
高桑繁久	鹿児島大学	相川	2019/12/8-10	ALMA Workshop 2019 Early Planet Formation in Em- bedded Disks
John Tobin	NRAO, USA	相川	2019/12/8-10	ALMA Workshop 2019 Early Planet Formation in Em- bedded Disks
富田賢吾	大阪大学	相川	2019/12/8-10	ALMA Workshop 2019 Early Planet Formation in Em- bedded Disks
塚本裕介	鹿児島大学	相川	2019/12/8-10	ALMA Workshop 2019 Early Planet Formation in Em- bedded Disks
Jonathan Williams	Univ. of Hawaii	相川	2019/12/8-10	ALMA Workshop 2019 Early Planet Formation in Em- bedded Disks
Hsi-Wei Yen	台湾中央研究院	相川	2019/12/8-10	ALMA Workshop 2019 Early Planet Formation in Em- bedded Disks
野村英子	国立天文台	相川	2019/11/5	ALMA MAPS 研究 打ち合わせ
塚越崇	国立天文台	相川	2019/11/5	ALMA MAPS 研究 打ち合わせ
古家健次	筑波大学	相川	2019/11/5	ALMA MAPS 研究 打ち合わせ
Phuong, N.	Vietnam National Space Center	相川	2020/3/11	セミナー
野村英子	国立天文台	相川	2020/3/11	研究打ち合わせ
Tim Heckman	IPMU	柏川	2019/06/25	研究議論、談話会
三澤透	信州大学	柏川	2019/01/14	研究議論

(次ページに続く)

氏名	所属	受入	期間	備考
Koki Kakiichi	UC Santa Barbara	百瀬	2019/12/18	セミナー
谷川衝	総合文化研究科	衣川, 吉田	2019/4/4	研究議論
		衣川, 吉田	2019/4/15	研究議論
		衣川, 吉田	2019/5/13	研究議論
佐藤寿紀	理化学研究所	梅田	2019/4/4	研究議論
		梅田	2019/11/15	研究議論
高橋亘	AEI	梅田	2019/4/11-22	研究議論
平井遼介	Monash University	衣川	2019/11/12-12/5	研究議論
S. Codis	Institut d'Astrophysique de Paris, France	Varri	2019/4/1	Seminar (IPMU) and discussion
U.N. Di Carlo	Università dell'Insubria, Italy	Trani	2019/7/22-26	Seminar (UTokyo) and discussion
A. Ballone	Università, Italy	Trani	2019/10/28-31	Seminar (UTokyo) and discussion
Giovanni Mirouh	University of Surrey, UK	高田将郎	2019/4/16-17	研究打ち合わせ
Jim Fuller	California Institute of Technology, USA	高田将郎	2020/2/24	研究打ち合わせ
Dnagning Wu	CEA Saclay	左近・尾中	2019/11/13-28	共同研究
Chen Xiaodian	北京大学 (Kavli IAA)	松永典之	5/30-6/5	共同研究
Wang Shu	北京大学 (Kavli IAA)	松永典之	5/30-6/5	共同研究
Anupam Bhardwaj	北京大学 (Kavli IAA)	松永典之	6/17-28	共同研究
Anupam Bhardwaj	北京大学 (Kavli IAA)	松永典之	11/6-14	共同研究
Tapas Baug	北京大学 (Kavli IAA)	松永典之	11/6-14	共同研究

1.10 教室談話会

回	日付	講演者 (所属)	講演タイトル
1679	2019/4/16	Giovanni Mirouh (University of Surrey, United Kingdom)	Asteroseismology of fast-rotating stars : the contribution of two-dimensional calculations
1680	2019/4/18	高橋 亘 / Koh Takahashi (Albert-Einstein-Institut, Potsdam, Germany)	A Novel Modeling of Magneto-Rotating Stellar Evolution
1681	2019/4/23	衣川 智弥 (天文学教室)	初代星連星の観測可能性
1682	2019/5/7	Ryan M. Lau (ISAS/JAXA)	WR DustERS: a JWST-ERS program to resolve the nature of dust in Wolf-Rayet binary winds
1683	2019/5/14	森 昇志 (天文学教室) / Shoji Mori (Department of Astronomy)	Inefficient Magnetic Accretion Heating in Protoplanetary Disks
1684	2019/5/21	岡本 丈典 (国立天文台) / Joten Okamoto (National Astronomical Observatory of Japan)	The strongest magnetic fields in sunspots
1685	2019/5/28	竹川 俊也 (国立天文台)	銀河系中心領域に発見された中間質量ブラックホールの痕跡
1686	2019/5/29	水野 陽介 / Yosuke Mizuno (Goethe University Frankfurt)	First M87 Event Horizon Telescope Results: The Shadow of the Supermassive Black Hole
1687	2019/6/4	山口 弘悦 (宇宙科学研究所) / Hiroya Yamaguchi (ISAS/JAXA)	Type Ia supernova progenitors
1688	2019/6/11	石橋 和貴子 / Wakiko Ishibashi (University of Zurich)	How AGN radiative feedback may shape black hole-galaxy co-evolution
1689	2019/6/18	鳥海 森 (宇宙科学研究所) / Shin Toriumi (ISAS/JAXA)	How to Create Flare-productive Sunspots?
1690	2019/6/25	Timothy Heckman (Johns Hopkins University)	GALACTIC WINDS: Physics, Phenomenology, and Implications
1691	2019/7/2	Tilman Hartwig (物理学専攻 / Department of Physics)	Machine Learning for Classification of Astronomical Data
1692	2019/7/3	高橋 慶太郎 (熊本大学) / Keitaro Takahashi (Kumamoto University)	Direct Detection of Nano-Hertz Gravitational Waves with Pulsar Timing Array
1693	2019/7/16	本間 希樹 (国立天文台) / Mareki Honma (NAOJ)	The shadow of M87's super-massive black hole revealed by EHT
1694	2019/7/23	Ugo Niccolò Di Carlo (University of Insubria, Italy)	Young star clusters: a nursery of merging binary black holes
1695	2019/9/4	J. Xavier Prochaska (University of California, Santa Cruz)	Constraining Progenitor Models and Cosmology with New Localizations of Fast Radio Bursts
1696	2019/9/24	平井 遼介/Ryosuke Hirai (University of Oxford)	The multiple eruptions of Eta Carinae and its evolution
1697	2019/10/1	Gianni Cataldi (Department of Astronomy)	Gas in debris disks: a new tool to study exoplanetary systems

(次ページに続く)

回	日付	講演者 (所属)	講演タイトル
1698	2019/10/15	橋本 哲也 (台湾国立清華大学) / Tetsuya Hashimoto (National Tsing Hua University, Taiwan)	FRB cosmology and [CII] detection of a GRB host galaxy
1699	2019/10/29	Alessandro Ballone (Astronomi- cal Observatory of Padova)	A new approach to generate realistic star clus- ters from hydrosimulations
1700	2019/11/5	Soheb Mandhai (University of Leicester)	An Insight into the galactic hosts and environ- ments of merging compact binary objects
1701	2019/11/12	左近 樹 (天文学教室) /Itsuki Sakon (Department of Astron- omy)	The Origins Space Telescope
1702	2019/11/19	Mridusmita Buragohain (De- partment of Astronomy)	Investigation of Interstellar PAH molecules as carriers for mid-infrared emission bands
1703	2019/12/3	山崎 翔太郎 (天文学教 室) /Shotaro Yamasaki (Depart- ment of Astronomy)	Revealing the Origin of Violent Stellar Tran- sients from Fast Radio Bursts and Magnetars
1704	2019/12/10	矢島 秀伸 (筑波大学) /Hidenobu Yajima (University of Tsukuba)	Formation of massive galaxies in the early Uni- verse and their multi-wavelength radiative prop- erties
1705	2019/12/24	Long Wang (Department of As- tronomy)	Using stellar dynamics to connect the star for- mation and multi-message observations
1706	2020/1/7	井上 昭雄 (早稲田大学) /Akio In- oue (Waseda University)	Chasing the most distant objects
1707	2020/1/24	David Hernandez (Harvard- Smithsonian Center for Astro- physics)	Are long-term N-body simulations reliable?

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

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	電話	mail address (@ioa.s.u-tokyo.ac.jp)	研究者番号
事務室 (橋口 剛)	0422.34.5021	t-hashii	
土居 守	0422.34.5026	doi	00242090
河野 孝太郎	0422.34.5029	kkohno	80321587
宮田 隆志	0422.34.5084	tmiyata	90323500
田中 培生	0422.34.5037	mtanaka	70188340
小林 尚人	0422.34.5032	naoto	50280566
本原 顕太郎	0422.34.5039	kmotohara	90343102
峰崎 岳夫	0422.34.5047	minezaki	60292835
酒向 重行	0422.34.5079	sako	90533563
田辺 俊彦	0422.34.5061	ttanabe	90179812
諸隈 智貴	0422.34.5049	tmorokuma	10594674
廿日出 文洋	0422.34.5245	hatsukade	70719484
江草 芙実	0422.34.5063	fegusa	30644843
小西 真広	0422.34.5062	konishi	50532545
加藤 夏子	0422.34.5240	natsuko	
木曾教員室	0422.34.5245		
客員・名誉教授室	0422.34.5083		
大学院生室 1 (2015)	0422.34.5208		
大学院生室 2 (2016)	0422.34.5219		
大学院生室 3 (1001)	0422.34.5094		
大学院生室 4 (1002)	0422.34.5092		
大学院生室 5 (1003)	0422.34.5097		

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, 木曾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 13 年度には天文学専攻と合同で外部評価を受け, 教育環境等, 改善が望まれる点もなくはないが, 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。特に, 将来計画としての TAO 計画 (詳しくは後述) に対しては, 計画の独自性及び科学的目的の斬新性に対して大変高い評価を受けた。

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) と長野県木曾郡に置かれた木曾観測所により構成されている。即ち,

[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: 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・銀河団・大規模構造の形成と進化の研究。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。ガンマ線バーストとその母銀河の研究。ALMA を使った銀河探査。
- 電波観測装置の開発と運用: ASTE10m 望遠鏡や野辺山 45m 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。次世代大型ミリ波サブミリ波単一開口望遠鏡計画の科学的・技術的検討。

[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。

木曾観測所(詳しくは第3部参照)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。

以上のように、当センターは上記3分野及び木曾観測所において、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 計画の経緯と進捗

天文センターでは、6年計画で南米チリ北部アタカマ砂漠地域の5640mの地点に口径6.5mの赤外性能に最適化した天体望遠鏡建設を計画している。これが東京大学アタカマ天文台 (TAO) である。

計画の経緯

TAO 計画は天文センター教員有志での検討の後、平成11年度後半から天文センター内で公の議論を開始し、平成12年度に天文センターの将来を語りあうための懇談会を設け議論を深めた。この懇談会では、天文センター設立以来の研究及び進められてきたプロジェクトを総括し、それに基づいて、国立共同利用機関である国立天文台などとも密接な協力を保ちつつ、大学独自の大型計画の推進を強力に進めることが重要であるという合意を得た。さらに、平成12年11月24日の天文センター所員会議で天文センターの計画として正式に承認された。平成13年度、20年度には天文学専攻と合同で外部評価を受け、特に、TAO 計画に対しては、計画の独自性及び科学的目的の斬新性に対して大変高い評価を受けた。日本学術会議天文研連においても平成14年度よりTAO 計画について議論され、計画の重要性の認識と強い支持が、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表明されている。また、平成15年1月にはチリ大学と東京大学との間で学術協定及び科学協定が締結され、両大学間での学術交流の促進とTAO 計画の推進についての密接な協力関係が深まっている。また、平成17年には光学赤外線天文連絡会が運営委員会声明という形で、日本学術会議天文研連においても特別議事録という形で、TAO 計画の実現に対して強い支持が表明されている。この間、標高5600mのチャナントール山を望遠鏡設置の候補地と選定し、平成18年2月には、山麓から山頂へ向けての調査用道路の建設を開始し、4月に完成した。山頂での本格的な気象調査が開始されており、平成21年3月に、1m望遠鏡を建設し、ファーストライト観測に成功した。また同年6月に本望遠鏡に搭載した近赤外線カメラANIRにより、赤外線Pa α 水素輝線(波長1.875 μ m)での銀河中心の構造をとらえることに成功した。さらに同年11月、中間赤外線カメラMAX38により、波長38ミクロンの光で捉えることに成功した。1m望遠鏡完成を記念し、平成22年7月7日にはサンチャゴ市において東京大学主催、チリ外務省エネルギー科学技術局およびチリ科学技術庁と共催、在チリ日本国大使館の後援の下、記念式典を開催した(出席者約150名)。チリ共和国の記念切手も式典当日に発行された。miniTAO望遠鏡は太陽系内から銀河まで各種の科学観測に用いられ、多くの成果をあげている。平成25年度末にはTAO6.5m望遠鏡の製作予算が措置され、望遠鏡および付帯設備の設計製作が本格化し、現在現地工事もスタートしている。より詳細については2.5.6 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

土居	守	(どい まもる, 教授)
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)
田中	培生	(たなか ますお, 准教授)
小林	尚人	(こばやし なおと, 准教授)
本原	顕太郎	(もとはら けんたろう, 准教授, 2019.12- 国立天文台併任)
峰崎	岳夫	(みねざき たけお, 准教授)
酒向	重行	(さこう しげゆき, 准教授)
田辺	俊彦	(たなべ としひこ, 助教)
諸隈	智貴	(もろくま ともき, 助教)
廿日出	文洋	(はつかで ぶんよう, 助教)
江草	芙実	(えぐさ ふみ, 助教)
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, 2019.4-)*
征矢野	隆夫	(そやの たかお, 助手)*
樽沢	賢一	(たるさわ けんいち, 技術専門員)*
加藤	夏子	(かとう なつこ, 技術専門職員 旧姓 三谷)
橋口	剛	(はしぐち つよし, 事務職員, 事務係長)

*印は木曾観測所勤務. 木曾観測所に関しては第3章に詳述.

2.2.2 研究員及び客員

竹腰	達哉	(たけこし たつや	, 特任助教	2017.11- 2020.3)
上塚	貴史	(かみづか たかふみ	, 特任研究員	2011.4 - 2020.3)
大澤	亮	(おおさわ りょう	, 特任助教	2015.4 - 2020.3)
新納	悠	(にいのう ゆう	, 特任助教	2018.12 - 2020.3)
鮫島	寛明	(さめしま ひろあき	, 特任助教	2019.4 - 2020.3)
西村	優里	(にしむら ゆり	, 特任研究員	2017.4 - 2020.3) ¹
王	涛	(Wang Tao (わん たお)	, 特任研究員	2017.4 - 2020.3) ¹
浅野	健太郎	(あさの けんたろう	, 特任研究員	2018.9 - 2020.3)
近藤	壮平	(こんどう そうへい	, 特任研究員	2017.4 - 2020.3)
諸隈	佳菜	(もろくま かな	, 特任研究員	2019.4 - 2020.3)
梅畑	豪紀	(うめはた ひでき	, 客員共同研究員	2017.4 - 2020.3) ²
濤崎	智佳	(とさき ともか	, 客員共同研究員	2019.10 - 2020.3) ³
沼田	瑞樹	(ぬまた みずき	, 特任専門員	2019.3 - 2020.3)
青木	勉	(あおき つとむ	, 特任専門員	2019.4 - 2020.3)

*印は木曾観測所勤務. 木曾観測所に関しては第3章に詳述.

¹国立天文台 (ALMA 共同科学研究事業)

²理化学研究所 基礎科学特別研究員

³上越教育大学 教授

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, 2017.4 - 特別科学顧問・宇宙線研究所特任教授)

2.3 天文学教育研究センター運営委員会

第15期委員 (2018年4月より2020年3月まで) :

武田 洋幸	(理学系研究科研究科長 生物科学専攻)
常田 佐久	(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)
田村 元秀	(理学系研究科 天文学専攻)
戸谷 友則	(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)
河野 孝太郎	(理学系研究科 天文学教育研究センター)
宮田 隆志	(理学系研究科 天文学教育研究センター)
土居 守	(理学系研究科 天文学教育研究センターセンター長, 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 (木曾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 34855m² 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 2138m² 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 … 木曾観測所 (3 章参照), 学生実習用 30cm 光学望遠鏡 (三鷹構内敷地内), アタカマ 1m 望遠鏡。

2.5 研究活動

2.5.1 宇宙および系外銀河

1. Reverberation Measurements of the Inner Radii of the Dust Tori in Quasars

(峰崎, 青木, 坂田, 菅原, 富田; 吉井 (東京大学, アリゾナ大学); 越田, 小林 (国立天文台); 塩谷, 菅沼 (JAXA/ISAS); Peterson (ANU))

活動銀河核の降着円盤は紫外線・可視光を放射し, それによって暖められたダストトラスは赤外線を放射している. したがって可視変光と近赤外線変光には降着円盤からダストトラス内縁までの光の伝搬時間に相当する遅延が観測される (dust reverberation). MAGNUM プロジェクト (PI 吉井謙) では活動銀河核の系統的な dust reverberation survey を遂行し, ダストトラスの大きさの光度依存性とこれを利用した活動銀河核の光度距離測定法を研究してきた.

これまで出版した結果は近傍セイファート銀河に対する解析結果であった (e.g., Koshida et al. 2014; Yoshii et al. 2014). 今回これに加えて $z < 0.6$ までのクエーサー 31 天体を解析した. 25 天体で可視変光に対する近赤外線変光の遅延を観測し, そのうち 22 天体について有意な遅延時間の測定に成功した. 複数の手法に基づいて可視放射の活動銀河核成分を注意深く抽出し, 出版済の近傍セイファート銀河のデータと合わせて解析した結果, ダストトラス内縁半径は約 4 桁の光度範囲にわたって可視光度のおよそ 0.5 乗に比例していることを示した. これはダストトラス内縁部におけるダストの放射平衡モデルの予想に一致する. さらにこれらの天体について dust reverberation 法によって活動銀河核の光度距離を求めた. この $z < 0.6$ までの活動銀河核の光度距離と赤方偏移分布は標準的な加速膨張宇宙モデルを支持する結果を得た.

また dust reverberation によるダストトラス内縁半径と硬 X 線, [OIV] 25.89 μm 輝線, 中間赤外線 (12 μm) の各光度との相関も示した. これらはダストに埋もれた活動銀河核の内部構造の研究のために有用である.

本研究は *Astrophysical Journal* 誌で出版された (Minezaki et al. 2019).

2. Super-MAGNUM プロジェクト及び reverberation mapping 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, 諸隈; 野田 (大阪大学); 小久保 (東北大学); 越田, 小林 (国立天文台); 川口 (尾道市立大学); 岩室 (京都大学))

MAGNUM プロジェクトは dust reverberation 観測に基づく独自の活動銀河核の距離測定法を提案し, この手法を確立して宇宙膨張測定に応用するため, 米国ハワイ州ハレアカラ観測所に設置した口径 2m 望遠鏡により多数の活動銀河核の可視近赤外線多波長モニター観測を遂行してきた. 赤方偏移 $z < 0.6$ の活動銀河核をサンプルとして, 実際に標準的な加速膨張宇宙モデルを支持する結果を得た (Yoshii et al. 2014; Minezaki et al. 2019).

そこでさらに遠方の活動銀河核の距離測定を行い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 Super-MAGNUM プロジェクトを始め, 京都大学岡山 3.8m 望遠鏡などによる観測計画を検討している. 広幅輝線も観測対象に reverberation 観測に基づく距離測定を行うことで, $z = 0 \sim 7$ の広い範囲の距離測定を一つの手法で行うことができるのが特長である. これまでに Super-MAGNUM プロジェクトに先行してダスト放射と H β 輝線の両者の reverberation 距離の接続を検証している (Koshida et al. 2014).

これまで Super-MAGNUM プロジェクトのための予備研究・計画検討を進めている. Koshida et al. (2009) で発見された, 光度変動に伴うダストトラス内縁サイズの拡大・縮小の応答の遅れは本距離測定法における主要な誤差要因の一つと考えている (Koshida et al. 2014, Minezaki et al. 2019). そこで Changing-look 活動銀河核 Mrk 590 についてダストトラス内縁サイズの応答の遅延を測定した. 本

ターゲットは2000年から2001年のあいだに急激かつ大幅な光度減少を生じており、これに応答するダストトラス内縁の縮小を高い精度で評価できるところが特長である。この結果、ダストトラス内縁の縮小のタイムスケールは約4年であった。さらにこの現象のメカニズムについても考察した。本研究は *Monthly Notice of the Royal Astronomical Society* 誌で出版された (Kokubo & Minezaki 2020)。

活動銀河核の viewing angle による reverberation の応答関数の変化の可能性もまた、MAGNUM 距離測定法における誤差要因となりうる (Kawaguchi et al. 2010, 2011)。そこで大きな viewing angle が予想される2型活動銀河核 NGC 2110 について dust reverberation 解析を行った。WISE 衛星による波長 $3-5 \mu\text{m}$ でのモニター観測によって同放射の時間変動が観測され、この放射はダストトラス内縁を起源と考えられた。これと X 線放射の時間変動データとの時間相関を解析し、2型活動銀河核において初めて dust reverberation 観測に成功した。この結果、Lyu et al. (2019) によって1型クェーサーについて行われた同波長での dust reverberation による半径光度関係に、NGC 2110 の結果もほぼ従っていることがわかった。これは1型活動銀河核のサブクラス (1.0-1.9) に対して系統的な半径光度関係のずれは見られないとする先行研究 (Koshida et al. 2014) の結果と整合する (Noda et al. submitted)。

3. The HSC-SSP Transient Survey: Implications from Early Photometry and Rise Time of Normal Type Ia Supernovae (Jiang, 安田, 土居, 茂山; 前田 (京都大学) 他)

すばる望遠鏡 HSC の戦略枠プログラムによる COSMOS 領域の繰り返し撮像データを解析し、7個の Ia 型超新星の初期からの測光を行った。うち、一個の超新星 (HSC17bmhk) は、通常の光度曲線の幅をもつ Ia 型超新星であったが、初期の青い増光をとらえた。この初期増光は伴星あるいは星周物質との相互作用、あるいは親星の表面の ^{56}Ni の偏在により説明可能であった。明るい Ia 型超新星では大部分が初期の増光を示し、 ^{56}Ni の偏在が一番有力な解釈であることと考え合わせると、HSC17bmhk の初期増光も ^{56}Ni の偏在による説明が有力であると考えられる。結果を *Astrophysical Journal* へ発表した。

4. 近傍 Ia 型超新星の intrinsic color の多様性 (有馬, 土居, 諸隈; 高梨 (東大 EMP))

Ia 型超新星が受けるダスト減光は、銀河系の減光則 (その平均値は $R_V = 3.1$; ただし $R_V = A_V/E(B-V)$ はダストサイズを表す選択減光と呼ばれるパラメータ) とは異なる粒子サイズの小さなダストを考えた場合の減光を示すことが過去の研究によって示唆されている ($R_V \sim 2$) が、そのダスト減光と Ia 型超新星自身の intrinsic な color は観測的に混在している。そこで我々は、最大光度付近のスペクトルに見られる2本のケイ素の吸収線 ($\text{Si II } 6355 \text{ \AA}, 5972 \text{ \AA}$) の等価幅によって Ia 型超新星を4つのサブタイプに分類した Branch et al. (2006) に着目した。Branch サブタイプ情報を持つ34個の近傍 ($z < 0.04$) の Ia 型超新星の photometry データを文献から集め、母銀河の形態分類と合わせて Ia 型超新星の intrinsic な color とそのダスト減光を調査した。最大光度時の $B-V$, $V-R$ の2つの color に加え、SDSS の超新星サーベイ観測によって得られた Ia 型超新星のうち、ダスト減光をほとんど受けていないと考えられる bluest sample ($-0.14 \leq (M_B - M_V) \leq -0.10$) の、光度曲線の幅を表す stretch factor と呼ばれるパラメータと B -, V -band 最大光度の関係 (= stretch-luminosity relation) および $B-V$ color の関係 (stretch-color relation) からの絶対等級と color の超過を調べた。その結果、母銀河が早期渦巻銀河 (early-type spirals) である Ia 型超新星は color-color diagram で最も赤い分布を示し、その分布は Branch サブタイプ毎に分けても変わらなかった。さらに絶対等級と color の超過の関係からは、Broad Line と呼ばれる Branch サブタイプの1種類の赤い color を示す3つの超新星を除けば、我々の Ia 型超新星サンプルは銀河系的なダスト減光則に近づいた ($R_V = 3.8_{-0.5}^{+0.7}$)。その3つのうち2つの超新星は less-dusty な環境である楕円銀河に出現しており、Broad Line サブタイプ内での intrinsic color の多様性を示唆する結果を得た。(2020年5月末にこれらの結果を日本天文学会刊行の欧文研究報告誌 (PASJ) に投稿した。)

5. クェーサーの分光観測で探る宇宙の化学進化

(鮫島, 松永, 小林, 近藤; 吉井 (東京大学, アリゾナ大学); 池田, 新井, 福江, 河北, 大坪 (京都産業大学); 濱野, 安井 (国立天文台); 水本 (京都大学); G. Bono (Università di Roma Tor Vergata); I. Saviane (ESO))

クエーサーのスペクトルに見られる紫外輝線 Mg II, Fe II を用いると、クエーサーに付随する電離ガスの [Mg/Fe] 組成比を推定することができ、その組成比が赤方偏移に対してどのように進化したかを辿ることで、初期宇宙における星形成史の様子に迫ることができる。我々はより高赤方偏移での組成比の様子を探るため、東京大学と京都産業大学が共同開発した近赤外線高分散分光器 WINERED (PI:小林) をチリ共和国ラ・シヤ天文台の新技术望遠鏡 (NTT) に搭載し、2018年3月に赤方偏移 ~ 2.7 のクエーサー6天体の分光観測を行った。これらの天体は光度が極めて大きく、AGNの観測的性質として広く知られている「明るい天体ほど輝線の等価幅が小さくなる」という Baldwin 効果を受けている可能性が高かった。そこでまずは SDSS で取得された大量の低赤方偏移 ($0.7 < z < 1.6$) クエーサーを解析し、Mg II と Fe II の両輝線で一般に Baldwin 効果が見られることを明らかにした。Baldwin 効果の物理的背景については依然として不明であるが、水素やヘリウムの輝線でも見られることから化学組成とは関係のない現象である可能性が高いと考えられる。そこで Baldwin 効果による輝線等価幅の変化分を補正した場合と補正しない場合で導出される [Mg/Fe] 組成比の違いを調べたところ、化学進化モデルの予測と無矛盾となるためには Baldwin 効果の補正が必要であることが判明した。これまでに見つかっている高赤方偏移クエーサーは観測バイアスにより明るいものに偏っているため、それらの天体の解析には本研究で明らかにした Baldwin 効果の補正が必須となる。本研究で明らかにした Baldwin 効果と先の研究で明らかにしたエディントン比依存性の両方を考慮することで、組成導出に伴う系統誤差の大部分をおさえることに成功し、化学進化研究を高赤方偏移に拡張するための基盤が強固なものとなった。

6. ALMA 50-parsec resolution imaging of jet-ISM interaction in the lensed quasar MGJ0414+0534

(井上 (近畿大学); 松下 (ASSIA); 中西 (国立天文台); 峰崎)

活動銀河核の一部には中心の巨大質量ブラックホールの近傍から噴出している強力なジェットが存在する。このジェットは活動銀河核における特異な現象であるだけでなく、母銀河中のガスと相互作用して星形成を抑制すると考えられており、銀河進化の観点からも重要な現象である。実際、近傍活動銀河核においてはジェットと星間ガスの相互作用の様子が観測されている。一方で宇宙史において活動銀河核のジェットが銀河進化にどのように影響を与えてきたかを調べるためには、遠方の活動銀河核とその母銀河の状態をつぶさに観測することが必要である。しかし角度分解能の制限からそういった観測はこれまで困難であった。

MG J0414+0534 は $z = 2.64$ にある強力なジェットをもつクエーサーで、手前 ($z = 0.96$) にある銀河の重力によってクエーサーの光路が曲げられ、観測者からは4つの像に分離して見えている四重像重力レンズクエーサーである。この天体の電波連続放射と CO 分子輝線について電波干渉計 ALMA により観測を行った。ALMA の高い角度分解能 (0.03–0.07 arcsec) に加え重力レンズによる像の拡大効果により、幾何学的な分解能は約 50 pc に達し、ジェットが母銀河中の星間ガスと激しく相互作用している様子が遠方活動銀河核では初めて明らかになった。さらにジェットおよび相互作用領域がコンパクトであることから、ジェットが非常に若いことが予想され、観測データは理論シミュレーションから予想される若いジェットの描像とよく一致した。本研究は若い銀河における活動銀河核ジェットの銀河進化へ影響を研究するための貴重なサンプルとなった。

本研究は *Astrophysical Journal Letters* 誌で出版された (Inoue et al. 2020)。

7. ZFOURGE 多波長測光カタログを用いた、赤方偏移 2.1–2.5 における銀河の $H\alpha$ 光度関数及び星形成率密度の測定 (寺尾 恭範, 本原; Spitler (Macquarie University); 百瀬 莉恵子 (東大天文教室))

高赤方偏移の銀河には輝線強度の大きなものが多く存在することが知られており、そのような銀河について星形成率や星質量といった性質を測定し、他の銀河種族と比較することが銀河の進化を理解する上で重要である。従来、狭帯域フィルターを用いた撮像観測や分光観測により $Ly\alpha$ 輝線銀河、 $H\alpha$ 輝線銀河、[OIII] 輝線銀河などの性質が調べられてきた。しかし、異なる輝線銀河間の関係や輝線銀河とそれ以外の銀河の関係については、依然として統一的な理解が得られていない。その原因として考えられるものとし

て、先行研究間の手法の違いによる系統誤差とサンプル数の不足による統計的不定性の増大がある。これらの問題を解決するために、ZFOURGE 多波長測光カタログ (Straatman et al. 2016) を用いて、広・中間帯域フィルターで観測されたフラックスから輝線光度を算出する手法を確立し、それを用いた各種輝線銀河 ($H\alpha$, [O III]) の性質の研究を進めている。

本年度は $z = 2.1 - 2.5$ の $H\alpha$ 輝線銀河の性質について引き続き探り、星質量が $10^9 M_\odot$ を切る低質量な銀河の中に比星形成率 (specific star formation rate: sSFR) が通常の銀河に比べて一桁以上大きな、いわゆるスターバーストを起こしているような銀河が多数存在している可能性を示した。これら銀河は $H\alpha$ /UV 輝線比も高く [O III] 輝線の等価幅も大きいことから、10Myr の非常に短い時間スケールで爆発的星形成を行なっている種族ではないかと考えられる。

また、 $H\alpha$ 輝線銀河と [OIII] 輝線銀河のマッチングを行なった。その結果、 $H\alpha$ 輝線銀河の70%は [O III] 輝線でも検出された一方、[O III] 輝線銀河の55%が $H\alpha$ で検出された。この結果は、 $H\alpha$ 輝線銀河が星形成銀河一般をトレースするのに対して [O III] 輝線銀河が sSFR が大きく、[O III]/ $H\alpha$ 輝線比が大きい星形成銀河の中でもスターバースト的な種族であるという一般的な理解と一致している。

8. SWIMS による近傍 LIRG の近赤外線スリット分光 (榎引 洸佑, 小西, 本原; 小山 (国立天文台))

2019年1月に国立天文台ハワイ観測所すばる望遠鏡での SWIMS の試験観測で、近傍 LIRG (Luminous Infrared Galaxy) の近赤外線 $0.9-2.5\mu\text{m}$ のスリット分光を行なった。観測天体は PARADISES (Paschen-Alpha Resolved Activity and Dynamics of Infrared Selected Extreme Starburst) survey (PI:小山佑世) から選出した、赤方偏移 (SDSS) $z = 0.15006$, $\log(L_{IR}/L_\odot) = 11.9$, $\text{SFR}_{IR} = 96.24 M_\odot/\text{yr}^{-1}$ の活発な星形成を行う LIRG, Paradieses 6-01 である。Paradieses 6-01 は強い銀河相互作用を行っており、それに伴う星形成活動や衝撃波の影響、AGN の発現などを探るのに良い観測対象である。観測は300秒露出を8回行い、その積分時間は2400秒である。

銀河中心部分のスペクトルを図2.1に示す。連続光は $S/N \sim 20-80$ で検出され、想定されていた水素再結合線 $\text{Pa}\alpha$, $\text{Pa}\beta$, $\text{Pa}\gamma$, $\text{Br}\delta$ に加えて、水素分子の回転振動遷移輝線 $\text{H}_2 1-0\text{S}(1)\lambda 2.12\mu\text{m}$, $\text{H}_2 1-0\text{S}(2)\lambda 2.03\mu\text{m}$, $\text{H}_2 1-0\text{S}(3)\lambda 1.96\mu\text{m}$, $[\text{FeII}]\lambda 1.26\mu\text{m}$, $[\text{SIII}]\lambda 0.91, 0.95\mu\text{m}$, $\text{HeI}\lambda 1.08, 1.06\mu\text{m}$ などの輝線を検出することができた。

今後これらの輝線比による銀河内部のガスの物理状態の診断や連続光に現れる吸収線による恒星種族の年齢の解析を行い、Paradieses 6-01 に現れる銀河相互作用の影響を探っていく。

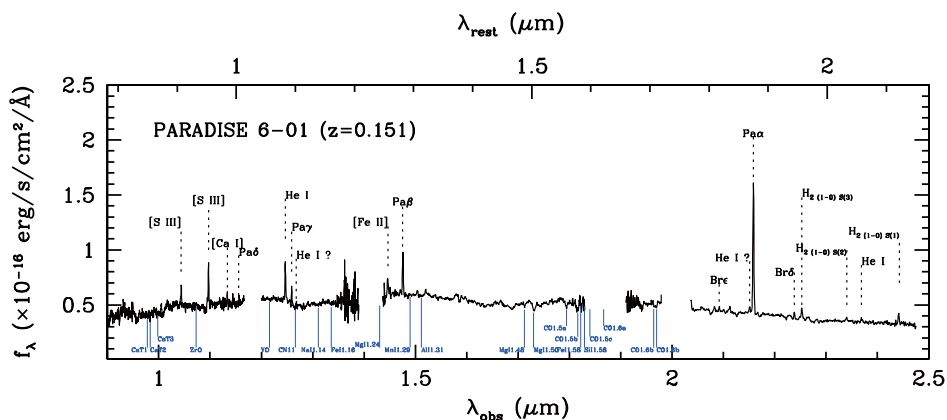


図 2.1: SWIMS で取得した Paradieses 6-01 の銀河中心部分のスペクトル。

9. SWIMS による $z \sim 0.9$ 銀河団の狭帯域撮像観測

(朝野 (天文教室); 児玉 (東北大); 本原, 小西, 高橋, 寺尾 恭範, 河野 志洋, 櫛引 洗佑; Lubin, Lemaux, Tomczak (UC-Davis); Gal (UH); Kocevski (Colby College); 林, 田中, 鈴木, 小山 (国立天文台))

2019年1月に国立天文台ハワイ観測所すばる望遠鏡でのSWIMSの試験観測で, $z = 0.923$ の大規模構造CL1604の銀河団CL1604-Dの星形成活動を探るべく, H α 輝線をターゲットとしたNB1261による狭帯域撮像を行なった。これは, SWIMSの狭帯域フィルタの限界等級評価を主目的としたものである。

結果, 27のH α 輝線銀河(HAE)の検出に成功した。その多くはSpitzer/MIPS 24 μ mソースでもあった。銀河団近傍には二つのHAEクラスタが存在しており, これらは銀河団に落下している集団ではないかと考えられる。また, 比星形成率はフィールドや銀河団本体に比べても高い値を示していることから銀河相互作用でトリガされた爆発的星形成を行なっていると予想される。その一方で, 銀河団中心にはHAEは存在せず, すでに銀河形成活動は終了しているのだろう。

10. Swift 衛星/BAT で選択された近傍活動銀河核サンプルに対するエディントン比と母銀河のガス質量/星質量比の相関関係の検証 (山下 祐依, 河野, 江草, 廿日出)

銀河とブラックホールの共進化を理解する上で, それぞれの進化を特徴付ける物理量の相関関係を調べることは重要である。近傍クェーサーサンプルを用いた近年の研究によって, 超巨大ブラックホール(SMBH)への質量降着率を表すエディントン比と母銀河のガス質量/星質量比との間に弱い正の相関がみられたことが報告されている(Izumi 2018b)。この結果は, 降着率の高い活動銀河核(AGN)はSMBHが急成長段階にあるだけでなく, 母銀河の成長とも密接に関係している可能性を示唆している。そこで本研究は, Swift衛星/BATで選択されたAGN分光サーベイ(BASS)カタログをもとに, より低光度のAGNまで含むサンプルを構築し, エディントン比と母銀河のガス質量/星質量比との間の相関を検証した。計33天体のサンプルを用いた検証の結果, 両者の間に相関はみられなかった。結果が先行研究と異なった要因は, 両者の選択したサンプルにおける分子ガスの分布の違いにあると考えられる。先行研究でサンプルとして用いられたクェーサー天体はスターバースト領域が銀河中心に集中する傾向があるため, 分子ガスも比較的中心に集中してSMBHからの影響を受けやすいと期待される。そこで, より小さなスケールに着目するため, 我々はALMA望遠鏡で撮られた高分解能なCO輝線観測データを用いてCO輝線速度場のモデリングを行った。その解析結果を用いて中心1kpcスケールの力学的質量を推定し, 同スケールのガス質量と合わせてガス質量/力学的質量比を算出した。8天体についてこの値とエディントン比との間の相関を検証したところ, 上述した示唆と反し, 両者の間に強い負の相関がみられた。このような傾向には, AGNからの強いX線放射によってAGN周辺でのCO輝線放射が抑制された等の要因が考えられる。実際, 近年の近傍銀河に対する高分解能観測によって, AGN周辺でCO輝線放射が顕著に弱い領域が検出されている。現在新たなALMAデータの解析も進めており, 今回検出した負の相関を天体数を増やして検証する予定である。

11. HSC で選択された赤方偏移4-6のクェーサーにおける強電波比率とその赤方偏移および光度への依存性 (李建鋒, 河野)

電波望遠鏡の発展とともに, 強い電波放射を出しているクェーサーとそうでないクェーサーの存在が発見されてきた。この違いはいわゆるクェーサーの電波強度二様性問題であり, ジェットのメカニズムから超巨大ブラックホールの質量, またはスピンなどに関わると予測されていたが, 観測的な検証は困難である。近年ではクェーサーの強電波比率というパラメータと, その赤方偏移および光度への依存性が調べられ, 電波強度二様性問題の解決に繋がると考えられている。ただし, より有意な強電波比率の依存性を得るために, 高赤方偏移かつ低光度なクェーサーが不可欠なターゲットである。そこで我々は, すばる/HSCの深いサーベイで新たに発見された2000個以上の $z \sim 4-6$ の低光度HSCクェーサーに対し, 既存な電波サーベイFIRST($1\sigma \sim 150\mu$ Jy)のカタログを調べた。また, そのうちの22個の $z \sim 6$ のHSCクェーサーに対し, JVLAを用いてさらに深い($1\sigma \sim 10-50\mu$ Jy)観測を行なった。その結果, $z \sim 4$ の強電波クェーサーを9個発見したが, 既存観測データの感度が不十分のため, 強電波比率に制限をつけるの

に対し、まだ改善の余地がある。今後は観測を行い続け、最遠方クェーサーの強電波比率により精度の高い制限をつけられることにより、超巨大ブラックホールの初期性質、またはその成長史を解明できるのではと考えられる。

12. 近傍高光度赤外線銀河の高空間分解観測によるダストに覆われた中心核の HCN/HCO⁺ 比

(西村, 河野; Aalto, Falstad, Onishi, König (Chalmers Univ. of Technology) 他)

超巨大ブラックホールとその母銀河の共進化を理解する上で、ガスとダストの降着により中心核が急成長している最中の高光度赤外線銀河はよい研究対象である。ダストに覆われたその中心核 (CON) の活動を調べるために、HCN や HCO⁺ の輝線を活用する方法が提案されており、ALMA Cycle 6 で行われた CON-quest プログラム (PI: S. Aalto/Chalmers) では、1 mm 帯にあるこれらの振動励起及び基底状態の遷移輝線が、32 天体について高空間分解・高感度で行われた。このデータを活用し、CON-quest チームと協力のもと、HCN/HCO⁺ 輝線強度比と赤外線光度や AGN の寄与の度合いとの関係や、その空間分布と力学構造の対応を調べている。2019 年 12 月には Chalmers 工科大学を訪問するなど、論文化への打ち合わせを進めている。

13. The faint end of the radio luminosity function of ALMA-selected galaxies (李 建鋒, 河野, 廿日出)

The radio luminosity function of quasars has been known that there is a bump-like feature on the faint-end. Given the assumption that the radio emission of a quasar is contributed by both its AGN and the star formation activity in the host galaxy, previous studies suggest that the radio emission originating from the star formation activity dominates the faint-end of their radio luminosity function, although this has not yet been proved due to the lack of deep infrared and radio surveys. ALMA-selected sources allow us to avoid the bias of AGN, so their radio luminosity function can help us trace the nature of quasar-host galaxies. We use data of ALMA twenty-six arcmin² survey of GOODS-S at one-millimeter (ASAGAO; $1\sigma \sim 61 \mu\text{Jy}/\text{beam}$) and a very deep ($1\sigma \sim 0.7(0.3) \mu\text{Jy}/\text{beam}$ at 3(6) GHz) JVLA survey in the same region, to derive the faint-end of the radio luminosity function of dusty star-forming galaxies. We cross-matched the catalog of two surveys and found that 17 sources ($S_{1.2\text{mm}} \sim 2.0-0.24 \text{ mJy}$; $S_{3\text{GHz}} \sim 42-6.2 \mu\text{Jy}$), ranging from redshift 1 to 3, have counterparts within $1''$. We divided them into three redshift bins and found that the resulting radio luminosity functions in all three bins are consistent with both the bump-like shape and the Schechter function, due to the large Poisson uncertainty. While thanks to the deep data, we made the constraint at $\log L_{6\text{GHz}} \sim 22.6-24.2 \text{ WHz}^{-1}$, and the tendency of decrease of the number density on the most faint-end may support the postulate.

14. Cloverleaf クェーサーの分子探査と重力レンズモデル

(西村, 河野, 石田 剛; 小田川, 濤崎 (上越教育大学) 他)

近傍銀河での分子輝線を活用した研究の進展を踏まえ、高赤方偏移銀河においても銀河の物理・化学状態診断に分子輝線が活用できることが見込まれる。そこで ALMA Cycle 6 では、重力レンズ効果により増光の恩恵を受けている Cloverleaf クェーサー (赤方偏移 $z = 2.56$) をターゲットに、静止系でサブミリ波帯に相当する周波数帯でラインサーベイ観測を行った。現在は、この観測で得られた各分子輝線の像をもとに、他の波長の観測データを元に構築された重力レンズのモデルも活用しながら、重力レンズ効果による引きのぼしと増光を差し引いた元の銀河の像を得る作業を行っている。これにより分子種ごとの空間分布を調べ、物理状態と分子組成の対応づけをしたいと考えている。また、これと併行して、Jansky VLA 干渉計での 3 mm 帯にある低励起輝線の観測や、ALMA 干渉計での Cloverleaf とは異なる性質を備えた高赤方偏移銀河 Eyelash の 0.8 mm 帯の分子輝線サーベイ観測の提案も行っており、データが取得されるのを待っている。

15. HSC-SSP 突発天体サーベイにおける AGN の複数バンドでの可視光度変動の性質 (諸隈 智貴, 安田 直樹;

木村 勇貴, 小久保 充 (東北大学); 山田 亨 (ISAS/JAXA); 長尾 透, 松岡 良樹 (愛媛大学))

Hyper Suprime-Cam 戦略観測 (HSC-SSP) における COSMOS 領域での突発天体サーベイで得られた可視光複数バンドでの測光値を用いて, AGN の光度変動の性質を研究した. 3年にわたる観測エポック数は *griz* バンドそれぞれで 8, 10, 13, 15 である. *i* バンドで 25 等級より明るい, 尤もらしい光度変動 AGN 候補を 491 天体発見し, その redshift は $z = 4.26$ 以下であった. その約 90% は Chandra COSMOS Legacy survey において個々の X 線源として検出されている. これらの天体の光度変動を structure function を用いて調べたところ, bolometric 光度が 10^{45} erg s⁻¹ 以下の AGN の structure function は光度と正の相関を持つことがわかった. これは明るい quasar に対して得られている傾向と逆であるが, 低光度 AGN において母銀河の寄与が大きいと考えると説明がつく. さらに, 母銀河のスペクトルのテンプレートを用いて structure function 解析における母銀河の寄与の量を評価すると, 母銀河において若い星種族が支配的であるとすれば観測される光度依存性を説明できることがわかった. これは redshift 範囲 $0.8 < z < 1.8$ において低光度 AGN の母銀河が星形成銀河であることを示唆している. また, 個別には X 線が検出されなかった AGN に対して, X 線データの stacking 解析を行なったところ, 非常に大きな hardness ratio を示していることがわかった. これは可視光度変動により選ばれた AGN がダストのないガスにより軟 X 線吸収を受けていることを示唆する結果である. 以上の結果を “Properties of AGN Multiband Optical Variability in the HSC SSP Transient Survey” として ApJ に出版した (Kimura et al., 2020, ApJ, 894, 24).

16. BAL 変動の有無によるクエーサーの性質の比較

(諸隈 智貴; 堀内 貴史, 花山 秀和 (国立天文台); 三澤 透 (信州大学); 川口 俊宏 (尾道市立大学))

BAL quasar の静止系紫外域の光度変動と BAL の吸収線等価幅の変動との相関を 10 日以下から数年にわたる様々な時間スケールで調べた. 使用したデータは Sloan Digital Sky Survey Reverberation Mapping (SDSS-RM) プロジェクトにより取得された吸収線等価幅と, intermediate Palomar Transient Factory (iPTF; *g, R* バンド), Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System (Pan-STARRS; *g, r, i, z, y* バンド) の測光データである. 得られた結果は以下の通りである. (1) 光度変動と BAL 等価幅の変動の分布は正の相関を示す. (2) BAL の等価幅の短時間変動の有無によって quasar の光度変動の大きさに有意な違いはない. (3) BAL 等価幅の短時間変動の大きい quasar は, 調査したすべての時間スケールにおいて BAL 等価幅の変動が大きい. (4) BAL 等価幅の変動と quasar の物理量には相関があり, ブラックホール質量とは緩い正の相関, Eddington 比と降着円盤温度とは強い負の相関がある. これらの結果は, BAL の変動は, 電離光子 (連続光) 及び降着円盤の最内部における X 線遮蔽ガスの変動等の付加的なメカニズムにより起こることを示唆している. 以上の結果は “A Comparison of Properties of Quasars with and without Rapid Broad Absorption Line Variability” として AJ に出版された (Horiuchi et al., 2020, AJ, 159, 237).

17. ガンマ線バースト母銀河における分子ガス探査 (廿日出, 河野; 太田 耕司 (京都大); 橋本 哲也 (台湾国立清華大); 中西 康一郎 (国立天文台); 田村 陽一 (名古屋大))

Long-duration gamma-ray burst (GRB) は大質量星の爆発に起因しており, 星形成活動と密接に関連していると考えられている. GRB は非常に明るく, 遠方 ($z > 6$) でも観測可能なため, 遠方宇宙の星形成活動を探る新たなツールとして期待されている. しかし, GRB が一般的な星形成銀河で発生するのか, バイアスの無い星形成トレーサーとして使えるかどうかは見解が分かっている. GRB がどのような星形成環境で発生するかを明らかにするためには, 母銀河の詳細な観測が重要である.

我々は, $z = 2.0858$ の GRB 080207 母銀河における分子ガスの性質を探るため, VLA 及び ALMA を用いて CO(1-0), CO (4-3) 輝線の観測を行った. 観測の結果, CO (1-0), CO (4-3) 輝線とも検出され, 既に報告されている CO (2-1), CO (3-2) 輝線と合わせて, 3 遷移以上の CO 輝線が観測された初めての母銀河となった. CO spectral line energy distribution (SLED) はスターバーストに類似し, 高い励起状態を示す. 分子ガス質量比や, ガス消費時間, ガスダスト比, Kennicutt-Schmidt 則における位置や kinematics

は、同時代の一般的な星形成銀河と共通の性質を示した。これらの結果は、GRBは $z \sim 2$ における一般的な星形成銀河で発生し得ることを示唆する (Hatsukade et al. 2019, ApJ 876, 91).

既存の研究において分子ガスが検出された母銀河は6つであるため、個々の母銀河の詳細研究とともにサンプル数を増やすことも急務である。我々は、ALMAを用いて14のGRB母銀河を観測し、新たに8つの母銀河から分子ガスの検出に成功した。その結果、分子ガスが検出されたGRB母銀河のサンプルを2倍以上に増やすことができた。さらに過去のCO観測がある母銀河を文献から集めるることにより、世界最大のサンプルを構築した(合計で25天体)。他の星形成銀河との比較から、CO輝線の速度幅とCO輝線光度との関係では、GRB母銀河は近傍銀河や $z \sim 1-2$ の一般的な星形成銀河(main-sequence銀河)と同様の位置にあることが分かった。これは、GRB母銀河が一般的な星形成銀河と似たgeometryやkinematicsの性質を持つことを示唆する。また、分子ガス比およびガス消費時間は、一般的な星形成銀河と同様のスケールリング則に従うことが明らかになった。これらの結果は、特に分子ガスの観点で、GRBを作り出す環境は他の星形成銀河における星形成環境と共通することを示唆する (Hatsukade et al. 2020, ApJ 892, 42).

18. 超高光度超新星母銀河における隠された星形成活動(廿日出, 諸隈 智貴, 諸隈 佳菜; 富永 望(甲南大); 林 将央, 松田 有一(国立天文台); 元木 業人, 新沼 浩太郎(山口大); 田村 陽一(名古屋大))

近年、超新星の大規模探査が行われるようになり、通常の超新星と比較して10倍から100倍もの明るさの超新星が発見された。このような超新星は「超高輝度超新星」と呼ばれ、これまで知られていなかった新たな種族として盛んに研究が行われている。超高輝度超新星の発生源については多くの仮説が提唱されている状況で、未だ論争が続いている。この問題を解決するためには、超高輝度超新星が発生する環境を研究することが不可欠である。我々は、超高輝度超新星の母銀河における塵に隠された星形成活動を理解するため、電波干渉計VLAを用いて母銀河におけるのシンクロトロン放射の観測を行っている。2018年のパイロット研究では8つの母銀河の観測結果を報告したが、さらにサンプルを増やし計30個の母銀河サンプル($z < 0.3$)を構築するため、現在観測が進行中である。

19. ALMAを用いた近傍棒渦巻銀河NGC 1365の研究(江草; Yulong Gao (USTC/東京大学))

NGC 1365は、南天にある近傍(距離18 Mpc)かつ中心に活動銀河核を持つ棒渦巻銀河である。我々は、この銀河のALMAデータを解析し、3 mm連続波、CO(1-0)輝線、CO(2-1)輝線などの高分解能画像を得た。これらの画像とVLT/MUSEを含む他波長のデータから、銀河中心部に非常に埋もれた特異な星形成領域が複数あること、銀河中心部と棒状構造領域内ではCOの輝線比の分散が大きいことを明らかにした。また、ALMAデータと回転円盤モデルを組み合わせることで、既に可視光データから検出されていたアウトフローとは異なる非円運動成分があることも発見した。

20. 近傍渦巻銀河における渦巻腕構造の寿命の研究(江草)

最新の星と星間ガスのシミュレーションから、腕構造のモデル(定常的な密度波と、動的で再起的な腕構造)によって星の腕とガスの腕の位置関係が異なるという示唆が得られている。本研究ではこの示唆に基づき、近傍渦巻銀河の多波長データを用いて、各銀河での腕構造の起源と寿命を推定する。2019年度は、これまで解析を行ってきた銀河のガスのデータに問題が見つかり、その後の作業が進められなかった。この問題の解決は難しいということがわかったため、今後は対象とする銀河を変えて研究を継続する予定である。

21. ALMAによる近傍棒渦巻銀河M 83の全面マッピング(江草; 幸田 仁(Stony Brook); 廣田 晶彦(国立天文台/JAO))

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採択された (PI: 幸田). 2019年度は全ての観測が終了しデータが配布されたため、データ較正やその後の解析方針についての議論を進めた. 2020年1月には、中心メンバーが鹿児島大学に集まり、今後の方針についての議論を集中的に行った. また、このプロジェクトのうち単一鏡のデータだけを用いて、CO(2-1)/CO(1-0) 輝線比の解析を行った. その結果、単一鏡の分解能 (~ 1 kpc) でも輝線比が銀河円盤内で大きく変化していること、またその輝線比がFUVや $70 \mu\text{m}/350 \mu\text{m}$ とよく相関していることがわかった (Koda et al. 2020). これは、CO(2-1)/CO(1-0) 輝線比が温度に強く依存している可能性を示唆している.

22. Complex distribution and velocity field of molecular gas in NGC 1316 as revealed by the Morita Array of ALMA

(Kana Morokuma-Matsui, Tomoki Morokuma, Fumi Egusa; Paolo Serra, Filippo M. Maccagni (INAF); Bi-Qing For, Kenji Bekki (ICRAR); Jing Wang (KIAA, Peking Univ.); Daniel Espada, Rie E. Miura, Kouichiro Nakanishi (NAOJ); Bärbel S. Koribalski (ATNF); Tsutomu T. Takeuchi (Nagoya Univ.))

著者らはアルマ望遠鏡を使い、Fornax 銀河団における cD 銀河の一つである NGC1316 を $^{12}\text{CO}(J=1-0)$ 輝線で観測した. NGC1316 は Fornax A と呼ばれる電波銀河であり、cD 銀河の進化だけでなく、いわゆる “Radio-mode” AGN フィードバックと星間物質の性質との関係を理解する上でも重要な研究対象である. アルマ観測の結果、過去の同一輝線での観測と比べて空間分解能がおよそ4分の1となり、1-kpc スケールでの分子ガスの複雑な空間分布と運動状態を世界で初めて明らかにした. 例えば、銀河の中心に対して北側には、7kpc 程度の分子ガスのシェル構造、南側には、3kpc 程度の分子ガスの塊があり、その間を繋ぐような、ビームサイズ以下の小さなクランプが並んでいる. また、 $^{12}\text{CO}(J=1-0)$ 輝線が検出された中心 ~ 10 kpc の領域には、S字に折れ曲がった電波 nuclear jet があり、この jet の折れ曲り地点と、北側のシェル構造や、南側の塊がだいたい一致しているなど、jet と分子ガスとの相互作用を示唆する結果が得られた. この内容は、Morokuma-Matsui et al. (2019, PASJ, 71, 85) にて報告した.

アルマ望遠鏡のサイクル7では、巨大分子雲スケール (50 pc) でのフォローアップ観測の提案が受理され、NGC1316 における分子ガスのより詳細な力学状態を調査する予定である.

23. ALMA Observations of Molecular Gas in the Host Galaxy of AT2018cow

(Kana Morokuma-Matsui, Tomoki Morokuma, Bunyo Hatsukade, Masahiro Konishi; Nozomu Tomonaga (Konan Univ.); Masao Hayashi, Yuichi Matsuda (NAOJ); Yoichi Tamura (Nagoya Univ.); Kazuhito Motogi, Kotaro Niinuma (Yamaguchi Univ.))

正体がいまだに明らかになっていない突発天体、AT2018cow の発生場所や母銀河 (CGCG 137-068) の性質から、その正体に迫った. AT2018cow は、もっとも近傍で発生した fast-evolving luminous transient (FELT) であるため、多波長でのフォローアップ観測が行われた. 著者らは、アルマ望遠鏡の ToO 観測で取得されたバンド3のアーカイブデータを解析し直し、 $^{12}\text{CO}(J=1-0)$ 輝線の検出に成功した (空間分解能と速度分解能はそれぞれ ~ 1 kpc と 40 km s^{-1}). その結果、(1) CGCG 137-068 は分子ガスや星形成の性質という観点では普通の星形成矮小銀河であること、(2) AT2018cow は可視光で青い星団と、分子ガスのピークの間で発生したことが明らかになった. これらの性質は、AT2018cow が大質量星の爆発現象に関連している、というシナリオを支持するものである. また、AT2018cow の発生場所の分子ガスの柱密度は $8.6 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$ で、タイプ Ib/c の SNe (大質量星の水素外層が剥ぎ取られた後に起こる重力崩壊型超新星爆発) の発生場所と同程度であることも明らかになった. 一方、母銀河の星質量は小さいものの、金属量は太陽と比べて同程度もしくはそれ以上であることから、FELT の発生は金属量以外の何らかの矮小銀河特有の性質に関連している可能性があることもわかった. この内容は、Morokuma-Matsui et al. (2019, ApJ, 879, 13L) として報告した.

2.5.2 銀河系および星間物質

1. 大質量星形成領域 W3 (OH) の 3 mm 帯および 0.8 mm 帯広域ラインマッピング観測

(西村, 吉村, 河野, 山本; 渡邊 (芝浦工業大); 原田 (ASIAA) 他)

近傍銀河の 10~1000 pc スケールの観測に対応して, 銀河系内の分子雲で同等のスケールの領域をマッピング観測すれば, 空間的に積分してラージスケールの情報を得るとともに, 内部の小さな構造も詳細に調べることができる. この方法で, 系内の星形成領域 W3 (OH) をターゲットに, HCN, HCO⁺, CS, CCH, CH₃OH といった主要な分子種について, 3 mm 帯にある低励起輝線でマッピングを行った (Nishimura et al. 2017). その結果, HCN 1-0 遷移輝線のような輝線放射の臨界密度の高いものでも, 臨界密度より 2 桁ほど低い密度の領域から弱いながらも輝線が放射されており, 空間的に積分した結果, 全体に占める割合が高密度領域を上回るということがわかった. 空間分解されていない領域の内部構造を調べるには, 輝線が放射される領域がよりコンパクトなものがあれば好ましい. そのような輝線の候補として, 同じ分子種でも高励起遷移が考えられる. そこで, JCMT 15 m 望遠鏡を用いて, W3 (OH) の同じ領域で, 同じ分子種の 0.8 mm 帯にある高励起遷移を観測した. 解析の結果, 高励起遷移では, 放射は分子雲の中心付近に集中しており, 分子雲全体に広がった成分はほとんどないことがわかった.

分子輝線と分子雲内部の密度構造についてさらに定量化を進めるため, 分子輝線でマッピングした W3 (OH) の領域について, Herschel のアーカイブデータを用いて, 冷たいダスト成分の SED フィットにより, 水素分子の柱密度を導出した. 輝線の放射される効率を柱密度あたりの輝線の積分強度と定義すると, この効率は, 非局所熱平衡の仮定すれば, 分子の水素分子に対する存在比とガスの運動温度をパラメータにしてモデルすることができる. モデルと観測を比べると, 広い柱密度のレンジにわたって, ほぼ一定の分子の存在比で観測値が再現できることがわかった. 星間空間で一般に検出される分子の多くは高密度領域に局在しているのではなく, 分子雲全域にわたって広く存在しているということが示された. 空間分解されていない観測における分子輝線の解釈には, 分子の存在比と励起状態を踏まえる必要があり, 今後, 異なる環境にある分子雲をターゲットにこのようなラインマッピングを拡張し, テンプレートを増やしていくことが望まれる.

2. 野辺山 45m 電波望遠鏡によるはくちょう座 X 領域 CO 探査観測: C¹⁸O クランプの物理的性質の解明 (竹腰, 藤田 真司 (名古屋大学); 西村 淳, 徳田 一起 (大阪府大); 谷口 琴美 (学習院大); 山岸 光義 (JAXA); 松尾 光洋, 南谷 哲宏 (国立天文台); 大橋 聡史 (理化学研究所))

「はくちょう座 X 領域巨大分子雲複合体」は, 銀河系内最大級の星団形成領域の一つであり, 1.4 kpc という距離は星団形成過程やその星間物質の物理・化学状態を調べるうえで最適な天体となっている. 我々は, 野辺山 45m 電波望遠鏡に搭載された FOREST 受信機を使用して, はくちょう座 X 領域の 9 平方度に渡る大規模な一酸化炭素分子 (CO) 輝線のサーベイ観測を実施し, ¹²CO, ¹³CO, C¹⁸O, CN 輝線のデータを取得した. 高密度ガスのトレーサーである C¹⁸O 分子輝線のデータを dengrogram 法により解析し, 174 個の C¹⁸O クランプを同定した. これらのクランプのうち, マップの端や感度の低い DR13S 領域を除いた 133 天体中 98 天体には原始星が付随していた. また, これらのクランプの物理量を計算し, 半径 0.2-1 pc, 速度分散 < 2.2 km s⁻¹, ガス質量 30 - 3000 M_☉, 水素分子密度 (0.2 - 5.5) × 10⁴ cm⁻³ を得た. ビリアル比は平均 0.3 であり, これらの天体は重力的に束縛された天体であることから, 星形成の母体となる天体であることを支持している. 本クランプ標本を用いて, 銀河系のフィールド星で得られた IMF との類似性が指摘されているクランプ/コア質量関数 (CMF) を調べた. その結果, α = -1.4 (55-140 M_☉) と, α = -2.1 (> 140 M_☉) の 2 つのべき成分を得た. これらは Kroupa IMF での小質量および中質量星のべきと一致している. また, 星形成しているクランプの > 140 M_☉ でのべきは, 55 - 140 M_☉ の星なしクランプのものと一致しており, 将来星なしクランプが, べきを変えずに質量降着を経て星ありクランプに進化することを示唆している. さらに, クランプで典型的な星形成効率 10% を仮定すると, ガス質量が > 10³ M_☉ の約 10 個の C¹⁸O クランプは, 将来少なくとも 1 つ以上の OB 型星を持つ星団へ進化するこ

とが示唆される。

2.5.3 恒星および系外惑星

1. AKARI/WISE を用いた AGB 星の中間赤外線変光調査 (橘 健吾, 宮田, 上塚 貴史, 大澤 亮, 中川 亜紀治 (鹿児島大学), 瀧田 怜, 内山 瑞穂 (国立天文台), 板 由房 (東北大学))

宇宙にあまねく存在する固体微粒子 (ダスト) の起源や供給過程は未だ不明確である。その解明の糸口として、主なダスト供給源の 1 つである AGB 星の研究が精力的に行われており、理論的な研究ではダスト放出現象において脈動が大きな役割を持つことが提唱されている。これを検証するために、ダスト供給量が多いと推測される「ダストに埋もれた AGB 星」の脈動変光に着目した。ダストに埋もれた AGB 星は星からの放射は強く吸収を受けており、そのエネルギーのほとんどは中間赤外線波長 (10 – 30 μm) で放射されている。したがって星の脈動を調べるには、中間赤外線領域の変光の調査が最適となる。また、このような星は長周期を示すことが予想されるので、長期間にわたる変光調査が必須である。

我々は AKARI および WISE のスキャンごとのデータを解析し、波長 18 μm での変光の様子を調査した。対象としたのはレーザーが受かっており赤外線で見え、いわゆる OH/IR 星と呼ばれる天体 789 星である。2 つの衛星を用いることで、5 年に渡る期間の変光を追うことが可能となる。一方で、衛星の違いによって系統的な誤差が生じる可能性がある。我々はフィールドの星などを用い注意深く校正を行うことで、これを克服した。また、中間赤外線データだけではデータ点数が十分ではなく、ただしく周期を決定することは困難である。我々は可視や近赤外線、あるいは NEOWISE による 3-5 μm 帯の変光と比較することで、周期決定を行った。結果、13 天体について中間赤外線の変光カーブを得ることができた。うち 2 天体は 1400 日以上の変光周期をもつ変光星であった。1000 日以上の変光周期をもつ AGB 星は銀河系内ではこれまで 17 天体しか知られておらず、今回の 2 天体は進化の進んだ AGB 星研究にとって重要なサンプルとなる。

2. 非変光 OH/IR 星の近赤外線長期増光の発見 (上塚, 中田, 大澤, 三戸, 浅野, 宮田; 柳澤, 泉浦 (国立天文台); 板 (東北大学); 小野里 (兵庫県立大学); 植田 (デンバー大学))

OH/IR 星は特徴的なラインプロファイルを持つ OH メーザー輝線を放ち、あわせて強い赤外線を放つ天体である。これらの天体は漸近巨星分枝星 (AGB 星) と考えられており、OH メーザー・赤外線放射とともに AGB 星の放出した星周のガス・ダストに起因するものと考えられている。通常は AGB 星の特徴である長周期変光を示すが、その一部は顕著な変光を示さず、非変光 OH/IR 星と呼ばれている。これらの特徴から非変光 OH/IR 星は、AGB 星がその進化を終え、その後の進化段階である post-AGB 段階へ移行しつつある天体であると考えられている。

この見方が正しければ、非変光 OH/IR 星は AGB 段階の質量放出を停止した状態にあり、星周ダストの拡散に伴う星周減光の低減が生じ、近赤外線領域において青く、明るくなることが期待される。本研究ではこのような変化の有無を 2MASS・UKIDSS・OAO WFC によるサーベイデータを用いて調査した。その結果、非変光 OH/IR 星 16 天体のうち 6 天体について、数千日間の近赤外線変光データを取得した。得られたデータから、6 天体すべてが増光したこと、多色データが得られた 3 天体に青くなる天体はなく、むしろ赤くなった天体があることを確認した。観測された増光速度や色変化は星周ダストの拡散では説明が難しく、中心星の温度・光度の変化、もしくは新規のダスト形成など、星周ダストの拡散以外の現象が起きていることを示唆する。今後これらの観測された変化の要因を明らかにすることで、非変光 OH/IR 星の正しい進化段階を明らかにすることができると期待され、これまで未知であった AGB 段階から post-AGB 段階への進化を明らかにする糸口となると考えられる。以上の研究成果について、Astrophysical Journal 誌への論文掲載が 2020 年 6 月現在確定した。

3. 原始惑星系円盤モデルを用いた, HL Tau のミリ波偏光観測の解釈

(森 智宏 (東京大学), 片岡 章雅 (国立天文台), 大橋 聡史 (理化学研究所), 百瀬 宗武 (茨城大学), 武藤 恭之 (工学院大学), 永井 洋, 塚越 崇 (国立天文台))

ALMA を用いたミリ波偏光観測により, 原始惑星系円盤における偏光度, 偏光ベクトルの空間分布を得ることが可能になってきた. この偏光はダストの磁場整列が主要な原因とされてきたが, 近年, 観測波長程度のサイズのダストによる自己散乱も重要な過程として偏光に寄与することが明らかになったが, その解釈は幅があり, 観測結果と物理過程の対応は必ずしも明らかではなかった.

我々は, 原始星 HL Tau の円盤で観測された波長 3 mm における偏光の特徴を調べることで, 先行研究よりも詳しく偏光起源に迫った. この偏光は (1) 楕円の偏光パターン, 及び (2) 方位角方向に一樣な偏光度, という特徴を持つ. 先行研究では, この偏光は輻射勾配に整列したダストの熱放射が起源であるとされていた (Kataoka et al. 2017). しかし, この整列モデルは円形の偏光パターンかつ, 非軸対称な偏光度分布を予言し, 観測事実 (1) と (2) のどちらとも矛盾することが新たに指摘された (Yang et al. 2019a). これは観測された偏光の起源が単独の整列過程のみではないことを示唆する. 我々は, RADMC-3D を用いて, ダスト整列と自己散乱を組み合わせたモデルを構築し, 観測を再現できるか調べた. その結果, ガス流に対してダスト長軸が平行に並ぶ整列モデルと散乱モデルを組み合わせることで, (1) と (2) を再現可能であることがわかった. この整列過程は, 理論的には, ダストに対するガス流の速度が超音速であるときに有効になり, 円盤では起きないとされてきた. しかし, 我々の結果はその理論と矛盾しており, 従来のダスト整列理論が円盤で必ずしも成立しない可能性を示唆する.

これらの内容は, 前年の AS209 の観測結果と合わせる形で, 森氏の博士論文としてまとめられた.

4. R Coronae Borealis 型星におけるダスト形成の研究

(大澤 亮, 上塚 貴史, 中田 好一; 野沢 貴也 (国立天文台); 尾中 敬 (明星大学))

R Coronae Borealis (R CrB) 型星は数日程度のタイムスケールで 10 等級超の減光イベントを起こすことで知られている変光星のひとつである. この減光イベントは突発的・局所的な質量放出による炭素質ダストの形成によって引き起こされると考えられている. 減光イベントのタイムスケールが短く突発的であることから, R CrB 型星はダストの核形成・成長を観測的に研究するうえで大変興味深いターゲットである.

R CrB 型星のまわりで形成されるダストの性質を統計的に調べるために MACHO および OGLE による大マゼラン雲のモニタリングデータを使用した. MACHO, OGLE-III のアーカイブにはそれぞれ 15, 23 天体の R CrB 型星が含まれている. MACHO では V -, R -band での, OGLE では V -, I -band でのライトカーブが提供されている. 我々は減光イベントにおける各天体がどのような色変化を示すのかを調べた. R CrB 型星の減光イベントにおける色変化は星間ダストによる減光則とは一致しなかった. R CrB 型星の減光則は減光初期において共通であり, R CrB 型星のまわりで形成されるダストは可視光の減光則においては個性がないことを示唆する. 一方で, 減光量が大きいフェイズでは $\Delta(V-R) \simeq 0$ 近くまで青くなる傾向を示した. これは形成されたダストが 150 nm 程度のサイズまで成長したと考えると説明できる. また, 今回解析した天体の中には上記の傾向に沿わない特異な色変化を示すものも存在した. 以上の観測的特徴と, 考えられる R CrB 型星において形成されるダストのライフサイクルについて 2019 年秋季天文学会にて報告した.

ダストの核形成・成長を議論するためには減光イベントの多波長モニタリング観測が重要となる. 2019 年 9 月に R CrB 型星のプロトタイプである R Coronae Borealis において減光イベントが発生した. このイベントを可視から近赤外線までの多波長で継続的にモニタリングするために, 光赤外線天文学大学間連携事業 (OISTER) に観測提案 “R CrB におけるダスト成長速度の測定” を提出した. 埼玉大学, 東京工業大学, 広島大学, 京都大学, 石垣島天文台の 5 機関による観測によって, R CrB の減光イベントを可視近赤外の多波長で捉えることに成功した. 現在, それぞれの観測施設によって得られたデータの統合を

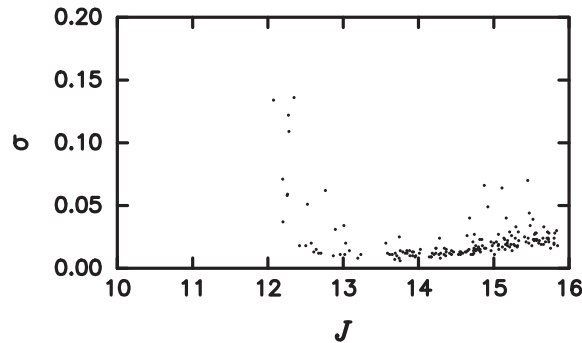


図 2.2: NGC1846 に属する星の J 等級における多数回の観測の平均値に対する分散 (縦軸). 横軸は平均の J 等級.

進めている.

5. マゼラン雲球状星団の系統的変光星探査 (田辺, 中田, 松永; 板 (東北大学))

星の質量が太陽の 1–8 倍の中小質量星は, 主系列星から赤色巨星, 漸近巨星枝 (AGB) 星, 惑星状星雲を経て質量 0.6 太陽質量程度の白色矮星に進化すると考えられており, 従ってその進化の過程で多量の質量放出を行う. この中小質量星における質量放出現象は恒星進化研究において, 長年に渡り未解決の大問題である. 質量放出の大部分は AGB を登りつめた末期に起こると考えられているが, 同時に AGB 末期に星は長周期変光星 (ミラ型変光星) となることが観測されており, 変光現象が質量放出に深く関わっていることが示唆される. しかしながらこの AGB 末期の変光現象がどの段階で起こり, どのように進化するのかなどこれまで系統的に調べられたことはない. 球状星団は同年齢で生まれた時に化学組成が等しい星の集団であり, 年齢の推定が可能で, 星団に属する星は等しい距離にあるとみなせるので, 恒星進化の研究には理想的な天体である. しかし我々の銀河系の球状星団は皆年齢が大きく, 現在残っているのは小質量の星である. これに対し大小マゼラン雲には様々な年齢の球状星団が豊富に存在するため, 様々な質量の星の進化を研究することができるという利点がある. 我々は南アフリカに設置された名古屋大学 1.4m 望遠鏡を用い, 大小マゼラン雲の約 40 の球状星団を 4 年のスパンに渡り, 30–40 回の反復観測を行った. 現在それらを解析中であるが, 中間年齢 (星の質量が 1.5–2 太陽質量) の星団では, AGB 上部の星は大部分変光を示し, 末期になるほど変光の振幅が大きくなることが明らかとなった. 図 2.2 は星団 NGC1846 に属する星の J 等級における 30 数回の観測の平均値に対する分散を 30 数回の観測の平均の J 等級に対してプロットしたものである. 分散が大ききものは変光していることを示唆する. 星団 NGC1846 は大マゼラン雲に属する中間年齢の星団である.

2.5.4 太陽及び太陽系

1. 近赤外エシエル分光器 (NICE) による金星大気の観測

(田中, 高橋; 奥村 (日本スペースド協会); 前澤 裕之, 築山 大輝 (大阪府立大学); 高橋 幸弘, 佐藤 光輝, 高木 聖子, 大野 辰遼 (北海道大学); 今井 正亮 (産業技術総合研究所))

近赤外エシエル分光器 (NICE) は, 田中研で開発された近赤外中分散分光撮像装置で, 金星探査機あかつきと共同で金星大気の観測を行うことを主目的として 2011 年より北海道大学 1.6m ピリカ望遠鏡のカセグレン焦点に搭載された. これまで大質量星チームとしての WR 星, LBV 星などの観測の他, 2017 年度から大阪府立大学, 北海道大学と共同研究で金星大気の観測を本格的に開始した. サイエンスとしては, 近赤外線にある分子輝線を使って, 非磁化で CO_2 を主大気とする地球型惑星/金星の大気における, 低層

と高層を繋ぐ物質循環やG型星(太陽)の活動によって駆動される化学反応素過程を解明しようとするものである。

初年度から装置の再立ち上げや動作試験, 試験観測, 実観測に向けての準備を進め, 2018年度には前年度に行ったK-bandより観測感度が高く, 金星大気の特徴を抽出しやすいH-bandでの観測を行った。金星は太陽との離角が小さいため実質的な観測時間が限られ, さらに明け(宵)の明星など観測条件(大気の影響)も非常に厳しい。そこで観測モードを限定し, 観測シーケンスを予め詳細に計画することで, 短時間での観測に対応した。2019年度は, 金星大気由来のスペクトルを再現するため, 強度および変動が大きな地球大気の違いや標準星による校正, ベースラインの補正, 波長校正など慎重に取得データの解析を進めた上で, HITRANやHITEMPなどの大気放射輸送モデルから予想されるスペクトルと比較した。その結果, 金星大気由来のCO₂吸収線特徴の検出に成功していることを確認できた。これらのデータについては引き続き詳細解析を進めている。

北海道のサイトでの近赤外での金星スペクトルの観測が可能であることを初めて示すことができたが, 太陽との離隔や観測シーズンなどから観測できるタイミングや時間は限定的となる。そこで, さらにこの結果を受け, より大気透過率が高く, 可観測波長範囲も広がることが予想されるTAOサイトからのNICEでの観測を計画している。同じアタカマにあるALMAとの同時観測も計画しており, 複数波長の異なる大気高度のデータを同時に取得することで, 金星の化学物質の循環・分布・変動の実態解明と, 精密な大気モデルの構築が可能になると期待される。

2.5.5 望遠鏡, 観測機器, ソフトウェアの製作と開発

1. マイクロシャッターアレイの開発(本原, 小西; 年吉(東大先端研); 高橋(東大生産研))

近年の観測天文学においてマルチスリット多天体分光器はもはや欠かせないがその運用には, スリットマスクを視野毎に製作してインストールしないといけないなど, 多くの労力を必要とする。この欠点を一気に克服するものとしてMEMS(Micro Electro Mechanical Systems)テクノロジーを用いたマイクロシャッターアレイの開発を東大先端研の年吉洋教授のグループと共同で行っている。

本年度は, 昨年度から課題となっていた, ねじりバネの太さを安定して製造するプロセスの追求を行なった。露光後, 現象時間を調整することにより, 不良品率が3%以下でほぼ欠損のないシャッターアレイを作ることになった。その後, Niメッキによる遮光パターンを生成するプロセスの改善を行なっている。メッキの後にパリレンを除去するプロセスでNiメッキ層を固定するアンカー部が劣化し, Niメッキパターンが剥がれてしまう問題が生じたものの, あっシングプロセスの最適化により解決した。現在, バイメタル効果によるNi庇構造の歪みを取るための新たなパターンの試験を進めており, これが解決すると大フォーマットアレイの製造に取り掛かる予定である。

2. 天文用光レーザーコムの開発(本原, 土居; 吉岡, 蔡(東大工学部); 泉浦, 神戸(国立天文台))

高分散分光($\lambda/\Delta\lambda > 50000$)による星の視線速度モニタ観測による, 系外惑星の探査が世界的に大規模に進められ, 地球質量から木星質量におよぶ多様な系外惑星が発見されるようになった。しかしながら, 例えば太陽型星の周囲で, 水が液体で存在できる, いわゆるハビタブルゾーンに存在する地球型惑星の検出は, 非常に高い精度の観測($< 0.5\text{m/s}$ 以下)を長期にわたって行う必要がある。この際の大きな問題は高精度の波長校正であり, 最近校正用光源として注目を集めているのが超高繰り返し光周波数コム(いわゆるレーザーコム)である。しかしながら, 高分散分光器で分解可能な繰り返し周波数($> 40\text{GHz}$)を安定して発振できるコムは技術的に難しく, とくに可視波長領域では, 安定して動作する稼働例は非常に限られる。

そこで我々は東京大学工学系研究科・光量子科学研究センターの吉岡グループと共同して, 可視から近赤外線波長域で用いることができるレーザーコムを開発を進めている。本年度は, 1.5GHz繰り返し周波数

のモード同期チタンサファイアレーザーの発信部の水冷化を進めた。これにより、より安定したコムの発振ができると期待される。

3. せいめい望遠鏡用3バンド同時高速撮像分光器 TriCCS の開発

(土居, 酒向, 小川, 紅山; 前田, 太田, 松林, 川端, 木野 (京都大))

キヤノン社と開発した大画素 CMOS センサーを3台搭載した口径3.8m せいめい望遠鏡用3バンド同時高速撮像分光器 TriCCS の開発を行っている。2枚のダイクロイックミラーを用いて可視光を3バンドに分割して同時撮像が可能である。将来分光モードも拡張が可能な設計となっており、また別途開発されている近赤外線偏光撮像装置とあわせると5バンド同時撮像が可能な設計である。2019年度は光学系と筐体が完成、冷却を強化した CMOS センサーを導入、2枚のダイクロイックミラーも製作した。2020年6月に試験観測を実施する予定である。

4. 超広帯域サブミリ波分光計 DESHIMA の開発 (吉村 勇紀, 石田 剛, 竹腰, 河野; 遠藤 光, 五十嵐 創,

Alejandro Pascual Laguna, David J. Thoen, Ozan Yurduseven, Sjoerd Bosma, Nuria Llombart, Teun Klapwijk (TU Delft); 唐津謙一, Robert Huiting, Vignesh Murugesan, Stephen Yates, Pieter J. de Visser, Juan Bueno, Jochem J. A. Baselmans (SRON); Paul P. van der Werf (Leiden University), 大島 泰, 塚越 崇, 石井 峻, 陳 家偉, 藤井 泰範, 大田原 一成, 前川 淳, 川邊 良平, 浅山 信一郎 (国立天文台), 鈴木 向陽, 上田 哲太朗, Tom T. J. C. Bakx, 谷口 暁星, 田村 陽一 (名古屋大学); 成瀬 雅人 (埼玉大学), 鈴木 惇也 (KEK), 藤田和之, 香内晃 (北海道大学); 中坪俊一 (宇宙科学研究所))

初期宇宙に数多く存在し、サブミリ波帯の連続波探査観測によって効率的に検出される爆発的星形成銀河 (サブミリ波銀河) は、宇宙大規模構造や楕円銀河の形成過程の理解に非常に重要な天体である。これらの天体の分光赤方偏移の決定、および星形成と関連するガス量・物理状態の理解を目指し、ALMAをはじめとするミリ波・サブミリ波望遠鏡に搭載されたヘテロダイン受信機によって、一酸化炭素や電離炭素輝線の観測が推進されてきた。その一方で、高赤方偏移のサブミリ波銀河での分光赤方偏移決定は限定的であり、効率的な赤方偏移決定を実現する広帯域かつ高感度の観測システムの実現が期待されている。我々は、広帯域かつ光子ノイズ限界の感度を実現する光子直接検出器のサブミリ波天文学への新たな応用例として、超伝導オンチップ・フィルターバンクを用いたサブミリ波分光計 DESHIMA の開発を推進している。DESHIMA は、240–720 GHz という3オクターブを超える帯域幅を、半導体チップ上に形成した共振回路によるフィルターバンクで周波数分解能 $R=500$ 程度に分解し、光子を超伝導直接検出器である力学インダクタンス検出器 (KID) で検出するという原理により、超広帯域かつ高感度な分光観測を実現することを目指した、新しい観測装置である。この技術を提案したオランダのデルフト工科大学・SRON のグループや ASTE 望遠鏡を運用する国立天文台などと協力し、チリ共和国アタカマ砂漠に設置されている直径10mのサブミリ波望遠鏡 ASTE での超伝導オンチップ・フィルターバンク型分光計を用いた科学観測を、世界に先駆けて実現することを目指している。2017年10-11月、プロトタイプ of DESHIMA が ASTE 望遠鏡に搭載され、世界初となるオンチップ・フィルターバンク分光器の実証試験観測を実施した。2019年度は、昨年度に引き続き試験観測で取得された観測データの解析を推進し、さらに本セッションで得られた結果とキャリブレーション手法についての論文化を行った。詳細なデータ解析の結果、赤外線銀河 VV114 をはじめとする多くの天体で輝線検出に成功した。さらに、ASTE 望遠鏡で得られたビームパターンやビーム能率が、実験室で得られたビーム測定結果から予想される性能と一致することが分かった。高感度観測の到達感度は、実験室測定で得られた光学能率と矛盾せず、大気起因の光子雑音限界を達成していることが分かった。これらの成果は査読論文として出版された (Endo et al. 2019)。また、KID 検出器のキャリブレーション手法として、大気放射を用いた新たな強度校正手法を確立し、査読論文として出版した (Takekoshi et al. 2020)。これは、大気放射モデルと DESHIMA によって得られるサブミリ波スペクトル情報を組み合わせることで、視線方向の水蒸気量を推定するとともに、検出器の校正曲線を反復的に推定するもので、4%の校正精度を持つ強度校正曲線を得た。また、同時に推定された観測装置の大気放射との結合能率が、ASTE 望遠鏡の構造から推定される理論値と矛盾しないことを確認した。

現在、2021年のASTE望遠鏡での本格的な科学運用の開始を目指して、検出器と観測手法の改善を進めている。具体的には、220–440 GHzの同時観測帯域幅を実現する超伝導オンチップ分光計ウェハの実用化、大気と検出器起因のノイズを大幅に低減する高速スカイチョッパーの開発、効率的なキャリブレーション観測を実現するモニタリングシステムの開発、などである。これらの改良によって、一夜の観測で赤方偏移4以上の重力レンズされたサブミリ波銀河の電離炭素・一酸化炭素輝線を検出し、その赤方偏移を決定できる感度を持つ見込みである。また、スニヤエフ・ゼルドビッチ効果を用いた銀河団中の高エネルギー電子の密度・温度の精密測定に向けた科学観測計画の立案も進んでいる。今後、サブミリ波超広帯域分光という新たな観測手法が確立され、重要な科学的成果がもたらされることが期待される。

5. 超広帯域多色サブミリ波カメラの開発 (宇野 慎介, 陳 家偉, 竹腰, 河野; 大島, 都築, 川邊 (国立天文台); 小野, 酒井 (電通大), 美馬 (理研), 成瀬 (埼玉大); 藤田, 香内 (北海道大); 中坪 (宇宙科学研究所))
ダストに隠された真の星形成活動史を明らかにすることは、宇宙の進化過程を理解するうえで重要な課題の一つである。近年、ハーシェル宇宙望遠鏡によって赤方偏移3程度までの宇宙進化の描像の理解が進んでいるが、既存の赤外線観測では感度的に到達しない、より遠方の赤方偏移 >4 に対する星形成銀河の統計的理解の重要性が増している。ミリ波サブミリ波帯は、初期宇宙の星形成銀河の活動に迫る上で重要な波長帯であり、ALMAによる超高感度・高分解能観測によって、赤方偏移10におよぶ星形成銀河の観測結果が続々と発表されている。その一方で、広い視野を持つサブミリ波単一鏡に搭載したサブミリ波カメラによるサーベイ観測によって、ダストに隠された初期宇宙の星形成銀河をカタログ化することは、ALMAによる詳細な観測的研究を実施するうえで、依然として重要である。特に、ハーシェルによって見出された複数のサブミリ波バンドの天体強度から、ダストに隠された星形成銀河の測光赤方偏移を制限する手法は、遠方天体の効率的な選定に極めて有効な方法である。

我々は、このような天文学研究を実現する超広帯域、多色観測を実現するため、2017年度よりミリ波サブミリ波バンドの6色の同時撮像観測を可能なサブミリ波カメラの開発を開始した。その実現のため、(1) 検出器評価試験環境の構築、(2) 焦点面内でのバンド特性を定義するためのサブミリ波バンドパスフィルター、(3) 1焦点面で多色の観測を実現する多色オンチップフィルターの開発、(4) 焦点面検出器と光学系を結合させるホーンアレイの製作、(5) 望遠鏡との結像光学系の開発、が課題となっており、2019年度においては、これらの開発を推進した。まず(1)については、これまでに評価試験に必要な実験室環境整備を国立天文台先端技術センター内に行い、ノイズ環境において国内最高の試験環境を実現した。今年度は、望遠鏡への搭載するためのクライオスタットにも読み出し配線や極低温焦点面部の整備を行った。(2)のサブミリ波フィルターは、フレキシブルプリント基板(FPC)を用いた多層のサブミリ波フィルターを電磁界シミュレーションを用いて設計する手法を確立するとともに、実際に製作を行い、テラヘルツ時間領域分光法を用いた測定の結果、シミュレーションを再現する測定結果が得られた。フィルターの帯域幅はカメラで要求される仕様を満たしており、製作・測定結果を査読論文として報告した(Uno et al. 2020)。(3) オンチップフィルターの設計は、220, 270GHz帯の設計帯の設計が完了し、特に大きな比帯域(30%)を要求する150GHz帯の設計が課題になっている。そこで、分布定数回路の考え方を取り入れた新しい設計手法を導入し、製作可能な設計解を見出した。(4)のホーンアレイは、熱収縮率が小さいためシリコンウェハとの相性が良く、さらに超伝導磁気シールドとしても機能するシリコンアルミ合金での製作可能性の検討を開始した。実験室での測定の結果、熱収縮率はアルミの1/3、超伝導転移温度は1.2Kであり、極低温焦点面で利用する有用性が明らかになった。(5)の光学系設計については、国立天文台先端技術センターとの共同開発研究の枠組みで、望遠鏡と結合させる広視野光学系の検討を進めている。これらの成果は、将来の科学観測に向けて極めて重要なステップであり、今後これらの技術を早期に望遠鏡で運用可能なレベルまで成熟させることを目指す。

6. LMT 50m 鏡用 2mm 受信機システムの搭載及び試験観測
(廿日出, 河野, 吉村 勇紀, 竹腰; 川邊 良平, 野口 (国立天文台); 酒井 剛 (電気通信大); 田中 邦彦 (慶応大); 谷口 暁星, 田村 陽一 (名古屋大); David Hughes, David Sánchez-Arguelles, Arturo Gómez-Ruiz, Iván

Rodríguez-Montoya, Javier Zaragoza-Cardiel, Edgar Colin, Miguel Chavez-Dagostino(INAOE); Pete Schloerb, Kamal Souccar, Min Yun(UMass); LMT & B4R team)

メキシコの標高 4600 m サイトに建設された口径 50 m のミリ波望遠鏡 Large Millimeter Telescope (LMT) に、2 mm 帯のヘテロダイン受信機システム (B4R) を搭載し、単一鏡として世界最高感度の 2mm 帯観測を実現する計画を推進している (PI: 川邊)。この受信機と既存の 3 mm 波帯受信機と組み合わせることにより、1) 赤方偏移 $z > 4-5$ 候補のサブミリ波銀河において、CO 輝度線のブラインド探査により赤方偏移を決定し、遠方サブミリ波銀河サンプルを格段に増やすこと、2) より回転量子数 J の大きい CO 輝線まで検出し、CO 輝線強度分布による原始 QSO の探査を行うこと、3) 近傍星形成領域における重水素化物の探査や銀河中心領域の観測、などを計画している。今年度は、受信機の改修、LMT の制御システムと B4R の統合を測るためのツールの開発とコミッショニング、開口能率評価、遠方銀河を含む銀河系内外天体による科学評価試験、B4R 運用ノウハウの現地観測所員への移行作業を行った。 $z = 2-3$ の明るいサブミリ波銀河の観測では、複数の天体から CO(4-3)、CO(5-4)、[CI]1-0などをいずれも約 5-10 分の on-source 時間で検出することに成功し、ミリ波単一鏡として最高感度・最高集光力を達成した。

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 5,640m の地点に赤外線観測に最適化した口径 6.5m の大型望遠鏡を建設する計画 (TAO 計画) を推進中である。平成 12 年度に天文センター内で議論を開始して以来、サイト調査やアクセス道路の整備、望遠鏡の概念設計など準備を進めてきた。また平成 19 年度には先行望遠鏡である東京大学アタカマ 1m 望遠鏡 (通称 miniTAO 望遠鏡) も観測を開始した。平成 24 年度には補正予算によって 6.5m 望遠鏡の製作予算が措置され、望遠鏡本体および付帯設備の検討が本格化し、現在現地工事もスタートしている。

TAO 計画全体進捗

1. TAO 計画の全体進捗

(吉井, 土居, 河野, 宮田, 田中, 本原, 峰崎, 酒向, 田辺, 諸隈 智貴, 廿日出, 小西, 江草, 高橋, 上塚, 鮫島, 浅野, 加藤, 青木, 征矢野, 樽沢, 沼田, 益原; 田村 (名古屋大学); 半田 (鹿児島大学); 越田 (国立天文台))
TAO 計画は現在製作フェーズ七年目を迎えた。各 부품の開発は各企業で行われているが詳細な仕様の決定やインターフェースの調整は TAO グループが中心となって行っている。開発が佳境を迎え調整項目も増えたことから、この調整を担う技術検討会を今年度から週に 1 度開催している。またチリ側の状況把握・スタッフとの情報交換を進めるため、建設会議も毎週で行うこととした。

現地では道路拡張工事が進められている。工事は現地工事会社 (MOVITEC S.A.) が行い、これを日本のコンサルタント会社が管理するという体制で進めている。チリでは近年法改正が行われ、標高 5,500m 以上での作業にはチリ政府の許可が必要となった。申請準備は昨年度 (平成 30 年度) より行っていたが、チリ側の審査体制の不備などもありなかなか作業は進まなかった。申請書はようやく平成 31 年 4 月に受理され、審議を経て 8 月に許可を得ることができた。なお、これは本法律成立後初の許可取得例であったことを付記しておく。また、5,500m 以上作業に向け安全対策を大幅に強化した。昨年度より雇用の安全担当者に加え、今年度から 2 名の安全管理者を雇用、シフトによって必ずどちらかがサイトに常駐するように体制を整えた。また専門業者に依頼し、救急車、救急隊員、救急車運転手も工事中はサイトに常時滞在するようにした。これらのおかげで大きな事故無く道路工事を進めることができた。また 2019 年末から山頂工事にも着手し、年度末までに整地作業や基礎用の土木工事を実施した。昨年度から問題になっていた永久凍土についても山頂での再ボーリング調査により大きな問題がないことを確認した。

チリ国内では地下鉄の値上げに端を発した暴動が2019年10月ごろからサンチャゴで断続的に発生した。10月下旬には地方都市にも活動が広がり、サンペドロデアタカマ市でもデモや商店の破壊などが発生した。幸い大きな被害は受けなかったが、スタッフの安全確保のため一時的に渡航や活動制限を余儀なくされた。また、2020年3月には新型コロナウイルスがチリ国内でも感染を広げた。現地作業員を含めた安全を考慮し、2020年3月21日にすべての工事活動を停止、日本人関係者も全員引き上げるという措置をとった。これらの影響でスケジュールは大きく影響を受けており、2021年度内の完成を目指して、現在スケジュールの再構築を行っている。

計画の状況についてはTAO科学諮問委員会(委員長:戸谷東京大学教授)に報告し議論いただいている。今年度は9月3日に開催され、現状や今後の予定、科学観測の進め方などについてご意見いただいた。またALMAやASTE, CCATpなどの近隣計画とは状況を密にやり取りし、様々な面で協力関係が進んでいる。

2. TAO望遠鏡本体等の製作

(吉井, 土居, 河野, 宮田, 田中, 本原, 峰崎, 酒向, 田辺, 諸隈 智貴, 廿日出, 小西, 江草, 高橋, 上塚, 鮫島, 浅野, 加藤, 青木, 征矢野, 樽沢, 沼田; 田村(名古屋大学); 半田(鹿児島大学); 越田(国立天文台))

TAO 6.5m 望遠鏡は、主鏡口径 6.5m, 光学系瞳を副鏡に置いた視野 $\phi 25$ 分角直径の広視野リッチ・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ヶ所と将来拡張用のペントカセグレン焦点を 2ヶ所を備える。観測装置は、基本的に各焦点部に取り付けたまま運用することを想定し、第三鏡の回転による光線切り替えのみで迅速に観測装置を交代させる。望遠鏡単体での結像性能は、TAO サイトの良好なシーイングを劣化させないように、星像の 80% encircled energy 直径 $\theta_{80} = 0.33$ 秒角, 半値全幅 FWHM = 0.22 秒角 を仕様としている。赤外線観測性能だけでなく紫外線観測性能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。また焦点面の最終 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シ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、星像位置および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。

東京大学とアリゾナ大学との間の契約(#4, #5, Task Order #7, #8)のもと、以下の進捗があった。(1) 主鏡の重量を模したダミー主鏡及び実際に観測に使用する主鏡を用いて、主鏡セルの大部分の機能試験を行った。その結果、29のベンディングモード補正の後、27.4 nm rms の表面精度が得られ、仕様を満たすことが示された。(2) 第三鏡の位置及び回転制御機構の詳細設計、製作、機能試験が行われた。(3) 天頂から傾けた状態でのダミー主鏡格納状態での主鏡セル試験が行われた。(4) 鏡支持機構のソフトウェアの開発が行われ、repository を通じて TAO プロジェクトに提供された。また、望遠鏡制御システムとの主鏡・副鏡・第三鏡と人間の通信試験が京都虹光房により 2020年1月に行われた。一部の未完了の試験はチャナントール山頂にて実施される予定である。(5) 主鏡輸送箱にとりつける車輪へのインターフェイスの詳細設計が完了した。(6) 米国・ツーソンからの輸送の準備が進められ、2020年3月末時点でほとんど全ての物品の梱包が完了している。今後、陸路にて米国・ロサンゼルス近郊のロングビーチ港に輸送された後、チリへ海上輸送される。(7) 昨年度から検討が進められていた、建設スケジュールを短縮するための主鏡セル輸送について、詳細検討が完了した。ダミー主鏡を主鏡セルに入れた状態での米国・ツーソンからチャナントール山頂への輸送することとした。(8) 上記作業の終了後、主鏡, 主鏡セル, その他の物品がアリゾナ大学 Tech Park, CAID 社, Kino Container 社において保管されている。

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。また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。このため観測中の望遠鏡指向

方向や温度のほか、波面測定装置により観測装置の視野外の参照星を使って望遠鏡光学系の波面誤差を測定し、能動光学補正の情報として利用する。

2018年1月までに国内仮組立が完了し、保管中であった望遠鏡鏡筒・架台は2018年9月4日に台風21号により壊滅的な被害を受けた。この状況を受けて平成30年度災害対策第二次補正予算によって望遠鏡本体完成のための部品製作予算が措置され、望遠鏡本体部品の再製作を開始した。信頼性を保ちつつ再製作期間を短縮するため、被災した望遠鏡本体部品と同一の設計に基づき製作を行う一方で全体組立・動作試験を省略して、2020年夏ごろまでには再製作が完了する見込みである。

これらと並行して、望遠鏡主鏡を運用するための高圧空気生産設備および冷却水生産設備の製作を進めた。観測中の主鏡は空力アクチュエータによって支えられ、その支持力分布の調整により主鏡形状の補正が行われる。この空力アクチュエータの駆動には清浄かつ乾燥した高圧空気の供給が必要で、この目的のためコンプレッサ、フィルタ、除湿機、タンクなどによって構成される高圧空気生産設備を国内にて製作した。2019年末に設備は完成し、機材をチリに輸送した。

気温より主鏡の温度が高くなると主鏡表面付近の空気に対流が生じ、星像悪化の原因となる。そこで主鏡裏側に冷風を送って主鏡温度の制御を行う。このときに生じる排熱の処理のため主鏡セル内に冷却水を循環させる必要があり、このための冷却水生産設備の製作を国内にて開始した。2020年度内に製作完了、その後チリに輸送・設置の予定である。

3. TAO6.5m 望遠鏡蒸着装置 (吉井, 土居, 河野, 宮田, 田中, 本原, 峰崎, 酒向, 田辺, 諸隈 智貴, 廿日出, 小西, 江草, 高橋, 上塚, 鮫島, 浅野, 加藤, 青木, 征矢野, 樽沢, 沼田; 田村 (名古屋大学))

蒸着装置は、経年劣化による反射率が低下した鏡面の金属膜を剥離・再成膜し、望遠鏡の光学性能を再生・維持するための装置である。蒸着はエンクロージャーに併設された観測運用棟において行われる。TAOの主鏡は非常に繊細に扱わなければならないため、一連の蒸着作業は、主鏡は主鏡セルから取り外されることなくセルに入ったままの状態で行われる。エンクロージャーから蒸着エリアまで専用の移動昇降台車でレール上を直線平行のみの移動、つまり上下方向の負荷がないような作業工程となっている。レールは望遠鏡直下まで延びており、蒸着の際は移動昇降台車が主鏡の入った主鏡セルを迎えることになる。主鏡はエンクロージャーと観測運用棟を結ぶブリッジを通り、まず洗浄エリアへと運ばれる。ここで蒸着前の洗浄、古い膜の剥離および鏡のインスペクションが行われる。剥離・洗浄はシーケンサーにより半自動的に行われる。一連の洗浄工程の後、鏡面の傷や剥離残しなどのチェックをし、蒸着作業のために蒸着エリアへと移動、チャンバー上部と結合する。蒸着に十分な真空度に達した後、イオンディスチャージを経て、成膜作業となる。成膜を終えた主鏡は速やかに望遠鏡と再結合し、観測に備えることになる。

2019年度の蒸着装置に関する主たる進捗は、中国・大連市にある大型機械設備製作会社での大型真空容器(チャンバー)製作である。チャンバーは真空容器であること、また主鏡を中に入れた状態で蒸着を行うため、溶接不良などの欠陥は容器として致命的である。チャンバーは総ステンレス製で、製作においては各部の溶接およびチェックが慎重に行われた。また上下チャンバーは主鏡セルと嵌合して使用するため精度も重要である。加工、測定、補強、修正を繰り返し行い、最終的にチャンバーのサイズ7mに対して0.5mm以下の精度で完成した。大連の工場ではメインチャンバーの他に、各種フランジやチャンバー内に設置される蒸着装置設置床やフィラメント収納ボックス、真空配管、周辺付帯機器設置のための重量棚などの製作も行われた。同一工場(および関連製作会社)で蒸着プラントとして総合的に製作することで、一貫した品質・スケジュール管理ができ、製作を見通しよく把握することが出来る。一方国内では、蒸着電源および真空制御ユニットなどの製作が並行して進められた。中国での製作が終了したチャンバー類は2020年2月に横浜に輸送され、国内で保管・製作されていた真空ポンプや制御ユニットも含め、蒸着システムとして集合・組み立てられた後、真空・蒸着の総合試験が開始された。真空に関しては、試験初回で問題なく仕様値(蒸着が実行できる真空度)に達することが確認された。引き続き、鏡面を分子レベルで綺麗にするイオンボンバードや金属を蒸発させる蒸着工程時の電源・電流などのパラメータサーチを行っ



図 2.3: 完成した蒸着チャンバー (於中国・大連)



図 2.4: イオンボンバード試験 (左) と蒸着試験 (右) 時のチャンバー内の様子.

た. 蒸着装置は大型になればなるほど特性に個性が出るため, 装置固有のパラメータ出しが非常に重要である. アルミニウム膜厚の評価はチャンバー内に置かれたサンプルガラスで行い, 年度を跨いだ複数回の試験で最適値を決定した. 最終的には, 今回の試験で判断できる範囲で, 仕様 (反射率が波長 300–900nm で 85%, 膜厚 100–150nm 厚) を満たしていると判断した.

4. TAO 山頂施設の建設 (吉井, 土居, 河野, 宮田, 田中, 本原, 峰崎, 酒向, 田辺, 諸隈 智貴, 廿日出, 小西, 江草, 高橋, 上塚, 鮫島, 浅野, 加藤, 青木, 征矢野, 樽沢, 沼田)

TAO6.5m 望遠鏡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進めた. 西村製作所が主導の下, 大阪府能勢町の三陽鉄工サービス社にて, エンクロージャ下部を構成する鉄骨材, 断熱壁, 扉, 床材, 換気窓の製作を実施した. また, エンクロージャ下部に設置する水冷装置, 空圧装置と, エンクロージャの耐雷設備の製作も進めた. エンクロージャ下部の構成部品は, 2018 年度に完成したエンクロージャ上部の構成部品とともに神戸港にてコンテナに分割して格納され, チリに向けて 2019 年 5 月より順次に海上輸送された. エンクロージャに隣接して建設される観測運用棟の詳細設計も進めた.

インテレクト社によるコーディネートの下, 現地チリでの建設・製作作業を進めた. 望遠鏡ピアおよびエンクロージャのプレキャスト基礎をチリの Preansa 社で製作した後に仮組試験を実施した (図 2.5 左). プ



図 2.5: (左) 望遠鏡ピアおよびエンクロージャのプレキャスト基礎の仮組試験, (右) 標高 4,950m サイトに到着したエンクロージャの構成部品.

レキャスト基礎はサンティアゴより陸上輸送され 2020 年 1 月にチャナントール山山腹の標高 4,950m サイトに到着した. 日本から海上輸送されたエンクロージャの構成部品の大部分は 2020 年 2 月に同サイトに到着した (図 2.5 右). 2020 年 2-3 月に, エンクロージャの構成部品の修正作業を標高 4,950m サイトにて実施した. チリの MOVITEC 社が中心となり ALMA アンテナ整備道路より標高 5,640m 地点までの山頂アクセス道路の拡張工事と, 山頂の建設予定地周辺の造成工事を実施した. サンペドロ・デ・アタカマの TAO 山麓施設に増設する実験棟の設計をインテレクト社とともに進め完了させた. TAO 山麓施設実験棟は東京大学天文学教育研究センター三鷹の新実験棟と同等の大きさで設備を保有し, 主に TAO 望遠鏡の観測装置と望遠鏡関連ユニットの整備に用いる.

TAO 6.5m 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, 本原, 高橋, 加藤, 寺尾 恭範, 櫛引 洗佑, 中村 洋貴, 吉井, 土居, 河野, 宮田, 田中, 峰崎, 酒向, 田辺, 諸隈 智貴, 廿日出, 江草, 上塚, 鮫島, 浅野, 青木, 征矢野, 樽沢; 田村 (名古屋大学); 半田 (鹿児島大学); 沖田, 服部, 美濃和, 田中, Wung, Ramos (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 ($0.9\text{--}2.5\ \mu\text{m}$) 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. 2010 年度からは, 広がった天体に対してより効率的に情報を抽出できる面分光機能 (IFU) の開発も進めている.

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 $0.9\text{--}1.45\ \mu\text{m}$ (blue) と $1.45\text{--}2.5\ \mu\text{m}$ (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 $0.9\text{--}2.5\ \mu\text{m}$ 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, 観測者は均質な観測データを高い観測効率で得ることができる.

TAO 望遠鏡の完成に先立って装置性能の確認・調整と初期科学運用を進めるために, 我々は国立天文台ハワイ観測所すばる望遠鏡を用いた機能試験観測を 2018 年 5 月, 2019 年 1 月の 2 度実施した. 本年度は, それらの試験結果に基づきすばる望遠鏡での共同利用運用をハワイ観測所に申請し, 共同利用を受け

入れるための条件としてハワイ観測所から指摘された装置改修作業を2020年2月に行った。一点は大きな欠損部を持つ engineering grade 検出器 (青側光学系用の一つ) をハワイ観測所から貸与された science grade 検出器へ交換すること, もう一点は山頂の夜間の低温環境でも分光機械系が常に動作するようにすることである。前者については交換後に100K程度まで冷却して撮像試験を行い, 期待通りの読み出しノイズ (2度の非破壊読み出しで $\sim 12e^-$) が得られることを確認した。しかし山麓実験室では運用温度である90Kまでは冷却できず暗電流は期待より1ケタ高い値であったため, 山頂での最終確認が必要である。分光機械系の作業については, 直動部に保護具を常設するようにしてその内部にヒーターを設けることで低気温から隔離するよう改修を続けている。また試験観測で得られた様々なデータを用いて撮像データ解析パイプラインの整備も進めている。

一方で, 新型コロナウイルスの影響により, 2020年6月に予定されていた3度目の試験観測が10月頭に延期となり, 2021年前期 (S21A期) から共同利用運用を開始するかどうかについては, ハワイ観測所とすばる望遠鏡科学諮問委員会 (SAC) との間で協議が続けられている。

2. SWIMS-IFU の開発 (櫛引 洗佑, 本原, 高橋, 小西, 加藤, 寺尾 恭範; 山形, 細島, 竹田 (理研); 森田 (東京電機大); 尾崎 (国立天文台))

近年, 可視赤外線領域では空間2次元を空間分解してスペクトル情報を取得する面分光観測が多く行われており, 様々な成果が上がっている。我々はSWIMSに面分光機能を追加することを目的とし, それを実現する光学ユニット SWIMS-IFU の開発を理化学研究所/先端光学素子開発チーム (PI 山形豊) と行っている。

今年度はSWIMS-IFUを構成する光学素子の一つである瞳ミラーアレイの試験加工を行った。瞳ミラーアレイは12個の球面鏡と14個の軸外し楕円面鏡から構成される光学素子であり, 特に楕円面鏡の加工と評価についてはこれまで経験がないものであった。加工はnmオーダーでの制御が可能な超精密加工機で行い, 加工母材として特殊アルミ合金 RSA6061 を用いることで, 切削加工のみで必要な面粗さを達成する。

瞳ミラーアレイの加工試験を行う前に, まずは球面鏡と楕円面鏡の単体加工試験を行った。結果として, 面粗さ 8.21nm (要求 <10nm), 形状誤差 194.30nm (要求 <200nm) を達成することができた。ただし, 加工時の工具の切り抜け方向によっては面粗さが大きく悪化し 20nm 程度となることが判明した。

球面鏡と楕円面鏡の単体加工試験の結果を受けて, 瞳ミラーアレイの加工試験を行った。結果として, 個々の鏡面について平均で面粗さ 13.54nm, 形状誤差 141.60nm を達成することができた。ただし, 26個の鏡面の相対位置関係の測定についてはその手法に課題が残り, 本加工品の測定に向けて改善を行う。なお, 現状の測定での鏡面間相対位置精度はおよそ 20 μ m 程度のずれとなり, 要求精度 <20 μ m と同程度の値となっている。

完成した瞳ミラーアレイ試験加工品について, 光学結像試験を実施した。結果, 想定していた通り, 軸外し楕円面鏡による結像性能の改善が見られた。また, 加工痕による分散の影響が懸念されていたが, 1次光の影響は0次光に対して0.1%以下と小さく, 実際の観測では問題がないことを確認した。

来年度は残りの瞳ミラーアレイ本加工と最後のミラーアレイであるスライスミラーアレイの加工を進める。また, 残りのレンズや鏡面, 全体構造体などの製造を進め, 全体の組み上げ完成を目指す。

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, 大澤, 浅野, 橋 健吾, 紅山 仁, 道藤 翼, 尾中, 左近, 吉井, 土居, 河野, 田中, 本原, 峰崎, 田辺, 諸隈 智貴, 廿日出, 小西, 江草, 高橋, 鮫島, 加藤, 青木, 征矢野, 樽沢, 寺尾 恭範, 櫛引 洗佑, 中村 洋貴; 片墾 (ISAS/JAXA); 小山, 沖田, 越田, 岡本, 小野寺, 表, 神戸, 内山 (国立天文台); 田村 (名古屋大学); 半田 (鹿児島大学))



図 2.6: (左) スチールケースに梱包されハワイ観測所にて搬出される MIMIZUKU, (右) 天文センター新実験棟に搬入された MIMIZUKU.

MIMIZUKU は TAO 6.5 m 望遠鏡搭載予定の第一期中間赤外線観測装置である。本装置は 2–38 ミクロンの波長帯における撮像・低分散分光を可能とする。この広い波長域をカバーするために、NIR, MIR-S, MIR-L と呼ぶ三つの光学系を搭載し、それぞれが 2–5.3, 6.8–26, 24–38 ミクロンの波長帯をカバーする。昨年度までに MIR-S が稼働し、これを用いた試験観測をすばる望遠鏡にて完了した。

さらに MIMIZUKU は、特殊な機械光学機構「フィールドスタッカー」を搭載する。本機構は MIMIZUKU 上部の望遠鏡焦点面上に二枚の駆動鏡を配置し、望遠鏡の焦点面から任意の二視野を選択して一つの視野に結合する。これを装置の光学系に導くことで、通常同時に観測することができない二つの離れた天域の天体を、同時に観測することが可能となる。この二視野同時観測機能により観測対象と標準星を同時観測すれば、激しく時間変動する中間赤外線の大気透過率を精度よく較正することが可能となり、地上観測においても精度・信頼度の高い測光・分光観測が可能となる。このような試みは世界初のものであるが、これを用いた試験観測も昨年度のすばる望遠鏡における試験観測で完了した。

本年度は試験観測データの解析、アーカイブ作業を実施し、さらに TAO 望遠鏡での観測準備として、MIMIZUKU の日本への輸送(図 2.6)と機能開発を実施した。各研究開発の詳細を以下に述べる。

2. フィールドスタッカーによる測光安定性改善効果の評価(道藤 翼, 宮田, 上塚, 酒向, 大澤, 浅野, 橋 健吾)
MIMIZUKU に搭載する二視野同時観測機構「フィールドスタッカー」は、これを用いて観測対象と標準星を同時観測することで、大気透過率の変動をキャンセルした較正ができる。我々は本機構を開発することで、誤差数%以内の高精度測光の実現を目指している。その実現に重要となるのが、精度の良いフラットの作成方法の確立、およびフィールドスタッカーによる大気透過率変動のキャンセル効果の実証である。これらを目的とし、2018年7月および12月にすばる望遠鏡にて実施した MIMIZUKU の試験観測のデータを解析した。

中間赤外線におけるフラットの作成方法は未確立である。本研究では、視野全体の平均カウントと各ピクセルのカウントに良い直線関係があることを発見し、この関係を用いることで、誤差が約 0.3% の高精度フラットの作成に成功した。さらに本研究では、フィールドスタッカーを用いて異なる天域の二天体を同時観測したデータに対し、このフラットを用いて測光解析を行った。その結果、二天体の同時観測により、大気透過率変動による測光値の変化がキャンセルできることを確認し、約 2% の相対測光誤差が達成できることを確認した。残存する誤差は、フラット誤差・読み出しノイズ・ポアソンノイズから期待されるものよりも大きく、二視野間のリアルな大気透過率の差が反映されていると考えられる。上記の結果は、道藤翼氏の課題研究発表会にて発表した。

3. MIMIZUKU 近赤外線チャンネルの開発(上塚, 酒向, 宮田, 大澤, 浅野, 橋 健吾; 長谷川 (ISAS/JAXA);

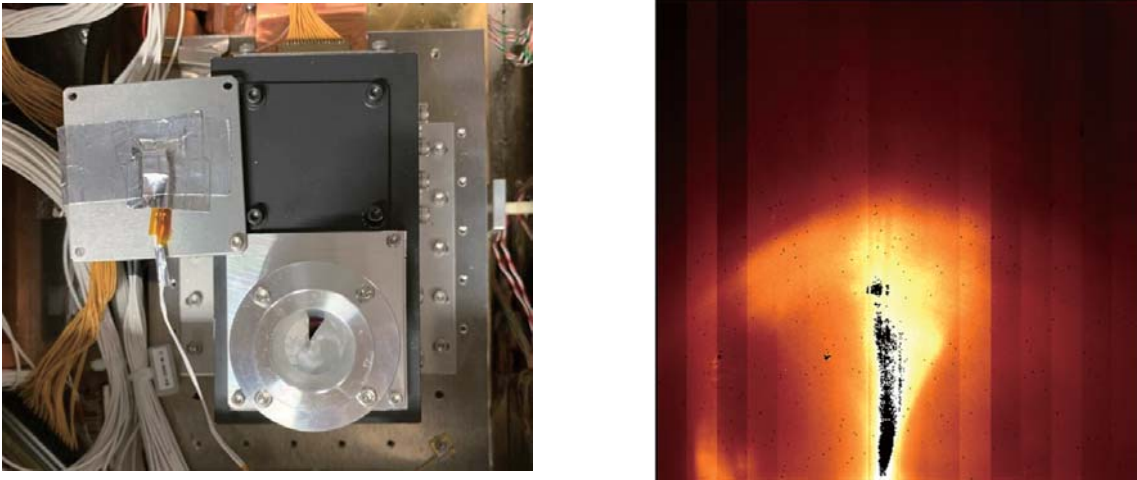


図 2.7: (左) H1RG 動作試験の様子. 下部円筒構造の奥に H1RG 検出器が搭載され, 円筒構造より光を入射する. (右) 取得画像. 光路中に挿入された遮蔽板の切り欠きが確認できる (明部の黒色ピクセルは飽和による).

白井 (神戸大学); 高遠 (国立天文台); 本田 (岡山理科大学))

MIMIZUKU に搭載される三種の光学系のうち, 現在稼働しているのは MIR-S チャンネルのみであり, 残る NIR, MIR-L チャンネルの整備は TAO での科学観測に実施に向けて急務である. 本年度はこの残る光学チャンネルのうち, NIR (近赤外線チャンネル) の整備を進めた. これまでの開発により NIR の光学系は完成しており, その結像性能等も設計通りとなっていることを確認している. 残る開発要素は検出器部分となっており, その開発を行った.

NIR に搭載される検出器は Raytheon 社製 HgCdTe 検出器の H1RG 検出器である. 本検出器について, これまでの動作試験の結果, 想定よりも感度が低いことや出力シグナルがドリフトする事, 加えて時折システムの動作が不安定になるといった問題が確認されており, その解決が課題となっていた. 今年度はこれらの問題の要因を洗い出すべく, 検出器動作クロック・駆動回路の見直しと改良を行った. その結果, 検出器システムの安定的動作の実現に成功し, 検出器バイアスが想定外に低くなっていたことを確認, その対処としてクロックの修正により改善した. 図 2.7 はその動作試験の様子と取得された画像である. 取得画像には光の入射パターンが明らかに確認でき, 正しく光に反応している様子が確認できる. 感度の定量的評価については今後 MIMIZUKU 搭載後の試験などを通して行い, 近赤外線チャンネルを完成させる.

4. 冷却チョッパーの開発 (上塚, 宮田, 酒向, 大澤, 浅野, 橋 健吾; 軸屋, 加藤 大智, 内田 宏太朗, 近藤 真吾 (金沢大学); 本田 (岡山理科大学))

地上中間赤外線観測では大気等の背景光が大きく, これを除去しなければ天体が観測できない. そのために行う観測手法がチョッピングである. 本手法では背景光が変化しない間 ($\lesssim 1$ s) に観測視野をスイッチし, 異なる視野で取得した二枚の画像の差分を取ることで背景光を除去する. 従来この視野の切り替えを, 瞳位置に配置された望遠鏡副鏡の高速駆動によって実現していたが, 副鏡が高速駆動しない TAO 望遠鏡ではこれに変わる視野切替機構が必要となる. MIMIZUKU ではその機構として, 装置内冷却光学系の瞳位置に可動鏡を配置する. この可動鏡機構を冷却チョッパーと呼び, その開発を進めている. 冷却チョッパーは, 副鏡の高速駆動が難しい 30 m 級望遠鏡においても有用であり, 重要度の高い技術である.

現在の冷却チョッパーは電磁吸引型のアクチュエータを採用し, 動力は電磁コイルと永久磁石の引力・斥力となる. これを MIMIZUKU 光学系の限られた領域に配置できるようコンパクトに設計している. このため電磁コイルの大きさに制限があり, 大きな力を発生させることが難しい. 一方, チョッピング観測では短時間の視野切替と十分な視野安定性が求められ, アクチュエータには大きな加速度と高い静定性の実現が求められる. この制限と要求は相反するものであるが, 本年度はこれを解決する制御則の開発を

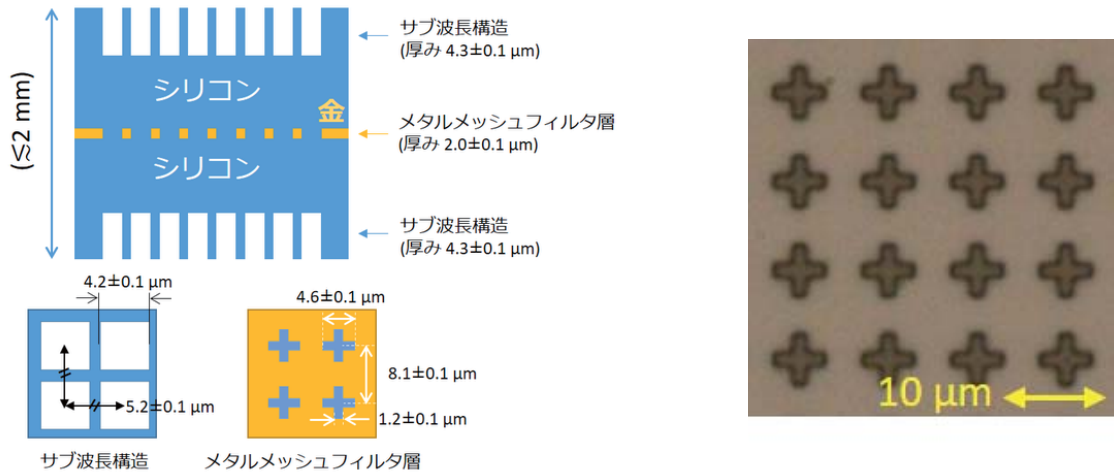


図 2.8: (左) 32 ミクロンフィルタの設計解, (右) 製作したメタルメッシュフィルタ構造のレジストパターン.

行った. その内容として, 冷却チョッパーの動特性の評価, 制御則の比較検討 (微分先行型 PD/ID 制御, モデルマッチング型 PD/ID 制御), 安定動作のためのパラメータ探索と動作試験を行った. その結果, モデルマッチング型 PD 制御の採用によって, MIMIZUKU の要求仕様 (視野振幅: 30 秒角; 視野安定性: ± 0.025 秒角; 遷移時間: ~ 50 ms) を満たす動作を常温環境下であるが達成することができた. 今後, 本機を極低温環境下 ($\sim 30\text{K}$) にて動作試験し, その結果を踏まえて MIMIZUKU への搭載機を開発する.

5. サンドイッチ型メタルメッシュフィルタの開発 (上塚, 渡辺, 宮田, 浅野, 酒向, 大澤, 橘 健吾; 和田 (ISAS/JAXA); 松尾 (国立天文台))

MIMIZUKU の MIR-L でカバーする長波長中間赤外線では, 光学バンドパスフィルタの開発も課題である. バンドパスフィルタは誘電体の多層膜の形成で通常製作するが, 長波長中間赤外線では膜厚が大きくなり, 赤外線観測に必要な冷却環境下では熱収縮により破損することがある. このため, これにかわる冷却耐性のあるバンドパスフィルタの開発が課題であり, 一つの候補がメタルメッシュフィルタである. 本フィルタは金属薄膜に周期的に穴を形成した構造で, 穴の間隔を調整することで任意波長のバンドパス特性を実現できる. 単一素材からなるため冷却耐性も高いが, その構造ゆえ物理強度が低いことが問題であった. その解決策として, メタルメッシュフィルタをシリコンウェハ内部に形成するサンドイッチ型メタルメッシュフィルタを提案し, その開発を進めた.

本年度は MIMIZUKU にも応用可能な 32, 38 ミクロン用フィルタの実現を目標とし, これを設計した. 設計には FDTD, RCWA 法による電磁場計算を利用し, 目的波長に透過帯を実現するための穴間隔等の最適化を実施した. この中でフィルタ内部の多重反射に伴うファブリペロー干渉が, 大きくフィルタ特性に影響することが確認され, 表面反射防止の重要性があきらかとなった. 反射防止も通常は誘電体多層膜によって実現されるが, 冷却耐性を損なわないために, シリコン表面にサブ波長構造 (対象波長より小さな穴構造) を形成することで実現する事とし, その構造の最適化も実施した. その結果, 図 2.8 (左) のような設計解を得ることができた. さらにこれらの構造を形成するための加工手順を策定し, その最初の段階となるメタルメッシュ構造, およびサブ波長構造のレジストパターン形成を完了した (図 2.8 右). 今後, 後続の加工手順を完了させ, 評価試験ののち MIMIZUKU への搭載を実現する.

6. TAO/MIMIZUKU 用 AGPM コロナグラフの開発 (浅野, 上塚, 小西, 宮田, 酒向, 大澤; 山下, 内山 (国立天文台); 小谷 (アストロバイオロジーセンター); 片坐 (ISAS/JAXA))

恒星周囲の系外惑星等の暗い天体を観測するために, 様々なタイプのコロナグラフが開発されてきた. 近赤外線領域 ($2\text{--}10 \mu\text{m}$) で近年開発が進んでいるコロナグラフが Annular Groove Phase Mask (AGPM)

である。AGPM には、中心透過光を（理論的には）完全に除去できる点、恒星近傍から遠方まで広い領域で高コントラスト観測が可能などの特長がある。本研究では、これまで開発されていない波長 $30\ \mu\text{m}$ 帯の AGPM を開発し、MIMIZUKU に搭載することでユニークな観測研究の創出を目指している。本コロナグラフは、観測波長よりも小さな構造の繰り返しからなる同心円構造を持ち、その中心を通過する入射光のみの偏光を制御する事で中心透過光を除去する。このため、観測波長に応じてその構造の最適化が必要である。本研究では MIMIZUKU の観測波長 ($32\ \mu\text{m}$) に対応した AGPM の実現を目指すこととし、本年度はまず RCWA 法を用いた電磁場解析により、AGPM の構造の最適化を行った。このなかで、AGPM 内部の多重反射に伴う干渉、そして製造誤差等による構造形状の設計値からのずれがコロナグラフ性能に大きく影響する事も確認された。次に、最適化を行った AGPM をシリコンウェハに形成する試作を実施した（図 2.9）。おおむね許容誤差範囲内でパターンを形成できたが、いくつかの箇所においては許容誤差を超える結果となった。高透過率、高コントラストを達成し、実用可能なコロナグラフとするためには、先述の多重反射を防ぐための反射防止加工を施すことに加え、製作精度を向上させるプロセスの改善が必要であることがわかった。

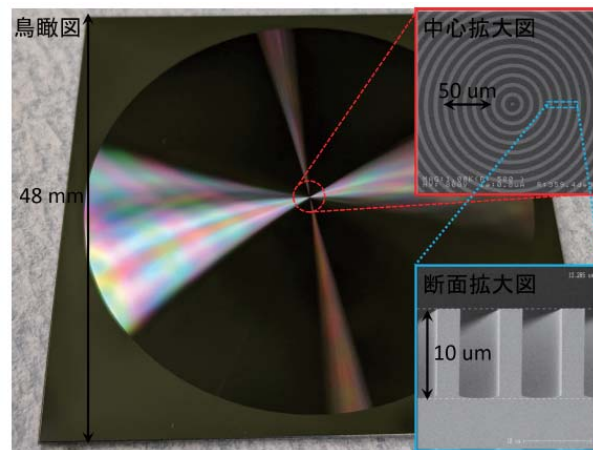


図 2.9: 製作した AGPM の鳥瞰図, 中心拡大図 (右上), および断面図 (右下)。

2.5.7 TAO 6.5 m 望遠鏡用近赤外線エシェル分光観測装置 NICE

1. TAO 6.5 m 望遠鏡用近赤外線エシェル分光観測装置 NICE の開発 (田中, 高橋, 浅野, 吉井, 土居, 河野, 宮田, 本原, 峰崎, 酒向, 田辺, 諸隈 智貴, 廿日出, 小西, 江草, 上塚, 鮫島, 加藤, 青木, 征矢野, 樽沢; 西村 (大阪府立大学))

NICE (Near-Infrared Cross-dispersed Echelle spectrograph) は TAO 6.5m 望遠鏡第一期観測装置としてナスミス焦点に搭載予定の近赤外線エシェル分光器である。分光方式としてはエシェル、クロスディスペルザを採用し、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。NICE は 2000 年に設計、製作を開始、2001 年 12 月に国立天文台 1.5m 赤外シミュレータにてファーストライトを迎え、これまで OB 型星、Wolf-Rayet 星、Yellow Hypergiant、Limunous Blue Variable 等の大質量星や、AGB 星、炭素星等の中小質量星の近赤外分光観測を行ってきた。特に、大質量星の観測では恒星黒体放射の連続波と恒星風からの free-free 放射の分離を可能にした他、水素やヘリウム、炭素等の非常に強い幅の広い輝線を検出し、これらにより大質量星の質量放出に関する知見が得られた (Nishimaki et al. 2008, Yamamuro et al. 2007)。その後、本装置は北海道大学 1.6m ピリカ望遠鏡に搭載され、2011–2018 の約 7 年間観測運用を行った。その運用の間に WR 星や LVB 星等の大質量星の分光観測を行った他、2017



図 2.10: 北海道大学名寄にある 1.6m ペリカ望遠鏡に搭載された NICE

年より大阪府立大学, 北海道大学と共同で金星の近赤外分光観測を始め, 金星大気起因の吸収スペクトルの取得に成功した. 放射輸送モデルと観測的な結果との詳細比較が可能となり, 延いては金星大気の解明に繋がることが期待される. TAO 6.5m 望遠鏡に NICE が設置された際は大気透過率の高さと, 0.8–2.5 μm 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.

今年度は, TAO 6.5m 望遠鏡への搭載, 最新システムへの移行を念頭に起き, システムを含め多くのアップデートを行った. 主にハードウェアとソフトウェアの大幅な改修が必要であり, 真空容器としての本来の機能回復のためのクライオスタットの改修, TAO 望遠鏡への搭載を見据えた冷凍機の交換, 望遠鏡インターフェースの概念設計, さらに TAO の観測システムに対応すべく制御系の再構築を進めた. 特に制御システム刷新では新たに Linux 計算機を導入し, そこへの新たなコマンド中継システムの開発, 導入を行った. また, 既存の Windows 上で独立に駆動していた NICE 分光器制御ソフトウェアを File I/O ベースの制御系統に改修することで, コマンド中継システムを介して望遠鏡統括制御ソフトウェアから NICE 分光器を直接操作できるようにした. これにより NICE 分光器制御並びにデータ取得の自動化が実現され, 山麓施設から遠隔観測が基本となる TAO の運用に対応した基本システムが構築された.

分光				
波長帯	I	J	H	K
波長	0.91–1.20	1.17–1.47	1.41–1.78	1.73–2.45
波長分解能	~2600			
スリット幅, 長	0".25 x 1".6 or 0".49 x 1".6			
撮像				
ピクセルスケール	0".20			
視野	50" x 50"			
フィルター	IJ (0.8–1.5 μm)	HK (1.4–2.5 μm)	K_s	$\text{Br}\gamma$

表 2.1: TAO 望遠鏡搭載時に予想される NICE 性能

2.6 論文及び出版物

2.6.1 英文報告

[2019]

• Main journal

1. Aalto, S., Muller, S., König, S., Falstad, N., Mangum, J., Sakamoto, K., Privon, G. C., Gallagher, J., Combes, F., García-Burillo, S., Martín, S., Viti, S., van der Werf, P., Evans, A. S., Black, J. H., Varenus, E., Beswick, R., Fuller, G., Henkel, C., Kohno, K., Alatalo, K., and Mühle, S., “The hidden heart of the luminous infrared galaxy IC 860. I. A molecular inflow feeding opaque, extreme nuclear activity”, 2019, *A&A* 627, A147
2. Ando, R., Kohno, K., Umehata, H., Izumi, T., Ishii, S., Nishimura, Y., Sorai, K., Tosaki, T., Taniguchi, A., and Tamura, Y., “The Excitation State of Galactic Diffuse Molecular Gas, Investigated with ALMA Observations of Multi-transition Absorption Lines”, 2019, *ApJ* 871, 256
3. Arimatsu, K., Ohsawa, R., Hashimoto, G. L., Urakawa, S., Takahashi, J., Tozuka, M., Itoh, Y., Yamashita, M., Usui, F., Aoki, T., Arima, N., Doi, M., Ichiki, M., Ikeda, S., Ita, Y., Kasuga, T., Kobayashi, N., Kokubo, M., Konishi, M., Maehara, H., Matsunaga, N., Miyata, T., Morii, M., Morokuma, T., Motohara, K., Nakada, Y., Okumura, S.-. ichiro ., Sako, S., Sarugaku, Y., Sato, M., Shigeyama, T., Soyano, T., Takahashi, H., Tarusawa, K., Tominaga, N., Watanabe, J.-. ichi ., Yamashita, T., and Yoshikawa, M., “New Constraint on the Atmosphere of (50000) Quaoar from a Stellar Occultation”, 2019, *AJ* 158, 236
4. Curtin, C., Cooke, J., Moriya, T. J., Tanaka, M., Quimby, R. M., Bernard, S. R., Galbany, L., Jiang, J., Lee, C.-H., Maeda, K., Morokuma, T., Nomoto, K., Pignata, G., Pritchard, T., Suzuki, N., Takahashi, I., Tanaka, M., Tominaga, N., Yamaguchi, M., and Yasuda, N., “First Release of High-redshift Superluminous Supernovae from the Subaru HIgh-Z SUpernova CAMpaign (SHIZUCA). II. Spectroscopic Properties”, 2019, *ApJS* 241, 17
5. Endo, A., Karatsu, K., Tamura, Y., Oshima, T., Taniguchi, A., Takekoshi, T., Asayama, S., Bakx, T. J. L. C., Bosma, S., Bueno, J., Chin, K. W., Fujii, Y., Fujita, K., Huiting, R., Ikarashi, S., Ishida, T., Ishii, S., Kawabe, R., Klapwijk, T. M., Kohno, K., Kouchi, A., Llombart, N., Maekawa, J., Murugesan, V., Nakatsubo, S., Naruse, M., Ohtawara, K., Pascual Laguna, A., Suzuki, J., Suzuki, K., Thoen, D. J., Tsukagoshi, T., Ueda, T., de Visser, P. J., van der Werf, P. P., Yates, S. J. C., Yoshimura, Y., Yurduseven, O., and Baselmans, J. J. A., “First light demonstration of the integrated superconducting spectrometer”, 2019, *Nature Astronomy*, 3, 989
6. Espada, D., Verley, S., Miura, R. E., Israel, F. P., Henkel, C., Matsushita, S., Vila-Vilaro, B., Ott, J., Morokuma-Matsui, K., Peck, A. B., Hirota, A., Aalto, S., Quillen, A. C., Hogerheijde, M. R., Neumayer, N., Vlahakis, C., Iono, D., and Kohno, K., “Star Formation Efficiencies at Giant Molecular Cloud Scales in the Molecular Disk of the Elliptical Galaxy NGC 5128 (Centaurus A)”, 2019, *ApJ*, 887, 88
7. Gu, Y., Fang, G., Yuan, Q., Lu, S., Li, F., Cai, Z.-Y., Kong, X., and Wang, T., “The Mass Dependence of Structure, Star Formation Rate, and Mass Assembly Mode at $0.5 < z < 2.5$ ”, 2019, *ApJ* 884, 172

8. Hamano, S., Kawakita, H., Kobayashi, N., Takenaka, K., Ikeda, Y., Matsunaga, N., Kondo, S., Sameshima, H., Fukue, K., Yasui, C., Mizumoto, M., Otsubo, S., Watase, A., Yoshikawa, T., and Kobayashi, H., “First Detection of A–X (0,0) Bands of Interstellar C₂ and CN”, 2019, *ApJ*, 881, 143
9. Harada, N., Nishimura, Y., Watanabe, Y., Yamamoto, S., Aikawa, Y., Sakai, N., Shimonishi, T., “Molecular-cloud-scale Chemical Composition. III. Constraints of Average Physical Properties through Chemical Models”, 2019, *ApJ*, 871, 238
10. Harikane, Y., Ouchi, M., Ono, Y., Fujimoto, S., Donevski, D., Shibuya, T., Faisst, A. L., Goto, T., Hatsukade, B., Kashikawa, N., Kohno, K., Hashimoto, T., Higuchi, R., Inoue, A. K., Lin, Y.-T., Martin, C. L., Overzier, R., Smail, I., Toshikawa, J., Umehata, H., Ao, Y., Chapman, S., Clements, D. L., Im, M., Jing, Y., Kawaguchi, T., Lee, C.-H., Lee, M. M., Lin, L., Matsuoka, Y., Marinello, M., Nagao, T., Onodera, M., Toft, S., and Wang, W.-H., “SILVERRUSH. VIII. Spectroscopic Identifications of Early Large Scale Structures with Protoclusters Over 200 Mpc at $z \sim 6 - 7$: Strong Associations of Dusty Star-Forming Galaxies”, 2019, *ApJ* 883, 142
11. Hashimoto, T., Inoue, A. K., Mawatari, K., Tamura, Y., Matsuo, H., Furusawa, H., Harikane, Y., Shibuya, T., Knudsen, K. K., Kohno, K., Ono, Y., Zackrisson, E., Okamoto, T., Kashikawa, N., Oesch, P. A., Ouchi, M., Ota, K., Shimizu, I., Taniguchi, Y., Umehata, H., and Watson, D., “Big Three Dragons: A $z = 7.15$ Lyman-break galaxy detected in [O III] 88 μm , [C II] 158 μm , and dust continuum with ALMA”, 2019, *PASJ* 71, 71
12. Hashimoto, T., Hatsukade, B., Goto, T., Kim, S. J., Ohta, K., Nagao, T., Kong, A. K. H., Nakanishi, K., and Mao, J., “Star-formation rates of two GRB host galaxies at $z \sim 2$ and a [C II] deficit observed with ALMA”, 2019, *MNRAS* 488, 5029
13. Hatsukade, B., Hashimoto, T., Kohno, K., Nakanishi, K., Ohta, K., Niino, Y., Tamura, Y., and Tóth, L. V., “Molecular Gas Properties in the Host Galaxy of GRB 080207”, 2019, *ApJ* 876, 91
14. Huang, C., Zou, H., Kong, X., Comparat, J., Lin, Z., Gao, Y., Liang, Z., Delubac, T., Raichoor, A., Kneib, J.-P., Schneider, D. P., Zhou, X., Yuan, Q., and Bershady, M. A., “The Mass — Metallicity Relation at $z \sim 0.8$: Redshift Evolution and Parameter Dependency”, 2019, *ApJ* 886, 31
15. Izumi, T., Onoue, M., Matsuoka, Y., Nagao, T., Strauss, M. A., Imanishi, M., Kashikawa, N., Fujimoto, S., Kohno, K., Toba, Y., Umehata, H., Goto, T., Ueda, Y., Shirakata, H., Silverman, J. D., Greene, J. E., Harikane, Y., Hashimoto, Y., Ikarashi, S., Iono, D., Iwasawa, K., Lee, C.-H., Minezaki, T., Nakanishi, K., Tamura, Y., Tang, J.-J., and Taniguchi, A., “Subaru High- z Exploration of Low-Luminosity Quasars (SHELLQs) VIII. A less biased view of the early co-evolution of black holes and host galaxies”, 2019, *PASJ*, 71, 111
16. Kokubo, M., Mitsuda, K., Morokuma, T., Tominaga, N., Tanaka, M., Moriya, T. J., Yoachim, P., Ivezić, Ž., Sako, S., and Doi, M., “A Long-duration Luminous Type II_n Supernova KISS15s: Strong Recombination Lines from the Inhomogeneous Ejecta-CSM Interaction Region and Hot Dust Emission from Newly Formed Dust”, 2019, *ApJ* 872, 135
17. Kokubo, M. and Minezaki, T., “Rapid Luminosity Decline and Subsequent Reformation of the Innermost Dust Distribution in the Changing-look AGN Mrk 590”, 2019, *MNRAS*, 491, 4615
18. Kondo, S., Fukue, K., Matsunaga, N., Ikeda, Y., Taniguchi, D., Kobayashi, N., Sameshima, H., Hamano, S., Arai, A., Kawakita, H., Yasui, C., Izumi, N., Mizumoto, M., Otsubo, S., Takenaka,

- K., Watase, A., Asano, A., Yoshikawa, T., and Tsujimoto, T., “Fe I Lines in 0.9–1.33 μm Spectra of Red Giants for Measuring the Microturbulence and Metallicities”, 2019, *ApJ* 875, 129
19. Koyama, S., Koyama, Y., Yamashita, T., Hayashi, M., Matsuhara, H., Nakagawa, T., Namiki, S. V., Suzuki, T. L., Fukagawa, N., Kodama, T., Lin, L., Morokuma-Matsui, K., Shimakawa, R., and Tanaka, I., “Do Galaxy Morphologies Really Affect the Efficiency of Star Formation During the Phase of Galaxy Transition?”, 2019, *ApJ*, 874, 142
 20. Lee, M. M., Nagao, T., De Breuck, C., Carniani, S., Cresci, G., Hatsukade, B., Kawabe, R., Kohno, K., Maiolino, R., Mannucci, F., Marconi, A., Nakanishi, K., Saito, T., Tamura, Y., Troncoso, P., Umehata, H., and Yun, M., “First [N II] 122 μm Line Detection in a QSO-SMG Pair BRI 1202-0725 at $z = 4.69$ ”, 2019, *ApJL* 883, L29
 21. Lee, M. M., Tanaka, I., Kawabe, R., Aretxaga, I., Hatsukade, B., Izumi, T., Kajisawa, M., Kodama, T., Kohno, K., Nakanishi, K., Saito, T., Tadaki, K., Tamura, Y., Umehata, H., and Zeballos, M., “A Radio-to-millimeter Census of Star-forming Galaxies in Protocluster 4C 23.56 at $z = 2.5$: Global and Local Gas Kinematics”, 2019, *ApJ* 883, 92
 22. Lin, X., Fang, G., Cai, Z.-Y., Wang, T., Fan, L., and Kong, X., “Color Dependence of Clustering of Massive Galaxies at $0.5 \leq z \leq 2.5$: Similar Spatial Distributions between Green Valley Galaxies and AGNs”, 2019, *ApJ* 875, 83
 23. Matsuoka, Y., Iwasawa, K., Onoue, M., Kashikawa, N., Strauss, M. A., Lee, C.-H.; Imanishi, M., Nagao, T., Akiyama, M., Asami, N., Bosch, J., Furusawa, H., Goto, T., Gunn, J. E., Harikane, Y., Ikeda, H., Izumi, T., Kawaguchi, T., Kato, N., Kikuta, S., Kohno, K., Komiyama, Y., Koyama, S., Lupton, R. H., Minezaki, T., Miyazaki, S., Murayama, H., Niida, M., Nishizawa, A. J., Noboriguchi, A., Oguri, M., Ono, Y., Ouchi, M., Price, P. A., Sameshima, H., Schulze, A., Silverman, J. D., Sugiyama, N., Tait, P. J., Takada, M., Takata, T., Tanaka, M., Tang, J.-J., Toba, Y., Utsumi, Y., Wang, S.-Y., and Yamashita, T., “Subaru High- z Exploration of Low-luminosity Quasars (SHELLQs). X. Discovery of 35 Quasars and Luminous Galaxies at $5.7 \leq z \leq 7.0$ ”, 2019, *ApJ*, 883, 183
 24. Matsuoka, Y., Onoue, M., Kashikawa, N., Strauss, M. A., Iwasawa, K., Lee, C.-H., Imanishi, M., Nagao, T., Akiyama, M., Asami, N., Bosch, J., Furusawa, H., Goto, T., Gunn, J. E., Harikane, Y., Ikeda, H., Izumi, T., Kawaguchi, T., Kato, N., Kikuta, S., Kohno, K., Komiyama, Y., Koyama, S., Lupton, R. H., Minezaki, T., Miyazaki, S., Murayama, H., Niida, M., Nishizawa, A. J., Noboriguchi, A., Oguri, M., Ono, Y., Ouchi, M., Price, P. A., Sameshima, H., Schulze, A., Shirakata, H., Silverman, J. D., Sugiyama, N., Tait, P. J., Takada, M., Takata, T., Tanaka, M., Tang, J.-J., Toba, Y., Utsumi, Y., Wang, S.-Y., and Yamashita, T., “Discovery of the First Low-luminosity Quasar at $z > 7$ ”, 2019, *ApJL* 872, L2
 25. Minezaki, T., Yoshii, Y., Kobayashi, Y., Sugawara, S., Sakata, Y., Enya, K., Koshida, S., Tomita, H., Saganuma, M., Aoki, T., Peterson, B. A., “Reverberation Measurements of the Inner Radii of the Dust Tori in Quasars”, 2019, *ApJ*, 886, 150
 26. Mizumoto, M., Izumi, T., and Kohno, K., “Kinetic Energy Transfer from X-Ray Ultrafast Outflows to Millimeter/Submillimeter Cold Molecular Outflows in Seyfert Galaxies”, 2019, *ApJ* 871, 156
 27. Mori, T., Kataoka, A., Ohashi, S., Momose, M., Muto, T., Nagai, H., Tsukagoshi, T., “An Observational Study for Grain Dynamics in the AS 209 Disk with Submillimeter Polarization”, 2019, *ApJ* 883, 16

28. Moriya, T. J., Tanaka, M., Morokuma, T., Pan, Y.-C., Quimby, R. M., Jiang, J., Kawana, K., Maeda, K., Nomoto, K., Suzuki, N., Takahashi, I., Tanaka, M., Tominaga, N., Yamaguchi, M., Yasuda, N., Cooke, J., Curtin, C., Galbany, L., González-Gaitán, S., Lee, C.-H., Pignata, G., and Pritchard, T., “HSC16aayt: A Slowly Evolving Interacting Transient Rising for More than 100 Days”, 2019, *ApJ*, 882, 70
29. Moriya, T. J., Tanaka, M., Yasuda, N., Jiang, J., Lee, C.-H., Maeda, K., Morokuma, T., Nomoto, K., Quimby, R. M., Suzuki, N., Takahashi, I., Tanaka, M., Tominaga, N., Yamaguchi, M., Bernard, S. R., Cooke, J., Curtin, C., Galbany, L., González-Gaitán, S., Pignata, G., Pritchard, T., Komiyama, Y., and Lupton, R. H., “First Release of High-Redshift Superluminous Supernovae from the Subaru HIgh-Z SUPernova CAmpaign (SHIZUCA). I. Photometric Properties”, 2019, *ApJS* 241, 16
30. Morokuma-Matsui, K., Serra, P., Maccagni, F. M., For, B.-Q., Wang, J., Bekki, K., Morokuma, T., Egusa, F., Espada, D., Miura, R. E., Nakanishi, K., Koribalski, B. S., and Takeuchi, T. T., “Complex distribution and velocity field of molecular gas in NGC 1316 as revealed by the Morita Array of ALMA”, 2019, *PASJ*, 71, 85
31. Morokuma-Matsui, K., Morokuma, T., Tominaga, N., Hatsukade, B., Hayashi, M., Tamura, Y., Matsuda, Y., Motogi, K., Niinuma, K., and Konishi, M., “ALMA Observations of Molecular Gas in the Host Galaxy of AT2018cow”, 2019, *ApJL* 879, L13
32. Muraoka, K., Sorai, K., Miyamoto, Y., Yoda, M., Morokuma-Matsui, K., Kobayashi, M. I. N., Kuroda, M., Kaneko, H., Kuno, N., Takeuchi, T. T., Nakanishi, H., Watanabe, Y., Tanaka, T., Yasuda, A., Yajima, Y., Shibata, S., Salak, D., Espada, D., Matsumoto, N., Noma, Y., Kita, S., Komatsuzaki, R., Kajikawa, A., Yashima, Y., Pan, H.-A., Oi, N., Seta, M., and Nakai, N., “CO Multi-line Imaging of Nearby Galaxies (COMING). VI. Radial variations in star formation efficiency”, 2019, *PASJ*, 71, S15
33. Nakashima, S., Inoue, Y., Yamasaki, N., Sofue, Y., Kataoka, J., Sakai, K., “VizieR Online Data Catalog: X-ray spectral analysis of 107 MW sight lines (Nakashima+, 2018)”. 2019, *VizieR Online Data Catalog J/ApJ/862/34*.
34. Nishimura, Y., Watanabe, Y., Harada, N., Kohno, K., Yamamoto, S., “Molecular Gas Density Measured with H₂CO and CS toward a Spiral Arm of M51”, 2019, 789, 65
35. Ohsawa, R., Sako, S., Sarugaku, Y., Usui, F., Ootsubo, T., Fujiwara, Y., Sato, M., Kasuga, T., Arimatsu, K., Watanabe, J., Doi, M., Kobayashi, N., Takahashi, H., Motohara, K., Morokuma, T., Konishi, M., Aoki, T., Soyano, T., Tarusawa, K., Mori, Y., Nakada, Y., Ichiki, M., Arima, N., Kojima, Y., Morita, M., Shigeyama, T., Ita, Y., Kokubo, M., Mitsuda, K., Maehara, H., Tominaga, N., Yamashita, T., Ikeda, S., Morii, M., Urakawa, S., Okumura, S., and Yoshikawa, M., “Luminosity function of faint sporadic meteors measured with a wide-field CMOS mosaic camera Tomo-e PM”, 2019, *P&SS* 165, 281
36. Rousseau-Nepton, L., Martin, R. P., Robert, C., Drissen, L., Amram, P., Prunet, S., Martin, T., Moumen, I., Adamo, A., Alarie, A., Barnby, P., Boselli, A., Bresolin, F., Bureau, M., Chemin, L., Fernandes, R. C., Combes, F., Crowder, C., Della Bruna, L., Duarte Puertas, S., Egusa, F., Epinat, B., Ksoll, V. F., Girard, M., Gómez Llanos, V., Gouliermis, D., Grasha, K., Higgs, C., Hlavacek-Larrondo, J., Ho, I.-T., Iglesias-Páramo, J., Joncas, G., Kam, Z. S., Karera, P., Kennicutt, R. C., Klessen, R. S., Lianou, S., Liu, L., Liu, Q., de Amorim, A. L., Lyman, J. D., Martel, H., Mazzilli-Ciraulo, B., McLeod, A. F., Melchior, A.-L., Millan, I., Mollá, M., Momose, R., Morisset, C., Pan,

- H.-A., Pati, A. K., Pellerin, A., Pellegrini, E., Pérez, I., Petric, A., Plana, H., Rahner, D., Ruiz Lara, T., Sánchez-Menguiano, L., Spekkens, K., Stasińska, G., Takamiya, M., Vale Asari, N., and Vílchez, J. M., “SIGNALS: I. Survey description”, 2019, MNRAS 489, 5530
37. Rujopakarn, W., Daddi, E., Rieke, G. H., Puglisi, A., Schramm, M., Pérez-González, P. G., Magdis, G. E., Alberts, S., Bournaud, F., Elbaz, D., Franco, M., Ivison, R. J., Kawinwanichakij, L., Kohno, K., Narayanan, D., Silverman, J. D., Wang, T., and Williams, C. C., “ALMA 200-parsec Resolution Imaging of Smooth Cold Dusty Disks in Typical $z \sim 3$ Star-Forming Galaxies”, 2019, ApJ 882, 107
38. Rukdee, S., Vanzi, L., Schwab, C., Flores, M., Valenzuela, A., Pember, J., Zapata, A., Motohara, K., Yoshii, Y., and Tala Pinto, M., “TARdYS: Design and prototype of an exoplanet hunter for TAO using a R6 Echelle grating”, 2019, Experimental Astronomy, 48, 145
39. Salak, D., Noma, Y., Sorai, K., Miyamoto, Y., Kuno, N., Pettitt, A. R., Kaneko, H., Tanaka, T., Yasuda, A., Kita, S., Yajima, Y., Shibata, S., Nakai, N., Seta, M., Muraoka, K., Kuroda, M., Nakanishi, H., Takeuchi, T. T., Yoda, M., Morokuma-Matsui, K., Watanabe, Y., Matsumoto, N., Oi, N., Pan, H.-A., Kajikawa, A., Yashima, Y., and Komatsuzaki, R., “CO Multi-line Imaging of Nearby Galaxies (COMING). VII. Fourier decomposition of molecular gas velocity fields and bar pattern speed”, 2019, PASJ, 71, S16
40. Sano, H., Matsumura, H., Yamane, Y., Maggi, P., Fujii, K., Tsuge, K., Tokuda, K., Alsaberi, R. Z. E., Filipovic, M. D., Maxted, N., Rowell, G., Uchida, H., Tanaka, T., Muraoka, K., Takekoshi, T., Onishi, T., Kawamura, A., Minamidani, T., Mizuno, N., Yamamoto, H., Tachihara, K., Inoue, T., Inutsuka, S., Voisin, F., Tothill, N. F. H., Sasaki, M., McClure-Griffiths, N. M., and Fukui, Y., “Discovery of Shocked Molecular Clouds Associated with the Shell-Type Supernova Remnant RX J0046.5–7308 in the Small Magellanic Cloud”, 2019, ApJ, 881, 85
41. Sofue, Y., “Diagnostics of gaseous halo of the Milky Way by a shock wave from the Galactic Centre”, 2019, MNRAS 484, 2954
42. Sofue, Y., “Molecular bow shock in the 3 kpc Norma Arm”. 2019, PASJ 71, 104
43. Sofue, Y., Nakanishi, H., and Ichiki, K., “Magnetic field and ISM in the local Galactic disc”, 2019, MNRAS 485, 924
44. Sofue, Y., Kohno, M., Torii, K., Umemoto, T., Kuno, N., Tachihara, K., Minamidani, T., Fujita, S., Matsuo, M., Nishimura, A., Tsuda, Y., and Seta, M., “FOREST Unbiased Galactic Plane Imaging Survey with the Nobeyama 45 m telescope (FUGIN). IV. Galactic shock wave and molecular bow shock in the 4 kpc arm of the Galaxy”. 2019, PASJ 71, S1.
45. Sorai, K., Kuno, N., Muraoka, K., Miyamoto, Y., Kaneko, H., Nakanishi, H., Nakai, N., Yanagitani, K., Tanaka, T., Sato, Y., Salak, D., Umei, M., Morokuma-Matsui, K., Matsumoto, N., Ueno, S., Pan, H.-A., Noma, Y., Takeuchi, T. T., Yoda, M., Kuroda, M., Yasuda, A., Yajima, Y., Oi, N., Shibata, S., Seta, M., Watanabe, Y., Kita, S., Komatsuzaki, R., Kajikawa, A., Yashima, Y., Cooray, S., Baji, H., Segawa, Y., Tashiro, T., Takeda, M., Kishida, N., Hatakeyama, T., Tomiyasu, Y., and Saita, C., “CO multi-line imaging of nearby galaxies (COMING). IV. Overview of the project”, 2019, PASJ, 71, S14
46. Tachibana, S., Kamizuka, T., Hirota, T., Sakai, N., Oya, Y., Takigawa, A., and Yamamoto, S., “Spatial Distribution of AIO in a High-mass Protostar Candidate Orion Source I”, 2019, ApJL 875, L29

47. Tadaki, K., Iono, D., Hatsukade, B., Kohno, K., Lee, M. M., Matsuda, Y., Michiyama, T., Nakanishi, K., Nagao, T., Saito, T., Tamura, Y., Ueda, J., and Umehata, H.,
“CNO Emission of an Unlensed Submillimeter Galaxy at $z = 4.3$ ”, 2019, ApJ 876, 1
48. Tadaki, K., Kodama, T., Hayashi, M., Shimakawa, R., Koyama, Y., Lee, M., Tanaka, I., Hatsukade, B., Iono, D., Kohno, K., Matsuda, Y., Suzuki, T. L., Tamura, Y., Toshikawa, J., and Umehata, H.,
“Environmental impacts on molecular gas in protocluster galaxies at $z \sim 2$ ”, 2019, PASJ 71, 40
49. Takano, S., Nakajima, T., and Kohno, K.,
“A molecular line survey toward the nearby galaxies NGC 1068, NGC 253, and IC 342 at 3 mm with the Nobeyama 45 m radio telescope: The data”, 2019, PASJ 71, S20
50. Takekoshi, T., Fujita, S., Nishimura, A., Taniguchi, K., Yamagishi, M., Matsuo, M., Ohashi, S., Tokuda, K., and Minamidani, T., “Nobeyama 45-m Cygnus X CO Survey: (2) Physical Properties of $C^{18}O$ Clumps”, 2019, ApJ, 883, 156
51. Tamura, Y., Mawatari, K., Hashimoto, T., Inoue, A. K., Zackrisson, E., Christensen, L., Binggeli, C., Matsuda, Y., Matsuo, H., Takeuchi, T. T., Asano, R. S., Sunaga, K., Shimizu, I., Okamoto, T., Yoshida, N., Lee, M. M., Shibuya, T., Taniguchi, Y., Umehata, H., Hatsukade, B., Kohno, K., and Ota, K., “Detection of the Far-infrared [O III] and Dust Emission in a Galaxy at Redshift 8.312: Early Metal Enrichment in the Heart of the Reionization Era”, 2019, ApJ 874, 27
52. Tan, Q.-H., Gao, Y., Kohno, K., Xia, X.-Y., Omont, A., Hao, C.-N., Mao, S.-D., Daddi, E., Shi, Y., Zhao, Y.-H., and Cox, P., “Resolving the Interstellar Medium in Ultraluminous Infrared QSO Hosts with ALMA”, 2019, ApJ 887, 24
53. Tateuchi, K., Motohara, K., Konishi, M., Takahashi, H., Kitagawa, Y., Kato, N., Todo, S., Komugi, S., Ohsawa, R., Doi, M., and Yoshii, Y., “Ground-based Pa α Narrow-band Imaging of Local Luminous Infrared Galaxies II: Bulge Structure And Star Formation Activity”, 2019, PASJ 71, 64
54. Tominaga, N., Morokuma, T., Tanaka, M., Yasuda, N., Furusawa, H., Tanaka, M., Jiang, J., Tolstov, A., Blinnikov, S., Doi, M., Iwata, I., Kuncarayakti, H., Moriya, T. J., Nagao, T., Nomoto, K., Noumaru, J., and Takata, T., “A Rapidly Declining Transient Discovered with the Subaru/Hyper Suprime-Cam”, 2019, ApJ, 885, 13
55. Umehata, H., Fumagalli, M., Smail, I., Matsuda, Y., Swinbank, A. M., Cantalupo, S., Sykes, C., Ivison, R. J., Steidel, C. C., Shapley, A. E., Vernet, J., Yamada, T., Tamura, Y., Kubo, M., Nakanishi, K., Kajisawa, M., Hatsukade, B., and Kohno, K.,
“Gas filaments of the cosmic web located around active galaxies in a protocluster”, 2019, Sci 366, 97
56. Urakawa, S., Ohsawa, R., Sako, S., Okumura, S., Sakurai, Y., Takahashi, J., Imamura, K., Naito, H., Watanabe, F., Nagayoshi, R., Murakami, Y., Okazaki, R., Sekiguchi, T., Ishiguro, M., Michikami, T., and Yoshikawa, M., “Shape and Rotational Motion Models for Tumbling and Monolithic Asteroid 2012 TC4: High Time Resolution Light Curve with the Tomo-e Gozen Camera”, 2019, AJ, 157, 155
57. Wang, T., Schreiber, C., Elbaz, D., Yoshimura, Y., Kohno, K., Shu, X., Yamaguchi, Y., Pannella, M., Franco, M., Huang, J., Lim, C.-F., Wang, W.-H., “A dominant population of optically invisible massive galaxies in the early Universe”, 2019, Nature 572, 211
58. Watanabe, Y., Nishimura, Y., Sorai K., Sakai N., Kuno N., Yamamoto S.,
“A 3 mm Spectral Line Survey toward the Barred Spiral Galaxy NGC 3627”, 2019, ApJS, 242, 26

59. Yajima, Y., Sorai, K., Kuno, N., Muraoka, K., Miyamoto, Y., Kaneko, H., Nakanishi, H., Nakai, N., Tanaka, T., Sato, Y., Salak, D., Morokuma-Matsui, K., Matsumoto, N., Pan, H.-A., Noma, Y., Takeuchi, T. T., Yoda, M., Kuroda, M., Yasuda, A., Oi, N., Shibata, S., Seta, M., Watanabe, Y., Kita, S., Komatsuzaki, R., Kajikawa, A., and Yashima, Y., “CO Multi-line Imaging of Nearby Galaxies (COMING). III. Dynamical effect on molecular gas density and star formation in the barred spiral galaxy NGC 4303”, 2019, PASJ, 71, S13
 60. Yamagishi, M., Hara, C., Kawabe, R., Nakamura, F., Kamazaki, T., Takekoshi, T., Shimajiri, Y., Nomura, H., Takakuwa, S., and Di Francesco, J., “ALMA Observations of Layered Structures due to CO Selective Dissociation in the ρ Ophiuchi A Plane-parallel PDR”, 2019, ApJ 875, 62
 61. Yamaguchi, Y., Kohno, K., Hatsukade, B., Wang, T., Yoshimura, Y., Ao, Y., Caputi, K. I., Dunlop, J. S., Egami, E., Espada, D., Fujimoto, S., Hayatsu, N. H., Ivison, R. J., Kodama, T., Kusakabe, H., Nagao, T., Ouchi, M., Rujopakarn, W., Tadaki, K., Tamura, Y., Ueda, Y., Umehata, H., Wang, W.-H., and Yun, M. S., “ALMA twenty-six arcmin² survey of GOODS-S at one-millimeter (ASAGAO): Near-infrared-dark faint ALMA sources”, 2019, ApJ 878, 73
 62. Yasuda, N., Tanaka, M., Tominaga, N., Jiang, J., Moriya, T. J., Morokuma, T., Suzuki, N., Takahashi, I., Yamaguchi, M. S., Maeda, K., Sako, M., Ikeda, S., Kimura, A., Morii, M., Ueda, N., Yoshida, N., Lee, C.-H., Suyu, S. H., Komiyama, Y., Regnault, N., and Rubin, D., “The Hyper Suprime-Cam SSP Transient Survey in COSMOS: Overview”, 2019, PASJ, 71, 74
 63. Yasui, C., Hamano, S., Fukue, K., Kondo, S., Sameshima, H., Takenaka, K., Matsunaga, N., Ikeda, Y., Kawakita, H., Otsubo, S., Watase, A., Taniguchi, D., Mizumoto, M., Izumi, N., and Kobayashi, N., “Possible Progression of Mass-flow Processes around Young Intermediate-mass Stars Based on High-resolution Near-infrared Spectroscopy. I. Taurus”, 2019, ApJ, 886, 115
- Proceedings
1. Ebizuka, N., Okamoto, T., Takeda, M., Hosobata, T., Yamagata, Y., Sasaki, M., Kamizuka, T., Tanaka, I., Hattori, T., Ozaki, S., and Aoki, W., “Novel gratings for astronomical observations”, 2019, SPIE, 11180, id. 1118069
 2. Kohno, K., Tamura, Y., Inoue, A., Kawabe, R., Oshima, T., Hatsukade, B., Takekoshi, T., Yoshimura, Y., Umehata, H., Dannerbauer, H., Ciccone, C., Bertoldi, F., “Exploration and characterization of the earliest epoch of galaxy formation: beyond the re-ionization era”, 2019, Astro2020: Decadal Survey on Astronomy and Astrophysics, science white papers, no. 402 (9 pp.)
 3. Tachibana, S., Kamizuka, T., Hirota, T., Sakai, N., Oya, Y., Takigawa, A., and Yamamoto, S., “Spatial Distribution of Aluminum Monoxide Molecules in a High Mass Protostar Candidate Orion Source I”, 2019, LPI Contribution, 2157, id. 6350
- Circulars & Telegrams
1. Bacci, P., Maestriperieri, M., Tesi, L., Fagioli, G., Jaeger, M., Prosperi, E., Vollmann, W., Ohsawa, R., Niino, Y., Pruyne, T. A., Fuls, D.C., Africano, B.M., Christensen, E.J., Farneth, G.A., Gibbs, A.R., Grauer, A.D., Groeller, H., Kowalski, R.A., Larson, S.M., Leonard, G.J., Seaman, R.L., Shelly, F.C., Ikari, Y., Lindner, P., Mantero, A., Jahn, J., Felber, T., Abreu, D., Knoefel, A., Koschny, D., Micheli, M., Busch, M., Schwab, E., Birtwhistle, P., Viano, E., Luna, V., Pascoli Observatory, G., Bacci, R., Brosio, A., De Pieri, A., Korlevic, K., Valentine, F., Dementiev, T.O., Kozhukhov, A.M., Okumura, S.,

- Urakawa, S., Denneau, L., Tonry, J., Heinze, A., Weiland, H., Flewelling, H., Stalder, B., Fitzsimmons, A., Young, D., Erasmus, N., Wells, G., and Bamberger, D., “2019 EU1”, 2019, Minor Planet Electronic Circulars, 2019-E75
2. Jaeger, M., Prosperi, E., Vollmann, W., Ohsawa, R., Morokuma, T., Baransky, A., Ikari, Y., Jahn, J., Felber, T., Africano, B. M., Christensen, E. J., Farneth, G. A., Fuls, D. C., Gibbs, A. R., Grauer, A. D., Groeller, H., Kowalski, R. A., Larson, S. M., Leonard, G. J., Pruyne, T. A., Seaman, R. L., Shelly, F. C., Hug, G., Grimm, L., Luna, V., Adamovsky, M., Pascoli Observatory, G., Bacci, R., Korlevic, K., Nishiyama, K., Fujiwara, T., Yanagisawa, T., Kurosaki, H., Kamiya, K., Onodera, H., and Sato, H., “2019 GW1”, 2019, Minor Planet Electronic Circulars, 2019-G66
 3. Kawabata, K. S., Nishinaka, Y., Akitaya, H., Tanaka, M., Takarada, T., Oasa, Y., Sekiguchi, Y., Ohsawa, R., Morokuma, T., Niino, Y., Murata, K. L., Shiraiishi, K., Yatsu, Y., Yanagisawa, K., Yoshida, M., Kamei, Y., Abe, F., Tristram, P. J., Tominaga, N., Onozato, H., Itoh, R., and Utsumi, Y., “LIGO/Virgo S190412m: Further J-GEM optical/NIR observations=20.”, 2019, GCN 24350, 1
 4. Morokuma, T., Utsumi, Y., J-GEM Collaboration, “LIGO/Virgo S190930t: Upper limits on the two of the ZTF/GROWTH candidates”, 2019, GRB Coordinates Network, 25907, 1
 5. Murata, K. L., Sasada, M., Morokuma, T., Utsumi, Y., J-GEM Collaboration, “LIGO/Virgo S190930t: J-GEM follow-up observations for AT2019rj”, 2019, GRB Coordinates Network, 25920, 1
 6. Nakaoka, T., Sasada, M., Adachi, R., Yatsu, Y., Murata, K. L., Yanagisawa, K., Yoshida, M., Onozato, H., Tanaka, M., Morokuma, T., Utsumi, Y., J-GEM Collaboration, “LIGO/Virgo S190814bv: No candidates found in J-GEM follow-up observations”, 2019, GRB Coordinates Network, 25377, 1
 7. Niino, Y., Morokuma, T., Ohsawa, R., Sako, S., Shikauchi, M., Yanagisawa, K., Takagi, K., Nakaoka, T., Sasada, M., Saito, T., Itoh, R., Ohta, K., Utsumi, Y., Sekiguchi, Y., and Tominaga, N., “LIGO/Virgo S190426c: J-GEM optical/NIR follow-up observations.”, 2019, GCN 24299, 1
 8. Ohsawa, R., Leonard, G.J., Africano, B.M., Christensen, E.J., Farneth, G.A., Fuls, D.C., Gibbs, A.R., Grauer, A.D., Groeller, H., Kowalski, R.A., Larson, S.M., Seaman, R.L., Shelly, F.C., Lutkenhoner, B., Streaks, D., Lin, H.-W., Masci, F.J., Ye, Q.-Z., Birtwhistle, P., Korlevic, K., Valentine, F., Nishiyama, K., and Asami, A., “2019 AW7”, 2019, Minor Planet Electronic Circulars, 2019-A168
 9. Ohsawa, R., Ries, J.G., Wiggins, P., Oksanen, A., Felber, T., Ryan, W.H., Ryan, E.V., Suzuki, M., Holmes, R., Foglia, S., Buzzi, L., Linder, T., Hug, G., Ye, Q.-Z., Collaboration, Z.T.F., Bolin, B.T., Duev, D.A., Lin, H.-W., Mahabal, A.A., Masci, F.J., Streaks, D., Fuls, D.C., Africano, B.M., Christensen, E.J., Farneth, G.A., Gibbs, A.R., Grauer, A.D., Groeller, H., Kowalski, R.A., Larson, S.M., Leonard, G.J., Pruyne, T.A., Seaman, R.L., Shelly, F.C., Birtwhistle, P., Nishiyama, K., and Okumura, S., “2019 BE5”, 2019, Minor Planet Electronic Circulars, 2019-C10
 10. Sasada, M., Akitaya, H., Nakaoka, T., Yoshida, M., Tanaka, M., Tominaga, N., Ohgami, T., Kaneko, A., Itoh, R., Sekiguchi, Y., Utsumi, Y., Morokuma, T., Niino, Y., Ohsawa, R., and Murata, K. L., “LIGO/Virgo S190425z: J-GEM optical follow-up observations with Subaru/FOCAS.”, 2019, GCN 24192, 1
 11. Tanaka, M., Tominaga, N., Morokuma, T., Collaboration, A. T. G., “Transient Discovery Report for 2019-04-09”, 2019, Transient Name Server Discovery Report, 2019-527, 1

12. Tanaka, M., Tominaga, N., Morokuma, T., A. T. G. Collaboration, “Transient Classification Report for 2019-04-09”, 2019, Transient Name Server Classification Report, 2019-1260, 1

[2020]

• Main journal

1. Bakx, T. J. L. C., Tamura, Y., Hashimoto, T., Inoue, A. K., Lee, M. M., Mawatari, K., Ota, K., Umehata, H., Zackrisson, E., Hatsukade, B., Kohno, K., Matsuda, Y., Matsuo, H., Okamoto, T., Shibuya, T., Shimizu, I., Taniguchi, Y., and Yoshida, N., “ALMA uncovers the [C II] emission and warm dust continuum in a $z = 8.31$ Lyman break galaxy”, 2020, MNRAS 493, 4294
2. Ciesla, L., Béthermin, M., Daddi, E., Richard, J., Diaz-Santos, T., Sargent, M. T., Elbaz, D., Boquien, M., Wang, T., Schreiber, C., Yang, C., Zabl, J., Fraser, M., Aravena, M., Assef, R. J., Baker, A. J., Beelen, A., Boselli, A., Bournaud, F., Burgarella, D., Charmandaris, V., Côté, P., Epinat, B., Ferrarese, L., Gobat, R., and Ilbert, O., “A hyper luminous starburst at $z = 4.72$ magnified by a lensing galaxy pair at $z = 1.48$ ”, 2020, A&A, 635, 27
3. Hatsukade, B., Ohta, K., Hashimoto, T., Kohno, K., Nakanishi, K., Niino, Y., and Tamura, Y., “ALMA CO Observations of the Host Galaxies of Long-duration Gamma-Ray Bursts. I. Molecular Gas Scaling Relations”, 2020, ApJ 892, 42
4. Inoue, K. T., Matsushita, S., Nakanishi, K., Minezaki, T., “ALMA 50-parsec-resolution Imaging of Jet-ISM Interaction in the Lensed Quasar MG J0414+0534”, 2020, ApJL, 892, L18
5. Jian, M., Taniguchi, D., Matsunaga, N., Kobayashi, N., Ikeda, Y., Yasui, C., Kondo, S., Sameshima, H., Hamano, S., Fukue, K., Arai, A., Otsubo, S., and Kawakita, H., “The effect of surface gravity on line-depth ratios in the wavelength range $0.97\text{--}1.32\ \mu\text{m}$ ”, 2020, MNRAS, 494, 1724
6. Jiang, J., Yasuda, N., Maeda, K., Doi, M., Shigeyama, T., Tominaga, N., Tanaka, M., Moriya, T. J., Takahashi, I., Suzuki, N., Morokuma, T., and Nomoto, K., “The HSC-SSP Transient Survey: Implications from Early Photometry and Rise Time of Normal Type Ia Supernovae”, 2020, ApJ, 892, 25
7. Kameno, S., Sawada-Satoh, S., Impellizzeri, C. M. V., Espada, D., Nakai, N., Sugai, H., Terashima, Y., Kohno, K., Lee, M., and Martín, S., “A Massive Molecular Torus inside a Gas-poor Circumnuclear Disk in the Radio Galaxy NGC 1052 Discovered with ALMA”, 2020, ApJ 895, 73
8. Kitayama, T., Ueda, S., Akahori, T., Komatsu, E., Kawabe, R., Kohno, K., Takakuwa, S., Takizawa, M., Tsutsumi, T., and Yoshikawa, K., “Deeply cooled core of the Phoenix galaxy cluster imaged by ALMA with the Sunyaev — Zel’dovich effect”, 2020, PASJ 72, 33
9. Koda, J., Sawada, T., Sakamoto, K., Hirota, A., Egusa, F., Boissier, S., Calzetti, D., Meyer, J. D., Elmegreen, B. G., de Paz, A. G., Harada, N., Ho, L. C., Kobayashi, M. I. N., Kuno, N., Martín, S., Muraoka, K., Nakanishi, K., Scoville, N., Seibert, M., Vlahakis, C., and Watanabe, Y., “Systematic Variations of CO $J = 2\text{--}1/1\text{--}0$ Ratio and Their Implications in The Nearby Barred Spiral Galaxy M83”, 2020, ApJL 890, L10
10. Lim, C.-F., Wang, W.-H., Smail, I., Scott, D., Chen, C.-C., Chang, Y.-Y., Simpson, J. M., Toba, Y., Shu, X., Clements, D., Greenslade, J., Ao, Y., Babul, A., Birkin, J., Chapman, S. C., Cheng, T.-A., Cho, B. S., Dannerbauer, H., Dudzevičiūtė, U., Dunlop, J., Gao, Y., Goto, T., Ho, L. C., Hsu, L.-T.,

- Hwang, H. S., Jeong, W.-S., Koprowski, M., Lee, C.-H., Lin, M.-Y., Lin, W.-C., Michałowski, M. J., Parsons, H., Sawicki, M., Shirley, R., Shim, H., Urquhart, S., Wang, J., and Wang, T., “SCUBA-2 Ultra Deep Imaging EAO Survey (Studies). III. Multiwavelength Properties, Luminosity Functions, and Preliminary Source Catalog of 450 μm Selected Galaxies”, 2020, *ApJ* 889, 80
11. Maccagni, F. M., Murgia, M., Serra, P., Govoni, F., Morokuma-Matsui, K., Kleiner, D., Buchner, S., Józsa, G. I. G., Kamphuis, P., Makhathini, S., Molnár, D. C., Prokhorov, D. A., Ramaila, A., Ramatsoku, M., Thorat, K., and Smirnov, O., “The flickering nuclear activity of Fornax A”, 2020, *A&A*, 634, A9
 12. Matsunaga, N., Taniguchi, D., Jian, M., Ikeda, Y., Fukue, K., Kondo, S., Hamano, S., Kawakita, H., Kobayashi, N., Otsubo, S., Sameshima, H., Takenaka, K., Tsujimoto, T., Watase, A., Yasui, C., and Yoshikawa, T., “Identification of Absorption Lines of Heavy Metals in the Wavelength Range 0.97–1.32 μm ”, 2020, *ApJS*, 246, 10
 13. Richmond, M. W., Tanaka, M., Morokuma, T., Sako, S., Ohsawa, R., Arima, N., Tominaga, N., Doi, M., Aoki, T., Arimatsu, K., Ichiki, M., Ikeda, S., Ita, Y., Kasuga, T., Kawabata, K. S., Kawakita, H., Kobayashi, N., Kokubo, M., Konishi, M., Maehara, H., Mito, H., Miyata, T., Mori, Y., Morii, M., Motohara, K., Nakada, Y., Okumura, S.-I., Onozato, H., Sarugaku, Y., Sato, M., Shigeyama, T., Soyano, T., Takahashi, H., Tanikawa, A., Tarusawa, K., Urakawa, S., Usui, F., Watanabe, J., Yamashita, T., and Yoshikawa, M., “An optical search for transients lasting a few seconds”, 2020, *PASJ* 72, 3
 14. Shimonishi, T., Das, A., Sakai, N., Tanaka, K. E. I., Aikawa, Y., Onaka, T., Watanabe, Y., Nishimura, Y., “Chemistry and Physics of a Low-metallicity Hot Core in the Large Magellanic Cloud”, 2020, *ApJ*, 891, 164
 15. Sofue, Y., “CO line and radio continuum study of elephant trunks: the Pillars of Creation in M16”. 2020, *MNRAS* 492, 5966.
 16. Sofue, Y., “Focusing magnetohydrodynamic waves as a trigger of star formation”. 2020, *PASJ* 72, 21.
 17. Sofue, Y., “Galactic Center threads as nuclear magnetohydrodynamic waves”. 2020, *PASJ* 72, L4.
 18. Sofue, Y., “Rotation Curve of the Milky Way and the Dark Matter Density”. 2020, *Galaxy* 8, 37
 19. Sofue, Y., “Gravitational Focusing of Low-Velocity Dark Matter on the Earth’s Surface”, 2020, *Galaxy* 8, 42
 20. Tadaki, K.-. ichi ., Iono, D., Yun, M. S., Aretxaga, I., Hatsukade, B., Lee, M. M., Michiyama, T., Nakanishi, K., Saito, T., Ueda, J., and Umehata, H., “A Noncorotating Gas Component in an Extreme Starburst at $z = 4.3$ ”, 2020, *ApJ* 889, 141
 21. Takekoshi, T., Karatsu, K., Suzuki, J., Tamura, Y., Oshima, T., Taniguchi, A., Asayama, S., Bakx, T. J. L. C., Baselmans, J. J. A., Bosma, S., Bueno, J., Chin, K. W., Fujii, Y., Fujita, K., Huiting, R., Ikarashi, S., Ishida, T., Ishii, S., Kawabe, R., Klapwijk, T. M., Kohno, K., Kouchi, A., Llobart, N., Maekawa, J., Murugesan, V., Nakatsubo, S., Naruse, M., Ohtawara, K., Pascual Laguna, A., Suzuki, K., Thoen, D. J., Tsukagoshi, T., Ueda, T., de Visser, P. J., van der Werf, P. P., Yates, S. J. C., Yoshimura, Y., Yurduseven, O., and Endo, A., “DESHIMA on ASTE: On-Sky Responsivity Calibration of the Integrated Superconducting Spectrometer”, 2020, *Journal of Low Temperature Physics*, 199, 231

22. Taniguchi, A., Tamura, Y., Kohno, K., Takahashi, S., Horigome, O., Maekawa, J., Sakai, T., Kuno, N., and Minamidani, T., “A new off-point-less observing method for millimeter and submillimeter spectroscopy with a frequency-modulating local oscillator”, 2020, PASJ 72, 2
23. Uno, S., Takekoshi, T., Oshima, T., Yoshioka, K., Wuy Chin, K., and Kohno, K., “Demonstration of wideband metal mesh filters for submillimeter astrophysics using flexible printed circuits”, 2020, ApOpt 59, 4143

• Proceedings

1. Egusa, F., Cooper, E. M., Koda, J., Baba, J., “Stellar and gas mass distributions for understanding the nature of spiral arms”, 2020., IAUS341, ed. Boquien, M., Lusso, E., Gruppioni, C., Tissera, P., (Cambridge University Press, Cambridge), 266–267
2. Minowa, Y., Koyama, Y., Ono, Y., Tanaka, I., Hattori, T., Clergeon, C., Akiyama, M., Kodama, T., Motohara, K., Rigaut, F., d’Orgeville, C., Wang, S.-Y., and Yoshida, M., “ULTIMATE-Subaru: enhancing the Subaru’s wide-field capability with GLAO”, 2020, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series, 11203, 112030G
3. Terao, Y., Spitler, L., and Motohara, K., “Properties of H alpha emitters at $z \sim 2.3$: Derivation of H alpha luminosity from multi-band photometry”, 2020, IAU Symposium, 341, 316

• Circulars & Telegrams

1. Niino, Y., Morokuma, T., Sako, S., Ohsawa, R., Beniyama, J., Kokubo, M., and Tomo-e Gozen Collaboration, “No optical bursts detected from SGR J1935+2154 by 24 fps observations with Tomo-e Gozen”, 2020, GCN 27678, 1
2. Ohgami, T., Tominaga, N., Morokuma, T., Terai, T., Takagi, Y., Yanagisawa, K., Yoshida, M., Onozato, H., Sasada, M., Tanaka, M., Utsumi, Y., J-GEM Collaboration, “LIGO/Virgo S200224ca: Subaru/Hyper Suprime-Cam follow-up observations”, 2020, GRB Coordinates Network, 27205, 1

[in press]

• Main journal

1. Arimatsu, K., Hashimoto, G. L., Kagitani, M., Sakanoi, T., Kasaba, Y., Ohsawa, R., and Urakawa, S., “Evidence for a rapid decrease of Pluto’s atmospheric pressure revealed by a stellar occultation in 2019”, 2020, A&A, in press
2. Asano, T., Kodama, T., Motohara, K., Lubin, L., Lemaux, B. C., Gal, R., Tomczak, A., Kocevski, D., Hayashi, M., Koyama, Y., Tanaka, I., Suzuki, T. L., Yamamoto, N., Kimura, D., Konishi, M., Takahashi, H., Terao, Y., Kushibiki, K., Kono, Y., and Yoshii, Y., “Environmental impact on star-forming galaxies in a $z \sim 0.9$ cluster during course of galaxy accretion”, 2020, ApJ, in press
3. Berhane Teklu, B., Lin, Z., Kong, X., Wang, E., Gao, Y., Liu, Q., Hu, N., and Liu, H., “Dust Attenuation Curve for Local Subgalactic Star-forming Regions”, 2020, ApJ in press (arXiv:2003.04814)
4. Kohno, M., and 20 colleagues, “FOREST Unbiased Galactic plane Imaging survey with the Nobeyama 45 m telescope (FUGIN). VI. Dense gas and mini-starbursts in the W43 giant molecular cloud complex”. 2020, PASJ, in press, arXiv e-prints arXiv:2001.10693.

5. Yamaguchi, Y., Kohno, K., Hatsukade, B., Wang, T., Yoshimura, Y., Ao, Y., Dunlop, J. S., Egami, E., Espada, D., Fujimoto, S., Hayatsu, N. H., Ivison, R. J., Kodama, T., Kusakabe, H., Nagao, T., Ouchi, M., Rujopakarn, W., Tadaki, K., Tamura, Y., Ueda, Y., Umehata, H., and Wang, W.-H., “ALMA 26 arcmin² survey of GOODS-S at one-millimeter (ASAGAO): millimeter properties of stellar mass selected galaxies”, 2020, PASJ, in press

投稿中のもの

• Main journal

1. Franco, M., Elbaz, D., Zhou, L., Magnelli, B., Schreiber, C., Ciesla, L., Dickinson, M., Nagar, N., Magdis, G., Alexander, D. M., Béthermin, M., Demarco, R., Daddi, E., Wang, T., Mullaney, J., Sargent, M., Inami, H., Shu, X., Bournaud, F., Chary, R., Ferguson, H., Finkelstein, S. L., Giavalisco, M., Gómez-Guijarro, C., Iono, D., Juneau, S., Lagache, G., Lin, L., Motohara, K., Okumura, K., Pannella, M., Papovich, C., Pope, A., Rujopakarn, W., Silverman, J., and Xiao, M., “GOODS-ALMA: The slow downfall of star-formation in $z = 2 - 3$ massive galaxies”, 2020, submitted to A&A
2. Franco, M., Elbaz, D., Zhou, L., Magnelli, B., Schreiber, C., Ciesla, L., Dickinson, M., Nagar, N., Magdis, G., Alexander, D. M., Béthermin, M., Demarco, R., Daddi, E., Wang, T., Mullaney, J., Inami, H., Shu, X., Bournaud, F., Chary, R., Ferguson, H., Finkelstein, S. L., Giavalisco, M., Gómez-Guijarro, C., Iono, D., Juneau, S., Lagache, G., Lin, L., Motohara, K., Okumura, K., Pannella, M., Papovich, C., Pope, A., Rujopakarn, W., Silverman, J., and Xiao, M., “GOODS-ALMA: Using IRAC and VLA to probe fainter millimeter galaxies”, 2020, submitted to A&A
3. Momose, R., Shimasaku, K., Kashikawa, N., Nagamine, K., Shimizu, I., Nakajima, K., Terao, Y., Kusakabe, H., Ando, M., Motohara, K., and Spitler, L.,
“Environmental dependence of galactic properties traced by Ly α forest absorption (II): diversity among galaxy populations”, 2020, submitted to ApJ
4. Nakaoka, T., Maeda, K., Yamanaka, M., Tanaka, M., Kawabata, M., Moriya, T. J., Kawabata, K. S., Tominaga, N., Takagi, K., Imazato, F., Morokuma, T., Sako, S., Ohsawa, R., Nagao, T., Jiang, J., Burgaz, U., Taguchi, K., Uemura, M., Akitaya, H., Sasada, M., Isogai, K., Otsuka, M., and Maehara, H., “Calcium-rich Transient SN 2019ehk in A Star-Forming Environment: Yet Another Candidate for An Ultra-Stripped Envelope Supernova”, 2020, submitted to ApJ
5. Noda, H., Kawamuro, T., Kokubo, M., Minezaki, T., “Dust reverberation mapping of type 2 AGN NGC 2110 realized with X-ray and 3 – 5 μ m IR monitoring”, 2019, submitted to MNRAS
6. Ohsawa, R., Hirota, A., Morita, K., Abe, S., Kastinen, D., Kero, J., Szasz, C., Fujiwara, Y., Nakamura, T., Nishimura, K., Sako, S., Watanabe, J., Aoki, T., Arima, N., Arimatsu, K., Doi, M., Ichiki, M., Ikeda, S., Ita, Y., Kasuga, T., Kobayashi, N., Kokubo, M., Konishi, M., Maehara, H., Miyata, T., Mori, Y., Morii, M., Morokuma, T., Motohara, K., Nakada, Y., Okumura, S., Sarugaku, Y., Sato, M., Shigeyama, T., Soyano, T., Takahashi, H., Tanaka, M., Tarusawa, K., Tominaga, N., Urakawa, S., Usui, F., Yamashita, T., Yoshikawa, M., “Relationship between Radar Cross Section and Optical Magnitude based on Radar and Optical Simultaneous Observations of Faint Meteors”, 2020, submitted to P&SS

7. Sameshima, H., Yoshii, Y., Matsunaga, N., Kobayashi, N., Ikeda, Y., Kondo, S., Hamano, S., Mizumoto, M., Arai, A., Yasui, C., Fukue, K., Kawakita, H., Osubo, S., Bono, G., and Saviane, I., “Mg II and Fe II fluxes of luminous quasars at $z \sim 2.7$ and the Baldwin effect in flux-to-abundance conversion for chemical evolution of quasars at high redshifts”, 2020, submitted to ApJ
8. Sofue, Y. and Kohno, M., “CO-to-H₂ Conversion and Spectral Column Density in Molecular Clouds: The Variability of X_{CO} Factor”, 2020, submitted to MNRAS
9. Sofue, Y., “Feedback between Sgr A and B: AGN-Starburst connection in the Galactic Centre”, 2020, submitted to MNRAS
10. Taniguchi, D., Matsunaga, N., Jian, M., Kobayashi, N., Fukue, K., Hamano, S., Ikeda, Y., Kawakita, H., Kondo, S., Osubo, S., Sameshima, H., Shinnaka, Y., Takenaka, K., and Yasui, C., “Effective temperatures of red supergiants based on line-depth ratios of iron lines in the YJ bands, $0.97 - 1.32\mu\text{m}$ ”, 2020, submitted to MNRAS

2.6.2 著書, 訳書, 編書

1. 河野, 本原 : 2020, 「宇宙物理学ハンドブック」, 高原文郎・家正則・小玉英雄・高橋忠幸 編, 朝倉書店, ISBN978-4-254-13127-7
2. 谷口, 山岡, 河野, 須藤 : 2019, 「宇宙の誕生と進化」 8-11 章, 谷口 (編), 放送大学教育振興会

2.6.3 和文その他の解説記事

1. 小西, 上塚 : 「標高世界一の TAO 望遠鏡が動き出す「赤外線で見通す宇宙 6…宇宙の謎に迫る赤い両眼」」, 2020, アストロアーツ, 月刊星ナビ 4月号 42-47 (2020/3/5 発売)

2.7 学会, 研究会における発表

2.7.1 日本天文学会 2019 秋季年会, 熊本大学 (2019/09/11 - 09/13)

1. N26a : 大澤 亮, 上塚 貴史, 中田 好一 (東京大学天文学教育研究センター), 板 由房 (東北大学), 尾中 敬 (明星大学), 野沢 貴也 (国立天文台), 「アーカイブデータから探る R CrB 型星でのダスト成長」
2. N32b : 諸隈 佳菜, 諸隈 智貴, 廿日出 文洋, 小西 真広 (東京大学), 富永 望 (甲南大学), 林 将央, 松田 有一 (国立天文台), 田村 陽一 (名古屋大学), 新沼 浩太郎, 元木 業人 (山口大学), 「謎の突発現象 AT2018cow の母銀河の性質: ALMA CO ($J = 1 - 0$) 観測」
3. Q45a : 吉村 勇紀, 河野 孝太郎, 西村 優里, 廿日出 文洋 (東京大学), 松野 允郁, 青木 和光, 泉 拓磨 (国立天文台), 田村陽一 (名古屋大学), 李民主 (MPE), 「遠方分子吸収線系 B0218+357 に対する ALMA を用いた水素化リチウム観測」
4. R10b : Fumi Egusa (IoA, UT), Yulong Gao (USTC), 「Spatially-resolved CO(2 - 1)/CO(1 - 0) Ratio in NGC 1365」
5. R18a : 谷口 暁星, 中島 拓, 田村 陽一 (名古屋大), 高野 秀路 (日本大), 濤崎 智佳 (上越教育大), 河野 孝太郎 (東京大), 原田 ななせ (ASIAA), 泉 拓磨, 今西 昌俊 (国立天文台), 「衝撃波レーザー分子の高空間分解能観測で探る活動銀河核の特異な HCN/HCO⁺ 輝線強度比の起源」

6. S28a : 小久保 充 (東北大学), 峰崎 岳夫 (東京大学), 「Changing-look AGN Mrk 590 の紫外可視光度の急減光に伴うダストトーラス内縁付近でのダスト粒子生成」
7. S33a : 山下祐依, 河野孝太郎, 江草芙実, 廿日出文洋 (東京大学), 「超臨界降着活動銀河核をもつ近傍銀河 NGC 5728 における空間分解された分子ガスアウトフローの検出」
8. V126b : 宇野 慎介, 陳 家偉, 竹腰 達哉, 河野 孝太郎 (東京大学), 大島 泰, 吉岡 佳輔 (国立天文台), 「多色連続波カメラ用 FPC 広帯域バンドパスフィルターの多段パターン最適化」
9. V130a : Y. Tamura, A. Taniguchi, K. Suzuki, T. J. L. C. Bakx (Nagoya), T. Takekoshi, K. Kohno (UTokyo), T. Oshima, J. Maekawa, R. Kawabe (NAOJ), M. Naruse (Saitama), A. Endo, S. Ikarashi, N. Llom-bart, D. J. Thoen, A. Pascual Laguna, S. Dabironezare, S. Hahnle (TU Delft), P. P. van der Werf(Leiden), K. Karatsu, J. Bueno, V. Murugesan, S. J. C. Yates, R. Huiting, P. J. de Visser, and J. J. A. Baselmans (SRON), 「Development of DESHIMA 2.0: Upgrade design overview」
10. V210a : 吉井 讓 (東京大学, アリゾナ大学), 土居 守, 河野 孝太郎, 宮田 隆志, 田中 培生, 本原 顕太郎, 峰崎 岳夫, 田辺 俊彦, 酒向 重行, 諸隈 智貴, 廿日出 文洋, 小西 真広, 高橋 英則, 青木 勉, 征矢野 隆夫, 樽沢 賢一, 加藤 夏子, 上塚 貴史, 鮫島 寛明, 浅野 健太郎 (東京大学), 田村 陽一 (名古屋大学), 越田 進太郎 (国立天文台), 半田 利弘 (鹿児島大学) 他, 「東京大学アタカマ天文台 TAO 6.5m 望遠鏡計画の進捗状況」
11. V211a : 小西 真広, 本原 顕太郎, 高橋 英則, 加藤 夏子, 寺尾 恭範, 櫛引 洸佑, 中村 洋貴 (東京大学), 吉井 讓 (東京大学, アリゾナ大学), 土居 守, 河野 孝太郎, 宮田 隆志, 田中 培生, 峰崎 岳夫, 田辺 俊彦, 酒向 重行, 諸隈 智貴, 廿日出 文洋, 青木 勉, 征矢野 隆夫, 樽沢 賢一, 大澤 亮, 上塚 貴史, 鮫島 寛明, 浅野 健太郎, 森智 宏, 橋 健吾 (東京大学), 田村 陽一 (名古屋大学), 越田 進太郎 (国立天文台), 半田 利弘 (鹿児島大学), 「TAO 6.5m 望遠鏡用近赤外線観測装置 SWIMS: すばる望遠鏡での試験観測報告」
12. V212a : 上塚 貴史, 宮田 隆志, 酒向 重行, 大澤 亮, 浅野 健太郎, 内山 允史, 森 智宏, 吉田 泰, 橋 健吾, 左近樹 (東京大学), 尾中敬 (明星大学, 東京大学), 片ざ 宏一 (JAXA), 吉井讓 (東京大学, アリゾナ大学), 土居 守, 河野 孝太郎, 田中 培生, 峰崎 岳夫, 本原 顕太郎, 田辺 俊彦, 諸隈 智貴, 廿日出 文洋, 小西 真広, 高橋 英則, 青木 勉, 征矢野 隆夫, 樽沢 賢一, 鮫島 寛明, 加藤 夏子, 寺尾 恭範, 櫛引 洸佑, 中村 洋貴 (東京大学), 田村 陽一 (名古屋大学), 越田 進太郎 (国立天文台), 半田 利弘 (鹿児島大学), 「TAO 6.5 m 望遠鏡用中間赤外線観測装置 MIMIZUKU: すばる望遠鏡における第二回試験観測」
13. V213a : 櫛引 洸佑 (東京大学), 細島 拓也, 山形 豊 (理化学研究所), 森田 晋也 (東京電機大学), 尾崎 忍夫, 都築 俊宏 (国立天文台), 本原 顕太郎, 高橋 英則, 河野 志洋, 小西 真広, 加藤 夏子, 寺尾 恭範 (東京大学), 「超精密切削加工による SWIMS-IFU スリットミラーアレイ本加工」
14. V214a : 酒向 重行, 大澤 亮, 高橋 英則, 土居 守, 小林 尚人, 本原 顕太郎, 諸隈 智貴, 小西 真広, 一木 真, 有馬 宣明, 森田 雅大, 紅山 仁, 青木 勉, 征矢野 隆夫, 樽沢 賢一, 森 由貴, 中田 好一, 茂山 俊和 (東京大学), 白井 文彦 (神戸大学), 渡部 潤一, 山下 卓也 (国立天文台), 前原 裕之, 春日 敏測, 有松 亘 (京都大学), 冨永 望 (甲南大学), 猿楽 祐樹 (京都産業大学), 田中 雅臣, 板 由房, 小久保 充 (東北大学), 吉川 真 (宇宙航空研究開発機構), 奥村 真一郎, 浦川 聖太郎 (日本スペースガード協会), 池田 思朗, 森井 幹雄 (統計数理研究所), 佐藤 幹哉 (日本流星研究会), Tomo-e Gozen コラボレーション, 「木曾超広視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen」
15. V238a : 三戸 洋之 (東京大学), 植田 稔也 (デンバー大学), 大塚 雅昭 (京都大学), 中田 好一 (東京大学), 「複数輝線が混入する狭帯域撮像画像に適用する, 二次計画法 (Quadratic Programming) を用いた各輝線成分抽出方法の開発」

16. W38b : 一木 真, 寺澤 敏夫 (国立天文台), 榎戸 輝揚 (京都大学), 中森 健之, 荻原 理沙, 大内 優雅 (山形大学), 森 正樹 (立命館大学), 土居 守, 酒向 重行, 茂山 俊和, 新納 悠, 諸隈 智貴, 有馬 宣明, 森田 雅大, 小川 貴士 (東京大学), Tomo-e Gozen プロジェクトチーム,
「超広視野高速カメラ Tomo-e Gozen による Crab パルサーの Giant Radio Pulse 時の光度変動の探査」
17. W49b : 有馬 宣明, 酒向 重行 (東京大学), Michael Richmond (Rochester Institute of Technology), 田中 雅臣 (東北大学), 諸隈 智貴, 土居 守, 大澤 亮, 新納 悠, 一木 真, 森田 雅大 (東京大学), 富永 望 (甲南大学), Tomo-eGozen プロジェクトチーム, 「Tomo-e Gozen を用いた秒スケールでの可視突発天体の探査」
18. W72a : 新納 悠, 諸隈 智貴, 酒向 重行, 大澤 亮, 鹿内 みのり, 小西 真広, 土居 守, 茂山 俊和 (東京大学), 富永 望, 浜崎 凌 (甲南大学), 田中 雅臣 (東北大学), 吉田 道利 (国立天文台), Tomo-e Gozen コラボレーション, J-GEM コラボレーション,
「木曾超広視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen による重力波フォローアップ観測」
19. X08a : Kianhong Lee, Kotaro Kohno, Bunyo Hatsukade (University of Tokyo), Wiphu Rujopakarn (Chula-longkorn University/IPMU), George Rieke (University of Arizona), Rob Ivison (University of Edinburgh/ESO), Kristina Nyland (NRL), Preshanth Jagannathan (University of Cape Town/NRAO),
「The faint-end of the radio luminosity function of ALMA-selected galaxies」
20. X14b : 山下 祐依, 河野 孝太郎, 江草 芙実, 廿日出 文洋 (東京大学), 「Swift 衛星/BAT で選択された近傍活動銀河核サンプルに対するエディントン比と母銀河のガス質量/星質量比の相関関係の検証」
21. X31b : 但木 謙一, 伊王野 大介, 松田 有一, 中西 康一郎, 植田 準子, 道山 知成 (国立天文台), 長尾 透 (愛媛大学), 廿日出 文洋, 河野 孝太郎 (東京大学), 田村 陽一 (名古屋大学), 斉藤 俊貴 (MPIA), 梅畑 豪紀 (理研), 李民主 (MPE), 「ALMA を用いた $z = 4.3$ サブミリ波銀河の金属量測定」
22. X47a : 寺尾 恭範 (東京大学), Lee Spitler (Macquarie University), 本原 顕太郎 (東京大学),
「Properties of H α emitters at $z \sim 2.1 - 2.5$ selected from broad-band photometry」
23. X48a : 廿日出 文洋, 河野 孝太郎, 新納 悠 (東京大学), 橋本 哲也 (台湾国立清華大学), 中西 康一郎 (国立天文台/総研大), 太田 耕司 (京都大学), 田村 陽一 (名古屋大学), Viktor Tóth (Eötvös Loránd 大学),
「ロング・ガンマ線バースト GRB 080207 母銀河における分子ガスの性質」
24. Z204a : 諸隈 智貴, 森田 雅大 (東京大学), 田中 雅臣 (東北大学), 内海 洋輔 (SLAC), 富永 望 (甲南大学), 吉田 道利 (国立天文台), 太田 耕司, 山中 雅之, Herman Lee (京都大学), 伊藤 亮介 (美星天文台), 川端 弘治, 笹田 真人 (広島大学), 井上 芳幸, 長滝 重博 (理研), 土居 明宏 (ISAS/JAXA), 吉田 滋 (千葉大学),
「すばる広視野探査と TMT 分光による IceCube 高エネルギーニュートリノの超新星爆発起源説の検証」

2.7.2 日本天文学会 2020 年春季年会, web 年会, (2020/03/16 – 03/19)

1. N15a : 橋 健吾, 宮田 隆志, 上塚 貴史, 大澤 亮 (東京大学), 中川 亜紀治 (鹿児島大学), 瀧田 怜 (国立天文台), 「AKARI, WISE による OH/IR 星の中間赤外線長周期変光調査」
2. N17a : 谷口 大輔, Mingjie Jian, 松永 典之, 小林 尚人, 近藤 莊平, 鮫島 寛明 (東京大学), 福江 慧, 池田 優二, 河北 秀世 (京都産業大学), 濱野 哲史, 安井 千香子 (国立天文台),
「近赤外線 YJ バンドに現れる鉄吸収線ペアのライン強度比を用いた赤色超巨星の有効温度の決定」
3. N20a : 安井 千香子, 濱野 哲史 (国立天文台), 近藤 莊平, 鮫島 寛明, 松永 典之, 谷口 大輔, 小林尚人 (東京大学), 福江 慧, 竹中 慶一, 池田優二, 河北 秀世, 大坪 翔悟, 渡瀬 彩華 (京都産業大学), 水本 岬希 (ダー

- ラム大学), 泉 奈都子 (茨城大学), WINERED 開発チーム,
「前主系列星における彩層活動由来の HeI λ 10830 吸収線の初検出: 近赤外線高分散分光器 WINERED による Taurus 星生成領域中の中質量星の観測」
4. N24a : 松永 典之, 谷口 大輔, Mingjie Jian, 近藤 莊平, 小林 尚人, 鮫島 寛明 (東京大学), 池田 優二, 福江 慧, 河北 秀世, 大坪 翔悟, 竹中 慶一, 渡瀬 彩華, 吉川 智裕 (京都産業大学), 濱野 哲史, 辻本 拓司, 安井 千香子 (国立天文台), 「近赤外線 Y J バンドに存在する中性子捕獲元素の吸収線の同定」
 5. P136a : 吉村 勇紀 (東大), 川邊 良平 (NAOJ), 酒井 剛 (電気通信大), 田中 邦彦 (慶応大), 竹腰 達哉, 廿日出 文洋, 河野 孝太郎 (東大), 谷口 暁星, 田村 陽一 (名古屋大), 大島 泰 (NAOJ), David Hughes, David Sánchez, Arturo Gómez, Victor Rodriguez, Edgar Colin, Javier Zaragoza, Miguel Chavez (INAOE), Pete Schloerb, Kamal Souccar, Min Yun (UMass), 「大型ミリ波望遠鏡 LMT 50 m に搭載した新型 2 mm 帯受信機 B4R による系内星形成領域の高感度分子輝線観測」
 6. P207a : 森 智宏 (東京大学), 片岡 章雅 (国立天文台), 「ダスト整列と自己散乱の複合モデルによる HL Tau 円盤ミリ波偏光の再解釈」
 7. P314b : 白井 文彦 (神戸大学), 長谷川 直, 大坪 貴文, 塩谷 圭吾 (ISAS/JAXA), 宮田 隆志, 上塚 貴史 (東京大学), 高遠 徳尚 (国立天文台), 北里 宏平 (会津大学), 「近赤外線分光観測による小惑星母天体の内部構造探査」
 8. S15b : 小久保 充, 木村 勇貴, 田中 雅臣 (東北大学), 安田 直樹, 諸隈 智貴 (東京大学), Transient Working Group, 「Subaru HSC COSMOS 時間軸サーベイデータを用いた光度変動 AGN サンプルの構築」
 9. S27a : 峰崎 岳夫 (東京大学), 吉井 讓 (東京大学, アリゾナ大学), 小林 行泰 (国立天文台), 菅原 章太, 坂田 悠, 富田 浩行, 菅沼 正洋, 青木 勉 (東京大学), 越田 進太郎 (国立天文台), 塩谷 圭吾 (JAXA/ISAS), Bruce A. Peterson (オーストラリア国立大学), 「Reverberation Measurements of the Inner Radii of the Dust Tori in Quasars」
 10. S30a : 鮫島 寛明, 吉井 讓 (東京大学), 「クエーサー広輝線領域の [Mg/Fe] 組成比診断: Baldwin effect の評価」
 11. V106a : 川邊 良平 (NAOJ), 酒井 剛 (電気通信大), 田中 邦彦 (慶応大), 吉村 勇紀, 竹腰 達哉, 廿日出 文洋, 河野 孝太郎 (東大), 谷口 暁星, 田村 陽一 (名古屋大), 大島 泰 (NAOJ), David Hughes, David Sánchez-Arguelles, Arturo Gómez-Ruiz, Iván Rodríguez-Montoya, Javier Zaragoza-Cardiel, Edgar Colin, Miguel Chavez-Dagostino (INAOE), Pete Schloerb, Kamal Souccar, Min Yun (UMass), 「LMT 50 m 鏡用 2 ミリ受信機システムの開発と爆発的星形成銀河, 巨大ブラックホールの研究 V: 科学評価試験」
 12. V128b : 谷口 暁星, 田村 陽一, 立原 研悟, 鈴木 向陽, 塩谷 一樹 (名古屋大学), 竹腰 達哉, 石田 剛, 吉村 勇紀 (東京大学), 新田 冬夢, Pranshu Mandal, 村山 洋佑 (筑波大学), 大島 泰, 永井 誠, 川邊 良平 (国立天文台), 「単一鏡観測装置開発のための共通データ解析ソフトウェアの開発」
 13. V129a : 田村 陽一, 木村 公洋, 谷口 暁星, 上田 哲太郎 (名古屋大), 川邊 良平, 川口 則幸, 南谷 哲宏, 大島 泰 (国立天文台), 深作 悠平, 久野 成夫 (筑波大), 岡田 望, 小川 英夫, 大西 利和 (大阪府立大), 栗田 光樹夫 (京都大), 河野 孝太郎, 竹腰 達哉 (東京大), 「ミリ波補償光学の開発 III. 開口面干渉型波面センサの概要」
 14. V130a : 深作 悠平, 久野 成夫 (筑波大), 田村 陽一, 木村 公洋, 谷口 暁星, 上田 哲太郎, 川邊 良平, 川口 則幸, 南谷 哲宏, 大島 泰 (国立天文台), 岡田 望, 小川 英夫, 大西 利和 (大阪府立大), 栗田 光樹夫 (京都大), 河野 孝太郎, 竹腰 達哉 (東京大), 「ミリ波補償光学の開発 IV. 波面センサ用送信機サブシステムの開発と評価」

15. V232a : 芝井 広 (大阪大), 金田 英宏 (名古屋大, ISAS/JAXA), 山村 一誠, 小川 博之, 中川 貴雄, 松原 英雄, 山田 亨 (ISAS/JAXA), 尾中 敬 (明星大), 河野 孝太郎 (東京大), 他 SPICA チームメンバー,
「SPICA (次世代赤外線天文衛星): 日欧共同推進による Phase A 検討の現状」
16. X01a : 廿日出 文洋, 河野 孝太郎, 新納 悠 (東京大学), 橋本 哲也 (台湾国立清華大学), 中西 康一郎 (国立天文台/総研大), 太田 耕司 (京都大学), 田村 陽一 (名古屋大学), 「ALMA CO Observations of the Host Galaxies of Long-duration Gamma-ray Bursts. I: Molecular Gas Scaling Relations」
17. X06a : Tom Bakx, Y. Tamura (Nagoya University), E. Zackrisson, I. Shimizu, T. Hashimoto, H. Umehata, A. Inoue, H. Matsuo, T. Okamoto, N. Yoshida, Y. Taniguchi, B. Hatsukade, Y. Matsuda, K. Mawatari, T. Shibuya, K. Kohno, K. Ota, M. Lee,
「ALMA uncovers the [CII] emission and warm dust continuum in a $z = 8.31$ LBG」
18. Y17b : 青木 勉, 小林 尚人, 征矢野 隆夫, 樽澤 賢一, 高橋 英則, 近藤 莊平, 森 由貴 (東京大学), 畑 英利, 若林 博, 清水 醇 (木曾星の里づくり推進協議会), 木曾星の里づくり推進協議会,
「木曾観測所における地域連携事業の一例 (木曾星の里づくり推進協議会)」
19. Z103a : Masao Hayashi (NAOJ), Tadayuki Kodama (Tohoku Univ.), Ken-ichi Tadaki (NAOJ), Kotaro Kohno, Bunyo Hatsukade (Univ. of Tokyo), Yusei Koyama, Rhythm Shimakawa (NAOJ), Yoichi-Tamura (Nagoya Univ.), Tomoko Suzuki (Tohoku Univ.) and GRACIAS-ALMA project members,
「Molecular gas reservoirs of cluster galaxies at cosmic noon」
20. Z104a : Tao Wang (University of Tokyo/NAOJ) 「New insights into the environmental dependence of massive galaxy formation from a panchromatic view of the first galaxy clusters」
21. Z105a : Kohno, K. (IoA/U.Tokyo), Fujimoto, S., (Waseda U.), Ouchi, M. (ICRR/U.Tokyo, NAOJ), Oguri, M. (IPMU/U.Tokyo), Bauer, F. (Pontificia Universidad Católica de Chile), Postman, M., Coe, D. (STScI), Egami, E. (U. Arizona), Richard, J. (Observatoire de Lyon), Umetsu, K. (ASIAA), Hatsukade, B., Wang, T., Yoshimura, Y. (IoA/U.Tokyo), and ALCS collaboration,
「ALMA lensing cluster survey (ALCS) and follow-up observations using SUBARU」
22. Z108a : T. Hashimoto (NTHU), B. Hatsukade (NAOJ), T. Goto, S. J. Kim (NTHU), K. Ohta (Kyoto U.), T. Nagao (Ehime U.), A. K. H. Kong (NTHU), K. Nakanishi (NAOJ), and J. Mao (Yunnan Obs.),
「Star-formation rates of two GRB host galaxies at $z \sim 2$ and a [C II] deficit observed with ALMA」
23. Z115a : Kana Morokuma^{1,2}, Paolo Serra³, Filippo Maccagni³, Bi-Qing For^f, Jing Wang⁵, Kenji Bekki⁶, Tomoki Morokuma¹, Fumi Egusa¹, Daniel Espada⁷, Rie E. Miura⁷, Kouichiro Nakanishi⁷, Baerbel Koribalski⁸, Tsutomu Takeuchi⁹, (1: Univ. of Tokyo, 2: JSPS fellow, 3: INAF, 4: UWA, 5: KIAA-PKU, 6: ICRAR, 7: NAOJ, 8: CSIRO, 9: Nagoya Univ.),
「Multiphase properties of ISM in a nearby radio galaxy, NGC 1316」
24. Z201r : 金田 英宏 (名古屋大), 芝井 広 (大阪大), 山村 一誠, 小川 博之, 中川 貴雄, 松原 英雄, 山田 亨 (ISAS/JAXA), 尾中 敬 (明星大), 河野 孝太郎 (東京大), 他 SPICA チームメンバー,
「超高感度赤外線衛星 SPICA による宇宙進化史の解明」
25. Z202r : 泉 拓磨 (国立天文台), 江草 美実 (東京大), 他 SPICA サイエンス検討会メンバー,
「SPICA が革新する系外銀河サイエンス」
26. Z206b : Kohno, K., Wang, T. (IoA/U.Tokyo),
「Unveiling the nature of HST-dark galaxies by using SPICA」

27. Z209a : 江草 芙実, 左近 樹, 本原 顕太郎 (東京大学), 金子 紘之, 中西 康一郎, 馬場 淳一 (国立天文台), 竹内 努, 田村 陽一 (名古屋大学), 稲見 華恵 (広島大学), 渡邊 祥正 (日本大学),
「近傍銀河・銀河系」班の概要と“stellar feedback”についての検討」
28. Z210a : 金子 紘之 (国立天文台), 中西 康一郎 (国立天文台, 総合研究大学院大学), 本原 顕太郎, 江草 芙実, 左近 樹 (東京大学), 稲見 華恵 (広島大学), 竹内 努, 田村 陽一 (名古屋大学), 馬場 淳一 (国立天文台), 渡邊 祥正 (日本大学), 「近傍銀河・銀河系」班: 銀河円盤外のガスやダストについての検討」
29. Z211b : 渡邊 祥正 (日本大学), 江草 芙実, 左近 樹, 本原 顕太郎 (東京大学), 金子 紘之, 中西 康一郎, 馬場 淳一 (国立天文台), 竹内 努, 田村 陽一 (名古屋大学), 稲見華恵 (広島大学),
「OH⁺, H₂O⁺, H₃O⁺ で探る分子ガスの電離度」
30. Z212b : 竹内 努 (名古屋大), SPICA サイエンス検討会近傍銀河銀河系班 (金子 紘之, 馬場 淳一 (NAOJ), 中西 康一郎 (NAOJ, 総研大), 本原 顕太郎, 江草 芙実, 左近 樹 (東京大), 稲見 華恵 (広島大), 渡邊 祥正 (日本大)), 「Statistical Quantification and Parametrization of Galaxies with SPICA」
31. Z213c : 中西 康一郎 (国立天文台), SPICA サイエンス検討会近傍銀河・銀河系班 (江草 芙実, 左近樹, 本原 顕太郎 (東京大), 金子 紘之, 馬場 淳一 (国立天文台), 稲見 華恵 (広島大), 渡邊 祥正 (日本大), 竹内 努, 田村 陽一 (名古屋大学)), 「近傍活動銀河の B-BOP/SPICA 遠赤外線連続光偏光観測」
32. Z214c : 左近 樹, 江草 芙実, 本原顕太郎 (東京大学), 田村 陽一, 竹内 努 (名古屋大学), 金子 紘之, 中西 康一郎, 馬場 淳一 (国立天文台), 稲見 華恵 (広島大学), 渡邊 祥正 (日本大学),
「宇宙初期の銀河星間環境を特徴付けるダストの性質の理解」
33. Z407b : 山中 雅之, 野上 大作 (京都大学), 秋田 谷洋, 中岡 竜也 (広島大学), 高木 聖子 (北海道大学), 高橋 隼 (兵庫県立大学), 宝田 拓也 (埼玉大学), 永山 貴宏 (鹿児島大学), 花山 秀和, 堀内 貴史, 前原 裕之, 関口 和寛 (国立天文台), 村田 勝寛 (東京工業大学), 森鼻 久美子 (名古屋大学), 諸隈 智貴 (東京大学), 「光赤外線大学間連携における観測企画運営委員会の活動と有機的連携の実現」
34. Z411a : 土居 守 (東京大学), 吉井 譲 (東京大学, アリゾナ大学), 河野 孝太郎, 宮田 隆志, 田中 培生, 本原 顕太郎, 峰崎 岳夫, 田辺 俊彦, 酒向 重行, 諸隈 智貴, 廿日出 文洋, 小西 真広, 高橋 英則, 青木 勉, 征矢野 隆夫, 樽沢 賢一, 加藤 夏子, 上塚 貴史, 鮫島 寛明, 浅野 健太郎 (東京大学), 田村 陽一 (名古屋大学), 越田 進太郎 (国立天文台), 半田 利弘 (鹿児島大学) 他 TAO メンバー,
「東京大学アタカマ天文台 TAO 6.5m 望遠鏡による突発天体観測」
35. Z412a : 諸隈 智貴 (東京大学), 冨永 望 (甲南大学), 田中 雅臣 (東北大学), 前田 啓一 (京都大学), 酒向 重行, 大澤 亮 (東京大学), Tomo-e Gozen Science Working Group メンバー,
「木曾シュミット望遠鏡 Tomo-e Gozen 高頻度突発天体サーベイ」
36. Z413a : 浜崎 凌, 冨永 望 (甲南大学), 田中 雅臣 (東北大学), 諸隈 智貴, 大澤 亮, 酒向 重行 (東京大学), Tomo-eGozen Science Working Group メンバー,
「Tomo-e Gozen サーベイにおける画像認識を用いた突発天体検出」
37. Z414a : 紅山 仁, 酒向 重行, 大澤 亮, 諸隈 智貴, 小林 尚人 (東京大学), 奥村 真一郎, 浦川 聖太郎 (日本スペースガード協会), 吉川 真, 柳沢 俊史 (宇宙航空研究開発機構), 佐藤 英貴 (東京警察病院), Tomo-e Gozen ScienceWorking Group メンバー,
「木曾広視野高速カメラ Tomo-e Gozen による微小地球接近小惑星の探索」
38. Z415a : 福井 暁彦, 河原 創 (東京大学), 鈴木 大介 (JAXA), 越本 直季 (東京大学/NASA), 大澤 亮, 酒向 重行 (東京大学), Tomo-e Gozen Science Working Group, MuSCAT チーム,
「Tomo-e Gozen サーベイを使った近傍重力マイクロレンズ探索」

39. Z416a : 大澤 亮 (東京大学), 森田 晃平, 阿部 新助 (日本大学), Daniel Kastinen, Johan Kero (Swedish Institute of Space Physics), 藤原 康德 (総合研究大学院大学), 中村 卓司, 西村 耕司 (国立極地研究所), 酒向 重行 (東京大学), 渡部 潤一 (国立天文台), Tomo-e Gozen Science Working Group メンバー,
「MU レーダと Tomo-e Gozen による微光流星同時観測」

2.7.3 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 幕張メッセ (2019/05/26–30)

1. PCG23-03 : Kamizuka, T., Miyata, T., Sako, S., Ohsawa, R., Uchiyama, M. S., Mori, T., Yoshida, Y.,
「Engineering first light of a new mid-infrared instrument MIMIZUKU」
2. PPS03-P15 : Ohsawa, R., Hirota, A., Abe, S., Kastinen, D., Johan, K., Fujiwara, Y., Nakamura, T.,
Sako, S., Kojima, Y., Watanabe, J.,
「Radar and optical simultaneous observations of faint meteors with MU radar and Tomo-e Gozen」

2.7.4 日本惑星科学会 2019 年秋季講演会, 京都産業大学 (2019/10/07–09)

1. O19 : 大澤亮, 弘田旭, 森田晃平, 阿部新助, Daniel Kastinen, Johan Kero, 藤原康德, 中村卓司, 西村耕司, 酒向重行, 渡部潤一,
「京都大学 MU レーダと東京大学木曾観測所 Tomo-e Gozen による微光流星同時観測」
2. P18 : 築山 大輝 (大阪府立大), 田中 培生, 高橋 英則 (東京大学), 高橋 幸弘, 佐藤 光輝, 高木 聖子, 大野 辰遼 (北海道大学), 今井 正堯 (産業総合技術研究所), 奥村 真一郎 (日本スペースガード協会), Yeon Joo Lee (Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics), 前澤 裕之 (大阪府立大学),
「近赤外エシエル分光器/PIRKA 望遠鏡による金星大気微量分子の観測」

2.7.5 国際研究会

1. Uno S., Takekoshi, T., Chin, K. W., Kohno, K., Oshima, T., Yoshioka, K. :
“Development of mm/submm Frequency Selective Filters made with FPC Fabrication Technology”,
2019/04/15–17, “30th International Symposium on Space Terahertz Technology”, Gothenburg, Sweden
2. Wang, T.: “A submillimeter perspective on galaxy and cluster formation in the early Universe”,
2019/05/20– 23, “EAO Sub-mm Futures’ ”, Nanjing, China
3. Hatsukade B., et al. : “ALMA twenty-six arcmin² survey of GOODS-S at one millimeter (ASAGAO)”,
2019/06/03–07, “IAU Symposium 352: Uncovering early galaxy evolution in the ALMA and JWST era, Viana do Castelo, Portugal
4. Nishimura, Y., Watanabe, Y., Harada, N., Yoshimura, Y., Kohno, K., Yamamoto, S. :
“Molecular observations toward Galactic and extragalactic sources: Molecular-cloud-scale multi-line mapping toward the Galactic molecular cloud W3(OH) in the 3 mm and 0.8 mm band”,
2019/06/03–07, “Linking the Milky Way and Nearby Galaxies”, University of Helsinki, Finland
5. Yoshimura, Y. : “Molecular-cloud-scale (~10 pc) spectral line mapping observations toward Galactic molecular clouds”,
2019/06/03–07, “Linking the Milky Way and Nearby Galaxies”, University of Helsinki, Finland

6. Wang, T. : “Environmental effects on massive galaxy formation in a distant X-ray cluster at $z = 2.51$ ”, 2019/06/05–07, “Galaxy evolution workshop’’, Tokyo, Japan
7. Ohsawa, R., Hirota, A., Morita, K., Abe, S., Kastinen, D., Kero, J., Fujiwara, Y., Nakamura, T., Nishimura, K., Sako, S., Kojima, Y., Watanabe, J. :
“Radar and optical simultaneous observations of faint meteors with MU radar and Tomo-e Gozen”, 2019/06/17–21, “Meteoroids 2019” Bratislava, Slovakia
8. Nishimura, Y., Watanabe, Y., Harada, N., Yoshimura, Y., Kohno, K., Yamamoto, S. :
“Molecular-Cloud-Scale Multi-Line Imaging Toward the Galactic Molecular Cloud W3(OH) in the 3 mm and 0.8 mm Bands”, 2019/07/01–05, “Behind the Curtain of Dust III – The Multi-Wavelength View of the Dust Enshrouded Evolution of Galaxies” (invited), Primary School of Sesto – Sesto, Italy
9. Yoshimura, Y. : “Diffuse Molecular Gas Near and Far: Recent Results from ALMA PI/Archive Data”, 2019/07/01–05, “Behind the Curtain of Dust III – The Multi-Wavelength View of the Dust Enshrouded Evolution of Galaxies”, Primary School of Sesto – Sesto, Italy
10. Kohno, K. : “Obscured star-formation and growing SMBHs in galaxies near and far” (invited), 2019/8/12–16, “From AGN to Starburst: A Multi-wavelength Synergy”, Guiyang, China
11. Wang, T. : “AGN-Starburst Connection From the Deepest Herschel, ALMA and Chandra Surveys”, 2019/8/12–16, “From AGN to Starburst: A Multi-wavelength Synergy”, Guiyang, China
12. Hatsukade B., et al. : “ALMA twenty-six arcmin² survey of GOODS-S at one millimeter (ASAGAO)”, 2019/09/02–06, “Views on the Interstellar Medium in galaxies in the ALMA era”, Bologna, Italy
13. Wang, T. : “A dominant population of optically-invisible massive galaxies in the early universe”, 2019/09/02–06, “Views on the Interstellar Medium in galaxies in the ALMA era”, Bologna, Italy
14. Hatsukade B. : “Constraining the nature of superluminous supernovae and their host galaxies”, 2019/09/17–20, “Next generation VLA workshop”, Mitaka, Tokyo, Japan
15. Egusa, F. : “Study on (Nearby) Spiral Galaxies with ngVLA”, 2019/09/17–20, “Next generation VLA workshop”, Mitaka, Tokyo, Japan
16. Yoshimura, Y. : “Studies of molecular absorption near and far using ALMA PI/archive data: some prospects for ngVLA”, 2019/09/17–20, “Next generation VLA workshop”, Mitaka, Tokyo, Japan
17. Wang, T. : “New insights into the formation of massive galaxies and clusters in the early Universe: Prospects for ngVLA”, 2019/09/17–20, “Next generation VLA workshop”, Mitaka, Tokyo, Japan
18. Minezaki, T. : “Dust Reverberation of AGNs and Its Applications”, 2019/09/19–24, “Mapping Central Regions of Active Galactic Nuclei” (invited), Guilin, China
19. Morokuma T. : “Optical Time Domain and Multi-Messenger Astronomy”, 2019/09/23–27, “12th East Asian VLBI Workshop” (invited), Ibaraki University, Japan
20. Morokuma T. : “J-GEM Observations for Gravitational Wave Sources”, 2019/10/14–17, “Gravitational Wave Physics and Astronomy Workshop (GWPAW) 2019” (invited), The Research Center for the Early Universe (RESCEU) The University of Tokyo, Japan

21. Doi M. : “ A wide-field CMOS Camera “Tomo-e Gozen” and IR optimized telescope “TAO””, 2019/10/14–18, “ Time-domain astronomy workshop 2019”, Tohoku University, Sendai, Japan
22. Kohno, K. : “ALMA Lensing Cluster Survey (ALCS): initial outcomes”, 2019/10/14–18, “ALMA 2019: Science Results and Cross-Facility Synergies”, Cagliari, Italy
23. Wang, T. : “ALMA unveils massive galaxies at $z > 3$ that are hidden from Hubble”, 2019/10/14–18, “ALMA 2019: Science Results and Cross-Facility Synergies”, Cagliari, Italy
24. Egusa, F., Gao, Y. : “Spatially-resolved CO(2–1)/CO(1–0) Ratio in NGC 1365”, 2019/10/14–18, “ALMA 2019 Conference”, Cagliari, Italy
25. Gao, Y.L., Egusa, F.: “The nuclear star-forming regions in NGC1365 with ALMA and VLT/MUSE observations”, 2019/10/14–18, “ALMA 2019 Conference”, Cagliari, Italy
26. Wang, T. : “On the formation of the first massive galaxies and clusters”, 2019/10/21 – 25, “First Galaxies, First Structures” (invited), Paris, France
27. Hatsukade B., et al. :
“ALMA Observations of Molecular Gas in the Host Galaxies of Long-duration GRBs”, 2019/10/28–11/01, “Gamma-ray Bursts in the Gravitational Wave Era 2019”, Yokohama, Japan
28. Motohara K., : “ULTIMATE-WFI : Wide Field Imager with 200 square arcmin FoV”, 2019/11/17–22, “Subaru Telescope 20th Anniversary”, Waikoloa Beach Marriott Resort & Spa, Hawaii, USA
29. Motohara K., : “Performance of New NIR Imager/MOS Spectrograph SWIMS on the Subaru Telescope”, 2019/11/17–22, “Subaru Telescope 20th Anniversary”, Waikoloa Beach Marriott Resort & Spa, Hawaii, USA
30. Morokuma K., : “Multi-phase ISM properties of a nearby radio galaxy NGC1316”, 2019/11/17–22, “Subaru Telescope 20th Anniversary”, Waikoloa Beach Marriott Resort & Spa, Hawaii, USA
31. Morokuma T., : “Subaru+Gemini follow-up for IceCube high-energy neutrinos”, 2019/11/17–22, “Subaru Telescope 20th Anniversary”, Waikoloa Beach Marriott Resort & Spa, Hawaii, USA
32. Terao Y., : “H α emitters at $z \sim 2.1 - 2.5$: selection from broad-band photometry” 2019/11/17–22, “Subaru Telescope 20th Anniversary Conference”, Waikoloa Beach Marriott Resort & Spa, Hawaii, USA
33. Lee, K. : “The radio-loud fraction and the mean radio-loudness of high- z low-luminosity HSC quasars”, 2019/11/17–22, “Subaru Telescope 20th Anniversary Conference”, Waikoloa Beach Marriott Resort & Spa, Hawaii, USA
34. Wang, T. : “Environmental effects on massive galaxy formation in most distant clusters”, 2019/11/17–22, “Subaru Telescope 20th Anniversary Conference”, Waikoloa Beach Marriott Resort & Spa, Hawaii, USA
35. Kohno, K. : “Science Advisory Committee Report”, 2019/12/18–19, “ALMA/45m/ASTE User’s Meeting 2019” (invited), NAOJ, Mitaka, Japan
36. Egusa, F.: “Mapping Molecular ISM in the Whole Disk of M83”, 2019/12/18–19, “ALMA/45m/ASTE User’s Meeting 2019”, NAOJ, Mitaka, Japan

37. Wang, T.: “Science highlights: Cosmology and high- z Universe”,
2019/12/18–19, “ALMA/45m/ASTE User’s Meeting 2019” (invited), NAOJ, Mitaka, Japan
38. Gao, Y.L., Egusa, F.: “The star formation and gas kinematics in the nuclear region of NGC1365”,
2019/12/18–19, “ALMA/45m/ASTE User’s Meeting 2019”, NAOJ, Mitaka, Japan
39. Lee, K. : “The radio-loud fraction of low-luminosity HSC quasars at $z \sim 6$ ”,
2020/01/20–22, “Active Galactic Nucleus Jets in the Event Horizon Telescope Era”, Sendai, Japan
40. Wang, T. : “Properties of the first massive galaxies and prospects for JWST”,
2020/01/20–24, “The growth of galaxies in the Early Universe VI” (invited), Sexten, Italy
41. Minezaki, T. : “New site for observing optical/infrared counterparts”, 2020/02/10–12, “The Third
Annual Area Symposium of Gravitational Wave Physics and Astronomy : Genesis”, Kobe, Japan
42. Kohno, K. : “ALMA deep surveys of dusty galaxies”,
2020/02/19–21, “East-Asian ALMA Science Workshop 2019” (invited), ASIAA, Taipei, Taiwan
43. Hatsukade B., et al. : “ALMA Observations of Molecular Gas in the Host Galaxies of Long-duration
GRBs”, 2020/02/19–21, “East-Asian ALMA Science Workshop 2019”, ASIAA, Taipei, Taiwan
44. Nishimura, Y. : “Multi-line spectroscopy to assess molecular cloud properties”,
2019/02/19–21, “East-Asian ALMA Science Workshop 2019” (invited), ASIAA, Taiwan
45. Yamashita, Y., Kohno, K., Egusa, F., Hatsukade, B. :
“Correlation test between Eddington ratio and gas fraction of AGN host galaxies”,
2020/02/19–21, “East-Asian ALMA Science Workshop 2019”, ASIAA, Taipei, Taiwan
46. Lee, K. : “The radio-loud fraction of low-luminosity HSC quasars at $z \sim 6$ ”,
2020/02/19–21, “East-Asian ALMA Science Workshop 2019”, ASIAA, Taipei, Taiwan
47. Nishimura, Y., Odagawa, T., Tosaki, T., Ishida, T., Kohno, K. :
“ALMA rest-frame 0.8 mm-band line survey \boxtimes in the Cloverleaf”, 2020/03/11– 12, “ALMA workshop
– The blind search for hidden galaxies in an abundant line of sight”, online

2.7.6 国内研究会

1. 河野 : 「Growing SMBHs in heavily obscured galaxies」 (招待講演),
2019/5/28–29, 超巨大ブラックホール研究推進連絡会・第6回ワークショップ, 京都大学
2. 河野 : 「synergies with wide-field radio/mm/submm surveys of galaxies」,
2019/07/01–02, 我が国の (近) 赤外線広視野観測サイエンスの戦略と展望・2020年代に我々はどう主導権を確保するか?, 国立天文台
3. 本原 : “Overview of SWIMS : A NIR Imager/MOS Spectrograph for TAO 6.5m Telescope”,
2019/07/01–02, 我が国の (近) 赤外線広視野観測サイエンスの戦略と展望・2020年代に我々はどう主導権を確保するか? 国立天文台
4. 寺尾 : 「広帯域フィルターを用いた $z=2.1 - 2.5$ の $H\alpha$ 輝線銀河の検出とその性質」
2019/07/01–02, 赤外線広視野サイエンスワークショップ, 国立天文台三鷹

5. 諸隈 智貴 : 「Northern Sky Transient Survey」,
2019/07/10-11, 2019 木曾シュミットシンポジウム, 長野県木曾郡木曾町 御料館
6. 諸隈 智貴 : 「IceCube ニュートリノ電磁波対応天体サーベイ観測」,
2019/07/10-11, 2019 木曾シュミットシンポジウム, 長野県木曾郡木曾町 御料館
7. 大澤 : 「長期モニタリング観測による星周ダスト形成の研究」,
2019/07/10-11, 2019 木曾シュミットシンポジウム, 長野県木曾郡木曾町 御料館
8. 西村 : 「分子輝線から銀河を理解するための“分子雲”の星間化学」,
2019/07/31, 2019 年度 第 49 回 天文・天体物理若手 夏の学校, ロワジュールホテル豊橋
9. 宇野 慎介, 河野, 竹腰, 陳 家偉 (東京大学), 大島 泰, 吉岡 佳輔 (国立天文台) :
「フレキシブルプリント基板製造技術を用いたミリ波サブミリ波帯周波数選択フィルターの開発」,
2019/08/05, 装置開発成果報告会, 国立天文台野辺山
10. 河野 : 「DESHIMA2.0 on ASTE: Science overview」,
2019/08/19, “Submillimeter Spectroscopy and large scale science with ASTE”, 国立天文台
11. Kamizuka, T, “Latest status of TAO/MIMIZUKU”,
2019/8/27, Mid-infrared Astronomy - Past 20 years & Future 20 years”, NAOJ, Mitaka, Tokyo
12. 河野 : 「Next generation large single dishes for submm-wave surveys: LST, AtLAST, and Chinese submm telescope」, 2019/09/04-06, 「野辺山サイエンスワークショップ」, 国立天文台野辺山
13. 本原 : 「東京大学アタカマ天文台 TAO6.5m 望遠鏡計画現」,
2019/9/24-26, 2019 年度光赤天連シンポジウム, 国立天文台三鷹
14. 櫛引 : 「近赤外線面分光ユニット SWIMS IFU の開発状況」,
2019/10/29-30, 面分光研究会 2019, 国立天文台三鷹
15. 上塚 : 「MIR における感度と技術的課題」,
2019/11/14, 地球型惑星の直接撮像装置ワークショップ, 岡山理科大学, 岡山
16. 大澤 : 「東京大学・木曾観測所の活動報告」,
2019/12/02-03, 第 10 回 光赤外天文学大学間連携ワークショップ, 岡山県倉敷市 芸文館
17. 河野 : 「Radio community: Current assessment and expectations for the future」 (招待講演),
2019/12/12-13, 国立天文台の成果と将来シンポジウム 2019」, 国立天文台
18. Nishimura, Y. : “Molecular-Cloud-Scale Chemical Composition: \square Observations of Nearby Galaxies and Galactic Clouds”, 2019/12/17, ALMA Grant Fellow Symposium 2019, NAOJ
19. 諸隈 智貴 : 「短時間スケール突発天体のサーベイ観測」,
2019/12/25-27, 第 32 回理論懇シンポジウム, 国立天文台・三鷹キャンパス
20. 河野 : 「ALMA and NRO 45-m follow-up observations of eROSITA-HSC-selected AGNs」,
2020/01/23-24, HSC-AGN Face-to-face Meeting, 京都大学
21. 李 建鋒 : 「JVLA follow-up observations of SHELLQs & WERGS」,
2020/01/23-24, HSC-AGN Face-to-face Meeting, 京都大学

22. 大澤：「京都大学 MU レーダと東京大学木曾観測所 Tomo-e Gozen による微光流星同時観測」, 2020/02/26-28, 第 36 回 Grain Formation Workshop, 新潟県五泉市佐取 望川閣
23. 上塚, 中田, 柳澤, 大澤, 板, 泉浦, 三戸, 小野里, 浅野, 植田, 宮田,
「近赤外線アーカイブデータで探る非変光 OH/IR 星のダスト形成活動」,
2020/02/28, 第 36 回 Grain Formation Workshop, 新潟県五泉市佐取 望川閣
24. 諸隈 智貴：「マルチメッセンジャー天文学とニュートリノ観測」
2020/03/18, 宇宙と素粒子の残された謎の解明に向けた, 次世代ニュートリノ観測・陽子崩壊実験 (ハイパーカミオカンデ)(物理学会中止に伴いオンラインで実施), オンライン (本来の予定は名古屋大学)
25. 吉村 勇紀：「ALMA データアーカイブの概要とアーカイブデータを用いたサイエンス」,
2020/03/30, データアーカイブワークショップ (第 2 回) (招待講演), オンライン

2.7.7 その他の講演 (談話会等)

1. 土居・TAO プロジェクト：「The University of Tokyo Atacama Observatory (TAO) project」,
2019/04/25-26, Chajnantor Working Group, ALMA サンチャゴベース, チリ
2. 土居・TAO プロジェクト：「The University of Tokyo Atacama Observatory (TAO) project」,
2019/04/30, Australian National University
3. 土居・TAO プロジェクト：「The University of Tokyo Atacama Observatory (TAO) project」,
2019/05/01, Swinburne Institute of Technology
4. 土居：「Tomo-e and TAO project」, 2019/07/29, California Institute of Technology
5. 土居：「Tomo-e and TAO project」, 2019/08/16, Cornell University
6. 土居：「Early phase observations of Type-Ia SNe and the Tomo-e Gozen Wide-Field Camera」,
2019/10/29, Stockholm University

2.7.8 研究会の主催

1. “Exploring the Infrared Universe: The Promise of SPICA”, SOC (L. Armus, M. Giard, S. Madden, M. Griffin, M. Matsuura, V. Charmandaris, D. Johnstone, S. Milam, C. Gruppioni, I. Kamp, P. Najarro, Y. Doi, H. Kaneda, T. Onaka, E. Egami, C. Kemper, L. Spinoglio, D. Elvaz, K. Kohno, F. van der Tak (chair), J. Tauber), 2019/05/20-23, Crete, Greece
2. “赤外線広視野サイエンスワークショップ”, 世話人 (秋山 正幸, 岡本 桜子, 児玉 忠恭, 小西 真広, 小山 佑世, 住 貴宏, 高橋 英則, 西山 正吾, 美濃和 陽典, 宮武 広直, 守屋 堯, 本原 顕太郎, 山田 亨),
2019/07/01-02, 国立天文台, 三鷹
3. “Submillimeter Spectroscopy and large scale science with ASTE”, 世話人: 浅山 信一郎, 伊王野 大介, 鎌崎 剛 (国立天文台), 河野 孝太郎 (東京大学), 2019/8/19, 国立天文台
4. “Mid Infrared Astronomy, Past 20 years and Future 20 years”, SOC (Miyata, T., Sako, S., Kamizuka, T., Ohsawa, R., Asano, K., Honda, M., Sakon, I., Fujiyoshi, T., Yamashita, T., Uchiyama, M., Kataza, H.), 2019/08/27-28, National Astronomical Observatory of Japan, Tokyo, Japan

5. 2019年度光学赤外線天文連絡会シンポジウム「2030年代を見据えて光赤天連のあり方を考える」, 世話人(植村, 柏川, 左近, 住, 長尾, 野上, 深川, 松田, 諸隈 智貴, 和田), 2018/09/24-26, 国立天文台・三鷹キャンパス・すばる棟大セミナー室
6. “ALMA 2019: Science Results and Cross-Facility Synergies”, SOC (C. Brogan, J. Carpenter, M. Fukagawa, D. Iono, C. Kemper, K. Kohno, S. Leurini, A. Moullet, G. Novak, E. Schinnerer, P. Serra, L. Testi, A. Wootten, M. Zwaan), 2019/10/14-18, Cagliari, Italy
7. “面分光研究会 2019” 世話人(尾崎 忍夫, 松田 有一, 但木 謙一, 本原 顕太郎, 松林 和也, 大塚 雅昭, 川口 俊宏, 梅畑 豪紀, 櫛引 洗佑), 2019/10/29-30, 国立天文台, 三鷹
8. 第10回光赤外線天文学大学間連携ワークショップ, 世話人(高木, 高橋, 宝田, 中岡, 永山, 野上, 村田, 森鼻, 諸隈 智貴, 山中, 関口), 2019/12/02-03, 倉敷芸文館
9. 「第36回 Grain Formation Workshop」, 世話人(下西, 上塚, 木村, 左近, 瀧川, 田中, 土山, 野沢, 本田, 三浦), 2020/02/26-28, 望川閣, 新潟
10. 2020年春季年会企画セッション「ALMA とすばるのシナジーによる銀河研究」, 世話人(伊王野, 泉, 但木, 田中, 河野, 児玉, 松田, 諸隈 佳菜), 2020/03/16-19, zoom 接続 (筑波大学)
11. データアーカイブワークショップ(第2回), 世話人(古澤, 諸隈 智貴, 表, 山村), 2020/03/30, zoom 接続

2.8 天文センター談話会

回	月日	講演者(所属)	題目
345	2019/04/01	J. Xavier Prochaska (UCO/Lick Observatory)	The Wolfe Disk: ALMA Discoveries of Distant, HI-selected Galaxies
346	2019/06/27	Yuu NIINO (IoA/U. Tokyo)	The origin of short and intense explosions in the universe
347	2019/07/02	Wako ISHIBASHI (University of Zurich)	How AGN radiative feedback may shape black hole-galaxy co-evolution
348	2019/07/04	Hidenobu YAJIMA (University of Tsukuba)	Cosmological simulations of galaxy formation at the epoch of reionization
349	2019/07/11	Fumihiko USUI (Kobe University)	近赤外線分光観測による小惑星の含水鉱物探査
350	2019/08/26	Glenn Orton (Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology)	The Exploration of Jupiter by the Juno Mission
351	2019/10/02	吉田健二 (芝浦工業大学)	Correlations between Optical/Infrared and Gamma-ray Variability in Bright Well-Monitored Blazars 2008-02017
352	2019/10/24	橋本哲也 (台湾国立清華大学)	Recent three discoveries from NTHU cosmology group
353	2019/10/28	Kevin Fogarty (Caltech)	Cooling and Condensation in Cool-Core Galaxy Clusters: the Case of MACS 1931.8-2635
354	2019/10/31	徳田一起 (大阪府立大学)	ALMA による大小マゼラン雲と M33 の巨大分子雲観測
355	2019/11/07	高倉理 (IPMU/U.Tokyo)	A measurement of the degree-scale CMB polarization with POLARBEAR

356	2019/11/14	Ewine F. van Dishoeck (Leiden Observatory, Leiden University)	Molecules from clouds to disks and planets
357	2019/12/05	鮫島寛明 (IoA/U.Tokyo)	Spectroscopic studies on quasars and stars
358	2019/12/12	坂野正明 (ワイズバベル)	「英語の『数』を考える —— 冠詞, 単数複数, 非可算」

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2019”は, 2019年10月25日(金), 26日(土)の2日間にわたって予定されていた。しかし, 台風21号の接近に伴う悪天候のため, 10月25日のプレ公開日全体が中止となった。本年は全体テーマは設定されず, 「すばる望遠鏡の20年」というテーマに沿った講演会が行われた。

プレ公開日の1日目10月25日(金)は本センターは16:00に開場, 16:15–17:00に小西が講師となり, “すばる望遠鏡20年の歩みと東大アタカマ天文台TAO”という題目でミニ講演会を実施する予定であったが, 上記のように中止となった。

2日目の10月26日(土)は10:00–17:00に下記の内容で開催した。

- 講演会: “大学とすばる望遠鏡の20年” (講師: 本原)
- 研究活動を紹介する展示
 - 東京大学アタカマ天文台計画 (TAO) の紹介
 - 電波天文学・ASTE 望遠鏡の紹介
 - 木曾観測所の紹介
 - 最新研究の紹介
- 院生会企画
 - クイズラリー (景品: クリアファイル)
 - 院生の日常・研究の様子を紹介するスライドショー
 - チャナントールサイトのジオラマ, TAO 望遠鏡模型
 - 記念撮影顔はめパネル
 - 画像 color combination 演習 (新企画)
 - 院生の足跡地図 (新企画)
 - アンドロメダファンタジー (国立天文台からの協力要請)
 - ミニ講演会
 - * “色とは何か—宇宙を見る目—” (講師: 中村 洋貴)
 - * “電波望遠鏡で宇宙を見通す” (講師: 宇野 慎介)
 - * “様々な「目」で見る宇宙” (講師: 橘 健吾)
 - * “宇宙人はいないのか?” (講師: 紅山 仁)

講演会については、昨年度に引き続き、情報システムチームのご協力により、YouTubeでの生中継を実施した。会場は例年通り満員となり、聴衆からの多くの質問も活発になされた。

TAOの展示では、TAO計画とチリ・アタカマ地方の紹介、汎用赤外線カメラを用いた赤外線天文学の実演、スマートフォンとVRゴーグルを用いてアタカマの星空を体験してもらうバーチャル視覚体験を実施した。

電波天文学の展示では、可視光・赤外線と異なる電波観測で得られた宇宙像や本センターで開発が進む観測装置をポスターで紹介した他、スライドショーも行った。

木曾観測所の展示では、例年実施している、観測所の紹介や観測所で行われている研究の紹介、105cmシュミット望遠鏡で撮影した天体カラー写真などの展示、写真乾板の原板、歴代観測装置のほぼ全て、さらに現在主力観測装置であるトモエゴゼンカメラのプロトタイプも展示された。昨年同様、展示スペースは会議室を使用したため、余裕のある閲覧スペースが確保でき、充実した内容であった。

院生会企画では、例年行なっているクイズラリーや院生ミニ講演会、チャナントールサイトのジオラマ展示(約2m四方のスペースにチャナントール山を再現、miniTAO、ASTE、ALMA望遠鏡の模型を設置)、顔を入れて記念撮影できる銀河等のパネル展示を用意した。画像color combination演習、院生の足跡地図の2つの新企画もいずれも好評であり、盛りだくさんの展示内容であった。

国立天文台の質問コーナーへは、宮田・江草が回答者として参加した。本センターへの来場者数は、1,072名を記録した。

2.9.2 東大オープンキャンパス

毎年本郷キャンパスで行われている理学部オープンキャンパスが、2019年8月7日(水)、8日(木)の2日間で開催された。本センターは例年どおり天文学教室と会場を共有(理学部中央棟1号館10階1042、1043号室)して展示・解説を行った(2日目)。本センターからは、以下の4テーマの展示を行った。

- 世界最高標高にある天文台～TAO計画～
- 電波で聞く銀河と星のうぶ声
- 新超広視野カメラ トモエゴゼンで見る爆発現象
- シュミット望遠鏡で空を“掃く”天文学体験合宿「銀河学校」

本センター独自のプロジェクトであるTAOブースでは、これまでのTAO開発の歴史、TAOサイトやチリ・アタカマでの活動の様子、最新のTAOの進捗状況などをポスターで紹介したほか、ハワイ観測所すばる望遠鏡にてファーストライト観測に成功したTAO第1期装置のSWIMSとMIMIZUKUの最新の成果を紹介した。

電波天文学ブースでは、電波天文学の基礎から、ALMA・ASTEを中心とした最先端の科学的成果や技術開発などの内容がポスターを中心に紹介された。

附属の木曾観測所からは、科学観測の成果ポスター「新超広視野カメラ トモエゴゼンで見る爆発現象」が展示された。また、例年木曾観測所で行われている高校生参加型企画「銀河学校」の活動報告があった。高校生の参加が多いオープンキャンパスでは、高校生にとって非常に興味深い内容のようであった。

オープンキャンパス全体の参加者は例年と同様高校生が中心で、理学部への来場者数は2日間合計で8,006人という報告があった。これは前年度とほぼ同じであり、若い世代を中心として研究への興味は相変わらず大きいものであることがうかがえた。

2.9.3 全国同時七夕講演会

全国同時七夕講演会は、ガリレオ・ガリレイが望遠鏡で天体観測を行ってから400周年を記念した2009年の「世界天文年」の一環として、日本天文学会の主導によりスタートした。これまでに引き続き2019年度も全

国で開催され、本センターは法政大学主催の下、2019年8月3日(土)に法政大学小金井キャンパスで行われた講演会を日本天文学会、国立天文台とともに共催した¹。今年度は「深宇宙への旅 ～アルマ望遠鏡で見てきた天の川の起源～」と題し、国立天文台 ALMA の伊王野大介氏による講演会が行われた。銀河の形成と進化を ALMA でどのように探ろうとしており、どの様なことがわかってきたのかが平易に説明され、好評であった。聴衆は子供から高齢者まで 100 名余りが集まる盛況で、講演後の質疑応答も活発に行われた。

2.9.4 普及講演

1. 江草：「渦巻銀河を作るには」, 2019/11/30, 科学技術館 (東京都千代田区)

2.9.5 プレスリリース

1. 王 涛, 吉村 勇紀, 河野ほか：「アルマ望遠鏡, 39 個の「見えない銀河」を捉える – 宇宙進化理論に謎を突きつける楕円銀河の祖先たち」2019年8月1日, 東京大学 <https://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/press/2019/6480/>
2. 竹腰 達哉, 陳 家偉, 石田 剛, 河野 孝太郎, 吉村 勇紀; 遠藤 光, 五十嵐 創, Alejandro Pascual Laguna, David J. Thoen, Ozan Yurduseven, Sjoerd Bosma, Nuria Llombart, Teun Klapwijk (TU Delft); 唐津 謙一, Robert Huiting, Vignesh Murugesan, Stephen Yates, Pieter J. de Visser, Juan Bueno, Jochem J. A. Baselmans (SRON); Paul P. van der Werf (Leiden University), 大島 泰, 塚越 崇, 石井 峻, 藤井 泰範, 大田原 一成, 前川 淳, 川邊 良平, 浅山 信一郎 (国立天文台), 鈴木 向陽, 上田 哲太郎, Tom T. J. C. Bakx, 谷口 暁星, 田村 陽一 (名古屋大学); 成瀬 雅人 (埼玉大学), 鈴木 惇也 (KEK), 藤田和之, 香内 晃 (北海道大学); 中坪 俊一 (宇宙科学研究所)：「日蘭共同開発の新型超伝導受信機 DESHIMA が開く, 電波天文学の新航路」2019年8月6日, ウェブリリース <https://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/press/2019/6486>
3. 竹腰 達哉; 藤田 真司 (名古屋大学); 西村 淳, 徳田 一起 (大阪府大); 谷口 琴美 (学習院大); 山岸 光義 (JAXA); 松尾 光洋, 南谷 哲宏 (国立天文台); 大橋 聡史 (理化学研究所)：「銀河系最大級のゆりかごはくちょう座で見つけた星のたまごたち」2019年11月9日, ウェブリリース <https://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/press/2019/6625>
4. 井上 開輝 (近畿大学), 松下 聡樹 (台湾中央研究院天文及天文物理研究所), 中西 康一郎 (国立天文台), 峰崎 岳夫 (東京大学)：「アルマ望遠鏡でブラックホールジェットと星間ガスの衝突を観測, 銀河の巨大ガス流出のメカニズム解明へ新たな一歩」2020年03月27日

2.9.6 雑誌等取材記事

1. 王 涛, 河野：「遠い宇宙 銀河 39 個発見 東大など アルマ望遠鏡で」, 読売新聞 19/8/8
2. 王 涛, 河野：「110 億年前の銀河 39 個 東大チームが発見」, 毎日新聞 19/8/8
3. 王 涛, 河野：「見えない銀河見えた 東大など 宇宙に大量に存在か」, 西日本新聞 19/8/8
4. 王 涛, 河野：「太古の見えない銀河捉えた 東大など 39 個発見」, 産経新聞 19/8/25
5. 王 涛, 河野：「110 億年以上前の巨大銀河 東大など アルマ望遠鏡で多数発見」, 長野日報 19/8/25
6. 王 涛, 河野：ほか 北海道新聞, 高知新聞, 陸奥新報, 徳島新聞, 夕刊デイリー, 宮古毎日新聞, 山陰中央新報, 日経産業新聞, 北日本新聞, 信濃毎日新聞, 釧路新聞, 熊本日日新聞に掲載

¹http://www.asj.or.jp/tanabata/2019/list.pl?lid=7253964455_13Lezwj9JPh2_15kzXax7qZ6lY&mode=detail&pid=P13

2.10 その他の活動

2.10.1 講義等 (学部)

土居, 河野, 宮田, 田中, 小林, 本原, 峰崎, 田辺, 酒向, 諸隈, 廿日出, 江草	1,2年	全学自由研究ゼミナール (S セメスター)
土居・宮田 江草	天文学科3年 天文学科3年	天体観測学 (S セメスター) 天体物理学演習 II (S セメスター)
土居, 河野, 宮田, 田中, 小林, 本原, 峰崎, 酒向, 諸隈, 廿日出, 江草	天文学科3年	基礎天文学観測 I・II (S A セメスター)
田中	天文学科3年	天体輻射論 I (A セメスター)
廿日出	天文学科3年	天文学ゼミナール (A セメスター)
河野, 本原	天文学科4年	星間物理学 II (S セメスター)
相川, 田中	天文学科4年	星間物理学 I (S セメスター)

2.10.2 講義等 (大学院)

田中	大学院	恒星物理学特論 IV (A セメスター)
----	-----	----------------------

2.10.3 講義等 (他大学)

河野, 谷口, 山岡, 須藤	放送大学	学部	「宇宙の誕生と進化 (2019-2022)」
----------------	------	----	------------------------

2.10.4 各種委員

土居	日本天文学会	副会長
土居	日本天文学会	代議員
土居	日本学術振興会	学術システム研究センター専門委員
土居	国立天文台	運営会議副議長
土居	国立天文台	すばる小委員会委員
土居	広島大学	宇宙科学センター客員教授
土居	東京大学	グローバルキャンパス推進本部運営委員会委員
土居	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
土居	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
河野	日本天文学会	代議員
河野	日本天文学会	選挙管理委員会 委員長
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	ハラスメント予防担当者連絡会議 理学系研究科代表
河野	国立天文台	東アジア ALMA 科学諮問委員会 (EASAC) chair
河野	国立天文台	ALMA 推進小委員会/日本 ALMA 科学諮問委員会 (JSAC) 委員長
河野	国立天文台	周波数保護小委員会 委員
河野	国立天文台	国立天文台談話会委員会 委員
河野	天文学振興財団	選考委員会 委員
河野	ALMA	ALMA Science Advisory Committee (ASAC), vice-chair
河野	ALMA	ALMA proposal review panel (ARP), ARP1E chair
河野	NRAO	ngVLA Science Advisory Council, member
河野	ESA	SPICA Science Study Team (SST), member

宮田	宇宙科学研究所	SPICA 観測系アドバイザーボード委員
田中	理学部	広報委員
本原	SPIE Conference	Astronomical Telescopes + Instrumentation / Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy VI Conference Chair
本原	国立天文台	すばる望遠鏡プログラム小委員会
本原	JAXA/ISAS	SPICA 国内研究推進委員会委員
本原	東京大学	理学系研究科技術委員会委員
本原	東京大学	国際卓越大学院WG
本原	日本天文学会	ネットワーク委員会委員
本原	国立天文台	すばる科学委員会委員
峰崎	国立天文台	せいめい小委員会委員
諸隈 智貴	大学間連携	「大学間連携による光・赤外線天文学研究教育拠点のネットワーク構築」事業 観測企画運営委員
諸隈 智貴	光学赤外線天文連絡会	運営委員
諸隈 智貴	日本天文学会	天文月報 編集委員
諸隈 智貴	日本天文学会	年会実行委員
諸隈 智貴	国立天文台	特別公開運営委員
廿日出	ALMA	ALMA Proposal Review Panel 委員
廿日出	日本天文学会	年会実行委員
江草	ALMA	ALMA Proposal Review Panel 委員
江草	日本天文学会	天文月報 編集委員
江草	JAXA 宇宙科学研究所	SPICA 国内研究推進委員会 委員
諸隈 佳菜	ALMA	ALMA Proposal Review Panel 委員

2.10.5 科研費等

土居	科研費新学術領域研究 (課題番号 18H04342), (2018-2019) 第2年度, 1,300 千円
(代表者)	課題名: HSC による Ia 型超新星の早期観測による親星の研究
土居	科研費基盤研究 (S) (課題番号 16H06341), (2016-2020) 第4年度, ??,000 千円
(分担者)	課題名: 高速掃天観測による連星中性子星合体現象の研究
土居	科研費基盤研究 (S) (課題番号 18H05223), (2018-2022) 第2年度, 47,700 千円
(代表者)	課題名: 爆発直後からの観測による Ia 型超新星の起源解明
河野	科研費基盤研究 (S) (課題番号 17H06130), (2017-2022) 第3年度, 8,700 千円
(代表者)	課題名: ミリ波サブミリ波帯輝線銀河の無バイアス探査に基づく隠された宇宙星形成史の研究
河野	国立天文台共同科学研究事業 (課題番号 2017-06B), (2017-2022), 2,000 千円
(代表者)	課題名: ダストに隠された銀河の活動性とその進化の研究
河野	国立天文台共同開発研究費, (2019-2020), 1,940 千円
(代表者)	課題名: フレキシブル基板技術を用いたサブミリ波光学フィルターの開発
宮田	科研費新学術領域研究 (18H05440) 第2年度, 38,600 千円
(分担者)	課題名: 巨大分子雲における星団形成機構の観測的解明
本原	科研費基盤研究 (A) (課題番号 15H02062), (2015-2019) 第5年度, 4,900 千円
(代表者)	課題名: 広波長帯域赤外線分光装置による銀河進化の観測的研究
峰崎	科研費基盤研究 (A) (課題番号 16H02162), (2016-2019) 第4年度, 300 千円
(分担者)	課題名: 新技術次世代分光器の開発および AGN 距離梯子構築
峰崎	科研費新学術領域 公募研究 (課題番号 18H04576), (2018-2019) 第2年度, 2,000 千円
(代表者)	課題名: 光赤外線対応天体観測のための新拠点の整備
諸隈 智貴	科研費新学術領域研究 (課題番号 18H04575), (2018-2019) 第2年度, 500 千円
(代表者)	課題名: Tomo-e Gozen カメラによる重力波可視対応天体超広視野即時探査観測
諸隈 智貴	科研費基盤研究 (A) (課題番号 16H02158), (2016-2019) 第4年度, 1,400 千円
(代表者)	課題名: 高頻度広視野観測でつなぐ大質量星最期の姿と超新星爆発
廿日出	文部科学省卓越研究員事業 (課題番号 16811531), (2016-2020), 第5年度, 24,000 千円

- (代表者) 課題名: 分子ガスおよび塵の高空間分解能観測によるガンマ線バースト発生環境の解明
 科研費基盤研究 (C) (課題番号 19K03925), (2019–2021), 第1年度, 2,080 千円
 廿日出 (代表者) 課題名: 超高光度超新星母銀河における隠された星形成活動および分子ガスの詳細研究
 廿日出 国立天文台大学支援経費, (2019), 900 千円
 (代表者) 課題名: ロング・ガンマ線バーストは特殊な環境で発生するのか?: 母銀河の分子ガス観測による
 ロング・ガンマ線バースト発生環境への制限
 江草 科研費若手研究 (課題番号 17K14259), (2017–2020) 第3年度, 700 千円
 (代表者) 課題名: 近傍渦巻銀河における腕構造の寿命
 高橋 科研費基盤研究 (B) (課題番号 18H01249), (2018–2021) 第2年度, 3,900 千円
 (代表者) 課題名: 3次元分光で探る星形成活動研究のための近赤外波長可変狭帯域フィルターの開発
 竹腰 科研費若手研究 (課題番号 19K14754), (2019–2020) 第1年度, 2,340 千円
 (代表者) 課題名: サブミリ波帯多色サーベイ観測による宇宙星形成史の解明
 上塚 科研費基盤研究 (C) (課題番号 15K05277), (2015–2020) 第5年度, 650 千円
 (分担者) 課題名: 近赤外分光観測による小惑星の水・含水鉱物の探査
 上塚 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部搭載機器基礎開発研究費, (2019–2020), 2,500 千円
 (代表者) 課題名: 長波長中間赤外線用サンドイッチ型メタルメッシュフィルターの開発
 上塚 国立天文台共同開発研究費, (2019–2020), 2,320 千円
 (代表者) 課題名: サンドイッチ型強化赤外線メタルメッシュフィルターの開発
 大澤 科研費若手研究 (課題番号 18K13599), (2018–2021) 第2年度, 1,100 千円
 (代表者) 課題名: 動画分光観測による惑星間空間ダスト組成サーベイ
 鮫島 科研費基盤研究 (C) (課題番号 19K03917), (2019–2021) 第1年度, 1,820 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 科研費国際共同研究強化 (B) (課題番号 19K03917), (2019–2022) 第1年度, 1,430 千円
 (分担者) 課題名: 近赤外線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
 西村 科研費若手研究 (課題番号 18K13577), (2018–2021) 第2年度, 800 千円
 (代表者) 課題名: 高赤方偏移クエーサーの分子化学組成研究
 諸隈 佳菜 科研費特別研究員奨励費 (課題番号 19J40004), (2019–2021) 第1年度, 1,100 千円
 (代表者) 課題名: ALMA ガス観測で探る銀河団環境下での実は多様な銀河星形成抑制機構
 諸隈 佳菜 科研費基盤研究 (B) (課題番号 19H01931), (2019–2021) 第1年度, 500 千円
 (分担者) 課題名: 銀河団形成領域の高分解能計算と広視野・高分解能観測で解き明かす銀河と銀河団の進化
 石田 剛 科研費特別研究員奨励費 (DC1) (課題番号 18J21092), (2018–2021) 第2年度, 900 千円
 (代表者) 課題名: 重力レンズ効果の高解像像復元と高赤方偏移爆発的星形成銀河の星形成機構に関する研
 究
 山下 祐依 科研費特別研究員奨励費 (DC1) (課題番号 19J22279), (2019–2021) 第1年度, 1,100 千円
 (代表者) 課題名: 超臨界降着活動銀河核の多相星間ガス観測から探る銀河とブラックホールの共進化

2.10.6 PI 共同利用時間

- 河野 ALMA, cycle 7
 Zooming into a Swift/BAT-selected buried AGN of NGC 7172 with a candidate dispersion-dominated thick gaseous disk
 ALMA, cycle 7
 A triple-image HST-dark but IRAC and ALMA-detected galaxy behind a lensing cluster
 ALMA, cycle 7 supplemental call
 An unbiased census of giant molecular clouds in the low-metal dwarf galaxy NGC 6822
 JCMT, EAO
 Characterizing gravitationally lensed HST-dark ALM-sources via SCUBA-2 450 μm imaging
 諸隈 智貴 Gemini-South 望遠鏡, 2019/8–2020/1
 Spectroscopic Characterization of Tidal Disruption Events and Host Galaxies (S19B-059)
 すばる, Gemini-North/South 望遠鏡, 2020/2–2020/7

	Optical Follow-Up Observations for IceCube High-Energy Neutrino Sources (S20A-065) せいめい望遠鏡, 2019/7–2019/12
	Spectroscopic Follow-up for Rapid Transients Discovered by Tomo-e Gozen High-Cadence Transient Survey (19B-N-CT04) せいめい望遠鏡, 2020/1–2020/6
	Spectroscopic Follow-up for Rapid Transients Discovered by Tomo-e Gozen High-Cadence Transient Survey (20A-N-CT08)
廿日出	ALMA, Cycle 7
	Physical Properties of the Closest Superluminous Supernova Host Galaxy
上塚	すばる望遠鏡, 2019/9/11
	“MIR follow-up of the cessation of dust production of IRAS19192+0922”
西村	ALMA, Cycle 7
	“Spectral line survey in the rest-frame 350 GHz band toward a lensed sub-mm galaxy at $z=2.3$ ”
諸隈 佳菜	ALMA, 2019/10–2020/09
	Deep CO ($J = 1 - 0$) mapping survey of 103 Eridanus supergroup galaxies with Morita array (2019.1.00722.S)
	ALMA, 2019/10–2020/09
	CO($J = 1 - 0$) mapping observation of NGC 1316 at a scale of 50 pc (2019.1.01845.S)
Yulong Gao	Hale (P200) telescope, 2020/01/24–25
	“Dissecting metal-poor galaxies with Integral Field Spectroscopy”

2.10.7 国外出張

1. 土居 :

2019/04/01–06, ESO(ガーヒンク/ドイツ) & IN2P3(パリ/フランス), Baade 博士他と超新星研究等うちあわせ・Barcons 台長に TAO 進捗報告& IN2P3 研究所で Pain 所長他と超新星研究等うちあわせ

2019/04/22–05/02, ALMA (サンチャゴ/チリ) & Australian National University (シドニー/オーストラリア) & スインバーン工科大学 (メルボルン/オーストラリア), チャナントールワーキンググループでの発表 & Lidman 所長と超新星研究うちあわせ & TAO・Tomo-e 紹介・Tucker 博士と研究うちあわせ, Glazebrook 教授他と共同研究うちあわせ

2019/06/06–16, チリ外務省・チリ大学 (チリ), イグレスシアス局長・エスカラチリ大天文専攻長・浅山チリ観測所長他へ TAO 進捗報告, ベラ教授・エレナ研究部長とフォーラムうちあわせ・ライヒ教授研究室訪問他

2019/07/26–31, UCバークレイ・Caltech・TMT オフィス・GMT オフィス (バークレイ/米国), Perlmutter 博士・Kulkarni 教授他と研究うちあわせ・次世代大型望遠鏡調査

2019/08/14–22, ロチェスター工科大学 (ロチェスター/米国)・シカゴ大学 (シカゴ/米国)・ジョンホプキンス大学 (ボルチモア/米国)・コーネル大学 (イサカ/米国), Richmond 教授・Kessler 教授・Szalay 教授・Herter 教授他と研究うちあわせ

2019/10/10–30 チリ外務省 (サンチャゴ/チリ)・NRAO (シャーロットビル/米国)・ESO (ガーヒンク/ドイツ)・ストックホルム大学 (ストックホルム/スウェーデン), イグレスシアス局長・ビーズレイ台長・Barcons 台長他と TAO についてのうちあわせ・ゲーバー教授他と超新星研究うちあわせ

2019/12/09–12 ローレンスバークレイ研究所 (バークレイ/米国), パールムッター博士・アルダリング博士らと TAO および超新星研究うちあわせ

2. 河野 :

2019/05/19–25, ALDEMAR KNOSSOS ROYAL (ギリシア), 国際会議「Exploring the Infrared Universe: The Promise of SPICA」出席

2019/06/04-08, 欧州宇宙技術研究センター (オランダ), [SPICA 衛星 Science Study Team] 会議出席
2019/06/15-23, Hotel Atlanta Marriott Marquis (アトランタ/米国), 「ALMA Proposal Review Meeting」
会議出席
2019/08/11-17, Kempinski Hotel Guiyang (貴州/中国), 国際会議「From AGN to Starburst: A Multi-
wavelength Synergy」講演
2019/10/01-05 欧州宇宙技術研究センター (オランダ), 「ESA SPICA Science Study Team meeting」出
席
2019/10/13-18, T-Hotel Conference Room (カリアリ/イタリア), 国際会議「ALMA2019: Science Results
and Cross-Facility Synergies」出席および「ALMA 科学諮問委員会」出席
2019/12/01-05, INAF-IAPS (イタリア), SPICA 系外銀河ワーキンググループ参加
2020/02/18-22, 中央研究院天文・天文物理研究所 (台北/台湾), 国際会議 (East-Asian ALMA Science
Workshop 2019) への参加, 発表

3. 宮田 :

2019/04/01-07, TAO サイト (サンペドロ・デ・アタカマ/チリ), 大型赤外線望遠鏡建設に向けた現地作
業スケジュール調整等
2019/06/06-09, アリゾナ大学スチュワート天文台 (ツーソン/米国), TAO 鏡に関する打合せ
2019/06/18-26, サンチアゴ市内, TAO サイト (サンチャゴ, サンペドロ・デ・アタカマ/チリ), 大型赤外
線望遠鏡建設に向けた現地作業スケジュール調整等
2019/08/03-10, アントファガスタ市内, TAO サイト他 (アントファガスタ, サンペドロ・デ・アタカマ/
チリ), 大型赤外線望遠鏡建設に向けた現地作業スケジュール調整等
2019/11/04-11, サンチアゴ市内, TAO サイト (サンチャゴ, サンペドロ・デ・アタカマ/チリ), 大型赤外
線望遠鏡建設に向けた現地作業スケジュール調整等
2019/12/08-16, サンチアゴ市内 (サンチャゴ/チリ), 大型赤外線望遠鏡建設に向けた現地作業スケジュー
ル調整等
2020/02/16-23, サンチアゴ市内, TAO サイト (サンチャゴ, サンペドロ・デ・アタカマ/チリ), 大型赤外
線望遠鏡建設に向けた現地作業スケジュール調整等

4. 小林 :

2019/10/05-11, ヨーロッパ南天天文台, WINERED の移送・設置・観測に関する打合せ

5. 本原 :

2019/05/11-20, サンチアゴ市内, TAO サイト (サンチャゴ, サンペドロ・デ・アタカマ/チリ), 大型赤外
線望遠鏡建設に向けた現地作業スケジュール調整等
2019/11/16-24, Waikoloa Beach Marriott & Spa (ワイコロア/米国), 研究会「SUBARU TELESCOPE
20TH ANNIVERSARY」参加, 発表
2019/12/09-12, ローレンスバークレイ研究所 (米国), TAO 観測装置打ち合わせ

6. 峰崎 :

2019/09/01-09, Aspen Center for Physics (アスペン/米国), サマースクール「Non-Standard Cosmology
Probes」参加
2019/09/18-22, Guilin Bravo Hotel (桂林/中国), 研究会「Mapping Central Regions of Active Galactic
Nuclei」講演
2019/10/22-26, アリゾナ大学 (ツーソン/米国), TAO 望遠鏡光学系製作打合せ
2019/01/14-17, アリゾナ大学 (ツーソン/米国), TAO 望遠鏡光学系製作打合せ

7. 酒向 :

2020/01/05-11, PLAZAELBOSQUE 他 (サンペドロ・デ・アタカマ/チリ), 大型赤外望遠鏡建設に向けた現地作業スケジュール調整等

8. 諸隈 :

2019/06/06-09, アリゾナ大学 (ツーソン/米国), TAO 鏡に関する打合せ

2019/11/16-24, Waikoloa Beach Marriott & Spa (ワイコロア/米国), 研究会「SUBARU TELESCOPE 20TH ANNIVERSARY」参加, 発表

2020/01/05-10, アリゾナ大学 (ツーソン/米国), TAO ソフトウェア試験

9. 廿日出 :

2019/06/01-07, Viana do Castelo (ポルトガル), 「IAU Symposium 352」参加, 発表

2019/06/16-21, Hotel Atlanta Marriott Marquis (アトランタ/米国), 「ALMA Proposal Review Meeting」会議出席

2019/09/02-07, Giorgio Prodi lecture hall (ボローニャ/イタリア), 国際会議「Views on the Interstellar Medium in galaxies in the ALMA era」参加, 発表

2019/11/18-25, メキシコ LMT サイト (メキシコ), B4R 観測装置搭載試験参加

2020/02/18-21, 中央研究院天文・天文物理研究所 (台北/台湾), 国際会議 (East-Asian ALMA Science Workshop 2019) への参加, 発表

10. 江草 :

2019/06/16-21, Hotel Atlanta Marriott Marquis (アトランタ/米国), 「ALMA Proposal Review Meeting」会議出席

2019/10/13-20, T-Hotel Conference Room (カリアリ/イタリア), 国際会議「ALMA2019: Science Results and Cross-Facility Synergies」出席

11. 小西 :

2019/05/02-05/11, 東京大学アタカマ天文台 (サンペドロ・デ・アタカマ/チリ), 大型赤外線望遠鏡建設に向けた現地作業スケジュール調整等

2019/06/03-06/08, 国立天文台ハワイ観測所 (ハワイ/米国), 近赤外線観測装置 SWIMS 輸送対応

2019/01/28-02/07, 東京大学アタカマ天文台 (サンペドロ・デ・アタカマ/チリ), TAO 山頂施設建設工事監督

2020/02/17-03/09, 国立天文台ハワイ観測所 (ハワイ/米国), 近赤外線観測装置 SWIMS 輸送対応

12. 高橋 :

2019/06/01-03, 信東機械工業 (大連/中国), TAO 蒸着チャンバー製作状況確認, 進捗打合せ

2019/11/11-26, アリゾナ大学 (ツーソン/米国) & TAO サイト (サンペドロ・デ・アタカマ/チリ), TAO 輸送 TAO に関する打合せ, 主鏡セル移動立会い & 山頂地盤調査

2019/11/27-29, 信東機械工業 (大連/中国), TAO 蒸着チャンバー製作状況確認及び進捗打合せ

2020/01/04-07, 信東機械工業 (大連/中国), TAO 蒸着チャンバー製造最終確認及び物品確認

2020/02/17-03/03, 国立天文台ハワイ観測所 (ハワイ/米国), 近赤外線観測装置 SWIMS 輸送対応

13. 竹腰 :

2019/07/17-28, デルフト工科大学 (デルフト/オランダ) & Piazza Lombardia (ミラノ/イタリア), DESHIMA 装置開発についての研究打合せ & 国際研究会「LTD-18」参加

2019/11/03-05, 中央研究院天文・天文物理研究所 (台北/台湾), カメラ開発についての研究打ち合わせ

2019/11/11-11/30, メキシコ LMT サイト (メキシコ), B4R 観測装置搭載試験参加

14. 上塚 :

2019/05/12-19, 国立天文台ハワイ観測所 (ハワイ/米国), 中間赤外線観測装置 MIMIZUKU の移送及び日本返送のための準備作業

2019/06/02-09, 国立天文台ハワイ観測所 (ハワイ/米国), 観測装置についての研究打合せ

2019/10/15-20, 国立天文台ハワイ観測所 (ハワイ/米国), 中間赤外線観測装置 MIMIZUKU の移送及び日本返送のための準備作業

15. 大澤 :

2019/06/16-23 Hotel Tatra in Bratislava (ブラティスラヴァ/スロバキア), 研究会「Meteoroids 2019」参加

16. 鮫島 :

2020/02/19-03/01, TAO サイト (サンペドロ・デ・アタカマ/チリ), 大型赤外望遠鏡建設に向けた現地作業

17. 浅野 :

2019/06/09-21, TAO サイト (サンペドロ・デ・アタカマ/チリ), 大型赤外線望遠鏡建設に向けた現地作業スケジュール調整等

2020/01/11-02/03, TAO サイト (サンペドロ・デ・アタカマ/チリ), 近赤外線分光装置開発試験に向けた現地調査

18. Wang Tao :

2019/05/20-06/25, 紫金山天文台, 上海天文台, 上海交通大学 (中国), 「Conference “EAO Sub-mm Futures” and “East Asia SKA Science” 参加

2019/08/06-20, Kempinski Hotel Guiyang, 南京大学 (中国), 研究打合せおよび国際会議「From AGN to Starburst: A Multi-wavelength Synergy」参加

2019/09/01-08, Giorgio Prodi lecture hall (ボローニャ/イタリア), 国際会議「Views on the Interstellar Medium in galaxies in the ALMA era」参加, 発表

2019/10/12-22, T-Hotel Conference Room (カリアリ/イタリア) & パリ天文台 (パリ/フランス), 国際会議「ALMA2019: Science Results and Cross-Facility Synergies」 & “First Galaxies, First Structure” 出席

2019/11/15-22, Waikoloa Beach Marriott & Spa (ワイコロア/米国), EAO headquarters & Waikoloa Beach Marriott (ワイコロア/米国), JCMT TAC meeting & 研究会「SUBARU TELESCOPE 20TH ANNIVERSARY」参加

2020/01/19-25, Sport & Kurhotel (Sexten/Italy), ワークショップ「The growth of galaxies in the Early Universe VI」参加

19. 西村 :

2019/06/02-09, University of Helsinki (ヘルシンキ/フィンランド), 国際会議「Linking the Milky Way and Nearby Galaxies」参加

2019/06/30-07/09, セスト (セスト/イタリア), 国際会議「Behind the Curtain of Dust III」参加

2020/02/18-22, 中央研究院天文・天文物理研究所 (台北/台湾), 国際会議 (East-Asian ALMA Science Workshop 2019) への参加

20. 諸隈 佳菜 :

2019/06/16-21, Hotel Atlanta Marriott Marquis (アトランタ/米国), 「ALMA Proposal Review Meeting」会議出席

2019/11/16–24, Waikoloa Beach Marriott & Spa (ワイコロア/米国), 研究会「SUBARU TELESCOPE 20TH ANNIVERSARY」参加, 発表

21. 吉井 :

2019/06/05–21, アリゾナ大学 (ツーソン/米国) & チリ外務省 (サンチャゴ/チリ), 大型望遠鏡光学系設備製作に関する情報収集他

2019/10/22–28, アリゾナ大学 (ツーソン/米国), TAO 望遠鏡光学系製作打合せ

2019/12/16–23, 日本大使館他 (サンチャゴ/チリ), TAO サイト道路利権, 山麓用地活用に関する情報収集他

22. 岩田 :

2020/01/05–17, PLAZAELBOSQUE 他 (サンペドロ・デ・アタカマ/チリ), 大型赤外望遠鏡建設に向けた現地作業スケジュール調整等

Yulong Gao:

2019/10/12–19, T-Hotel Conference Room (カリアリ/イタリア), 国際会議「ALMA2019: Science Results and Cross-Facility Synergies」出席および「ALMA 科学諮問委員会」出席

2019/01/22–28, Palomar Observatory (Los Angeles/USA), observation with Hale telescope

23. 寺尾 恭範 :

2019/11/16–24, Waikoloa Beach Marriott & Spa (ワイコロア/米国), 研究会「SUBARU TELESCOPE 20TH ANNIVERSARY」参加, 発表

2020/02/25–03/12, 国立天文台ハワイ観測所 (ハワイ/米国), SWIMS 検出器入れ替え作業

24. 森 智宏 :

2020/02/18–22, 中央研究院天文・天文物理研究所 (台北/台湾), 国際会議 (East-Asian ALMA Science Workshop 2019) への参加

25. 一木 真 :

2019/05/02–09, Carnegie Observatories (パサデナ/米国), 研究会 “Stellar/AGN photometric astronomy in the era of SDSS Phase V” への参加

26. 有馬 宣明 :

2019/05/02–09, Carnegie Observatories (パサデナ/米国), 研究会 “Stellar/AGN photometric astronomy in the era of SDSS Phase V” への参加

2019/08/04–11, Hansange Hotel, 研究会 “Progenitors of Type Ia Supernovae” への参加

27. 山下 祐依 :

2020/02/18–24, 中央研究院天文・天文物理研究所 (台北/台湾), 国際会議 (East-Asian ALMA Science Workshop 2019) への参加

28. 李 建鋒 :

2019/11/18–24, ハワイ/アメリカ, 研究会「SUBARU TELESCOPE 20TH ANNIVERSARY」参加

2020/02/18–24, 中央研究院天文・天文物理研究所 (台北/台湾), 国際会議 (East-Asian ALMA Science Workshop 2019) への参加

29. 吉村 勇紀 :

2019/06/01–09, ヘルシンキ大学 (Helsinki/Finland), 研究会「Linking the Milky Way and Nearby Galaxies」参加, 発表

2019/06/29–07/07, Sexten Primary School (Sesto/Italy), 研究会「Behind the Curtain of Dust III」参

加, 発表

2019/11/11-30, Puebla/Mexico, LMT50m 望遠鏡での B4R 受信機を使った観測

30. 宇野 慎介 :

2019/04/13-19, Lindholmen Conference Center (ヨーテボリ/スウェーデン), 国際会議 (30th International Symposium on Space Terahertz Technology) 参加, 発表

31. 橋 健吾 :

2019/06/02-09, 国立天文台ハワイ観測所 (ハワイ/米国), MIMIZUKU 輸送作業

32. 紅山 仁 :

2019/06/02-09, 国立天文台ハワイ観測所 (ハワイ/米国), MIMIZUKU 輸送作業

33. 橋口 :

2019/06/09-21, TAO サイト (サンペドロ・デ・アタカマ/チリ), 大型赤外望遠鏡建設に向けた現地作業
2019/10/27-11/07, TAO サイト (サンペドロ・デ・アタカマ/チリ), 大型赤外望遠鏡建設に向けた現地作業

2019/12/16-23, 日本大使館他 (サンチャゴ/チリ), TAO サイト道路利権, 山麓用地活用に関する情報収集他

34. 益原 :

2019/06/09-16, TAO サイト (サンペドロ・デ・アタカマ/チリ), 大型赤外望遠鏡建設に向けた現地作業

2.10.8 来訪研究者

1. Ried Guachalla Bernardita (チリ大学/チリ 学生): [土居], 「SEELA シンポジウム 2019 総括会」参加, 2019/10/08-2019/10/21
2. Palmaquilodran Gonzaloalejandro (チリ大学/チリ 助教): [土居], 「SEELA シンポジウム 2019 総括会」参加, 2019/10/11-2019/10/20
3. Chaveztapia Cristianfelipe (カトリカ大学/チリ 助教): [土居], 「SEELA シンポジウム 2019 総括会」参加, 2019/10/12-2019/10/20
4. Zukanovichfunchal Renata (サンパウロ大学/ブラジル 教授): [土居], 「SEELA シンポジウム 2019 総括会」参加, 2019/10/12-2019/10/19
5. 前田郁弥 (京都大学 大学院生): [江草], 研究打ち合わせ, 2020/03/23-25

第3部

天文学教育研究センター木曾観測所

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

表 3.1: 天文学教育研究センター木曾観測所

氏名	Internet e-mail
小林 尚人	naoto@ioa.s.u-tokyo.ac.jp
征矢野 隆夫	soyano@kiso.ioa.s.u-tokyo.ac.jp
樽沢 賢一	tarusawa@kiso.ioa.s.u-tokyo.ac.jp
高橋 英則	nori@ioa.s.u-tokyo.ac.jp
近藤 莊平	kondo@ioa.s.u-tokyo.ac.jp
酒向 重行	sako@ioa.s.u-tokyo.ac.jp
諸隈 智貴	tmorokuma@ioa.s.u-tokyo.ac.jp
大澤 亮	ohsawa@ioa.s.u-tokyo.ac.jp
青木 勉	aoki@kiso.ioa.s.u-tokyo.ac.jp
森 由貴	moriyuki@kiso.ioa.s.u-tokyo.ac.jp
中地 紀子	

- 木曾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 沿革

木曾観測所は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:

木曾観測所は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。木曾観測所は、全国の天文学研究者の観測研究にも供する。木曾観測所の共同利用に関する事項を審議するために、「木曾観測所共同利用相談会」が設けられている。

木曾観測所は1974年の設立以来、全国の関連研究者に門戸を開放して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、木曾観測所は東京大学理学部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も共同利用の運営方針は堅持され、全国の天文学者、大学生、そして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、木曾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てきた。また、日本の天文コミュニティにおける木曾観測所の位置付けも徐々に変化した。そして改組から約30年経った現在までの積分の結果、観測所の位置付けは大きく変えざるを得ないものとなったため、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)度からは新しい目的と形態による運営を開始した。

3.1.2 現状

以下に、現在の木曾観測所事業の3つの柱について、共同利用運営からの移行についても触れながらまとめる:

(1) 観測的天文学の拠点

木曾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を用いた固体撮像素子技術を導入し、2017年度までは、最新のCCD装置である8K×8Kの木曾広視野カメラ(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。対して次世代の装置として開発を進めてきた超広視野CMOSカメラ「Tomo-e Gozen」が2018年度に完成し、無事ファーストライトに成功した。そこで2019年度は、1年をかけてTomo-e Gozenの試験運用に取り組んだ。

木曾観測所では、2017年度までKWFCを用いた共同利用を続けてきたが、全国共同利用の役割はそのため創設された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、木曾観測所の共同利用機関としての役割を終了し、木曾という優れたサイトと広視野に強みを持ったシュミット望遠鏡を活かし、東大独自の研究ならびに装置開発のための専用機関とすることにした。ただし、全国の天文学者には望遠鏡と装置をオープンにし、「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、Tomo-e Gozenによるこの新しい形態を実施している。

木曾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「木曾シュミットシンポジウム」を開催してきたが、それは従来通りにシュミットを用いた天文学の交流の場として継続をする。今年度は、2019年7月9-10日の2日間にわたり、御料館(旧皇室林野局木曾支局庁舎)に於いて実施したが、Tomo-eGozenと関連した重力波やビッグデータの扱いに関する専門家など幅広い分野の参加者を得て、盛況に終わった。

(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。木曾観測所では毎年夏季に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3年生5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、データ解析を含む大学実習を、東京学芸大学、日本女子大学、文教大学、三重大学、大妻女子大学の5大学の学生34名が夏季に行った。

木曾観測所は、東大の天文教育施設としての価値はもとより、全国の大学の貴重な合宿型の天文教育施設としてもますます価値を増しており、共同利用終了とは関係なく、観測所の最も大切な役割の1つとして大学実習の受け入れ続けている。

(3) 地域連携ならびに社会還元

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。木曾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年からは、観測所をサポートする形で「木曾星の会」による教育普及活動も活発に行われるようになった。

このように観測所では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ってきたが、さまざまなイベント等を通じて十分そのパイオニアとしての役割は果たした。現在は新たなアウトリーチを開発することはせず、地元長野県の教育関係機関の依頼に応じて「地域連携」ならびに「社会還元」としてのアウトリーチの実施を積極的に進め、また銀河学校のような観測所を代表するイベントは「伝統行事」として継続していくこととした。大学事業の社会還元については年々その重要性がうたわれるようになってきているが、木曾観測所は開所以来さまざま形で全所員が社会還元の努力を続けてきた。そのために必要な地元町村との連携を、2018年度に県が立ち上げた「木曾星の里づくり推進協議会」を通して行うことで公式に整理し、効率的に進めている。

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。木曾観測所ではこの10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た。

3.1.3 技術系職員3名の定年退職

木曾観測所は創立から46年となるが、これだけの長期に亘って安定した望遠鏡運用が可能となったのは、望遠鏡や装置の維持に日々邁進する技術系職員の存在が大きいことは言うまでもない。創立時から観測所を支えてきた3名の技術系職員が2018年度末に1名（青木勉）、2019年度末に2名（征矢野隆夫、樽沢賢一）退職を迎えたが、シュミット望遠鏡という特殊な望遠鏡の維持を40年以上に亘り1日も怠りなく続け、また写真乾板に始まり、光電管、CCD、そして現在のCMOSと天文学における可視光検出技術の急激な進展に常に追随し、また乗り切って現在に至ることができたのは、この3名の貢献が最も大きいと言える。

2019年度に新たな2名の新職員が着任し、高橋（メカ担当；2019年度着任）、近藤（エレキ担当；2019年度着任）、森（ソフト担当）の3名が中心となる望遠鏡ならびに装置の維持運用を今年度スタートさせたが、1年に亘る旧3名の職員からの引き継ぎを無事に終え、年度末には安定したTomo-e Gozen運用が順調にできるようになった。

年度後半に発生した新型コロナウイルスの流行によりご3名の偉業を表に伝える行事等を十分実施できなかったのは非常に残念なことであるが、木曾観測所におけるご3名の多大な貢献をここに銘記しておく。

3.2 木曾観測所の活動

ここでは、木曾観測所事業の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、新たに主力装置となった Tomo-e Gozen の開発についてまとめ (§3.2.1)、早速開始された Tomo-e Gozen を用いた研究について紹介する (§3.2.2)。前主力装置 KWFC でも多くのデータが5年の間に取得されており、それをを用いたサイエンスは継続され、今後も論文化が続くと期待される (§3.2.3)。また前世紀の主力であった写真乾板で取得されたデータについても、世界的にもアーカイブ化が進んでおり、木曾観測所でもデジタル化を積極的にすすめている (§3.2.4)。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 (§3.2.5) 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。観測所とその所員による成果を論文および出版物 (§3.2.7)、天文電報等 (§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。今年度はとくに、長野県が主導した「木曾星の里づくり推進協議会」が発足し、具体的な活動が開始された。今後の地域貢献・社会還元において、大きなステップとなることを期待している。

3.2.1 木曾超広視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen の開発

木曾広視野動画カメラ Tomo-e Gozen の開発

Tomo-e Gozen は 2fps 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視野 ($\phi 9$ 度) を覆う。センサを常温常圧下で用いることで装置の軽量化と省スペース化を実現し、シュミット望遠鏡の主焦点への大型カメラの搭載を可能にしている。これにより、最大 2fps の超広視野高速観測を世界で初めて実現する。Tomo-e Gozen のカメラ部は同じ設計の 4 台のカメラユニット (Q1, Q2, Q3, Q4) からなる。2019 年 4 月には最後の Q4 ユニットが加わり、計 84 台のセンサを搭載したカメラが完成した。Tomo-e Gozen は観測データが膨大なため、取得 10 日後に全ての生データが消去されるが、その間に逐次解析することで価値ある情報のみが長期保存用ストレージに抽出される。これに必要な計算機システムと解析パイプラインの開発を進めた。また、遠隔自動観測の実現に向けた開発も進めた。結果、2019 年 9 月に Tomo-e Gozen の全システムが完成した (図 3.1 参照)。以下に今年度に行った Tomo-e Gozen の開発の詳細をまとめる。

- Tomo-e Gozen Q4 ユニットの組み上げと試験観測の実施

Tomo-e Gozen Q4 ユニットの組み上げと全ユニットの試験観測を実施した (酒向, 大澤, 高橋, 近藤, 森, 青木, 征矢野, 樽沢, 土居, 小林, 諸隈, 新納; Tomo-e Gozen 開発チーム)。CMOS センサを設置する高さ調整プレート (HAP) とカメラ筐体本体は 2019 年 3 月に国立天文台先端技術センターにて加工と形状測定が実施された。2019 年 4 月上旬に三鷹実験室にて、HAP に貼り付けたセンサとアナログエレクトロニクスを筐体内に組み込む作業を実施した。シュミット望遠鏡のラックに電源、読み出しデジタルエレクトロニクス、ケーブル等を追加した後、2019 年 4 月 23 日に Q4 ユニットの望遠鏡焦点に搭載して、Q1+Q2+Q3 ユニットと合わせて計 84 台のセンサでの観測に成功した。フォーカス試験の結果、全視野においてシーイングサイズの PSF ($3''$) を達成することを確認した。これにより Tomo-e Gozen カメラ部が完成した。

- Tomo-e Gozen の読み出しエレクトロニクスの改修

データ通信が不安定なボードを改修した (酒向, 近藤, 大澤, 高橋, 森, 青木, 征矢野, 樽沢, 土居, 小林, 諸隈, 新納; Tomo-e Gozen 開発チーム)。特定のセンサの読み出し系列でデータの転送エラーが時々発生

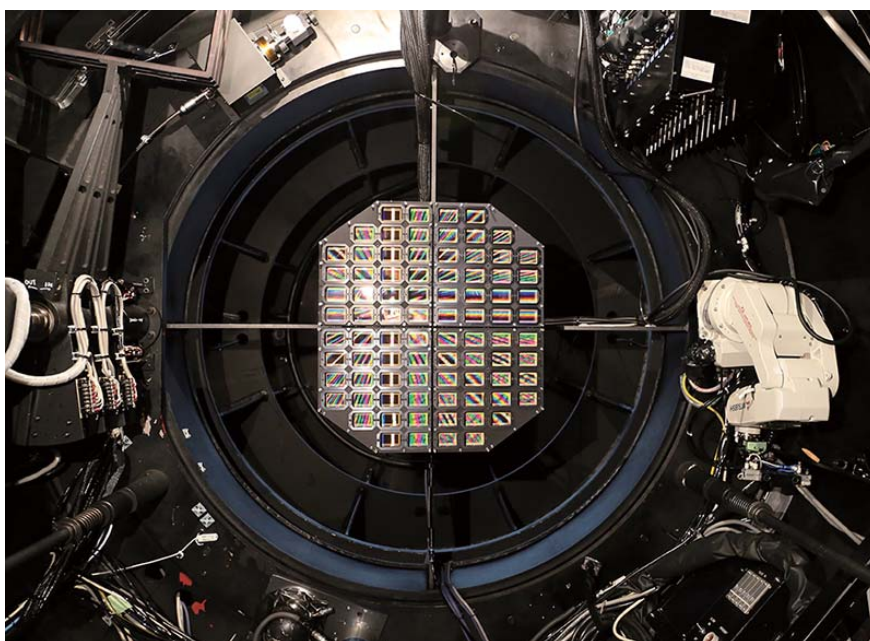


図 3.1: シュミット望遠鏡の焦点部に搭載した Tomo-e Gozen カメラ

し、画素配列がずれる問題が明らかとなった。調査の結果、カメラ部と望遠鏡ラック部をつなぐ LVDS 通信に原因があることが判明した。LVDS 用 SER, DES チップは、焦点面ユニットの ADC ボードと DRV ボード、望遠鏡ラックの IF_ADC ボードと IF_DRV ボードに搭載されている。不具合が判明したボードの SER, DES チップとコネクタパーツを交換したところ症状が改善した。特に Q3 ユニットでは大部分の ADC ボードにて転送エラーが発生したため、全 ADC ボードの部品交換を 1 年かけて順次実施した。また、IF_ADC ボードおよび IF_DRV ボードと制御計算機との USB 通信が時々失敗し、カメラの電源投入処理が不完全になる問題も明らかとなった。現在は USB 通信を複数回リトライすることで電源の投入処理の安定性を確保しているが、今後、USB 通信部の回路の修正が必要である。

- Tomo-e Gozen の周辺装置の開発

Tomo-e Gozen の遠隔自動観測に必要な周辺装置の開発を実施した（高橋、近藤、森、青木、征矢野、樽沢、酒向、大澤、土居、小林、諸隈、新納；Tomo-e Gozen 開発チーム）。本館屋上に設置されている可視全天カメラシステムが経年劣化により電源や駆動部に不具合が発生するようになった。制御計算機の CPU ファンの交換、計算機や通信系のハングアップ時の検出と自動報告、PDU 機器を介して自動復帰、などの対策を講じながら運用を継続した。並行して代替機となる可視全天カメラシステムの開発も進めた。カメラの駆動パラメータや露光時間の最適値の調査を実施した後、試験運用を開始した。来年度に現可視全天カメラを退役させ、新可視全天カメラに移行する予定である。Tomo-e Gozen の観測に用いるフラット板投光器の木製筐体が経年劣化してきたため、金属製筐体への改修を進めた。本館屋上の気象ステーションの電源機器の交換や、本館玄関の装置・観測ステータス可視化ディスプレイの修理など、Tomo-e Gozen システムの安定運用に向けた維持整備を進めた。KWFC の退役に伴い、ドーム内の観測床側室に KWFC に関する備品を集めて整理、保管した。

- Tomo-e Gozen の計算機システムの開発

Tomo-e Gozen の計算機システムの開発を進めた（大澤、森、小西、諸隈、新納、酒向、高橋、近藤、青木、征矢野、樽沢、土居、小林；Tomo-e Gozen 開発チーム）。本館の計算機室内には、Tomo-e Gozen のアーカイブ用計算機、超新星サーベイチーム用計算機、HeSO チーム用計算機、NEO チーム用計算機、SMOKA 用計算機など多くのサーバ機器が稼働している。これらに安定した電力を供給するために、本館計算機室の

配電盤, 電力線, UPS の強化と整理を実施した. KWFC の運用に使用したコンソール計算機 encke を退役させた. また, KWFC の科学計画 (KISS, KISOGP) で使用されたデータ解析用計算機を東京大学の三鷹および本郷キャンパスに移設した. Tomo-e Gozen のデータを国立天文台 SMOKA システムへ転送する方法や保存形式に関して SMOKA チームと検討を重ねた.

- Tomo-e Gozen の遠隔自動観測ソフトウェアの開発

Tomo-e Gozen の遠隔自動観測に関するソフトウェアの開発を行った (大澤, 森, 小西, 諸隈, 新納, 酒向, 高橋, 近藤, 青木, 征矢野, 樽沢, 土居, 小林; Tomo-e Gozen 開発チーム). 気象条件および天体の観測条件を考慮して, 事前に登録した観測レシピの中から最適な物を選択し, キューシステムを経由して観測を自動的に実行する観測プランナソフトウェアを開発した. Tomo-e Gozen の自動観測に必要な多数のプロセスの起動状況を可視化するウェブブラウザベースのソフトウェア (supervisor) を開発した. Tomo-e Gozen に関する情報を一括管理するための DB の設計を京都虹光房社と実施した. Tomo-e Gozen の観測の進行状況を可視化するためのウェブブラウザベースのソフトウェア skymap(teru 上で動作) の機能更新を行った. 望遠鏡と気象に関する情報を一括管理するための DB を, 計算機 orihime(KWFC 用 DB サーバ) から計算機 teru へ移設した. 気象状況の監視と観測可否の判定を行うソフトウェア wmon(teru 上で動作) の開発を進めた. 気象測定装置との通信エラー, ネットワーク不通, 無効データの発生等に伴う誤動作の修正を実施した. また, 見学者用のドーム内電灯の自動 ON, OFF 機能を実装した. シュミット望遠鏡の状況を可視化するウェブブラウザベースのソフトウェア tel_status(teru 上で動作) の開発を進めた. 望遠鏡情報に加え, Tomo-e Gozen カメラの情報, 主な気象情報, 観測情報, 主なプロセスの稼働状況などを表示する機能を追加した. 望遠鏡制御 PC を外部ネットワークから遮断しローカル動作モードに移行したことを認識するために, ドーム観測室内にダミー PC(daigamine) を設置した. シュミット望遠鏡を遠隔から GUI で操作するためのウェブブラウザベースのソフトウェア tel_control(teru 上で動作) の開発を進めた. 見学者用の望遠鏡動作デモ機能の追加, 望遠鏡を HA, Dec 指定で指向させる機能の追加などを実施した.

- 高速ネットワークの整備と Tomo-e Gozen データ公開用サーバの構築

Tomo-e Gozen が生成する大量のデータを木曾観測所の外部と共有するための高速ネットワークと公開用データサーバの構築を進めた (酒向, 森, 大澤, 小西, 高橋, 近藤, 青木, 征矢野, 樽沢, 諸隈, 新納, 土居, 小林, 玉造, 本城, 下見, 下川辺, Tomo-e Gozen 開発チーム). 木曾広域連合 (代表:原久仁木曾町町長) と協議をした結果, 木曾広域連合木曾広域情報センターが運用する郡内の光ファイバネットワークの一部 (ダークファイバ) を, 地域科学枠として木曾観測所に割り当てていただけることになった. 木曾広域情報センター (木曾町福島伊谷) から三岳支所を経由して木曾観測所入り口 (県道 473 号沿い) までは光ファイバが敷設済みであるため, そこから木曾観測所本館までの約 500m を延長する工事を実施した. 工事は 2019 年 6 月 21 日に完了し, 木曾広域情報センターと本館計算機室の間に専用線による 10Gbps 接続が確立された. 木曾広域情報センターより上流は共用線を利用する. 現状, 利用度に空きがある上り側に関して, 広い帯域が木曾観測所に割り当てられた (上り上限 6Gbps, 下り上限 30Mbps). 木曾観測所には, 木曾広域情報センターより連番の 8 個の IP アドレスが配分された. 2019 年 7 月に木曾観測所と本郷キャンパス理学部 1 号館の間でデータ転送速度の試験を実施した. 結果, 上りで約 4Gbps の安定した速度を実現することを確認した. 下りは 30Mbps だった. 上りで時々パケットロスが発生しており, 現在調査中である. 2019 年 9 月からは定常的に本高速ネットワークを利用できるようになった (回線利用契約開始). 木曾観測所から東京大学情報基盤センター (本郷) の Oakbridge-CX スーパーコンピュータシステムへのデータ転送の速度試験を実施した. 結果, 理学部 1 号館と同じく約 4Gbps が達成していることを確認した. 将来, SINET のアクセスポイントが松本市に設置された場合 (現在, 検討中), 木曾広域情報センターより上流での速度が向上する見込みである. また, 東京大学柏キャンパスに建設が計画されているデータセンターが完成した場合は, 木曾観測所の大規模データを本高速ネットワークを経由して即時に柏データセンターへ転送し, 世界と共有することができる. 柏データセンターでは仮想環境プラットフォーム

ム Singularity 上で Tomo-e Gozen のシステムを構築することが予想される。本年度は東京大学情報基盤センター Oakbridge-CX 上で Singularity の試用評価を実施した。柏データセンターに先んじて Tomo-e Gozen の大規模データを公開するために、理学系研究科情報システムチームが理学部1号館に管理するサーバー室内に、計 350TB の HDD を搭載したデータサーバを設置した。システムの構築は次年度に実施する。

- Tomo-e Gozen に関するシュミット望遠鏡設備の整備

Tomo-e Gozen による高精度かつ効率的な観測を実現するためにシュミット望遠鏡の整備を行った（高橋、近藤、森、青木、征矢野、樽沢、酒向、大澤、土居、小林、諸隈、小西、新納; Tomo-e Gozen 開発チーム）。KWFC の退役に伴い、望遠鏡の鏡筒内外に搭載されていた KWFC 関係の装置（計 150kg）とカウンタウエイト（計 150kg）を取り外した。Tomo-e Gozen の全ユニットを搭載した状態でバランス調整を行った結果、Dec 軸、RA 軸ともに重力アンバランスの負荷を 20kg 以下で調整できた。この調整の際、計 30kg のカウンタウエイトを取り外した。Dec 軸、RA 軸ともにトルクモータの機能を有効にすることでポインティング後の静定時間が短縮することが確認された。シュミット望遠鏡の電氣的ハードリミットおよびソフトリミットによる制約により、北天の低空の $HA \pm 10^\circ$ にポインティングできない状態にあった。Tomo-e Gozen からの科学的要請をうけ、RA 軸の電気リミットセンサの位置を移動し、ソフトリミットを緩和することで、北天の低空の観測禁止領域を $HA \pm 1^\circ$ に減らす改修を実施した。望遠鏡制御 PC と望遠鏡制御器の時刻は 10 分に 1 回の頻度で GPS 時刻に修正される仕様だが、この機能が正常に機能していないことが判明した。望遠鏡制御 PC のソフト的な問題と考えられる。そのため、現状では十分なポインティング精度が達成できていない。来年度に製作メーカー（西村製作所）に調査を依頼する予定である。それまでは所員が数日毎に手動で時刻を同期させる運用を実施している。望遠鏡ドームの回転エンコーダのカウンタ値が大きく飛ぶため、ドーム回転の追尾に支障が出ることが判明した。調査の結果、ドームが 1 方向に多数回回転すると、この問題が発生することがわかった。望遠鏡制御 PC もしくは制御器のソフトウェアの修正で解決できると考えられる。本件も来年度に製作メーカー（西村製作所）に調査を依頼する予定である。Tomo-e Gozen の遠隔観測の実施に伴い、現場での安全性の強化が課題となった。現場でのメンテナンス作業時に遠隔制御を確実に不能にするために、望遠鏡制御 PC を外部ネットワークから物理的に遮断する手元スイッチの製作と設置を実施した。昼間作業にともなうドーム施設内の各所の電灯の消し忘れの対策として、観測に影響を及ぼす電灯を遠隔から ON, OFF できるシステムの開発を開始した。望遠鏡制御 PC の予備機の調達、ドームのトロリー装置（8 ユニット）の交換等のメンテナンス作業も実施した。

3.2.2 Tomo-e Gozen を用いた研究

Tomo-e Gozen は 2019 年 10 月の本格運用以後、多様なサイエンスケースに対して観測成果を上げてきた。基幹プログラムのひとつである突発天体高頻度サーベイ (§1) では 1 晩で 30,000 平方度以上の領域を観測してきた。このデータは地球接近小惑星サーベイ (§4) や小惑星の位相角曲線の研究 (§12), Fermi γ 線源未同定天体の研究, IceCube ニュートリノ事象に対する可視光探査 (§7) などにも用いられている。突発天体高頻度サーベイのデータをマクロレンズ探査に使うという試みも検討が進んでいる (§13)。2019 年度には 1 件の超新星の独立発見と 7 天体の地球接近小惑星の発見を達成している。もうひとつの基幹プログラムとして、LIGO and Virgo Collaboration による重力波アラートのフォローアップ観測がある (§2)。第三期観測ラン (O3) では 78 件の重力波イベントアラートに対して 32 件の追観測がおこなわれた。O3 期間に発見された重力波イベントに対して、有力な電磁波対応天体候補は見つかっていない。これまで GCN Circular を通じて 5 件の観測結果が報告されている。

上記の観測に加えて、キャンペーン的に特定のサイエンスを対象にした観測を実施した。高速・広視野を活かしたモニタリングとしては、秒スケールでの可視突発天体の探査 (§3), 京都大学 MU レーダとの微光流星同時観測 (§5), 白色矮星の秒スケールの変動探査 (§9), ペルセウス座流星群を利用した惑星間ダスト粒子観測 (§11) などが実施された。また単一ターゲットの高速観測では、Fast Radio Burst repeater の可視電波同時観測 (§6), MAXI J1820+070 の X 線同時モニタリング (§16) や 太陽系外縁天体 (50000) Quaoar の掩蔽観測 (§15) などを実施した。上記以外にも Crab Pulsar や回帰新星 V3890 Sgr, X 線連星 GRS 1915+015, 小惑星 (4288) Tokyotech, 恒星間天体 2I/Borisov の観測などを実施している。狭帯域フィルターによる金属欠乏星探査観測 (§10) も実施されており、将来の狭帯域広域サーベイに向けた検討が進められている。また、木曾観測所は光赤外線大学間連携の一拠点として参加しており、SN 2019ehk の初期の光度に制限を与えたり (§17), SN 2019yvq の多色フォローアップ観測 (§18) において貢献を果たした。

1. 突発天体高頻度サーベイ

諸隈智貴, 酒向重行, 大澤亮, 土居守, 有馬宣明, 森田雅大 (東京大学・天文学教育研究センター); 富永望, 濱崎凌 (甲南大学); 田中雅臣 (東北大学); 小林尚人, 青木勉, 征矢野隆夫, 樽沢賢一, 森由貴, 高橋英則, 近藤荘平 (東京大学・木曾観測所); Jian Jiang (Kavli IPMU); 川端美穂 (京都大学); 池田思朗 (統計数理研究所); Joao Pedro Pedroso (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 (小さな観測オーバーヘッド) を生かした突発天体高頻度広域サーベイ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を行うことも計画している。

1 視野あたり 2 Hz のデータを 12 枚連続 (計 6 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は、最近傍探索問題及び巡回サラリーマン問題に準ずる問題として最適化されている (Pedroso et al. in prep.)。検出限界 (10σ) は、月が暗い条件において median で 18.5 等級、全体で 17.7 等級となっている。また、星像サイズ (seeing FWHM) の median は 4.4 arcsec である。2019 年 4 月の装置ハードウェア完成後は、1 晩で最大のべ 32,000 平方度のデータを取得している。これらのデータは、突発天体の探査以外にも、地球接近小惑星サーベイ (§4), 小惑星の位相角曲線の研究 (§12), Fermi γ 線源未同定天体の対応天体同定の研究 (§8) 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-shinohara11) で行なっている。1 次処理されたデータに対し、事前にサーバに準備済みの Pan-STARRS の r バンド参照画像に対して引き算を行い、その引き算画像に対して天体検出を行っている。2020 年 2 月に解析パソコンを増強するとともに解析スクリプトの高速化を行い、2020 年 3 月現在、観測時間に対しておよそ 20% 程

度の時間の遅れでデータ解析が完了するシステムが完成した。このパイプラインを一部改変して、重力波源探査観測にも使用している。今後は、掃天方法の改善等によるサーベイの最適化を行うとともに、データ解析ソフトウェアの開発に注力し、突発現象の早期発見の実現を目指す。

画像引き算の reference は、SN 2019cxx の発見 (Tanaka et al., 2019, Transient Name Server Discovery Report, No. 2019-527; Tanaka et al., 2019, Transient Name Server Classification Report, No. 2019-1260) 等、Pan-STARRS の r バンドデータを使用してきたが、Tomo-e Gozen 自身のデータを使用した方が引き算の結果が特に近傍銀河の周りできれいになることがわかった。2019年4月にM100において発見された Ca-rich transient SN 2019ehk に対しても2020年に取得したこの領域の seeing の良い Tomo-e Gozen データを足し合わせ、2019年4, 5, 6月の画像から引くことでより精度の良い測光値・上限値を得ることができた。発見報告日直前の Tomo-e Gozen での上限値2点を含めた論文を Nakaoka et al. として PASJ に投稿した (§17 参照)。また、これら全体の進捗・成果を日本天文学会他で講演を行なった。

2. Tomo-e Gozen による重力波イベントの追観測

新納悠, 諸隈智貴, 大澤亮, 土居守, 酒向重行 (東京大学・天文学教育研究センター); 鹿内みのり, 茂山俊和 (東京大学・RESCEU); 富永望 (甲南大学); 田中雅臣 (東北大学); 小林尚人, 高橋英則, 近藤荘平, 青木勉, 征矢野隆夫, 樽沢賢一, 森由貴 (東京大学・木曾観測所)

2019年度には LIGO and Virgo Collaboration (LVC) による重力波検出器の第三期観測ラン (O3) が行われた。O3 は、2017年に行われて史上初の重力波と電磁波による同一天体 (GW170817) の観測が実現した O2 以来の観測ランであり、O2 時からの重力波検出器の感度向上により、より高い頻度での重力波イベント検出が実現した。O3 は2019年4月に始まり、10月に1ヶ月の休止期間を挟みつつ2020年3月まで行われた (当初は4月まで行われる予定であったが新型コロナウイルス流行の影響で中断され今後再開されるかどうかは未定となっている)。O3 における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平方度程度となっており、対応天体の探査には高い広域走査能力が求められる。Tomo-e Gozen はその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査するのに適した性能を持っており、今年度我々は Tomo-e Gozen の性能を活かして重力波イベントの追観測に取り組んだ。

昨年度年次報告の通り木曾観測所では重力波イベント発生の際にその誤差領域を自動的に観測するシステムを整備してきた。このシステムの運用により、O3 期間を通じて LVC によって発せられた78件の重力波イベントアラート (内偽信号22) の内32件 (内偽信号6) に対する追観測を行った (一部手動で行ったものも含む)。取得したデータは観測所の一次処理パイプラインおよび変動天体探査パイプラインによって解析され、変動天体候補の洗い出しが行われている。

当初、追観測の積分時間は100 Mpc 程度での kilonova 検出に必要な検出限界を目安に設定していたが、2019年は木曾の天候が例年以上に悪く、重力波イベント発生時に追観測を行えなかったり観測時間が不足するケースが多かった。これに対応して2020年1月以降は積分時間を短くして短時間で広範囲を観測するように観測戦略を変更し、誤差領域の広い範囲をカバーできるようにした。O3 期間に発見された重力波イベントはいずれも GW170817 よりも距離が遠く、Tomo-e Gozen によるものを含むあらゆる追観測において、有力な電磁波対応天体候補は見つかっていない。また、変動天体探査パイプラインにはまだ開発途上の部分があり、処理できていない観測データもあるため、今後あらためて解析を行いたい。

Tomo-e Gozen による追観測は重力波イベントの対応天体探査を目的とした学際共同グループ J-GEM の一環として行われている。J-GEM に参加している他の望遠鏡は Tomo-e Gozen ほどの広視野を持たないため、J-GEM の主たる戦略は既知銀河のカatalogと重力波イベントの位置・距離情報を照合して母銀河の候補を絞り込み、それらの銀河を一つ一つ観測していくものである。Tomo-e Gozen の観測データについても上記パイプラインによる視野全域の変動天体探査と並んで視野内の母銀河候補画像を切り出し J-GEM のサーバに送っている。サーバに送られた母銀河候補画像は J-GEM 参加機関メンバーの目

視確認により変動天体の有無が調べられ、結果は GCN Circular を通じて速報されている (GCN Circ. #24064, #24113, #24299, #24350, #25907)。また、気象条件等により Tomo-e Gozen による観測が行われない場合でも、天文学教育研究センターのメンバーが他の J-GEM 参加望遠鏡の取得した画像の確認や GCN Circular の原稿執筆を通じて J-GEM に貢献した (GCN Circ. #24192, #24230, #24328, #24464, #24661, #25377, #25389, #25920, #25941, #26381, #26477, #26496, #26509, #26803, #27066, #27205)。O3 期間を通じて J-GEM からは 21 件の GCN Circular を発行した。

3. 秒スケールでの可視突発天体の探査

有馬宣明, 酒向重行, 諸隈智貴, 土居守, 大澤亮, 一木真, 小西真広, 宮田隆志, 本原顕太郎, 中田好一 (東京大学・天文学教育研究センター); Michael Richmond (Rochester Institute of Technology); 青木勉, 小林尚人, 三戸洋之, 森由貴, 征矢野隆夫, 高橋英則, 樽沢賢一 (東京大学・木曾観測所); 茂山俊和 (東京大学・ビックバン宇宙国際研究センター); 谷川衝 (東京大学・大学院総合文化研究科); 田中雅臣, 板由房, 小久保充 (東北大学); 富永望 (甲南大学); 春日敏測, 渡部潤一, 山下卓也, 前原裕之 (国立天文台); 池田思朗, 森井幹雄 (統計数理研究所); 奥村真一郎, 浦川聖太郎 (日本スペースガード協会); 小野里宏樹 (西はりま天文台); 川端弘治 (広島大学); 河北秀世, 猿楽祐樹 (京都産業大学); 有松亘 (京都大学); 佐藤幹哉 (日本流星研究会); 白井文彦 (神戸大学); 吉川真 (JAXA)

84 枚の CMOS センサを搭載し広い視野 (約 20 deg^2) を持つ Tomo-e Gozen は数秒という短いタイムスケールでの変動現象, 可視突発天体のサーベイ探査を可能にする。秒スケールでの可視域の探査はこれまでに位置天文衛星 Gaia (4.5 秒 sampling) を用いた 15 秒以上のタイムスケールを除いては行われていない (Wevers et al. 2018, MNRAS, 473, 3854)。Tomo-e Gozen の先駆的な結果として Richmond et al. (2020), PASJ, 72, 3 では、現在の約 $1/8$ の視野 (約 1.9 deg^2) にあたる CMOS センサを 8 枚搭載した Tomo-e PM (Prototype Model) で取得した、2016 年 3 月から 4 月の間の約 48 時間分の 2 Hz (= 2 frames per second) 撮像データを使い、1.5–11.5 秒の間に突発的に明るくなる天体を探査した。観測は太陽から見て地球の影に隠れる領域の中心に望遠鏡を向けて行った。この地球影領域では太陽光の反射によって光る人工天体やスペースデブリによる検出の除去が期待される。検出過程として 360 枚の連続したフレーム (= 180 秒分、これを chunk と呼ぶ) に対して、主に以下のような detection threshold を設けた。

- 1 chunk 中での点源検出回数が 3 回以上、かつ 20 回以下
- 検出間隔が 3 フレーム以上開かない
- 検出時に ($m_{\text{lim}} + 1$) よりも明るい天体であること。ただし m_{lim} は限界等級
- 同データで検出された最も近い天体から 7 ピクセル (= 8.3 arcsec) 以上離れている

結果、57 個の候補天体が選ばれたが、その多くは限界等級よりもわずかに暗い星が seeing が良くなった瞬間に数フレームで検出されたものであり、残りは seeing が悪い時に本来の位置からオフセットした明るい星であった。目視での確認や既知の小惑星のカタログマッチングの後、最終的な突発天体候補はゼロ件であったが、この結果を使って 1.5–11.5 秒スケールでの変動天体イベントレートの upper limit ($\text{events/deg}^2 \cdot \text{day}$) を求めた。これは本研究が初めてであり、V-band での 1 秒積分の限界等級 (ある chunk において天体の検出率が 50% となる等級) が $V = 15.6 \text{ mag}$ の時には $1.46 \text{ events/deg}^2 \cdot \text{day}$ (95% confidence level) であった。

我々は 2019 年 10 月以降本格的に稼働した Tomo-e Gozen を用いてこの突発天体探査をさらに進めている。地球影領域が星密度の高い銀河面から比較的離れている 2019 年の 11 月から 2020 年 3 月の期間を観測時期に選んだ。84 センサが長時間の連続観測で安定して fits の書き込みが行える読み出しパラメータであることを踏まえ 1 Hz, 120 frames を 1 chunk とする設定に変えた。得られた観測データは計約 50 時間分、 $\sim 850 \text{ deg}^2 \cdot \text{hour}$ であり、これは Richmond et al. (2020) ($\sim 104 \text{ deg}^2 \cdot \text{hour}$) の約 8 倍と

なる。データ解析には Richmond et al. (2020) で使用したスクリプトを本観測モード用に書き換え、一部のデータを用いて上で示した検出過程を適用したテストを行い問題なく動作することを確認している。観測データは $1000 \text{ deg}^2 \cdot \text{hour}$ を達成するために 2020 年冬に不足分を増やし、今後はこれまでに得られた観測データの quality (seeing, 限界等級など) の統計チェック, および 検出過程の detection threshold を変化させた時の検出数の変化を調査していく予定であり, 可視域では未開拓である秒スケールというパラメータスペースに潜む突発天体の発見を目指す。

4. 地球接近小惑星サーベイ

大澤亮, 紅山仁, 酒向重行, 諸隈智貴 (東京大学・天文学教育研究センター); 浦川聖太郎, 奥村真一郎 (日本スペースガード協会); 吉川真, 柳沢俊史 (宇宙航空研究開発機構); 佐藤英貴 (東京警察病院)

地球接近小惑星とは, 近日点距離が 1.3 au 以下の軌道をもつ小惑星である。地球接近小惑星を発見しその軌道を正確に算出することは, 太陽系小天体の力学進化を理解するだけでなく, 地球への衝突被害を防ぐという観点からも重要である。Harris et al. (2015) の推測によると 10 m クラスの地球接近小惑星の大部分 (>99.9%) が未検出であることが示唆されている。2013 年にロシアに落下したチェリャビンスク隕石は 20 m 程度の天体であったと考えられており, 10 m クラスの小惑星を早期発見することはスペースガードの取り組みとして重要である。直径 10 m の小惑星は絶対等級 28 等程度となるため, 地球に近づいてきたタイミングでなければ発見は難しい。しかしながら, 小惑星との距離が近くなると見かけの速度が大きくなるため, 典型的な CCD カメラによるサーベイでは露光中に天体が移動することによる感度低下 (トレイルロス) の影響を強く受けてしまう。

表 3.2: Tomo-e Gozen によって新たに発見された地球接近小惑星

天体名	観測日	発見者	絶対等級/サイズ	MPEC 番号
2019 FA	2019-03-16	Y. Kojima	28.7 / 7.6 m	MPEC 2019-F19
2019 SU ₁₀	2019-09-25	J. Beniyama	27.2 / 15 m	MPEC 2019-T76
2019 VD ₃	2019-11-05	J. Beniyama	25.9 / 28 m	MPEC 2019-V87
2019 XM ₂	2019-12-05	J. Beniyama	26.6 / 20 m	MPEC 2019-X87
2019 XT ₂	2019-12-08	J. Beniyama	26.4 / 22 m	MPEC 2019-X96
2019 XL ₃	2019-12-15	J. Beniyama	27.0 / 17 m	MPEC 2019-Y02
2020 EO	2020-03-12	J. Beniyama	25.9 / 28 m	MPEC 2020-E46
2020 FA ₂	2020-03-18	J. Beniyama	27.5 / 13 m	MPEC 2020-F60

小惑星のサイズはアルベドを 0.1 と仮定して計算した。

木曾超広視野高速カメラ Tomo-e Gozen による動画観測であればトレイルロスの影響を受けることなく高速 (1 arcsec/sec) で移動する地球接近小惑星のサーベイが可能である。Tomo-e Gozen の基幹プログラムである突発天体高頻度サーベイ (§1) では, 1 つの視野につき 2 Hz で 6 秒間の動画を撮影する。この動画データを解析することで高速移動天体 (地球接近小惑星) の搜索を実施してきた。2019 年 3 月 16 日には独自に開発した小惑星検出プログラム (小島, 2018) を用いることで 2019 FA の発見に成功した。その後も検出アルゴリズムと追観測プロセスの改良を続け, 2020 年 3 月までに合計 8 天体の地球接近小惑星を発見することができた。発見した小惑星の天体名 (仮符号) と関連する情報を表 3.2 にまとめた。発見した小惑星の絶対等級は 25.9–28.7 等の範囲にあり, 表面アルベドを 0.1 と仮定したときのサイズはいずれも 30 m 未満となる。サイズの小さい地球接近小惑星を発見するにあたり Tomo-e Gozen によるサーベイが高い能力をもっていることを示している。今後は Tomo-e Gozen によって発見された小惑星の自転周期やスペクトル型を調べることで, こうした微小な小惑星の性質や起源について研究を進める方針である。

5. 京都大学 MU レーダ & Tomo-e Gozen 微光流星同時観測

大澤亮, 酒向重行 (東京大学・天文学教育研究センター); 森田晃平, 阿部新助 (日本大学); Daniel Kastinen, Johan Kero (Swedish Institute of Space Physics); 藤原康徳 (総合研究大学院大学); 中村卓司, 西村耕司 (国立極地研究所); 渡部潤一 (国立天文台)

太陽系は彗星や小惑星などによって絶えず生成される惑星間空間ダストによって満たされている。地球近傍に存在する惑星間空間ダストのうち質量がおよそ 1 mg 程度のダスト粒子の性質を調べるためには、地球大気に突入してきたダストが生じる流星現象を観測することが有効である。特にレーダと可視光による同時観測は、流星の明るさと運動を高い精度で求めることができ、ダスト粒子の組成やサイズ分布を制限するために重要である。しかしながら、これまでの研究では可視光観測の感度が不足しており、同時流星の十分な検出数やダスト質量のダイナミックレンジを確保することが難しかった。

2018年4月18–21日に京都大学生存圏研究所 Middle and Upper Atmosphere レーダ (MU レーダ) と東京大学木曾観測所の Tomo-e Gozen を用いて微光流星の同時観測を実行した。Tomo-e Gozen の 2 Hz 動画観測では可視光の明るさにして 10 等級程度の微光流星を検出できる。4 日間の観測で合計 226 個の散在流星を可視光とレーダで同時に検出することに成功した。2009 年に CCD ビデオカメラを用いて実施した同様の観測とあわせ、合計 331 個の同時流星イベントについて可視光の明るさとレーダ反射断面積 (Radar Cross Section; RCS) の関係を調べた。図 3.2 は RCS と可視光の等級 (*V*-band 相当) の散布図である。黒丸が 2009 年の MU レーダ & CCD カメラ、赤四角が MU レーダと Tomo-e Gozen によって観測された流星を表している。線形関係を仮定してフィットしたところ $M_V = -(0.169 \pm 0.006) \times A + (4.43 \pm 0.13)$, という関係式を得た。ここで M_V は *V*-band 等級であり A は 1 m^2 を基準として dB に変換した RCS である。先行研究に比べて広いダイナミックレンジと大きなサンプル数で RCS と可視等級の関係を導くことができた。

この関係式を 2009 年から 2015 年に MU レーダで検出された散在流星に適用することで、レーダで検出された流星の光度関数を導出した。 -1.5 – 9.5 mag の範囲において光度関数が傾き $r = 3.52 \pm 0.12$ のべき関数でよく近似できることを示した。また、流星のアブレーション理論に基づいて、ピーク高度と質量の関係を求めて流星体の質量分布を導出した (図 3.3)。質量分布は指数が $s = 2.48$ のべき関数によってよく近似される。この質量範囲にある惑星間塵はおよそ 10^3 kg day^{-1} のレートで降着していることを示している。本研究によって MU レーダと Tomo-e Gozen の連携は微光流星の性質を調べるうえで極めて有効であることを確認した。この結果は研究論文として Planetary & Space Science 誌に投稿中である。また、2019 年 10 月 22 日にはオリオン座流星群を、2019 年 11 月 4–5 日にはおうし座流星群をターゲットにした MU レーダと Tomo-e Gozen による同時観測を実施した。10 月の観測は悪天候に見舞われたが、11 月の観測は天候に恵まれ良いデータを取得することができた。これらのデータについては日本大学の森田氏が中心となって解析を進めている。

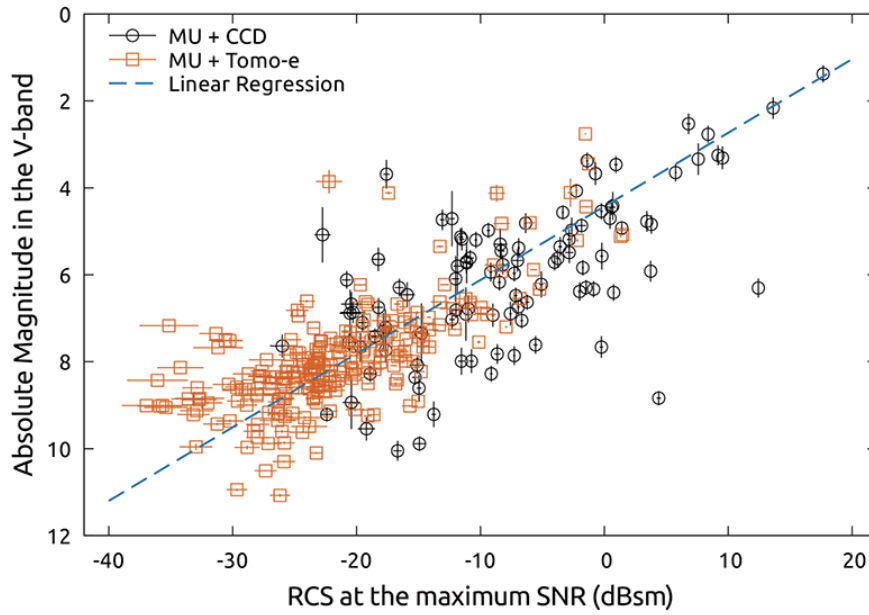


図 3.2: レーダ反射断面積 (Radar Cross Section; RCS) と可視光での明るさの関係. 黒丸は 2009 年の MU レーダと CCD ビデオカメラ, 赤四角は 2018 年の MU レーダと Tomo-e Gozen による観測結果を表している. 線形回帰の結果を青破線で示した.

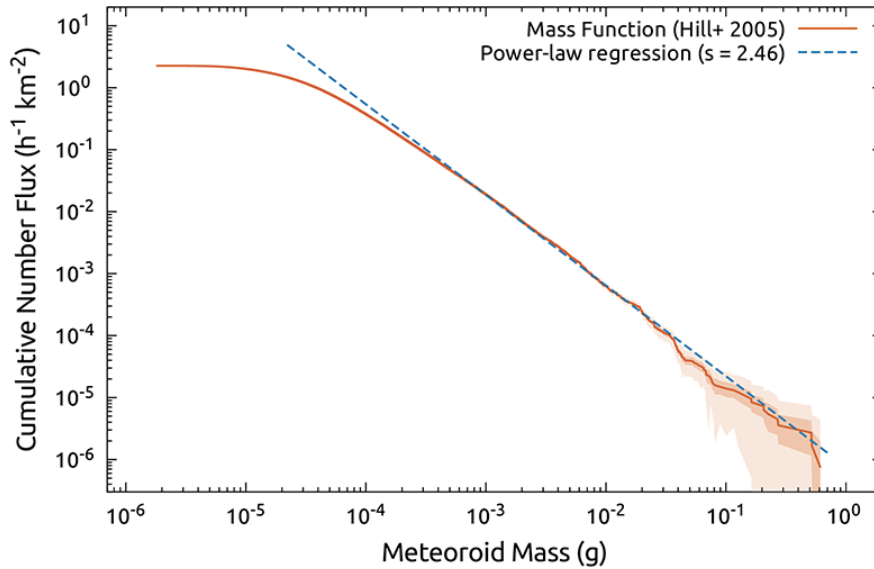


図 3.3: 流星体の累積質量分布. 青い破線はべき関数によるフィット結果.

6. Fast Radio Burst に対する Tomo-e Gozen 観測

諸隈智貴, 新納悠, 大澤亮, 酒向重行 (東京大学・天文学教育研究センター); 新沼浩太郎, 青木貴弘 (山口大学); 富永望 (甲南大学); 田中雅臣 (東北大学)

Fast Radio Burst (FRB) は Lorimer et al. (2007) により初めて報告された電波 transient であり, その継続時間がミリ秒程度の突発的な現象である. dispersion measure (DM) が非常に大きい (銀河系内の DM より大きい) ことから, FRB は宇宙論的な距離に存在する系外天体が起源であると考えられているが, 非常に多くの理論モデルが提唱され, その正体は依然として不明のままである. FRB の一部は, 同じ到来方向から複数回検出されることもあり, それらは “repeater” と呼ばれている. 最初に repeater として報告された天体は FRB121102 であり, この天体の到来方向は, VLA 及び EVN により ~ 100 mas の精度で決定され, 赤方偏移 $z = 0.193$ の低星質量・低金属量銀河に属していることがわかっている. その後も様々な電波望遠鏡で FRB が検出され, 可視光望遠鏡での母銀河・環境の観測的研究が進められているが, 依然としてその起源は不明である.

これまで FRB は電波のみで検出されており, FRB の起源を明らかにするため他の波長での同時検出が強く望まれている. 本研究では, 電波と可視光での (1) repeater に対する同時観測, (2) 無バイアスなサーベイ観測を行うことにより, FRB の起源を探ることを目的とする.

repeater に対しては, 山口大学理学部附属宇宙電波観測センターの運用する 32 m 電波望遠鏡と木曾シュミット望遠鏡 Tomo-e Gozen との同時観測を開始した. 主な観測対象は, 最初の repeater として発見された FRB121102 である. 上述のように 1 秒角以下の精度で到来方向が確定しており, Tomo-e Gozen では 1 センサ (detId=111) のみで 57 fps (読み出し領域 200×120 pixel) の観測を行なった. 山口大学の電波望遠鏡では 周波数 8.4 GHz (周波数帯域幅 512 MHz, 強度較正天体: Tau-A) での観測を行なった. これまでに FRB121102 に対しては, Thai National Telescope (2.4 m; TNT) の ULTRASPEC と Effelsberg 電波望遠鏡 (100 m; 1.36 GHz) との同時観測 (約 20 時間) が Hardy et al. (2017, MNRAS, 472, 2800) で報告されている. 電波では同時観測期間中に 12 個の FRB が検出されたが, 可視光 (14 fps) での検出はなく, 0.33 mJy (767 nm, 5σ) の上限値がついている. 本研究では, 2020 年 3 月 16 日に約 3 時間にわたって同時観測を行なった. 取得したデータは現在解析中である. また, これ以外に FRB180418 の到来方向誤差領域内にある近傍銀河 2MASS 04222144+7347101 の同時観測 (Tomo-e Gozen 24 fps, 400×240 pixel) を 2019 年 5 月 23 日に約 1 時間行なった.

また, Tomo-e Gozen の広視野をより活かした観測研究として広視野電波望遠鏡と共同での non-repeating FRB 同時探査の可能性も検討している. これまで non-repeating FRB の可視光対応天体探査は, 発生後数時間程度以降の時間帯において電波望遠鏡からのアラートを受けた追観測という方法で行われてきた. それらの追観測において有力な対応天体候補は見つかっていないが, アラートを受けてからの観測では間に合わない短い時間スケールに対応天体が隠されている可能性ははまだ探られていない. Tomo-e Gozen の広い視野と高い時間解像度を活かして広視野電波望遠鏡との FRB 同時探査を行えば, FRB と同時あるいは直前・直後の短い時間スケールでの可視光対応天体を探査することができる. Tomo-e Gozen は 84 チップで計 20 平方度の視野を持つが, チップ同士の間隔が広く分散した視野形状をしており, これを電波望遠鏡の視野と完全に重ねることは難しい. 仮に 5 平方度の重複視野で FRB 探査を行う場合, 視野内での FRB 発生頻度はおおまかに 100 時間で 1 イベント程度と考えられる. この見積りに基づき, 現在は観測態勢の検討およびパートナーとなる電波観測所探しを進めている.

7. IceCube 高エネルギーニュートリノ事象に対する可視光追観測

諸隈智貴 (東京大学・天文学教育研究センター); 山中雅之, 川端弘治 (広島大学); 太田耕司 (京都大学); 伊藤亮介 (美星天文台); 内海洋輔 (Stanford University)

南極 IceCube 実験の検出した高エネルギーニュートリノのアラートに対する追観測を Tomo-e Gozen で行なっている. 基本的には, アラートに対して特別な対応をすることなく, 突発天体高頻度サーベイ (§1) において, データが自動的に取得されている.

IceCube 実験では, 2019 年 6 月より, それまでの EHE, HESE 事象に対する GCN アラートから, 天体起源らしさを表す指標で区別した GOLD, BRONZE の 2 分類での GCN アラートに切り替えた. 2019 年度は合計で EHE (Extremely High Energy) 1 事象, HESE (High Energy Starting Event) 2 事象 (いずれも 2019 年 4 月から 2019 年 5 月まで), GOLD (astrophysical signal である確率が 50% 以上) 7 事象, BRONZE (astrophysical signal である確率が 30% 以上) 11 事象 (いずれも 2019 年 6 月から 2020 年 3 月まで) に対するアラートが流れた. 高エネルギーニュートリノ起源天体までの距離は典型的には赤方偏移 $z \sim 1$ であることを考えると, Tomo-e Gozen では blazar 起源説の検証が最も現実的な観測となる. 現在, 高エネルギーニュートリノ到来方向における blazar の光度曲線のとりまとめを行なっている. これを元に, 高エネルギーニュートリノと blazar の光度変動の振る舞いの調査及びその起源説の検証を目指す.

IceCube-170922A の電磁波対応天体である TXS 0506+056 に対して 2017 年 10 月 8 日に実施した Tomo-e Gozen での観測データを含めた結果は 3.2.3 §2 にまとめる.

8. Fermi/LAT γ 線源に対する Tomo-e Gozen 観測

森田雅大, 土居守, 諸隈智貴, 酒向重行, 大澤亮 (東京大学・天文学教育研究センター); 新沼浩太郎 (山口大学); 川端弘治, 中岡竜也 (広島大学); 富永望 (甲南大学); 田中雅臣 (東北大学)

銀河の中心にはおよそ $10^{6-9} M_{\odot}$ の大質量ブラックホールが存在しており, その一部は中心に極めて明るく輝く活動銀河核 (AGN; Active Galactic Nucleus 以下 AGN) を持っている. 活動銀河核の中には相対論的ジェットを持つものがあり, その進行方向が我々の視線方向と約 10° 以内で一致しジェット由来の放射が強く観測される天体をブレイザーという. ブレイザーは最も高エネルギーな放射をする天体の一つであり, 電波からガンマ線まで広い波長域で観測され, このジェット由来とされる光度変動を示すのが特徴である. 可視光域では数分から数年の様々なタイムスケールで光度変動が確認されている.

Fermi ガンマ線宇宙望遠鏡に搭載された検出器である Large Area Telescope (LAT) の 2008 年から 2016 年の 8 年間分の観測データをまとめた 4FGL カタログでは, 全天で 5,066 個のガンマ線源が検出されている. ガンマ線源の位置決定誤差はおよそ半径 2.5 分角であり, 対応天体の同定には多波長による観測が必要不可欠である. 他の波長で対応天体が同定されている 3,898 天体のうち約 80% (3137 個) がブレイザーとして同定されており, ガンマ線対応天体の大半を占めている. しかし, 未同定線源も 1,149 個に上り, ブレイザーの性質を統計的に知るためにも, これらの未同定ガンマ線源のブレイザー対応天体を同定することは重要である. 4FGL カタログのガンマ線源の対応天体同定には, 主に過去の電波カタログが用いられているため, 同定されているガンマ線源は電波で明るく, 未同定ガンマ線源の対応天体は電波で暗い可能性が考えられる. そのため, 電波以外の波長域でガンマ線対応天体を同定することも重要であり, その方法の一つとして, ブレイザーの光度変動に注目した対応天体の同定がある. しかし, これまで可視光域における全天の高頻度サーベイ観測は少なく, 広範囲の天体の光度変動の研究は稀であった.

そこで本研究では, 未同定ガンマ線源の対応天体の同定を目標に, 高頻度全天サーベイが可能な Tomo-e Gozen による観測を行なった. 使用したデータは 2018 年 10 月から 2019 年 12 月にかけて突発天体高頻度サーベイ (§1) の中で取得されたもので, 各ガンマ線源の位置決定誤差領域内に検出された天体の光度の時間変動評価を行った. そして Tomo-e Gozen で検出された 599 個の同定済ブレイザーとそのほか

に検出された天体の光度変動の大きさの違いを評価し、ブレーザー候補天体の選定基準を定めた。その上で、Tomo-e Gozen で観測された未同定ガンマ線源の位置決定誤差領域 286 領域に選定基準を適用し、ブレーザー候補天体の選定を行った。光度変動に加えて天体の標準的な明るさや色も加味した結果、5 個の未同定ガンマ線源に対してブレーザー候補天体を選定した。これらについて既存のカatalog等調べたところ、3 つは恒星として同定されたが、残り 2 つの天体 (J1029+7337, J1554+7102) はブレーザー候補として有力であり、追観測などによりその天体の正体を決定づけることが重要となる。これらの結果を森田雅大の修士論文 (2020, 東京大学) としてまとめた。

その後、山口大学理学部附属宇宙電波観測センター山口 32m 電波望遠鏡及び 34m 電波望遠鏡で構成される山口干渉計による追観測を 2020 年 2 月 29 日の 13:30–16:40 (UT) に行った。観測周波数は 8.4 GHz (周波数帯域幅 512 MHz) であり、強度較正天体は 3C 286 とした。2 つのターゲットに対してそれぞれ 1 時間の積分を行ったが有意な電波は検出されず、それぞれ 7σ 上限値 2.2 mJy (J1029+7337), 2.1 mJy (J1554+7102) を得た。

また、J1029+7337 に対して広島大学かなた望遠鏡 HOWPol を用いて 2020 年 2 月 14 日に可視分光観測を行なった。積分時間は 300 秒 \times 3 であり、ターゲット天体からの信号は有意に検出されている。データは現在詳細解析中である。

9. Tomo-e Gozen による白色矮星の秒スケールの変動探査

檜山和己 (東京大学・ビックバン宇宙国際研究センター); 川名好史朗, 逢澤正嵩, 田尻智之, 河原創 (東京大学・理学系研究科); 大澤亮 (東京大学・天文学教育研究センター)

白色矮星は自転、振動、惑星のトランジットなどによって秒スケールの変動を示す可能性がある。これらのシグナルはそれぞれ連星白色矮星合体の残骸、白色矮星の p-mode 振動、白色矮星周りの“ハビタブル”惑星といった理論的に予言されながらこれまで未同定な天体と直結する。これらのシグナルを検出、あるいは有意義に制限することを目指し、2018 年 8 月にプロジェクトを発足、Tomo-e Gozen を用いて、(観測時間) \times (白色矮星の数) ~ 1 (10 夜 \cdot 1000 個) の Hz 測光サーベイ観測を目指している。

2019 年度はまず春先に WD J005311 のターゲット観測を実施した。WD J005311 は地球から 3.5 kpc の距離にある白色矮星で、実効温度が $\sim 2 \times 10^5$ K と非常に高温で、質量放出レート $3.5 \times 10^{-5} M_{\odot} \text{s}^{-1}$ 、終端速度 $16,000 \text{ km s}^{-1}$ という非常に特異な星風を放出している (Gvaramadze et al. 2019, Nature, 569, 684)。これらの性質は WD J005311 が連星白色矮星合体の結果形成される強磁場高速回転白色矮星であると考え、自然に説明でき、白色矮星の自転を起源とする 10 秒から 1 分程度の周期変動を示すことが期待された (Kashiyama, Fujisawa, Shigeyama 2019, ApJ, 887, 1)。Tomo-e Gozen カメラを用いたおよそ 1h の観測を実施したが、残念ながら有意な時間変動は検出できなかった。

また 2019 年 10 月から 12 月にかけて、本プロジェクト用に合計およそ 1 夜の銀河面サーベイを実施した。また、2020 年年明け以後に実施された地球影を用いた秒スケール突発天体サーベイについてもデータを共有している。現在秋以降に取得したデータの解析を進めつつ、サーベイ観測用のパイプラインを構築中である。

10. 狭帯域フィルターによる金属欠乏星探査観測

富永望, 岩崎巧実 (甲南大学); 諸隈智貴 (東京大学・天文学教育研究センター); 青木和光 (国立天文台); 本田敏志 (兵庫県立大)

金属欠乏星とは銀河系ハローに存在する金属量の低い太陽よりも軽い星である。その寿命は宇宙年齢より長く、また金属量が低いことから宇宙初期に形成されたと考えられており、宇宙の化学進化を現在に伝える手段として広く用いられている。銀河系内の星の中で金属欠乏星の占める割合は非常に低く、これまでスリットレス分光や低分散分光、中分散分光、高分散分光と順に分光観測を行い、金属量の低い星を選択しより確度の高い観測を行いさらに選択するという手法によって選り出されてきた。しかし近年、CFHT

を用いた Pristine survey や南天の Skymapper によって、狭帯域フィルターを用いた撮像観測を行い、金属欠乏星の候補天体を選び出すという手法が用いられ、これまで 10 年近く破られなかった $[\text{Fe}/\text{H}] = -6$ (水素に対する鉄の存在量が太陽の 100 万分の 1) という壁を下回る星が 2014 年に発見された。このため、狭帯域フィルターを用いた金属欠乏星探索観測が注目を集めている。一方で、上記のように最終的に高分散分光観測が必要となることから、明るい金属欠乏星候補天体を選択できる観測が求められており、明るい金属欠乏星が発見されると他の天体では測定不可能な重要な元素の測定も可能となり、大きな飛躍が期待される。そこで、本計画は 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を用いて CCD による観測では難しい短い積分時間で効率よく全天 (3π) を掃くことによって、北天から観測可能な 12 等より明るい金属欠乏星を探索し一網打尽にすることを目的とする。

2019 年度には、それぞれ、CaHK, CH, Mg, CaIR の吸収線の波長に対応する、朝日分光社製の狭帯域フィルター NB400, NB436, NB520, NB860 を用いて行った 2019 年 3 月の試験観測で発見された天体について、2020 年 2 月 5-7 日に西はりま天文台なゆた望遠鏡 MALLS を用いて、Mg の吸収線に注目した中分散分光追観測を行った。追観測を行った天体のうち、10 等星である 1 つの天体について、太陽組成の 100 分の 1 程度の金属量を持つ金属欠乏星であることが明らかとなった (図 3.4)。さらに、2020 年度には 2020 年 9 月 27-30 日になゆた望遠鏡での追観測が予定されている。2019 年度に行った観測の知見を基に、機械学習などを用いてさらに金属欠乏星候補星選択の正解率を上げて観測に臨む予定である。さらに、今後は、どの狭帯域フィルターを用いるかを精査の上、84 chip 分の狭帯域フィルターを購入し全天金属欠乏星探索観測を行う。もし期待される精度が出ていない場合には、要求する精度を実現できる必要なフィルター仕様を再考し、試験の上、全天金属欠乏星探索観測につなげる。

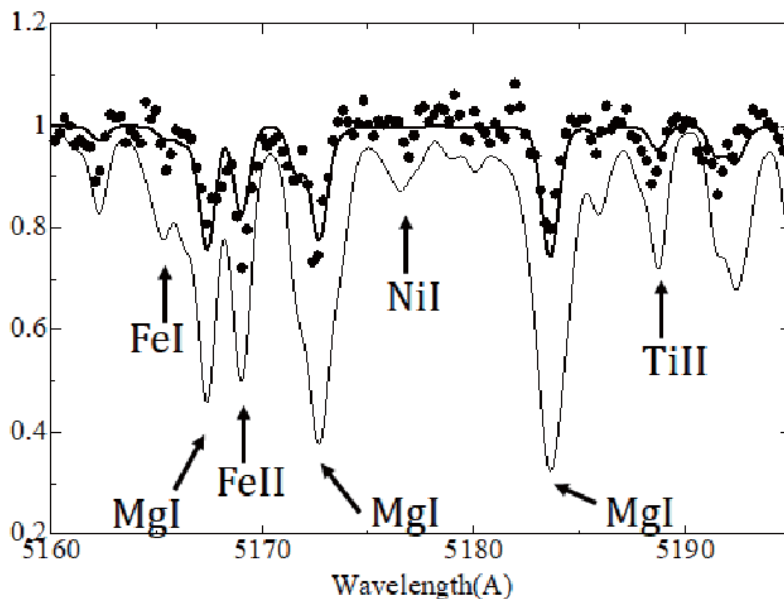


図 3.4: 2020 年 2 月の中分散観測で同定された金属欠乏と考えられる恒星. $[\text{Fe}/\text{H}] = -2$ (太線) と仮定すると観測結果 (点) と合う. 細線は $[\text{Fe}/\text{H}] = 0$ とした場合.

発表

木曾シュミットシンポジウム 2019 狭帯域フィルターを使った金属欠乏星探索 [甲南大学 岩崎巧実]

11. Tomo-e Gozen をもちいた惑星間ダスト粒子観測

有松亘 (京都大学); 大澤亮 (東京大学・天文学教育研究センター); 渡部潤一 (国立天文台)

地球大気を検出器として利用する流星の観測は、惑星間ダストのサイズ特性を理解する上で極めて有用性が高い。しかし大気圏突入前のダストのサイズと突入後の流星光度の関係は大火球クラスの天体を除いては直接観測例がなく、運動エネルギーに対する可視発光エネルギーの変換効率を仮定したうえで推定している。本観測では流星が地球大気に突入する前のダストの太陽反射光を直接観測し、反射光強度から粒形を測定することで、史上初めてダストのサイズと流星の光度を直接比較することを目指した。

上記の目的を達成するため、2019年8月12日から8月14日にかけて、Tomo-e Gozen を用いてペルセウス座流星群の輻射点付近を1Hzのケイデンスでモニタ観測した。大気圏突入後のダストはTomo-e Gozen の視野外で流星として発光するか、視野内で発光するにしても明るすぎて飽和して観測されることが予想される。よってTomo-e Gozen 単体では正確な軌跡の位置測定や光度測定が困難である。本観測では大気圏突入後の流星を観測するため、木曾観測所に超小型広視野高速観測装置 OASES-nano を設置し、Tomo-e Gozen 観測領域および周辺領域合計1,100平方度の同時観測を実施した。OASES-nano はOASES (Arimatsu et al. 2017, 2019) に基づいて開発された超小型観測装置である。現在、得られた観測データから極めて微弱な移動天体の信号を検出するための解析プログラムの開発を進めている。今後の解析によって惑星間ダスト及びその母天体の特性や、惑星間物質の地球大気への供給過程を理解する上で基礎となる知見を得ることが期待される。

12. Tomo-e Gozen の突発天体高頻度サーベイで得られた太陽系小天体の位相角曲線

吉田二美 (千葉工業大学); 伊藤孝士 (国立天文台); 浦川聖太郎 (日本スペースガード協会); 寺居剛 (国立天文台); 富永望 (甲南大学); 諸隈智貴, 酒向重行, 大澤亮 (東京大学・天文学教育研究センター); 田中雅臣 (東北大学); 濱崎凌 (甲南大学); Tomo-e Gozen 開発チーム

Tomo-e Gozen の広視野撮像能力 (FOV ~20平方度) を活かして、木曾観測所から見える全天をサーベイする突発天体高頻度サーベイ (§1) が2018年11月から行なわれている。このサーベイは一晚に同じ領域を数時間あけて複数回撮像し、超新星のショックブレイクアウトや他種の突発現象の早期発見を目的とするが、太陽系小天体はそのような突発天体高頻度サーベイの画像に写り込んでいるので、超新星や他の突発現象を正しく検出するには、そのような突発現象とたまたま画像に写り込んでいる太陽系小天体を区別しなければならない。そこで突発天体高頻度サーベイのデータ解析ソフトウェアは超新星・突発現象検出プロセスの途中に太陽系小天体同定ルーチンを組み込み、検出された全ての光源に対して、既知の太陽系小天体に対応する光源にフラグをつけている。具体的にはLowell Observatory の小天体カタログ (Astor) を参照し、撮像時刻と位置座標に基づいて、小天体カタログに登録されている小惑星の Tomo-e Gozen の観測時に予想される座標を中心とした範囲 $6'' \times 6''$ に入った天体を小惑星とみなし、赤経、赤緯、修正ユリウス日、検出時の明るさ (Tomo-e は no filter)、検出時の明るさのエラー、小天体カタログから予想される等級、小天体名を自動的にデータベーステーブルに追加する。こうして突発天体高頻度サーベイの副産物として、既知小天体カタログが得られる。突発天体高頻度サーベイの検出限界が ~18.5 等であることを考えると、たまたま非常に地球に接近して明るくなった時に発見される近地球天体を除いて、このサーベイで発見される小天体はほぼ既知天体と考えてよい。

突発天体高頻度サーベイは一夜のうちに木曾観測所から見える範囲の全天をサーベイするので、取得される画像には様々な太陽位相角 (太陽-小惑星-地球 (観測者) で挟まれる角 (α)) の小天体が写っている。またサーベイは晴れている限り毎日行われるので、一つの小天体に注目すると、小天体の動きに伴って日々異なる太陽位相角でその天体の明るさを測ることができる。小天体は太陽位相角ともに平均の見かけの明るさ (不規則形状の小天体の自転に伴う光度変化を平均化した明るさ) が変化する。太陽位相角の増加に伴って明るさが減少していく位相角曲線の形に小天体表面の微視的・巨視的な様々な物理的効果が現れるため、小天体の太陽位相角曲線 (太陽位相角 (α) の関数としての明るさの変化) は空間分解できない撮

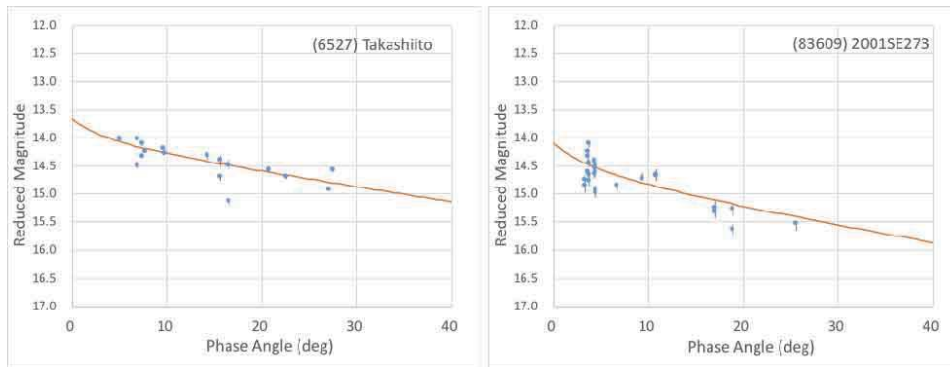


図 3.5: これまでに Tomo-e Gozen のデータで得られた位相角曲線の例. 各点は各位相角で測定された小惑星の見かけの明るさから距離の効果を取り除いた明るさ (Reduced magnitude). 位相角曲線の fitting によって二つのパラメータ絶対等級 H とスロープパラメータ (小惑星型と関連あり) G が推定できる. 左は小惑星 (6527) Takashiito の位相角曲線. $H = 13.67 \pm 0.36$, $G = 0.21 \pm 0.53$. 右は小惑星 (83609) 2001 SE₂₇₃ の位相角曲線. $H = 14.10 \pm 0.40$, $G = 0.06 \pm 0.87$. どちらもメインベルト小惑星. メインベルト小惑星の位相角は地球から観測する限り最大でも数十度までしか大きくならないが, 図を見ると両方の小惑星で最大位相角が 25° 付近なので, Tomo-e Gozen では最大位相角までカバーする観測ができていていると思われる. 約 2 万個の小惑星についてこのようなデータがある. サーベイが進むにつれて得られる位相角曲線は密になり, 得られる絶対等級の精度が上がってくると期待される.

像データから小天体の表面散乱特性を推定するための重要な観測手法の一つである. 表面粒子での反射光の干渉が発生する可能性のある $\alpha < 20^\circ$ では微視的效果が現れ, 空隙率の高い表面層では $\alpha \sim 0^\circ$ に近づくにつれて小天体の明るさが急激に明るくなる現象が見られる (衝効果). 大きい α では表面の巨視的粗さ (例えば光の波長より大きい凸凹, クレーター, 山など) が位相角曲線の形に寄与する. また, $\alpha = 0^\circ$ での小天体の明るさはその天体の絶対等級に相当する. 絶対等級は小天体の大きさ (直径を算出する際の重要なパラメータ) の指標として使われる重要な量であるが, 小天体カタログに登録されている全ての天体で $\alpha = 0^\circ$ の時の明るさが直接測られているわけでも, いろんな位相角での観測から位相角曲線を描いて $\alpha = 0^\circ$ 時の明るさが求められているわけでもない. 多くの場合は典型的な小惑星の値を仮定した位相角曲線の fitting パラメータが使われ, 絶対等級が推定されている. 突発天体高頻度サーベイの副産物として得られる多数の小天体の位相角曲線は, それらの小天体の絶対等級という極めて重要な値を直接測定あるいは正確に決定するためのデータを提供することができる.

そこで我々は, 突発天体高頻度サーベイの副産物である “Tomo-e Gozen 既知小惑星カタログ” を利用し, JPL Horizons を使って, 各小天体が検出された時刻の小天体の太陽位相角を計算し, これまでに 20000 個を超える小天体の位相角曲線を得た (図 3.5 参照). 現在は得られた位相角曲線を精査中だが, 多くの小天体に対して広い太陽位相角範囲 ($\alpha = 0^\circ$ –数 10°) で位相角曲線が得られていることが確認された. 突発天体高頻度サーベイは今後も続くので, 継続的に様々な太陽位相角での小天体の明るさの測定をすれば, さらに密な位相角曲線が取得でき, 絶対等級や表面光学特性に関する情報が得られる小天体が増えていく. この種のサーベイは Pan-STARRS (Veres et al. 2015, Icarus, 261, 34) や PTF (Waszczak et al. 2015, AJ, 150:75) ですすでに行われている. Tomo-e Gozen の突発天体高頻度サーベイとはサーベイに使う装置やデータ取得の頻度が異なるため, どのサーベイが最も優れたコンプリートな太陽系小天体の位相角曲線データセットを得ているのか判断するのは難しい. 今後 Tomo-e Gozen で得られた位相角曲線データを精査し, 他のサーベイと比べてどの点に Tomo-e Gozen のアドバンテージがあるのかを見極めたい.

13. 近傍重力マイクロレンズ探索

福井暁彦, 河原創 (東京大学・地球惑星科学専攻); 鈴木大介 (大阪大学); 越本直季 (東京大学・天文学専攻/NASA)

銀河中心方向における重力マイクロレンズ現象 (恒星の重力レンズ効果による増光現象) の探索から, これまでに 100 個以上の系外惑星が発見されている. しかし, 光源となる銀河中心の恒星までの距離が遠いため, 発見された惑星系までの距離も遠く (数 kpc 以遠), 詳細なフォローアップ観測が難しいという難点があった. 一方, 銀河面に分布する比較的明るい (近傍の) 恒星を対象に重力マイクロレンズ探索を行えば, 発見期待値は低いものの, 詳細フォローアップが可能な近傍の系外惑星系を発見出来る可能性がある. 重力マイクロレンズ法では他の手法で発見が難しい低温 (数百 K 以下) の低質量 (海王星質量以下) 惑星を発見出来るため, 近傍の重力マイクロレンズ惑星を探索する意義は大きい.

我々は Tomo-e Gozen による突発天体高頻度サーベイ (§1) から近傍重力マイクロレンズイベントを発見出来る可能性を検討した. その結果, 銀河面領域 ($b < 10^\circ$) の $V < 18$ 等の星を $S/N > 10$ で観測出来れば, 年間 ~5 例の単星レンズイベントを発見でき, 3-5 年で 1 例の惑星イベントを発見出来るという大まかな見積りを得た (2019 年度の木曾シュミットシンポジウムで報告). また, その後実際の銀河面観測データを用いてシーイングの時間変化等について調査を行うとともに, イベント探索に向けたデータの解析手法について検討を進めた. さらに, Tomo-e Gozen サーベイ単独では発見期待値が限られるため, ZTF を使った銀河面重力マイクロレンズ探索およびそのフォローアップ観測を計画している海外の研究チーム (E. Bachelet et al.) との共同研究の可能性を検討し, 先方チームと議論を行なった. また, 大学間連携で運用される国内望遠鏡を用いたフォローアップ観測の可能性について, 2020 年春季天文学会にて発表 (スライド提出) を行なった.

14. Tomo-e Gozen と重ね合わせ法による微小天体サイズ分布の解明

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); 酒向重行, 大澤 亮, 紅山 仁, 高橋英則 (東京大学・天文学教育研究センター)

小惑星は太陽系が形成された時代の岩塊や氷の塊からなる天体の生き残りである. 小惑星の物理的な特徴を解明することは太陽系の形成過程に対する知見を得ることにつながる. このような物理情報の一つが, そのサイズ分布である. 小惑星のサイズ分布は, これまでに経験した衝突・破壊・合体の履歴を反映したものであるが, 直径 300 m 以上の小惑星についてはサイズ分布が明らかになっているものの, 直径数 10 m クラスの小惑星についてはよくわかっていない. 微小サイズの小惑星はその構造や軌道進化が大サイズの小惑星のものとは異なると考えられており, その素過程を解明するために微小サイズ小惑星のサイズ分布の解明が極めて重要である.

直径数 10 m の小惑星はメインベルトに位置するものは大望遠鏡でも観測は難しいため, 地球接近小惑星として地球に近づき, 明るくなった天体のみが観測対象となり得る. ところが, 地球に近づけば近づくほど明るくなるものの, 見かけの速度は大きくなる. そのため CCD 検出器を用いた長時間露出の観測では露出中に天体が素子間を移動することによる影響を受けて感度が低下し (トレイルロス), 検出が難しい. Tomo-e Gozen は高速読み出しが可能であるため, トレイルロスの影響を受けにくく高速移動天体の観測に対して有効であり, 2020 年 3 月までの観測で 8 個の地球接近小惑星を発見している (§4).

このように, 移動天体に対する高い検出能力がすでに証明されているが, 加えて, 一枚の画像では確認できないようなさらに暗い移動天体の検出をも可能にする「重ね合わせ法」の Tomo-e Gozen への適用を進めている. 「重ね合わせ法」はすでに小望遠鏡を使った地球接近小惑星観測で実績があり, Tomo-e Gozen との組み合わせにより, さらに小さい地球接近小惑星の大量発見が期待できる. 2019 年度はこのシステムを Tomo-e Gozen に適用する準備として木曾観測所に専用の計算機を導入した. また, Tomo-e Gozen の突発天体高頻度サーベイ (§1) 観測データに最適化したアルゴリズムを開発中であり, 2020 年度にはこ

のアルゴリズムを専用計算機に導入し、まずは 21 チップ分の観測データについて即時処理ができるシステム構築を目指す。将来的には計算機を増強し、84 チップのデータについて即時処理を目指す。

15. Tomo-e Gozen を用いた太陽系外縁天体 Quaoar による恒星掩蔽現象の動画観測

有松亘 (京都大学); 大澤亮, 青木勉, 有馬宣明, 土居守, 一木真, 小林尚人, 小西真広, 松永典之, 宮田隆志, 諸隈智貴, 本原顕太郎, 中田好一, 酒向重行, 茂山俊和, 征矢野隆夫, 高橋英則, 樽澤賢一 (東京大学); はしもとじょーじ, 山下美聖 (岡山大学); 浦川聖太郎, 奥村真一郎 (日本スペースガード協会); 高橋隼, 戸塚都, 伊藤洋一 (兵庫県立大学), 白井文彦 (神戸大学), 池田思朗, 森井幹雄 (統計数理研究所); 板由房, 小久保充 (東北大学); 春日敏測 (国立天文台/京都産業大学); 前原裕之, 渡部潤一, 山下卓也 (国立天文台); 猿楽祐樹 (京都産業大学); 佐藤幹哉 (日本流星研究会); 富永望 (甲南大学); 吉川真 (宇宙航空研究開発機構)

2019年6月28日, Quaoar (小惑星番号 50000) による恒星 (Gaia DR2 catalog source ID: 4145978492632029696, Gaia G バンド等級 = 15.7) の掩蔽が日本で発生すると予報された。恒星掩蔽は観測の難しい外縁天体の大気存在を明らかにすることができる絶好のチャンスである。そのため当日には国内4カ所での掩蔽同時観測を実行した。このうち東京大学木曾観測所では好天に恵まれ, Tomo-e Gozen を用いて掩蔽される恒星の動画観測を実施し, データの取得に成功した。今回掩蔽された恒星の明るさは 15.7 等と, 動画観測のターゲットとしては非常に暗かったものの, Tomo-e Gozen によって極めて高精細な動画データおよび当該恒星の光度曲線を得ることができた。

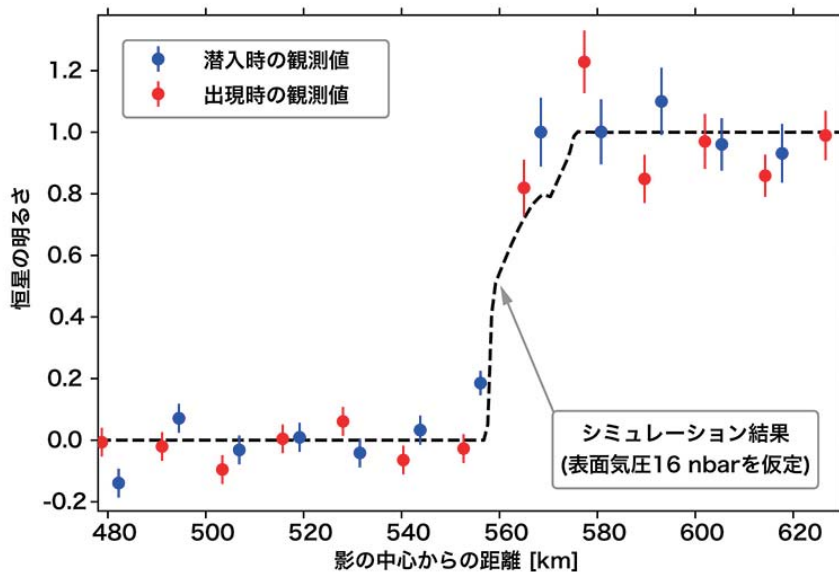


図 3.6: Tomo-e Gozen で観測された掩蔽時の恒星の, Quaoar の影の中心からの距離に対する潜入時と出現時の光度変化. これらの観測点とともに, Quaoar に表面気圧 16 nbar の大気が存在すると仮定した場合に得られる, 恒星の光度変化のシミュレーション値を点線で示している. 仮に Quaoar に大気が存在する場合, 大気の屈折効果によって恒星の光は掩蔽によって瞬間的に明滅することなくゆっくりと光が増減することが予想されるが, 今回得られた観測値からはそのような現象は確認されず, 16 nbar 以上の表面気圧をもった大気存在をしりぞける結果となっている. Arimatsu et al. (2019) より一部改変.

本観測で得られた潜入時と出現時の光度曲線を, 大気による屈折効果を考慮した光度曲線モデルと比較した結果 (図 3.6), 光度曲線からは大気屈折現象は検出されず, 表面大気圧に 3σ upper limit で 16 nbar の上限値を得ることに成功した。この上限値は先行研究と比較して最も小さな値であり, Quaoar の大気圧

に新たな観測的制約を得ることに成功した。以上の結果を The Astronomical Journal 誌において発表した (Arimatsu et al., 2019).

16. X 線連星 MAXI J1820+070 の観測

安達稜, 村田勝寛, 河合誠之 (東京工業大学); 諸隈智貴, 大澤亮 (東京大学・天文学教育研究センター)

MAXI J1820+070 は 2018 年 3 月 11 日 12:50 UT に MAXI/GSC が発見したへびつかい座にある X 線トランジェント天体である (ATel#11399). X 線から電波までさまざまな波長によってフォローアップ観測が実施されている。総光度の大きさや光度に高速変動が見られることからハード状態にあるブラックホール連星であると考えられている (ATel#11418, 11421, 11423, ほか). 天体は 2018 年 7 月 5 日にソフト状態へと遷移し (ATel#11820), 2018 年 9 月 26 日に再びハード状態に戻り (ATel#12057, #12061, #12064), パーストを終えた (ATel#12534). 2019 年 3 月 12 日には可視光で再び明るくなったことが報告されており (ATel#12567), 2019 年 8 月 10 日に 2 度目の再増光が (ATel#13014), 2020 年 2 月 19 日に 3 度目の再増光が (ATel#13502) 可視光で検出されており, 引き続き注目されている天体である。

光赤外線天文学大学間連携事業における ToO 観測によって, 北大のピリカ望遠鏡, 埼玉大の SaCRA 望遠鏡, 東工大の MITSuME 望遠鏡, 兵庫県立大のなゆた望遠鏡, 広島大のかなた望遠鏡, 石垣島のむりかぶし望遠鏡に加え, X 線観測装置 NICER とともに多波長での同時観測を実施した。Tomo-e Gozen では 2019 年 4 月 15 日に 24 Hz の連続観測を実施し, 可視光で 1sec 以下のフレアが発生していることが確認できた。また, NICER との同時観測の結果から, X 線と比較して可視光に 0.7sec 程度のラグが存在することが分かった。この 2019 年 4 月 15 日の同時観測による可視光と X 線のスペクトル解析と時系列解析の結果とフレアに関する議論を日本天文学会 2020 年春季年会において Z423a (安達) 講演で報告した。その後, 2 度目, 3 度目の再増光時において同様の同時観測を実行しており, Tomo-e Gozen では 1 度目の再増光時を含めて合計 24 夜 (同時観測中: 7 夜) の観測を行っている。

17. Ca-rich transient SN 2019ehk の測光分光観測

中岡竜也, 川端弘治, 高木健吾, 今里郁弥, 植村誠, 秋田谷洋, 笹田真人 (広島大学); 前田啓一, 山中雅之, 川端美穂, 長尾崇史, Umut Burgaz, 田口健太, 磯貝桂介, 大塚雅昭, 前原裕之 (京都大学); 田中雅臣 (東北大学); 富永望 (甲南大学); 守屋堯 (国立天文台); 諸隈智貴, 酒向重行, 大澤亮, Ji-an Jiang (東京大学・天文学教育研究センター)

SN 2019ehk は, 2019 年 4 月 29 日に, アマチュア天文家 Jaroslaw Grzegorzec によって NGC 4321 に発見された超新星である。その後の追観測により, 極大付近のスペクトルに水素の吸収線の見られない Ib 型超新星と同定された (Dimitriadis et al., TNSCR, 675, 2019). しかし我々の長期観測の結果, この超新星は Ca-rich transient という, 極めて珍しいタイプの超新星に分類されることが分かった。また, 発見から ~5 日にかけて, 典型的な超新星には見られない増減光を示した。この増減光からは超新星爆発の元となった星 (親星) の情報を引き出すことができるが, 爆発日の不定性が誤差に大きく寄与する。親星の情報を精度よく求めるためには, 発見前に同領域を観測し, 直近の超新星が写っていない日時を正確に求めることが重要であり, Tomo-e Gozen のサーベイ観測で実現できると考えられる。

発見前の 4 月 27 日, Tomo-e Gozen を用いて NGC 4321 を観測していることが分かり, このときの光度は Tomo-e Gozen の検出限界以下であることが分かった。これにより, 不明な部分の多い Ca-rich transient の親星に関する精度の高い情報を得ることができた。この成果は 2020 年春季天文学会で報告を行った。また The Astrophysical Journal 誌に投稿を行い, 近日受理される見込みである。

18. OISTER による特異な Ia 型超新星 SN 2019yvq のフォローアップ観測

山中雅之, 川端美穂, 前田啓一 (京都大学); 中岡竜也, 川端弘治 (広島大学); 諸隈智貴, 大澤亮 (東京大学・天文学教育研究センター)

Ia 型超新星は光度曲線において光度-幅関係を持ち、未知の銀河までの距離を測定することができる重要な天体である。この性質が用いられダークエネルギーの存在が示唆されるなど天文学上重要な貢献があったが、依然としてその正体は明らかとなっていない。光度曲線が観測的一様性を示す一方で、極大光度付近においては膨張速が多様性 ($8,000\text{--}15,000\text{ km s}^{-1}$) を示し、爆発メカニズムがこのようなパラメータレンジを説明することができるのか、観測・理論の双方から国際的にも精力的に研究が進められている。

SN 2019yvq は、2019 年 12 月 28.7 日 (世界時) に日本の超新星ハンター板垣公一氏によって 19.2 Mpc もの近傍の銀河 NGC 4441 に 16.7 mag で発見された。年末年始に関わらず、広島大学かなた望遠鏡および HOWPol によって 1 月 1.8 日に分光観測がなされた。その結果、強い Si II の吸収線が見られ、特異な I 型超新星と同定された。また、発見前日の 12 月 27 日には、板垣氏自身と東京大学木曾観測所シュミット望遠鏡 Tomo-e Gozen によって SN 2019yvq の視野が観測されており、有意な天体は認められていない。その後、我々は京都大学岡山天文台せいめい望遠鏡とかなた望遠鏡で可視・近赤外線の観測を開始した。また、光赤外線大学間連携 (OISTER) の枠組みでも 1 月 8 日に Target-of-Opportunity (ToO) 観測を呼びかけ、可視・近赤外線の測光・分光・偏光の時間発展データを取得することが出来た。ここでは、重要な結果を概観しておく。分光観測の結果からは、速度の大きなサブクラス (HV SN Ia) に一致する Si II の線速度時間発展を示した。極大光度付近のスペクトルプロファイルもこの HV SN Ia に良く類似する。それにも関わらず、極大絶対等級は -17 mag と HV SN Ia では際立って暗いことが明らかになった。過去このようなパラメータスペースを埋めた天体の例はなく、Ia 型超新星の多様性の起源に何らかの重要な示唆を与えるものであると考えられる。

3.2.3 KWFC を用いた研究

1. KISOGP-KWFC 銀河面変光天体探査

松永典之, 小林尚人, 青木勉, 征矢野隆夫, 樽澤賢一, 酒向重行, 諸隈智貴, 土居守, 中田好一, 三戸洋之 (東京大学); 前原裕之, 浮田信治 (国立天文台); 猿楽祐樹 (京都産業大学)

KWFC Intensive Survey of the Galactic Plane (KISOGP) は、KWFC を用いて北半球の銀河面の約 330 平方度を反復して観測し、変光星を探索する 2012 年に開始した大規模プロジェクトの一つである。I バンドを用いて、5 秒積分を 1 回、60 秒積分を 3 回という露光をセットとして、80 の各観測視野をおおよそ月に一回程度の頻度で観測を繰り返した (ただし、観測頻度は銀経に応じて異なる)。2012 年 4 月に観測を開始し、2017 年 3 月までに 25780 回の露光を行って、すべての観測を終了した。実露光時間は合計 328 時間、望遠鏡操作や読み出しのオーバーヘッドにその 4 倍程度がかかるため、それらを含めた総観測時間は約 1640 時間であった。

現在、変光星カタログや関連する論文の出版に向けて、解析と論文執筆を進めているところである。KISOGP で変光を調べられる天体は I バンド等級が $9\text{--}17.5\text{ mag}$ 前後の天体であり、Gaia DR2 の測光カタログとの比較により、 15 mag あたりまでは 90%、 16.5 mag あたりまでは 80% の完全性で天体を検出している。約 700 万天体に対する反復観測データを調べた結果、これまでの解析で 5 万天体以上の変光を検出した。このうちの 80% は、過去に変光天体として報告されていなかった KISOGP で新たに発見した天体である。この中には、多くの食連星、ミラやセファイドのなどの脈動変光星の他、星形成領域にある若い変光天体も数多く含まれる。また、KISOGP プロジェクトでは、早期に発見・確認した変光星について国立天文台野辺山宇宙電波観測所の 45m 電波望遠鏡、国立天文台岡山観測所の 1.9m 望遠鏡 (KOOLS 分光器, ISLE 分光器)、兵庫県立大学西はりま天文台の 2m なゆた望遠鏡 (MALLS) などを用いた追観測を行った。それらのデータを用いた解析と論文執筆も進めているところである。

2020 年度中に変光星カタログをまとめることを目標としている。2019 年度には、北京大学 Kavli 天文及天体物理研究所の Chen Xiaodian, Anupam Bhardwaj (2 回), Tapas Baug, および中国国家天文台の

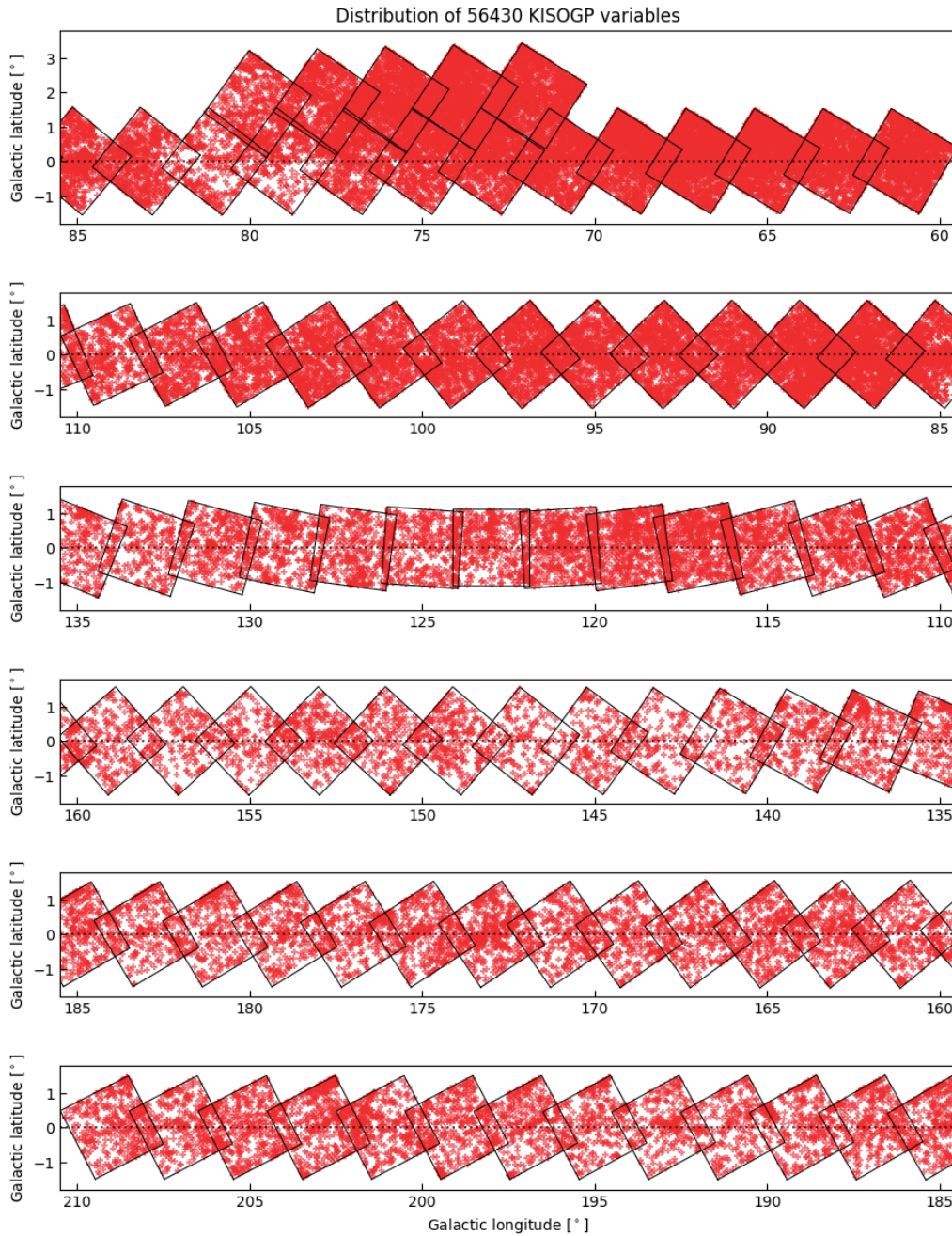


図 3.7: KISOGP が観測を行った 80 領域とこれまでの解析で得た 56430 個の変光星の分布.

Wang Shu の各氏が東京大学 (本郷) に数週間ずつ滞在し, KISOGP の解析や論文執筆計画について議論を行った.

2. 高エネルギーニュートリノ事象 IceCube-170922A に対する可視光追観測

諸隈智貴, 大澤亮, 酒向重行 (東京大学・天文学教育研究センター); 内海洋輔 (スタンフォード大学); 太田耕司, 山中雅之, 川端美穂 (京都大学); 田中康之, 川端弘治, 中岡竜也 (広島大学); 伊藤亮介 (美星天文台); 冨永望 (甲南大学); 田中雅臣 (東北大学); 吉田道利, 山下拓時 (国立天文台); 松岡良樹 (愛媛大学); 村田勝寛 (東京工業大学); 高山正輝, 本田敏志 (兵庫県立大学); 森鼻久美子 (名古屋大学)

南極の IceCube 実験により 2017 年 9 月 22 日に検出された高エネルギーニュートリノ事象 IceCube-170922A に対して、可視・近赤外線での追観測を行なった。本事象は、約 1 度の位置決定精度であったが、かなた望遠鏡 HONIR を用いた即時追観測により明らかになった近赤外線 (J バンド) における急激な減光や、Fermi 衛星によるガンマ線の増光から、ブレーザー TXS 0506+056 が対応天体であると考えられる。これは高エネルギーニュートリノ事象としては初の電磁波対応天体の同定となる。

木曾シュミット望遠鏡 KWFC では、ToO 観測として、本ブレーザーを含む誤差領域全体に対して、アラート直後から g, r, i バンドでの撮像観測を実行した。開発中の Tomo-e Gozen Q1 を用いた 2Hz 読み出しのデータも 10 分程度取得したが、秒スケールの変動は検出されなかった。ASAS-SN グループによるモニター観測の結果とあわせると、ガンマ線同様、可視光でも、ニュートリノ検出より少し前から天体の増光が始まっている。また、このブレーザーの可視・近赤外における光度変動の structure function を求めたところ、他の論文で得られている SDSS quasar や blazar の光度変動よりはやや大きな値が得られたが、統計的な有意度は低く、光度変動の観点ではこの天体が特別な変動を示している blazar という証拠はなく、また、ニュートリノの検出時期が特別な時期であったという示唆も得られなかった。また、かなた望遠鏡で取得した偏光データの解析により、ニュートリノ検出の約半年後に偏光度及び偏光方位角の変動が検出された。これらの結果を査読論文として準備しており、投稿間近である。

3.2.4 写真乾板を用いた研究

シュミット乾板のデジタル化とその公開

中嶋浩一 (一橋大学); 宮内良子 (国立天文台); 青木星 (明星大学); 青木勉, 征矢野隆夫, 小林尚人, 樽澤賢一, 森由貴 (東京大学・木曾観測所); 猿楽祐樹 (京都産業大学); 古澤順子, 市川伸一 (国立天文台)

木曾観測所の 105cm シュミット望遠鏡で撮影された写真乾板は 1975 年の観測開始から 1999 年までに 7039 枚が登録されている。1999 年以降写真乾板による観測は行われていないが、すべての乾板が観測所内の保管庫に収納されている。これらは、天体现象の数十年スケールの時間変動や突発現象の研究に有効に利用されるデータを提供するものであり、貴重な資料として保存されねばならない。また、これらは保存だけでなく有効な利用を可能にするためにデジタル化して公開することも重要である。本プロジェクトはこのような観点から、木曾観測所のシュミット乾板をすべてデジタル化する目的で、2015 年に開始され、2019 年 3 月の段階で全ての乾板のデジタル化が完了した。乾板のスキャンには、A3 判フラットベッドスキャナ (EPSON: ES-G11000) を用いた。透過光方式で乾板をスキャンしデジタル化する。木曾観測所の写真乾板には 4 つのウェッジが焼きこまれているが、その内 2 つをカットすれば A3 判で殆どすべての画像を取り込むことができる (図 3.2.4 参照)。スキャンは解像度を 1200dpi に設定し、tif 画像 (1 枚約 230MB) 形式で保存している。測定されたデータは国立天文台天文データセンター (NAOJ/ADC) の SMOKA グループにより DB 化し、検索システムの開発を行った上で、2019 年 9 月 11 日より公開が開始されている。SMOKA は、日本の光赤外大口径望遠鏡の統合的な観測データアーカイブシステムである。観測者占有期間が終了した公開観測データをインターネットを介して配布しており、研究・教育目的であれば、誰でもデータを取得することが可能である。

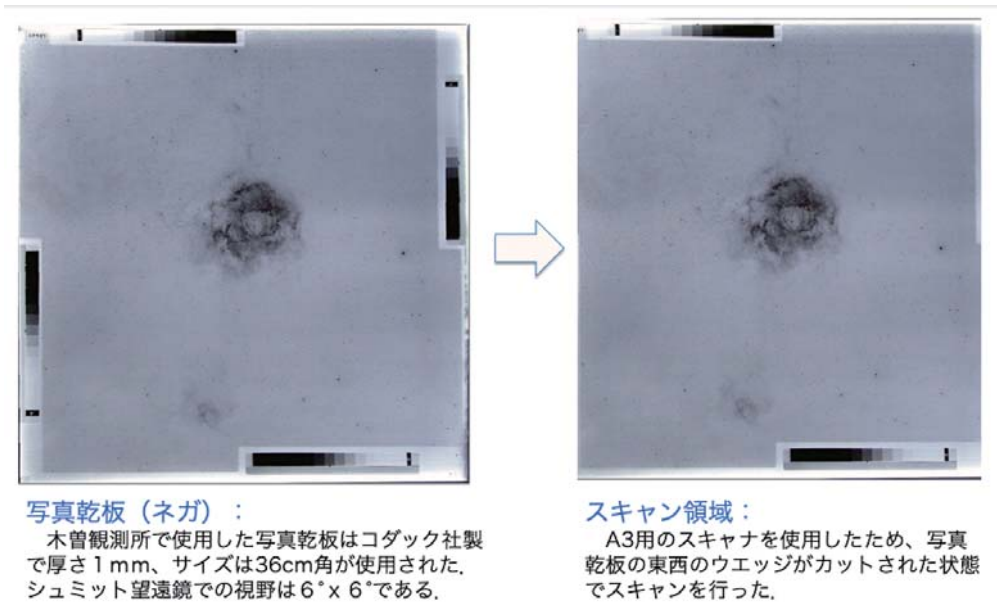
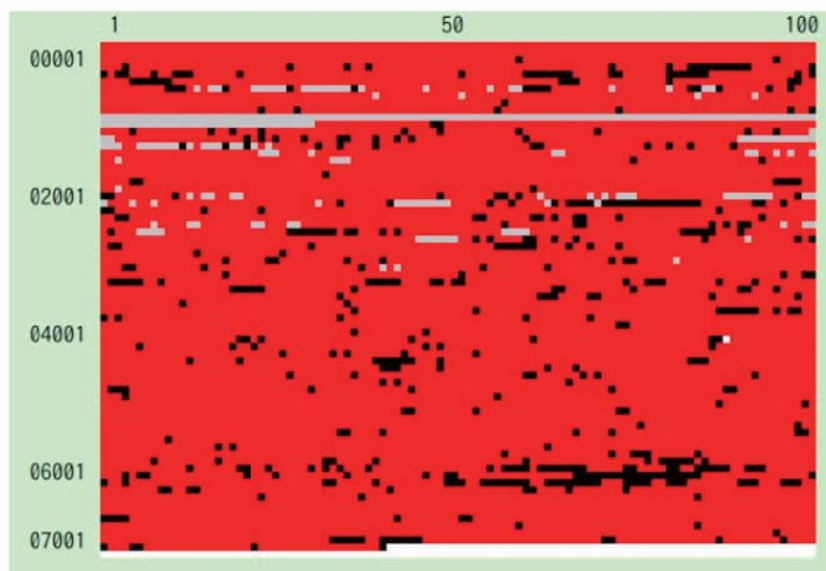


図 3.8: 写真乾板のデジタルスキャン領域.



測定状況：
上図は7039枚の写真乾板のスキャン状況を示している。
■ スキャンされた乾板。 ■ 欠番、紛失、試験観測等で除外された乾板。
■ 規格外の理由で除外された乾板を示す。

図 3.9: 写真乾板のスキャン状況.

3.2.5 望遠鏡とドームの保守、整備

105cm シュミット望遠鏡

2019年度は当年度新規採用職員が2名おり、逆に年度で退職が予定されている職員もいるため、技術継承も兼ねて、2012年の蒸着以来105cmシュミット望遠鏡主鏡の取り外し・洗浄作業をメインに行った。他、2018年9月のKWFCのdecommitonに伴い、シュミット望遠鏡に搭載されているKWFC関連機器の取り外しとそれに併せての望遠鏡のバランス調整も行った。赤経軸、赤緯軸ともに10kgf以下のバランス調整ができており、安定した望遠鏡駆動が可能となった。また、観測領域拡大の要求を受け、RA機械式リミットスイッチの位置変更も行った。さらに、久しく行われていなかったドーム架線トロリーの交換を実施した。上記を含め2019年度に行った望遠鏡、ドーム関係の保守・整備項目は以下の通り。

- 主鏡洗浄
- KWFC 関連機器取り外し
- シュミット望遠鏡内バランスウェイトの取り外しとバランス調整
- RA 軸機械式ストッパーリミットの位置変更
- シュミット補正板清掃
- 20cm 案内望遠鏡レンズ清掃
- 架線トロリー交換及びスピードアップ調整
- 架線点検

また、年度内にわたって望遠鏡制御系に関しての不具合の洗い出しを行った結果、修正項目が多く見つかった(制御計算機とコントローラの時刻不具合、HAリミットの不具合、ドーム回転位置異常等)。これらについては制御系の改修を行った西村製作所に作業を依頼しないといけないため、次年度順次改修・修正を行っていく予定である。

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。望遠鏡が収められる2.8mドームを含めたこの施設は2002年に設置され、一般観望会や教育目的等で使用されてきた。しかし動作はするものの制御システムが古いものになり、今後長期的な運用は難しいと言わざるを得ない状況であった。そこで将来的な運用継続と性能の向上を目指し、制御系(赤道儀制御機構)の刷新と望遠鏡の機能追加を行った。

赤道儀制御として新たに望遠鏡制御器「ATRASTAR」を設置した。制御用計算機の更新も行い(OSがWindows98からWindows10に)、安定した運用が可能となった。使用される望遠鏡駆動ソフトとして新たに「ATRAS」を採用し、天文シミュレーションソフトであるステラナビゲーターからの制御が可能になった。機械的追加機能としてファンを搭載した主鏡セルに交換した。これは主鏡温度、鏡筒内温度、外気温をモニターし、温度差が生じた際にファンを自動稼働することで温度差を無くし、像のゆらぎを抑える機能を持っている。また望遠鏡光軸調整を行い、視野内でのフォーカスずれがほぼなくなった。他には、鏡筒に通信・電源ユニットを設置することで、デジタルカメラやCCDの電源、通信が容易となった。フォーカス調整のハンドセットも鏡筒に設置され、眼視或いはカメラモニターを見ながらのフォーカス調整が可能となった。

望遠鏡駆動に関して、ドライバが古く、高速駆動時の不具合や駆動そのものがスムーズではない不具合があるため、年度明け早々に駆動ドライバの更新も予定している。併せてポインティング調整も行う。



図 3.10: (左) 刷新された 30cm 望遠鏡. (右) 新しい制御システム (画面) .

3.2.6 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); 田中培生 (東京大学・天文学教育研究センター); 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.

2. スターバースト銀河 NGC253 の空間分解された星形成活動

高橋英則(東京大学・木曾観測所); 中西康一郎, 松尾宏(国立天文台)

miniTAO/ANIRによるスターバースト銀河 NGC253 のデータ解析を進めている。データは2013年11月の観測ランで取得されたもので、continuumを含む $\text{Pa}\alpha$, $\text{Pa}\beta$ を中心に電離領域の空間分布を探る。これらを併せて議論することで星形成の空間分布の他に、その進化を追うことができる。近赤外線にある水素再結合線 $\text{Pa}\alpha$ は、可視の $\text{H}\alpha$ などに比べて長波長にあるため、ダスト減光に強く、銀河内部まで見通すことができる。特にダストが豊富な星形成領域における星形成活動を見るよい指標になる。NGC253は比較的近傍にあるスターバースト銀河であり、ANIRによって空間分解した星形成活動を調査することができる。ANIRのデータ以外にも、VLAやNROでの電波観測、あかりやHerschelの遠赤外線データと比較することで、温度や密度などの空間分解した物理状態に強い制限を与えることができる。

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)

様々な天文学の研究分野から強い要請がありながら、世界的にも実用例がない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)を大口径望遠鏡の観測装置の前置光学モジュールとして搭載、その実用可能性を示すことを主目的とした開発研究を行っている。科学的には、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にある。2019年度までに近赤外 $1\sim 2.5\mu\text{m}$ において高い反射率($\sim 95\%$)を維持する平行平面基板(エタロン)の設計、製作を進めた。さらにこれを保持し、2枚のエタロンのギャップを可変にする駆動機構の概念設計を行った。この分光モジュールの開発のキーとなるのは、冷却下において駆動をサブミクロン以下の精度で行わなければならないところにある。そのため駆動素子の選定が重要であり、様々な機構(電磁石、ボイスコイル、ピエゾ、低温モータなど)について検討を行い、国内外問わず入手性の調査も行った。その結果、機械的な使用環境や精度、光学的な分光性能を満たす素子を選定するに至った。次年度以降、駆動機構の製作を行い、光学素子と組み合わせた光学特性試験を行う。

4. 赤色巨星の $0.91\text{-}1.33\mu\text{m}$ 波長スペクトルによる微小乱流速度と金属量の測定

近藤荘平(東京大学・木曾観測所); 福江慧(京都産業大学); 松永典之(東京大学・天文学教室); 池田優二(フォトコーディング); 谷口大輔(東京大学・天文学教室); 小林尚人(東京大学・木曾観測所); 鮫島寛明(東京大学・天文学教育研究センター); 濱野哲史(国立天文台); 新井彰, 河北秀世(京都産業大学); 安井千香子(国立天文台); 泉奈都子(茨城大学); 水本岬希(英国ダーラム大学); 大坪翔悟, 竹中慶一, 渡瀬彩華, 朝野彰(京都産業大学); 吉川智裕(エデックス); 辻本拓司(国立天文台)

星の化学組成の詳細な解析は、可視光高分散スペクトルで非常に広く行なわれているが、近赤外波長の分光器の発達によって、この新しい波長域でも進めることが可能になっており、例えば、可視光よりも星間減光に強い近赤外波長で星の分光観測を進めることは大きなメリットとなる。可視光だけでなく、近赤外波長でも、星のスペクトルには多くの吸収線が存在するが、そのラインの性質は必ずしも同じである保証がないため、ラインの選定、導出方法を検証する必要がある。そこで我々は、京都産業大学神山天文台の荒木望遠鏡に当時搭載されていた WINERED で典型的な赤色巨星である Arcturus と μ Leo を観測し、高分散 ($R=28,000$) かつ高 $S/N(>500)$ の近赤外スペクトルを取得した。WINERED は $0.9\text{-}1.35\mu\text{m}$ で分解能 $R=28,000\text{-}70,000$ で高感度(装置のスループット $>50\%$) な高分散分光器である。初めに、 z' , Y , J -bands 波長において、異なる2つのラインリスト、the Vienna Atomic Line Database(VALD) と Meléndez & Barbuy 1999 (MB99) に基づき、十分に吸収が深くかつブレンドしていない107本のFeIライン(VALD:97本, MB99:77本)をシステムチックに選択した。ATLAS9ベースの恒星スペクトル合成プログラム SPTOOL の1つの機能である MPFIT を用い、選択した個々のFeIのラインの鉄アバundance

($\log \epsilon_{\text{Fe}}$) 推定した。星の $\log \epsilon_{\text{Fe}}$ を求めるために、個々のライン強度に対し、 $\log \epsilon_{\text{Fe}}$ に依存性を持たないような微小乱流速度 ($\xi \text{ km s}^{-1}$) を求める必要がある。本研究では、ブートストラップ法によって ξ と $\log \epsilon_{\text{Fe}}$ の代表値 (中央値) とその誤差を同時に決めることができ、2つの恒星と2種類のラインリストのそれぞれの場合でおこなった。Arcturus, μ Leo の両天体で、MB99を用いた方が VALD を用いた場合よりも、過去の文献値とよく一致し、かつ誤差も小さいことから、最終結果としては、ラインリストとして MB99 をもちいた場合の結果を採用し、Arcturus は $\xi = 1.20 \pm 0.11 \text{ km s}^{-1}$, $\log \epsilon_{\text{Fe}} = 7.01 \pm 0.05 \text{ dex}$ であり、 μ Leo は $\xi = 1.54 \pm 0.17 \text{ km s}^{-1}$, $\log \epsilon_{\text{Fe}} = 7.73 \pm 0.07 \text{ dex}$ となった。この結果は Kondo, S., Fukue, K., Matsunaga, N., et al. 2019, ApJ, 875, 129 として出版された。

5. WINERED のマゼラン望遠鏡移設への準備

近藤荘平, 小林尚人 (東京大学・木曾観測所); 松永典之 (東京大学・天文学教室); 猿楽祐樹, 大坪翔悟, 河北秀世 (京都産業大学); 池田優二 (フォトコーディング)

WINERED は 2016 年 12 月からチリ共和国で ESO が運営する La Silla 観測所の NTT3.58m 望遠鏡で観測を行っていた。この度、より高感度な観測を目的として、同じチリ共和国のラスカンパナス天文台のマゼラン 6.5m 望遠鏡への移設、観測をカーネギー研究所の Andrew McWilliam 氏と進めている。WINERED を La Silla 観測所から直接輸送することは、関税の関係で不可能であったため、一度、チリから日本に戻す必要があった。検出器部分を含んだクライオスタットと冷却機器以外については、チリ国のラスカンパナス観測所に送り出した。日本に残している検出器とそれを含んだクライオスタットについて、京都産業大学の神山天文台で冷却、読み出し試験を実施し、NTT の時と同様なパフォーマンスであることを確認した。

6. Ge-immersion grating を用いた赤外線分光器 VINROUGE の開発

近藤荘平, 小林尚人 (東京大学・木曾観測所); 猿楽祐樹, 大坪翔悟, 木村成美, 河北秀世 (京都産業大学); 池田優二 (フォトコーディング)

初めて Ge-immersion grating を用いた波長域 2-5 μm の高分散分光器 ($R = 80,000$) 「VINROUGE」の開発を京都産業大学の神山天文台のメンバーを中心とした赤外線高分散分光ラボ (LiH= Laboratory of infrared High-resolution spectroscopy) で進めている。本年度、木曾観測所で Slit viewer 用の 5.3 μm cut-off の HAWAII-1RG の駆動試験を開始した。検出器をカセットにインストールし、液体窒素温度まで冷却を行い、Teledyne 社製の読み出しシステムの SIDECAR ASIC と SAM を用い検出器駆動を確認した。一方で、5.3 μm cut-off の検出器の駆動温度としては高い状況にあるため、背景光 (もしくは dark) が高く、光を検出できる状況ではなかった。そのため、液体窒素容器の減圧を行い液体窒素を固化させることで温度を下げる予定であり、その準備を進めている。

3.2.7 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。

欧文論文

[2019]

1. Urakawa, S.; Ohsawa, R.; Sako, S.; Okumura, S.; Sakurai, Y.; Takahashi, J.; Imamura, K.; Naito, H.; Watanabe, F.; Nagayoshi, R.; Murakami, Y.; Okazaki, R.; Sekiguchi, T.; Ishiguro, M.; Michikami, T.; Yoshikawa, M.
“Shape and Rotational Motion Models for Tumbling and Monolithic Asteroid 2012 TC4: High Time Resolution Light Curve with the Tomo-e Gozen Camera ”
The Astronomical Journal, Volume 157, Issue 4, article id. 155, 13 pp. (04/2019)
2. Kondo, S.; Fukue, K.; Matsunaga, N.; Ikeda, Y.; Taniguchi, D.; Kobayashi, N.; Sameshima, H.; Hamano, S.; Arai, A.; Kawakita, H.; Yasui, C.; Izumi, N.; Mizumoto, M.; Otsubo, S.; Takenaka, K.; Watase, A.; Asano, A.; Yoshikawa, T.; Tsujimoto, T.
“Fe I Lines in 0.91 — 1.33 μm Spectra of Red Giants for Measuring the Microturbulence and Metallicities ”
The Astrophysical Journal, Volume 875, Issue 2, article id. 129, 13 pp. (04/2019)
3. Moriya, T. J.; Tanaka, M.; Yasuda, N.; Jiang, J.; Lee, C.; Maeda, K.; Morokuma, T.; Nomoto, K.; Quimby, R. M.; Suzuki, N.; Takahashi, I.; Tanaka, M.; Tominaga, N.; Yamaguchi, M.; Bernard, S. R.; Cooke, J.; Curtin, C.; Galbany, L.; González-Gaitán, S.; Pignata, G.; Pritchard, T.; Komiyama, Y.; Lupton, R. H.
“First Release of High-Redshift Superluminous Supernovae from the Subaru HIgh-Z SUPernova CAmpaign (SHIZUCA). I. Photometric Properties ”
The Astrophysical Journal Supplement Series, Volume 241, Issue 2, article id. 16, 19 pp. (04/2019)
4. Curtin, C.; Cooke, J.; Moriya, T. J.; Tanaka, M.; Quimby, R. M.; Bernard, S. R.; Galbany, L.; Jiang, J.; Lee, C.; Maeda, K.; Morokuma, T.; Nomoto, K.; Pignata, G.; Pritchard, T.; Suzuki, N.; Takahashi, I.; Tanaka, M.; Tominaga, N.; Yamaguchi, M.; Yasuda, N.
“First Release of High-redshift Superluminous Supernovae from the Subaru HIgh-Z SUPernova CAmpaign (SHIZUCA). II. Spectroscopic Properties ”
The Astrophysical Journal Supplement Series, Volume 241, Issue 2, article id. 17, 14 pp. (04/2019)
5. Tateuchi, K.; Motohara, K.; Konishi, M.; Takahashi, H.; Kitagawa, Y.; Kato, N.; Todo, S.; Komugi, S.; Ohsawa, R.; Doi, M.; Yoshii, Y.
“Ground-based Pa α narrow-band imaging of local luminous infrared galaxies. II. Bulge structure and star formation activity ”
Publications of the Astronomical Society of Japan, Volume 71, Issue 3, id.64 (06/2019)
6. Morokuma-Matsui, K.; Morokuma, T.; Tominaga, N.; Hatsukade, B.; Hayashi, M.; Tamura, Y.; Matsuda, Y.; Motogi, K.; Niinuma, K.; Konishi, M.
“ALMA Observations of Molecular Gas in the Host Galaxy of AT2018cow ”
The Astrophysical Journal Letters, Volume 879, Issue 1, article id. L13, 6 pp. (07/2019)
7. Hamano, S.; Kawakita, H.; Kobayashi, N.; Takenaka, K.; Ikeda, Y.; Matsunaga, N.; Kondo, S.; Sameshima, H.; Fukue, K.; Yasui, C.; Mizumoto, M.; Otsubo, S.; Watase, A.; Yoshikawa, T.; Kobayashi, H.
“First Detection of A-X (0,0) Bands of Interstellar C2 and CN”
The Astrophysical Journal, Volume 881, Issue 2, article id. 143, 13 pp. (08/2019)

8. Yasuda, N.; Tanaka, M.; Tominaga, N.; Jiang, J.; Moriya, T. J.; Morokuma, T.; Suzuki, N.; Takahashi, I.; Yamaguchi, M. S.; Maeda, K.; Sako, M.; Ikeda, S.; Kimura, A.; Morii, M.; Ueda, N.; Yoshida, N.; Lee, C.; Suyu, S. H.; Komiyama, Y.; Regnault, N.; Rubin, D.
“The Hyper Suprime-Cam SSP transient survey in COSMOS: Overview ”
Publications of the Astronomical Society of Japan, Volume 71, Issue 4, id.74 (08/2019)
9. Morokuma-Matsui, K.; Serra, P.; Maccagni, F. M.; For, B.; Wang, J.; Bekki, K.; Morokuma, T.; Egusa, F.; Espada, D.; Miura, R. E.; Nakanishi, K.; Koribalski, B. S.; Takeuchi, T. T.
“Complex distribution and velocity field of molecular gas in NGC 1316 as revealed by the Morita Array of ALMA”
Publications of the Astronomical Society of Japan, Volume 71, Issue 4, id.85 (08/2019)
10. Moriya, T. J.; Tanaka, M.; Morokuma, T.; Pan, Y.; Quimby, R. M.; Jiang, J.; Kawana, K.; Maeda, K.; Nomoto, K.; Suzuki, N.; Takahashi, I.; Tanaka, M.; Tominaga, N.; Yamaguchi, M.; Yasuda, N.; Cooke, J.; Curtin, C.; Galbany, L.; González – *Gaitán*, S.; Lee, C.; Pignata, G.; Pritchard, T.
“HSC16aayt: A Slowly Evolving Interacting Transient Rising for More than 100 Days ”
The Astrophysical Journal, Volume 882, Issue 1, article id. 70, 11 pp. (09/2019)
11. Tominaga, N.; Morokuma, T.; Tanaka, M.; Yasuda, N.; Furusawa, H.; Tanaka, M.; Jiang, J.; Tolstov, A.; Blinnikov, S.; Doi, M.; Iwata, I.; Kuncarayakti, H.; Moriya, T. J.; Nagao, T.; Nomoto, K.; Noumaru, J.; Takata, T.
“A Rapidly Declining Transient Discovered with the Subaru/Hyper Suprime-Cam”
The Astrophysical Journal, Volume 885, Issue 1, article id. 13, 14 pp. (11/2019)
12. Minezaki, T.; Yoshii, Y.; Kobayashi, Y.; Sugawara, S.; Sakata, Y.; Enya, K.; Koshida, S.; Tomita, H.; Suganuma, M.; Aoki, T.; Peterson, B. A.
“Reverberation Measurements of the Inner Radii of the Dust Tori in Quasars”
The Astrophysical Journal, Volume 886, Issue 2, article id. 150, 24 pp. (12/2019)
13. Arimatsu, K.; Ohsawa, R.; Hashimoto, G. L.; Urakawa, S.; Takahashi, J.; Tozuka, M.; Itoh, Y.; Yamashita, M.; Usui, F.; Aoki, T.; Arima, N.; Doi, M.; Ichiki, M.; Ikeda, S.; Ita, Y.; Kasuga, T.; Kobayashi, N.; Kokubo, M.; Konishi, M.; Maehara, H.; Matsunaga, N.; Miyata, T.; Morii, M.; Morokuma, T.; Motohara, K.; Nakada, Y.; Okumura, S.; Sako, S.; Sarugaku, Y.; Sato, M.; Shigeyama, T.; Soyano, T.; Takahashi, H.; Tarusawa, K.; Tominaga, N.; Watanabe, J.; Yamashita, T.; Yoshikawa, M.
“New Constraint on the Atmosphere of (50000) Quaoar from a Stellar Occultation”
The Astronomical Journal, Volume 158, Issue 6, article id. 236, 7 pp. (12/2019)
14. Yasui, C.; Hamano, S.; Fukue, K.; Kondo, S.; Sameshima, H.; Takenaka, K.; Matsunaga, N.; Ikeda, Y.; Kawakita, H.; Otsubo, S.; Watase, A.; Taniguchi, D.; Mizumoto, M.; Izumi, N.; Kobayashi, N.
“Possible progression of mass flow processes around young intermediate-mass stars based on high-resolution near-infrared spectroscopy. I. Taurus ”
The Astrophysical Journal, Volume 886, Issue 2, article id. 115, 20 pp. (12/2019)

[2020]

1. Matsunaga, N.; Taniguchi, D.; Jian, M.; Ikeda, Y.; Fukue, K.; Kondo, S.; Hamano, S.; Kawakita, H.; Kobayashi, N.; Otsubo, S.; Sameshima, H.; Takenaka, K.; Tsujimoto, T.; Watase, A.; Yasui, C.; Yoshikawa, T.
“Identification of Absorption Lines of Heavy Metals in the Wavelength Range 0.97 — 1.32 μm ”
The Astrophysical Journal Supplement Series, Volume 246, Issue 1, article id. 10, 14 pp. (01/2020)
2. Pandey, A. K.; Sharma, Saurabh; Kobayashi, N.; Sarugaku, Y.; Ogura, K.
“Large-scale star formation in Auriga region”
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 492, Issue 2, p.2446-2467 (02/2020)
3. Richmond, M. W.; Tanaka, M.; Morokuma, T.; Sako, S.; Ohsawa, R.; Arima, N.; Tominaga, N.; Doi, M.; Aoki, T.; Arimatsu, K.; Ichiki, M.; Ikeda, S.; Ita, Y.; Kasuga, T.; Kawabata, K. S.; Kawakita, H.; Kobayashi, N.; Kokubo, M.; Konishi, M.; Maehara, H.; Mito, H.; Miyata, T.; Mori, Y.; Morii, M.; Motohara, K.; Nakada, Yoshikazu; Okumura, S.; Onozato, H.; Sarugaku, Y.; Sato, M.; Shigeyama, T.; Soyano, T.; Takahashi, H.; Tanikawa, A.; Tarusawa, K.; Urakawa, S.; Usui, F.; Watanabe, J.; Yamashita, T.; Yoshikawa, M.
“An optical search for transients lasting a few seconds ”
Publications of the Astronomical Society of Japan, Volume 72, Issue 1, id.3 (02/2020)
4. Sinha, Tirthendu; Sharma, Saurabh; Pandey, A. K.; Yadav, R. K.; Ogura, K.; Matsunaga, N.; Kobayashi, N.; Bisht, P. S.; Pandey, R.; Ghosh, A.
“Variable stars in the Sh 2-170 H II region ”
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 493, Issue 1, p.267-287 (03/2020)
5. Jiang, J.; Yasuda, N.; Maeda, K.; Doi, M.; Shigeyama, T.; Tominaga, N.; Tanaka, M.; Moriya, T. J.; Takahashi, I.; Suzuki, N.; Morokuma, T.; Nomoto, K.
“The HSC-SSP Transient Survey: Implications from Early Photometry and Rise Time of Normal Type Ia Supernovae ”
The Astrophysical Journal, Volume 892, Issue 1, id.25 (03/2020)

国際会議集録等

[2020]

1. Onaka, T.; Nakamura, T.; Sakon, I.; Ohsawa, R.; Wu, R.; Kaneda, H.; Leboutelle, V.; Roellig, T. L.
“Processing of nano dust particles in galaxies ”
Astronomy in Focus XXX, presented at IAU XXX General Assembly, Vienna, Austria. Proceedings of the IAU, 2020, pp. 391-392 (03/2020)

3.2.8 天文電報等

[2019]

1. Tanaka, M.; Niino, Y.; Morokuma, T.; Tominaga, N.; Utsumi, Y.; Yanagisawa, K.; Murata, K. L.; Onozato, H.; Akitaya, H.; Itoh, R.; Sekiguchi, Y.; Oasa, Y.
“LIGO/Virgo S190412m: J-GEM optical/NIR follow-up observations. ”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 24113, #1 (04/2019)
2. Jaeger, M.; Prospero, E.; Vollmann, W.; Ohsawa, R.; Morokuma, T.; Baransky, A.; Ikari, Y.; Jahn, J.; Felber, T.; Africano, B. M.; Christensen, E. J.; Farneth, G. A.; Fuls, D. C.; Gibbs, A. R.; Grauer, A. D.; Groeller, H.; Kowalski, R. A.; Larson, S. M.; Leonard, G. J.; Pruyne, T. A. Seaman, R. L.; Shelly, F. C.; Hug, G.; Grimm, L.; Luna, V.; Adamovsky, M.; Pascoli Observatory, G.; Bacci, R.; Korlevic, K.; Nishiyama, K.; Fujiwara, T.; Yanagisawa, T.; Kurosaki, H.; Kamiya, K.; Onodera, H.; Sato, H.
“2019 GW1 ”
Minor Planet Electronic Circ., No. 2019-G66 (2019). (04/2019)
3. Niino, Y.; Morokuma, T.; Ohsawa, R.; Sako, S.; Shikauchi, M.; Yanagisawa, K.; Takagi, K.; Nakaoka, T.; Sasada, M.; Saito, T.; Itoh, R.; Ohta, K.; Utsumi, Y.; Sekiguchi, Y.; Tominaga, N.
“LIGO/Virgo S190426c: J-GEM optical/NIR follow-up observations. ”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 24299, #1 (04/2019)
4. Kawabata, K. S.; Nishinaka, Y.; Akitaya, H.; Tanaka, M.; Takarada, T.; Oasa, Y.; Sekiguchi, Y.; Ohsawa, R.; Morokuma, T.; Niino, Y.; Murata, K. L.; Shiraiishi, K.; Yatsu, Y.; Yanagisawa, K.; Yoshida, M.; Kamei, Y.; Abe, F.; Tristram, P. J.; Tominaga, N.; Onozato, H. Itoh, R.; Utsumi, Y.
“LIGO/Virgo S190412m: Further J-GEM optical/NIR observations=20. ”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 24350, #1(04/2019)
5. Tanaka, M.; Tominaga, N.; Morokuma, T.; Collaboration, A. T. G.
“Transient Discovery Report for 2019-04-09 ”
Transient Name Server Discovery Report, No. 2019-527 (04/2019)
6. Tanaka, M.; Tominaga, N.; Morokuma, T.; Collaboration, A. T. G.
“Transient Classification Report for 2019-04-09 ”
Transient Name Server Classification Report, No. 2019-1260 (04/2019)
7. Murata, K. L.; Sasada, M.; Nakaoka, T.; Morokuma, T.; Utsumi, Y.
“LIGO-Virgo GW S190408an: J-GEM optical/NIR follow-up observations. ”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 24064, #1 (04/2019)
8. Morokuma, T.; Ohta, K.; Yoshida, M.; Aoki, K.; Tanaka, M.; Sasada, M.; Nakaoka, T.; Akitaya, H.; Kawabata, K. S.; Itoh, R.; Utsumi, Y.
“LIGO/Virgo S190425z: J-GEM spectroscopic observations of AT2019ebq/PS19qp with Subaru/FOCAS. ”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 24230, #1 (04/2019)
9. Sasada, M.; Akitaya, H.; Nakaoka, T.; Yoshida, M.; Tanaka, M.; Tominaga, N.; Ohgami, T.; Kaneko, A.; Itoh, R.; Sekiguchi, Y.; Utsumi, Y.; Morokuma, T.; Niino, Y.; Ohsawa, R.; Murata, K. L.
“LIGO/Virgo S190425z: J-GEM optical follow-up observations with Subaru/FOCAS. ”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 24192, #1 (04/2019)

10. Kawabata, K. S.; Sasada, M.; Nakaoka, T.; Akitaya, H.; Imazato, F.; Nishinaka, Y.; Yanagisawa, K.; Yoshida, M.; Morokuma, T.; Tominaga, N.; Yatsu, Y.; Murata, K. L.; Tristram, P.; John, U.; Suematsu, H.; Yamawaki, T.; Matsubayashi, K.; Saito, T.; Onozato, H.; Itoh, R. Sekiguchi, Y.; Oasa, Y.; Takarada, T.; Kanai, K.; Takeuchi, H.; Yanagisawa, K.
“LIGO/Virgo S190510g: J-GEM optical/NIR follow-up observations.”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 24464, #1 (05/2019)
11. Sasada, M.; Nakaoka, T.; Akitaya, H.; Kawabata, K.; Utsumi, Y.; Itoh, R.; Morokuma, T.; Ohta, K.; Yamanaka, M.
“IceCube-190504A: Kanata optical/NIR follow-up observations.”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 24675, #1 (05/2019)
12. Nakaoka, T.; Sasada, M.; Adachi, R.; Yatsu, Y.; Murata, K. L.; Yanagisawa, K.; Yoshida, M.; Onozato, H.; Tanaka, M.; Morokuma, T.; Utsumi, Y.; J-GEM Collaboration
“LIGO/Virgo S190814bv: No candidates found in J-GEM follow-up observations”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 25377 (08/2019)
13. Morokuma, T.; Utsumi, Y.; J-GEM Collaboration
“LIGO/Virgo S190930t: Upper limits on the two of the ZTF/GROWTH candidates”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 25907 (10/2019)
14. Murata, K. L.; Sasada, M.; Morokuma, T.; Utsumi, Y.; J-GEM Collaboration
“LIGO/Virgo S190930t: J-GEM follow-up observations for AT2019rpj”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 25920 (10/2019)

[2020]

1. Ohgami, T.; Tominaga, N.; Morokuma, T.; Terai, T.; Takagi, Y.; Yanagisawa, K.; Yoshida, M.; Onozato, H.; Sasada, M.; Tanaka, M.; Utsumi, Y.; J-GEM Collaboration
“LIGO/Virgo S200224ca: Subaru/Hyper Suprime-Cam follow-up observations”
GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 27205 (02/2020)
2. Tominaga, N.; Tanaka, M.; Morokuma, T.; Utsumi, Y.; Yamaguchi, M. S.; Yasuda, N.; Tanaka, M.; Yoshida, M.; Fujiyoshi, T.; Furusawa, H.; Kawabata, K. S.; Lee, C. -H.; Motohara, K.; Ohsawa, R.; Ohta, K.; Terai, T.; Abe, F.; Aoki, W.; Asakura, Y.; Barway, S. Bond, I. A.; Fujisawa, K.; Honda, S.; Ioka, K.; Itoh, Y.; Kawai, N.; Kim, J. H.; Koshimoto, N.; Matsubayashi, K.; Miyazaki, S.; Saito, T.; Sekiguchi, Y.; Sumi, T.; Tristram, P. J.
“VizieR Online Data Catalog: Subaru HSC counterpart candidates of GW170817 (Tominaga+, 2018)”
VizieR On-line Data Catalog: J/PASJ/70/28. (02/2020)

学位論文

1. 森田 雅大
「Fermi-LAT ガンマ線源の可視光度変動観測によるブレイザー対応天体推定」
東京大学 令和1年度 修士論文
2. 浜崎 凌
「Tomo-e Gozen サーベイにおける画像認識を用いた超新星の検出」
甲南大学 令和1年度 修士論文

3. 千葉 督

「広視野多色撮像観測による近傍渦巻銀河 M81 の星形成領域の研究」
東京学芸大学 令和1年度 修士論文

4. 馬場 優奈

「Python による天体画像処理環境の構築」
日本女子大学 令和1年度 卒業論文

和文論文・解説記事他

[2019]

1. 石井菜摘, 千葉督, 西浦慎悟 (東京学芸大学)
「SDSS システムにおける渦巻銀河の内部減光量補正」
東京学芸大学紀要 自然科学系, 71, pp.75-92. (2019 年)

3.2.9 学会, 研究会等での報告

日本天文学会 2019 年秋季年会 (熊本大学, 2019/09/11-13)

1. 樫山和己 (東大 RESCEU), 藤澤幸太郎 (東大 RESCEU), 茂山俊和 (東大 RESCEU), 川名好史朗 (東大物理), 河原創 (東大地惑), 大澤亮 (東大天文センター), 田尻智之 (東大地惑), 逢澤正高 (東大物理), TomoeGozen コラボレーション
N09a 「Optically-thick magnetorotational wind from WS 35 : theoretical modeling and photometric observation at 2 Hz using Tomo-e Gozen」
2. 大澤亮, 上塚貴史, 中田好一 (東京大学天文学教育研究センター), 板由房 (東北大学), 尾中敬 (明星大学), 野沢貴也 (国立天文台)
N26a 「アーカイブデータから探る R CrB 型星でのダスト成長」
3. 川端美穂, 山中雅之, 前田啓一, 磯貝桂介, 田口健太 (京都大), 中岡竜也, 木村浩輝, 高木健吾, 川端弘治 (広島大), 長尾崇史 (ESO), 高木聖子 (北海道大), 田中雅臣 (東北大), 諸隈智貴, Jian Jiang (東京大), 村田勝寛 (東京工業大), 守屋堯, 花山秀和, 堀内貴史, 前原裕之, 関口和寛 (国立天文台), 森鼻久美子 (名古屋大), 野上大作 (京都大), 富永望 (甲南大), 高橋隼, 小野里宏樹, 加藤則行, 斎藤智樹 (兵庫県立大), 他光赤外線大学間連携メンバー
N33a 「速い速度進化を示す Ia 型超新星 SN 2019ein の爆発初期からの観測」
4. 吉井讓 (東京大学, アリゾナ大学), 土居守, 河野孝太郎, 宮田隆志, 田中培生, 本原顕太郎, 峰崎岳夫, 田辺俊彦, 酒向重行, 諸隈智貴, 廿日出文洋, 小西真広, 高橋英則, 青木勉, 征矢野隆夫, 樽沢賢一, 加藤夏子, 上塚貴史, 鮫島寛明, 浅野健太郎 (東京大学), 田村陽一 (名古屋大学), 越田進太郎 (国立天文台), 半田利弘 (鹿児島大学) 他
V210a 「東京大学アタカマ天文台 TAO 6.5m 望遠鏡計画の進捗状況」
5. 小西真広, 本原顕太郎, 高橋英則, 加藤夏子, 寺尾恭範, 櫛引洗佑, 中村洋貴 (東京大学), 吉井讓 (東京大学, アリゾナ大学), 土居守, 河野孝太郎, 宮田隆志, 田中培生, 峰崎岳夫, 田辺俊彦, 酒向重行, 諸隈智貴, 廿日出文洋, 青木勉, 征矢野隆夫, 樽沢賢一, 大澤亮, 上塚貴史, 鮫島寛明, 浅野健太郎, 森智宏, 橋健吾 (東京大学), 田村陽一 (名古屋大学), 越田進太郎 (国立天文台), 半田利弘 (鹿児島大学)
V211a 「TAO 6.5m 望遠鏡用近赤外線観測装置 SWIMS : すばる望遠鏡での試験観測報告」

6. 上塚貴史, 宮田隆志, 酒向重行, 大澤亮, 浅野健太郎, 内山允史, 森智宏, 吉田泰, 橘健吾, 左近樹 (東京大学), 尾中敬 (明星大学, 東京大学), 片ざ宏一 (JAXA), 吉井讓 (東京大学, アリゾナ大学), 土居守, 河野孝太郎, 田中培生, 峰崎岳夫, 本原顕太郎, 田辺俊彦, 諸隈智貴, 廿日出文洋, 小西真広, 高橋英則, 青木勉, 征矢野隆夫, 樽沢賢一, 鮫島寛明, 加藤夏子, 寺尾恭範, 櫛引洸佑, 中村洋貴 (東京大学), 田村陽一 (名古屋大学), 越田進太郎 (国立天文台), 半田利弘 (鹿児島大学)
V212a 「TAO 6.5 m 望遠鏡用中間赤外線観測装置 MIMIZUKU :すばる望遠鏡における第二回試験観測」
7. 櫛引洸佑 (東京大学), 細島拓也, 山形豊 (理化学研究所), 森田晋也 (東京電機大学), 尾崎忍夫, 都築俊宏 (国立天文台), 本原顕太郎, 高橋英則, 河野志洋, 小西真広, 加藤夏子, 寺尾恭範 (東京大学)
V213a 「超精密切削加工による SWIMS-IFU スリットミラーアレイ本加工」
8. 酒向重行, 大澤亮, 高橋英則, 土居守, 小林尚人, 本原顕太郎, 諸隈智貴, 小西真広, 一木真, 有馬宣明, 森田雅大, 紅山仁, 青木勉, 征矢野隆夫, 樽沢賢一, 森由貴, 中田好一, 茂山俊和 (東京大学), 白井文彦 (神戸大学), 渡部潤一, 山下卓也 (国立天文台), 前原裕之, 春日敏測, 有松亘 (京都大学), 富永望 (甲南大学), 猿楽祐樹 (京都産業大学), 田中雅臣, 板由房, 小久保充 (東北大学), 吉川真 (宇宙航空研究開発機構), 奥村真一郎, 浦川聖太郎 (日本スペースガード協会), 池田思朗, 森井幹雄 (統計数理研究所), 佐藤幹哉 (日本流星研究会), Tomo-e Gozen コラボレーション
V214a 「木曾超広視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen」
9. 村田勝寛, 安達稜, 河合誠之 (東京工業大学), 山岸光義 (ISAS/JAXA), 森鼻久美子 (名古屋大学), 永山貴宏 (鹿児島大学), 高橋隼, 加藤則行, 高山正輝, 戸塚都, 小野里宏樹 (兵庫県立大学), 今里郁弥, 中岡竜也, 笹田真人, 秋田谷洋 (広島大学), 高木聖子 (北海道大学), 大朝由美子, 宝田拓也 (埼玉大学), 諸隈智貴 (東京大学), 野上大作, 山中雅之 (京都大学), 花山秀和, 堀内貴史 (国立天文台), 白石一輝, 大枝幹, 谷津陽一 (東京工業大学), 他光赤外線大学間連携メンバー
W04a 「光赤外線大学間連携によるマイクロキューサー GRS 1915+105 の近赤外線観測」
10. 安達稜, 村田勝寛, 大枝幹, 谷津陽一, 河合誠之 (東京工業大学), 伊藤亮介 (美星天文台), 花山秀和, 堀内貴史 (国立天文台), 高木聖子 (北海道大学), 大朝由美子, 宝田拓也 (埼玉大学), 諸隈智貴 (東京大学), 森鼻久美子 (名古屋大学), 野上大作, 山中雅之 (京都大学), 高橋隼 (兵庫県立大学), 中岡竜也 (広島大学), 永山貴宏 (鹿児島大学), 志達めぐみ (愛媛大学), MITSuME チーム, 光赤外線大学間連携メンバー
W05a 「BH X 線連星 MAXI J1820+070 の 2019 年の再増光時における多波長観測」
11. 一木真, 寺澤敏夫 (国立天文台), 榎戸輝揚 (京都大学), 中森健之, 荻原理沙, 大内優雅 (山形大学), 森正樹 (立命館大学), 土居守, 酒向重行, 茂山俊和, 新納悠, 諸隈智貴, 有馬宣明, 森田雅大, 小川貴士 (東京大学), Tomo-e Gozen プロジェクトチーム
W38b 「超広視野高速カメラ Tomo-e Gozen による Crab パルサーの Giant Radio Pulse 時の光度変動の探査」
12. 笹田真人 (広島大学), 吉田道利 (国立天文台), 田中雅臣 (東北大学), 富永望 (甲南大学), 諸隈智貴 (東京大学), 内海洋輔 (スタンフォード大学), 伊藤亮介 (美星天文台), 森鼻久美子, 亀井悠平 (名古屋大学), 村田勝寛 (東京工業大学), 柳澤顕史 (国立天文台), 松林和也 (京都大学), 宝田拓也 (埼玉大学), 小野里宏樹 (兵庫県立大学), 関口雄一郎 (東邦大学), J-GEM Collaboration
W48b 「重力波観測ラン O3 における J-GEM の重力波フォローアップ」
13. 有馬宣明, 酒向重行 (東京大学), Michael Richmond (Rochester Institute of Technology), 田中雅臣 (東北大学), 諸隈智貴, 土居守, 大澤亮, 新納悠, 一木真, 森田雅大 (東京大学), 富永望 (甲南大学), Tomo-eGozen プロジェクトチーム
W49b 「Tomo-e Gozen を用いた秒スケールでの可視突発天体の探査」

14. 新納悠, 諸隈智貴, 酒向重行, 大澤亮, 鹿内みのり, 小西真広, 土居守, 茂山俊和 (東京大学), 富永望, 浜崎凌 (甲南大学), 田中雅臣 (東北大学), 吉田道利 (国立天文台), Tomo-e Gozen コラボレーション, J-GEM コラボレーション
W72a 「木曾超広視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen による重力波フォローアップ観測」
15. 中嶋浩一 (一橋大学), 宮内良子 (国立天文台), 青木星 (明星大学), 青木勉, 征矢野隆夫, 小林尚人, 樽沢賢一, 森由貴 (東京大学), 猿楽祐樹 (京都産業大学)
Y04b 「木曾シュミット乾板デジタル化データの公開—乾板のデジタル化」
16. 古澤順子, 市川伸一 (国立天文台), 青木勉, 征矢野隆夫 (東京大学), ほか 木曾観測所乾板デジタル化チーム
Y05b 「木曾シュミット乾板デジタル化データの公開—公開システムの開発」
17. 諸隈智貴, 森田雅大 (東京大学), 田中雅臣 (東北大学), 内海洋輔 (SLAC), 富永望 (甲南大学), 吉田道利 (国立天文台), 太田耕司, 山中雅之, Herman Lee (京都大学), 伊藤亮介 (美星天文台), 川端弘治, 笹田真人 (広島大学), 井上芳幸, 長滝重博 (理研), 土居明宏 (ISAS/JAXA), 吉田滋 (千葉大学)
Z204a 「すばるの広視野探査と TMT 分光による IceCube 高エネルギーニュートリノの超新星爆発起源説の検証」
18. 大神隆幸, 富永望 (甲南大学), 吉田道利, 柳澤顕史 (国立天文台), 田中雅臣 (東北大学), 笹田真人 (広島大学), 諸隈智貴, 新納悠, 鹿内みのり (東京大学), 内海洋輔 (スタンフォード大学), 伊藤亮介 (美星天文台), 森鼻久美子, 亀井悠平 (名古屋大学), 村田勝寛 (東京工業大学), 松林和也 (京都大学), 宝田拓也 (埼玉大学), 小野里宏樹 (兵庫県立大学), 関口雄一郎 (東邦大学), J-GEM Collaboration
Z205a 「重力波観測ラン O3 における J-GEM のすばるでの観測状況と TMT との連携」

日本天文学会 2020 年春季年会 (筑波大学, 2020/03/16-19)

※ COVID-19 の感染拡大防止のため春季年会は中止され, 講演ファイル, ポスターファイルを web に掲載することで発表成立とする措置がとられた。

1. 橘健吾, 宮田隆志, 上塚貴史, 大澤亮 (東京大学), 中川亜紀治 (鹿児島大学), 瀧田怜 (国立天文台)
N15a 「AKARI, WISE による OH/IR 星の中間赤外線長周期変光調査」
2. 谷口大輔, MingjieJian, 松永典之, 小林尚人, 近藤荘平, 鮫島寛明 (東京大学), 福江慧, 池田優二, 河北秀世 (京都産業大学), 濱野哲史, 安井千香子 (国立天文台)
N17a 「近赤外線 YJ バンドに現れる鉄吸収線ペアのライン強度比を用いた赤色超巨星の有効温度の決定」
3. 安井千香子, 濱野哲史 (国立天文台), 近藤荘平, 鮫島寛明, 松永典之, 谷口大輔, 小林尚人 (東京大学), 福江慧, 竹中慶一, 池田優二, 河北秀世, 大坪翔悟, 渡瀬彩華 (京都産業大学), 水本岬希 (ダラム大学), 泉奈都子 (茨城大学), WINERED 開発チーム
N20a 「前主系列星における彩層活動由来の HeI λ 10830 吸収線の初検出:近赤外線高分散分光器 WINERED による Taurus 星生成領域中の中質量星の観測」
4. 松永典之, 谷口大輔, MingjieJian, 近藤荘平, 小林尚人, 鮫島寛明 (東京大学), 池田優二, 福江慧, 河北秀世, 大坪翔悟, 竹中慶一, 渡瀬彩華, 吉川智裕 (京都産業大学), 濱野哲史, 辻本拓司, 安井千香子 (国立天文台)
N24a 「近赤外線 YJ バンドに存在する中性子捕獲元素の吸収線の同定」
5. 田尻智之 (東京大学), 河原創 (東京大学), 逢澤正嵩 (東京大学), 藤井通子 (東京大学), 服部公平 (Carnegie Mellon 大学), 笠木結 (総研大), 小谷隆行 (アストロバイオロジーセンター/総研大), 増田賢人 (プリンストン高等研究所), 百瀬宗武 (茨城大学), 武藤恭之 (工学院大学), 大澤亮 (東京大学), 瀧田怜 (国立天文台)
P201a 「TESSFullFrameImage による dipper サーベイ I. 南半球」

6. 笠木結 (総研大), 田尻智之, 河原創, 逢澤正嵩, 藤井通子 (東京大学), 小谷隆行 (アストロバイオロジーセンター/総研大), 大澤亮 (東京大学), 服部公平 (CarnegieMellon 大学), 増田賢人 (プリンストン高等研究所), 百瀬宗武 (茨城大学), 武藤恭之 (工学院大学), 瀧田怜 (国立天文台)
P202a 「TESSFullFrameImage による dipper サーベイ II. 北半球とスペクトル解析」
7. 小久保充, 木村勇貴, 田中雅臣 (東北大学), 安田直樹, 諸隈智貴 (東京大学), Transient Working Group S15b 「Subaru HSC COSMOS 時間軸サーベイデータを用いた光度変動 AGN サンプルの構築」
8. 峰崎岳夫 (東京大学), 吉井讓 (東京大学, アリゾナ大学), 小林行泰 (国立天文台), 菅原章太, 坂田悠, 富田浩行, 菅沼正洋, 青木勉 (東京大学), 越田進太郎 (国立天文台), 塩谷圭吾 (JAXA/ISAS), BruceA.Peterson (オーストラリア国立大学)
S27a 「Reverberation Measurements of the Inner Radii of the Dust Tori in Quasars」
9. 大神隆幸, 富永望 (甲南大学), 吉田道利, 柳澤顕史 (国立天文台), 田中雅臣 (東北大学), 笹田真人 (広島大学), 諸隈智貴, 新納 悠, 鹿内みのり (東京大学), 内海洋輔 (スタンフォード大学), 伊藤亮介 (美星天文台), 森鼻久美子, 亀井悠平 (名古屋大学), 村田勝寛 (東京工業大学), 松林和也 (京都大学), 宝田拓也 (埼玉大学), 小野里宏樹 (兵庫県立大学), 関口雄一郎 (東邦大学), J-GEM Collaboration
W51a 「重力波観測ラン O3 におけるすばる/HSC での観測」
10. 衣笠健三 (国立天文台野辺山), 大西浩次 (長野高専), 小林尚人, 青木勉, 森由貴 (東大木曾観測所), 百瀬雅彦, 宮地美由紀 (塩尻星の会), 丸山卓哉 (大町エネルギー博物館友の会), 陶山徹 (長野市立博物館), 吉住千亜紀 (飯田市美術博物館), ほか「長野県は宇宙県」連絡協議会
Y16b 「「長野県は宇宙県」の活動について」
11. 青木 勉, 小林尚人, 征矢野隆夫, 樽澤賢一, 高橋英則, 近藤莊平, 森由貴 (東京大学), 畑英利, 若林博, 清水醇 (木曾星の里づくり推進協議会), 木曾星の里づくり推進協議会
Y17b 「木曾観測所における地域連携事業の一例 (木曾星の里づくり推進協議会)」
12. 川端弘治 (広島大学), 関口和寛 (国立天文台), 山中雅之 (京都大学), 高橋幸弘, 高木聖子 (北海道大学), 大朝由美子, 宝田拓也 (埼玉大学), 土居守, 諸隈智貴 (東京大学), 河合誠之, 村田勝寛 (東京工業大学), 金田英宏, 森鼻久美子 (名古屋大学), 柴田一成, 長田哲也, 野上大作 (京都大学), 伊藤洋一, 高橋隼 (兵庫県立大学), 中岡竜也 (広島大学), 面高俊博, 永山貴宏 (鹿児島大学), 泉浦秀幸, 花山秀和, 堀内貴史 (国立天文台), 他 OISTER コンソーシアム
Z401r 「OISTER で実現したこと, いま目指すべき道」
13. 山中雅之, 野上大作 (京都大学), 秋田谷洋, 中岡竜也 (広島大学), 高木聖子 (北海道大学), 高橋隼 (兵庫県立大学), 宝田拓也 (埼玉大学) 永山貴宏 (鹿児島大学), 花山秀和, 堀内貴史, 前原裕之, 関口和寛 (国立天文台), 村田勝寛 (東京工業大学), 森鼻久美子 (名古屋大学), 諸隈智貴 (東京大学)
Z407b 「光赤外線大学間連携における観測企画運営委員会の活動と有機的連携の実現」
14. 土居守 (東京大学), 吉井讓 (東京大学, アリゾナ大学), 河野孝太郎, 宮田隆志, 田中培生, 本原顕太郎, 峰崎岳夫, 田辺俊彦, 酒向重行, 諸隈智貴, 廿日出文洋, 小西真広, 高橋英則, 青木勉, 征矢野隆夫, 樽澤賢一, 加藤夏子, 上塚貴史, 鮫島寛明, 浅野健太郎 (東京大学), 田村陽一 (名古屋大学), 越田進太郎 (国立天文台), 半田利弘 (鹿児島大学) 他 TAO メンバー東京大学アタカマ天文台 (TAO)
Z411a 「東京大学アタカマ天文台 TAO6.5m 望遠鏡による突発天体観測」
15. 諸隈智貴 (東京大学), 富永望 (甲南大学), 田中雅臣 (東北大学), 前田啓一 (京都大学), 酒向重行, 大澤亮 (東京大学), Tomo-e Gozen Science Working Group メンバー
Z412a 「木曾シュミット望遠鏡 Tomo-eGozen 高頻度突発天体サーベイ」

16. 浜崎凌, 富永望 (甲南大学), 田中雅臣 (東北大学), 諸隈智貴, 大澤亮, 酒向重行 (東京大学), Tomo-eGozen Science Working Group メンバー
Z413a 「Tomo-eGozen サーベイにおける画像認識を用いた突発天体検出」
17. 紅山仁, 酒向重行, 大澤亮, 諸隈智貴, 小林尚人 (東京大学), 奥村真一郎, 浦川聖太郎 (日本スペースガード協会), 吉川真, 柳沢俊史 (宇宙航空研究開発機構), 佐藤英貴 (東京警察病院), Tomo-e Gozen Science Working Group メンバー
Z414a 「木曾広視野高速カメラ Tomo-eGozen による微小地球接近小惑星の探索」
18. 福井暁彦, 河原創 (東京大学), 鈴木大介 (JAXA), 越本直季 (東京大学/NASA), 大澤亮, 酒向重行 (東京大学), Tomo-e Gozen Science Working Group, MuSCAT チーム
Z415a 「Tomo-eGozen サーベイを使った近傍重力マイクロレンズ探索」
19. 大澤亮 (東京大学), 森田晃平, 阿部新助 (日本大学), DanielKastinen, JohanKero (SwedishInstituteofSpacePhysics), 藤原康徳 (総合研究大学院大学), 中村卓司, 西村耕司 (国立極地研究所), 酒向重行 (東京大学), 渡部潤一 (国立天文台), Tomo-eGozenScienceWorkingGroup メンバー
Z416a 「MU レーダと Tomo-eGozen による微光流星同時観測」
20. 笹田真人 (広島大学), 吉田道利 (国立天文台), 田中雅臣 (東北大学), 富永望 (甲南大学), 諸隈智貴 (東京大学), 内海洋輔 (スタンフォード大学), 伊藤亮介 (美星天文台), 森鼻久美子, 亀井悠平 (名古屋大学), 村田勝寛 (東京工業大学), 柳澤顕史 (国立天文台), 松林和也 (京都大学), 宝田拓也 (埼玉大学), 小野里宏樹 (兵庫県立大学), 関口雄一郎 (東邦大学), J-GEM Collaboration
Z417a 「重力波観測ラン O3 における J-GEM による電磁波対応天体探査」
21. 安達稜, 村田勝寛, 大枝幹, 谷津陽一, 河合誠之 (東京工業大学), 伊藤亮介 (美星天文台), 諸隈智貴, 大澤亮 (東京大学), 花山秀和, 堀内貴史 (国立天文台), 高木聖子 (北海道大学), 大朝由美子, 宝田拓也 (埼玉大学), 森鼻久美子 (名古屋大学), 野上大作, 山中雅之 (京都大学), 高橋隼 (兵庫県立大学), 中岡竜也 (広島大学), 永山貴宏 (鹿児島大学), 志達めぐみ (愛媛大学), MITSuME チーム, 光赤外線大学間連携メンバー
Z423a 「BH X 線連星 MAXI J1820+070 の 2019 年の再増光時における多波長観測 (2)」

日本天文学会第 22 回ジュニアセッション (筑波大学, 2020/3/19)

※ COVID-19 の感染拡大防止のためジュニアセッションは中止され, 予稿の提出をもって発表成立とする措置がとられた。また, 有志により 5 月 2 日に ZOOM で A 班の内部発表会が行われた。

1. 銀河学校 2019A 班: 河村菜々子 (2019 年卒)(高田高等学校), 北川陽斗 (高 2)(滝高等学校), 近藤大航 (高 2)(灘高等学校), 平井大源 (高 2)(早稲田高等学校), 米村優輝 (高 2)(中央大学附属高等学校), 竹内遥 (高 2)(お茶の水女子大学附属高等学校)
「母銀河の解析から爆発天体の性質を探る」
2. 銀河学校 2019B 班: 石本貴昭 (高 2)(中央大学附属高等学校), 大野智洋 (高 3)(甲陽学院高等学校), 笹田翔太 (平成 30 年度卒業)(京都府立洛北高等学校), 柴田美羽 (高 1)(広島大学附属高等学校), 菅沼斗毬 (高 2)(栄光学園高等学校), 西内月紅実 (高 2)(東京都立日比谷高等学校), 村田響子 (高 2)(お茶の水女子大学附属高等学校)
「Zanstra の手法による惑星状星雲中心星の表面温度の推定」

木曾シュミットシンポジウム 2019

木曾観測所では毎年、木曾観測所の施設を用いた観測・研究の発表議論を行う場として「木曾シュミットシンポジウム」を行っている。2019年度は7月9-10日の2日間、御料館（旧帝室林野局木曾支局庁舎）会議室にて開催され、52名の参加があった。

Tomo-e Gozen カメラを用いた観測結果やこれからの観測提案を中心に、多岐にわたる分野の39件の発表が行われた。2019年4月に Tomo-e Gozen カメラが完成したことを記念し、トモエゴゼンロゴマークのお披露目と、記念グッズの「軍手」の配布も行われた。参加者の中には、新しく Tomo-e Gozen を使った観測に参入したいという方も多く、活発な情報交換が行われ、秋からの本格運用を前に、Tomo-e Gozen カメラへの期待と、プロジェクトが始動する熱気を感じられる研究会となった。



図 3.11: 木曾シュミットシンポジウム 2019 集合写真

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. 観測所報告 | 征矢野隆夫 (木曾観測所) |
| 2. Tomo-e Gozen 計画 | 酒向重行 (木曾観測所) |
| 3. Northern Sky Transient Survey | 諸隈智貴 (木曾観測所) |
| 4. A Model for Scheduling High-Cadence Telescope Observations | 池田思朗 (統計数理研究所)・
João Pedro Pedrosa (ポルト大学) |
| 5. Data analysis pipeline for SN survey | 富永望 (甲南大学) |
| 6. 機械学習による Transient 検出の現状と展望 | 浜崎凌 (甲南大学) |
| 7. Studying fast-brightening transients with the HSC-Tomo-e synergetic survey | 姜継安 (Kavli IPMU) |
| 8. 京都大学 3.8m せいめい望遠鏡・広島大学かなた望遠鏡による近傍超新星の追観測 | 川端美穂 (京都大学) |
| 9. せいめい望遠鏡 CMOS 多色カメラによる突発天体・短時間変動天体サイエンス | 松林和也 (京都大学) |
| 10. Tomo-e による近傍重力マイクロレンズ探索の可能性 | 福井暁彦 (東京大学) |
| 11. Tomo-e Gozen で迫る秒スケールでの可視突発天体探査 | 有馬宣明 (東京大学) |
| 12. The Hertz Spinning Object Survey | 檜山和己 (東京大学) |
| 13. ブラックホール X 線連星 MAXI J1820+070 の可視光放射の変動の解析 | 安達稜 (東京工業大学) |
| 14. IceCube ニュートリノ電磁波対応天体サーベイ観測 | 諸隈智貴 (木曾観測所) |
| 15. KWFC による Fermi/LAT γ 線源の時間変動観測 | 森田雅大 (東京大学) |
| 16. 木曾シュミット乾板のデジタル化
— 乾板スキャン作業のまとめ | 中嶋浩一 (一橋大学)・
宮内良子 (国立天文台) |
| 17. 木曾シュミット乾板のデジタル化-公開システムの開発 | 古澤順子 (国立天文台) |
| 18. 狭帯域フィルターを使った金属欠乏星探査 | 岩崎巧実 (甲南大学) |
| 19. Tomo-e Gozen を用いたサーベイと即時分光による古典新星の初期段階の研究 | 田口健太 (京都大学) |
| 20. 長期モニタリング観測による星周ダスト形成の研究 | 中田好一・大澤亮 (東京大学) |
| 21. Spin Parity Distribution of Galaxies and Structure Formation of the Universe | 家正則 (国立天文台) |
| 22. 名古屋市科学館プラネタリウムでの科学データのビジュアライゼーション | 毛利勝廣 (名古屋市立大学／名古屋市科学館) |
| 23. 小惑星が経験した衝突イベント時期をライトカーブから推定する方法 | 浦川聖太郎
(日本スペースガード協会) |
| 24. Hough 変換を用いた移動天体の検出 | 森井幹雄 (統計数理研究所)
(代理発表：浦川) |
| 25. Tomo-e Gozen と重ね合わせ法による高速移動 NEO 観測計画の進捗 | 奥村真一郎
(日本スペースガード協会) |
| 26. 高速移動する地球接近天体の広視野探査 | 酒向重行 (木曾観測所) |
| 27. Tomo-e Gozen による minimoon 探査 | 紅山仁 (東京大学) |
| 28. 光学観測による宇宙物体の動態推定に関する研究 | 荒川稜平 (九州大学) |
| 29. 京大 MU レーダー流星ヘッドエコーと Tomo-e Gozen による微光流星同時観測の初期結果 | 阿部新助 (日本大学) |
| 30. Status of KAGRA | 宮川治 (東京大学) |
| 31. Tomo-e Gozen による重力波フォローアップ観測実施状況 | 新納悠 (東京大学) |
| 32. FRB と重力波シグナルの同時検出可能性について | 鹿内みのり (東京大学) |
| 33. 山口 32m 電波望遠鏡による FRB 観測現状と Tomo-e Gozen を用いた光・電波連携 | 青木貴弘 (山口大学) |
| 34. Tomo-e Q0/Q1 による Crab パルサーの電波・X 線との同時観測 | 一木真 (東京大学) |

35. 多次元データのオンライン要約とその応用 ポスター	山本泰生 (静岡大学)
1. SMOKA の現状と利用状況	古澤順子 (国立天文台)
2. X線連星の可視光・近赤外線追観測	村田勝寛 (東京工業大学)
3. Searching for the fastest spinning white dwarfs with Tomo-e Gozen	川名好史朗 (東京大学)
4. 東京大学木曾観測所トモエゴゼン計画の長野県 SDGs への貢献	酒向重行 (木曾観測所)

その他の国内研究会・発表

- 2019年 地球惑星科学会秋季講演会 (京都産業大学, 2019/10/7-9)
P18, 「近赤外エシエル分光器/PIRKA 望遠鏡による金星大気微量分子の観測」
築山大輝 (大阪府立大), 田中培生, 高橋英則 (東京大学), 高橋幸弘, 佐藤光輝, 高木聖子, 大野辰遼 (北海道大学), 今井正亮 (産業総合技術研究所), 奥村真一郎 (日本スペースガード協会), Yeon Joo Lee (Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics), 前澤裕之 (大阪府立大学)
- 日本天文教育普及研究会関東支部研究集会 (埼玉県立浦和高等学校, 2019/06/30)
「理科を専門とする教員養成系学部学生における天文学に対するイメージ調査」
石井菜摘 (東京学芸大学)
- 第49回 天文・天体物理 若手夏の学校, 銀河・銀河団分科会 (ロワジュールホテル豊橋, 2019/07/30-08/02)
「SDSS システムにおける渦巻銀河の内部減光量補正と腕形態による星形成の比較」
石井菜摘 (東京学芸大学)
- 第39回天文学に関する技術シンポジウム (国立天文台・三鷹キャンパス, 2020/01/15-17)
「東京大学木曾観測所超広視野動画カメラ〜トモエゴゼン」
高橋英則, 青木勉, 近藤荘平 (木曾観測所), Tomo-e プロジェクトチーム, ポスター発表

普及講演

- 高橋: 「東京大学木曾観測所〜トモエゴゼン現る」, 2019/07/13, 松本市教育文化センター, 長野県は宇宙県スタンプラリーキッキオフイベント
- 高橋: 「星・いろいろ」, 2020/02/08, 開田高原, 第13回冬の天の川祭り一般講演会

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)

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 撮像と画像解析」は木曾観測所で行なわれるテーマの一つである。

2019年度は, 学部3年生5名とTA1名に代表者を加えた合計7名が10月30日-11月1日の2泊3日の日程で滞在して, Abell 2634 という $z = 0.03$ の近傍銀河団を Tomo-e Gozen で観測し, 早期型銀河の分布などを調べた。天候に恵まれ, 予定通り g と i バンドのデータを取ることができた。観測の際は, まず観測所スタッフの大澤亮さんに観測の一連の操作の見本を示していただき, その後は学生自身が観測を行なってデータを取った。具体的には, 望遠鏡やカメラの操作, 観測ログへの記入, 天気チェックを分担し

て行なった。分担内容は適宜交代させた。観測に先立ち、征矢野さんにドーム内で望遠鏡の解説をしていただいた。

現地での解析では、観測所の計算機群を用いて、大澤さんの指導のもと、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、 $g-i$ という色に基づく早期型銀河の選り出しまでを行ない、可視光の撮像データの標準的な整約過程を学んだ。2018年度からの大きな改善点として、一次解析の中で最も難しい作業である「画像のつなぎ合わせ」が大澤さんの開発したソフトにより自動化された。そのおかげで完成画像を早く作ることができ、天体検出の作業により多くの時間を割くことができた。図 3.12 は解析の結果得られた早期型銀河の天球分布である。円の大きさは銀河の明るさ、円の色は扁平率を表す。中心付近の銀河の集団がターゲットの銀河団である。Tomo-e Gozen の広い視野のおかげで、銀河団の周囲の銀河まで観測できている。

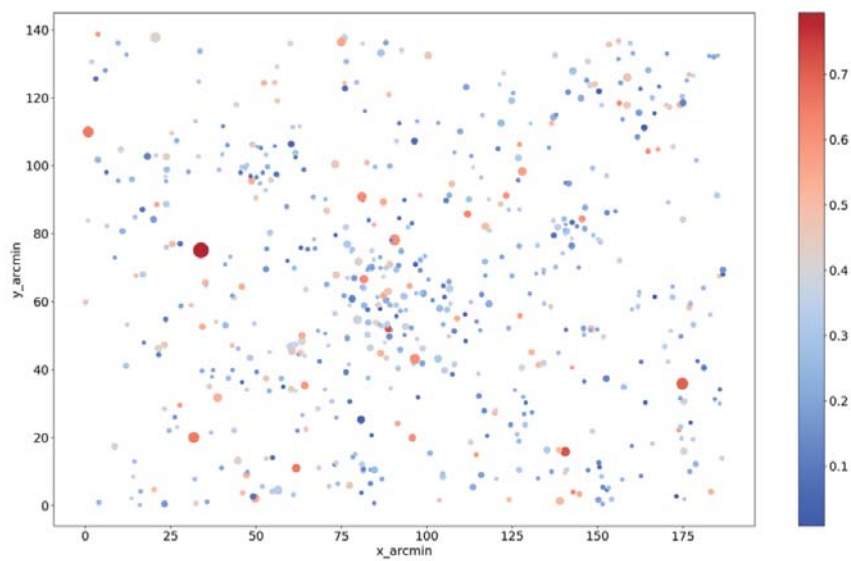


図 3.12: 早期型銀河の天球分布 (西垣萌香氏のレポートより)

2. 天文学観測による天文学教育の実践と教材開発 (5 大学合同実習)

伊藤信成 (三重大学), 濱部勝 (日本女子大学), 山縣朋彦 (文教大学), 西浦慎悟 (東京学芸大学), 下井倉ともみ (大妻女子大学)

[1. 概要]

2019年8月28日(水)から8月31日(土)の3泊4日で、5大学合同による大学学部生を対象とした天体観測および観測データ解析の実習を行った。参加者は、三重大学教育学部2年生11名(男8名,女3名),文教大学教育学部3年生10名(男5名,女5名),大妻女子大学社会情報学部3年生5名(女5名),東京学芸大学教育学部3年生4名(男4名),日本女子大学理学部4年生4名(女4名)と、各大学担当教員5名(男4名,女1名)を含む計39名であった。本実習の内容は以下のa)~d)である。

- a) 木曾観測所の105 cm シュミット望遠鏡, 本館内各種設備などの研究施設と, 一般見学室などの教育・広報施設の見学と観測所スタッフによる解説,
- b) 天体観望,
- c) 木曾 105 cm シュミット望遠鏡 / KWFC のアーカイブ・データを用いた画像解析,
- d) 解析画像を用いた研究実習と報告会,

[2. 見学および天体観望]

観測所設備・施設の見学は, 観測所本館と105 cm シュミット望遠鏡, ドーム内観覧室に加えて, 名古屋大学 STE 研の大型太陽電波望遠鏡を見学した。シュミット望遠鏡の見学では, 観測所スタッフから詳細な解説を頂くと共に, N-REST 状態の鏡筒先端部と望遠鏡下部から, シュミット望遠鏡内部を覗かせた。また, ドーム内の観覧室では, シュミット望遠鏡の歴代の観測装置の実機を見学すると共に, やはり, 観測所スタッフからの詳細な説明を頂くことができた。天体観望については, 二日目と三日目の晩に, 曇天ながらも30分~1時間程度晴れ間が覗く時間帯があり, この際に肉眼による天の川の観察などを行うことができた。

[3. 画像解析実習]

観測および画像解析実習では, 事前に観測所スタッフの支援を得て, Tomo-e Gozen を用いた観測および画像解析実習を計画していたが, 残念ながら天候に恵まれず, 以前に KWFC で取得した予備データによる画像解析実習を行った。実際の画像解析実習では, 2-3名を1班とし, 1班に1台, 実習用ノートパソコン1台と実習用天体1つを割り当てた。実習用ノートパソコンの OS は MS-Windows であるが, VMware を用いて, Linux Mint をインストールし, IRAF などを使用できるように調整した。また, MS-Windows 用に Makali'i, StellaImage をインストールし, 画像解析後の開口測光や疑似カラー画像作成に用いることができるようにした。なお, 各班の班員は, 所属大学, 性別がなるべくランダムになりつつ, 学年が偏らないように配慮した。画像解析を行うにあたって, 参加者のほぼ全員が撮像データの画像解析の未経験者であるため, 最初に KWFC によるアンドロメダ銀河 (M31) の B, V, Rc バンド・データを用いて, 画像解析の手順を一つ一つ説明・確認させながら, リダクションと疑似カラー画像作成を体験させた。この後は, 班毎に割り当てられた天体画像を解析させ, それぞれに与えたテーマに沿って分析・考察を行わせた。各班が行ったテーマは, 以下のア)~カ)である。なお, 掲げた図は, 参加学生達が最後の報告会で用いた図表に, 多少手を加えて見易くしたものである。

ア) 衝となる黄道上の天域を, 午前0時とその前後1時間に V, または, Rc バンドで撮像したデータから, 小惑星を探索し, その移動量から小惑星までの距離を求める。また, B, および Ic バンドの測光データを加えることで, 小惑星の2色図からそのタイプを推察する。(図 3.13 参照)

イ) 散開星団 M39 と NGC6633 の色・等級図と等時曲線から, その年齢や金属量, 赤化などを考察する。(図 2 参照)

- ウ) 球状星団 M15 と M56 の色・等級図から、球状星団を形作る恒星の性質を考察する。(図 3.15 参照)
- エ) 球状星団 M15 と M56 の RR Lyr 型変光星の探索と、それをういた距離測定。(図 3.16 参照)
- オ) 渦巻銀河 M101, 楕円銀河 M110 の表面輝度およびカラープロファイルの導出と比較。(図 3.17 参照)
- カ) 銀河団 Abell 2666 までの距離測定と渦巻銀河・楕円銀河の銀河数密度比較。(図 3.18 参照)

本実習遂行にあたって、日本学術振興会の科学研究費補助金 17K00971 (代表 伊藤信成) の支援を受けました、心より感謝申し上げます。

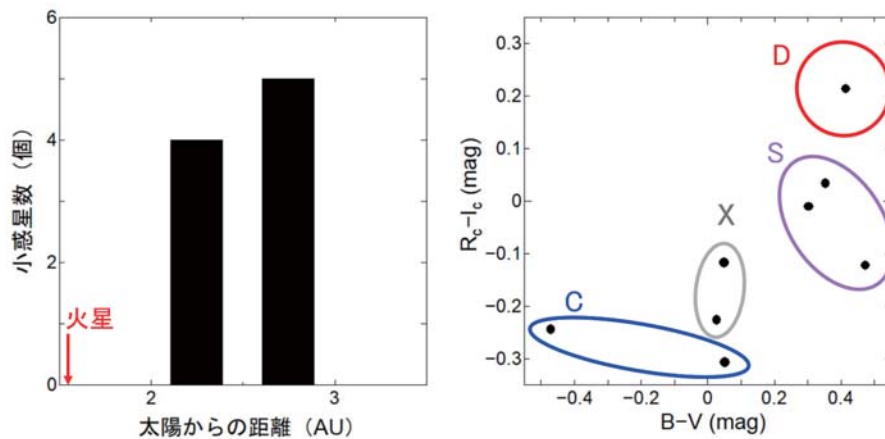


図 3.13: 左) 検出した小惑星までの距離の度数分布. 参考のため、火星の位置を左端に示した. 右) 検出した小惑星の B-V vs. Rc-Ic の2色図. 小惑星のタイプの分類は、各タイプの SED からそのカラーを推察することで行った.

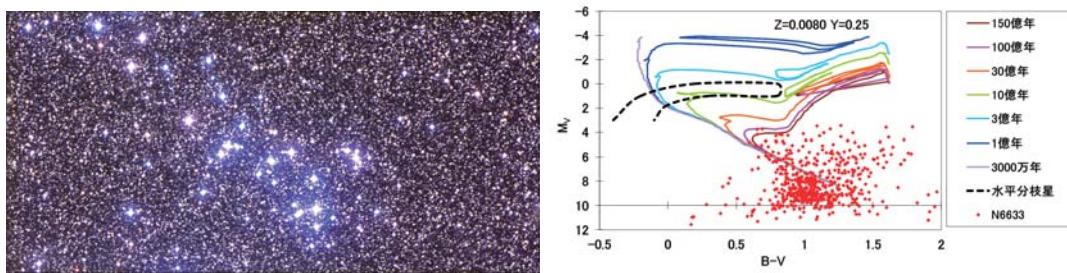


図 3.14: 左) 散開星団 NGC 6633 の BVRc 疑似カラー画像 (KWFC のチップ 1 枚分). 右) NGC 6633 の色・等級図と Bertelli et al. (1994, A&AS, 106, 275) による等時曲線の比較図.

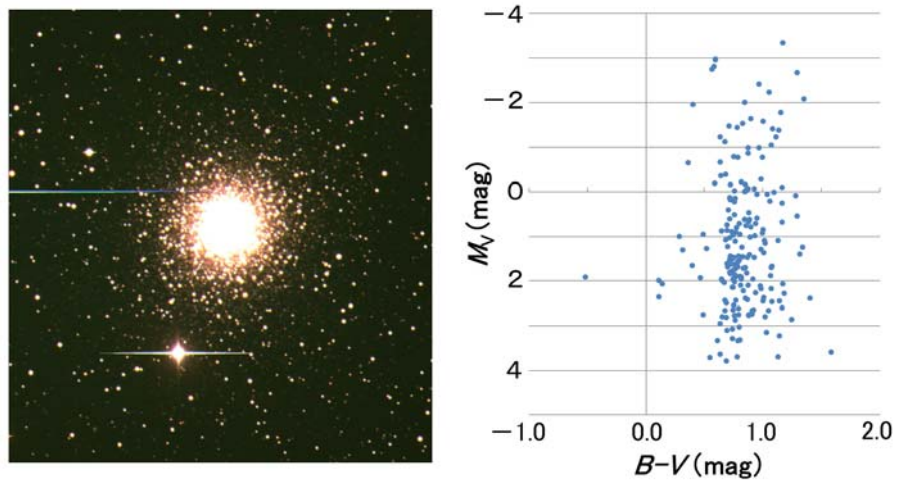


図 3.15: 左) 球状星団 M15 の BVRc 疑似カラー画像, 右) M15 の色・等級図.

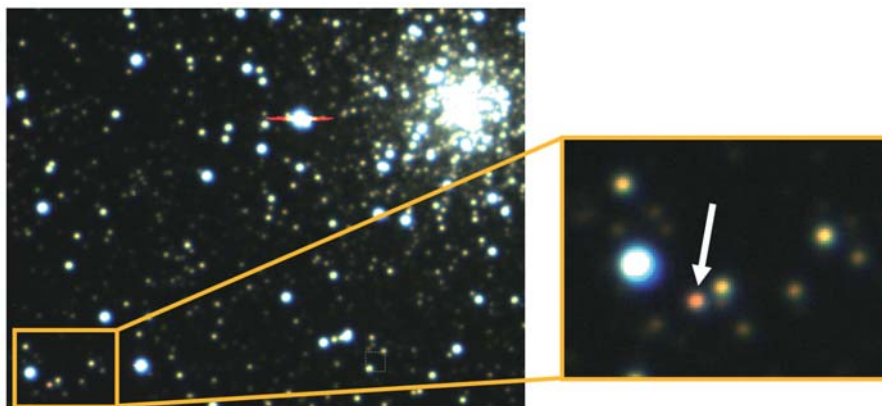


図 3.16: 左) 球状星団 M56 の異なる時刻における V バンド画像によるカラー画像, 右) 検出された RR Lyrae 型変光星の例.

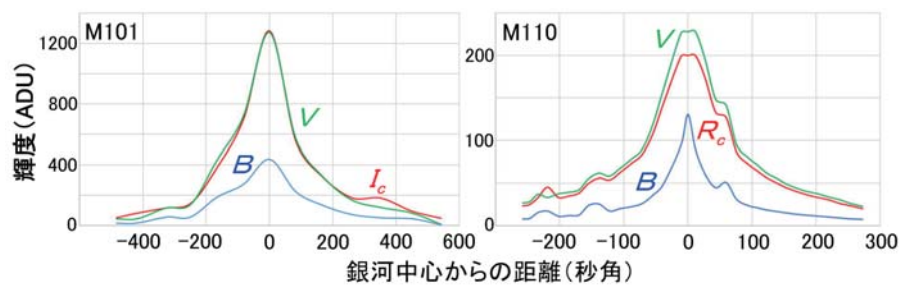


図 3.17: 左) 渦巻銀河 M101, 右) 楕円銀河 M110, の B, V, R_c バンドにおける表面輝度プロファイル.

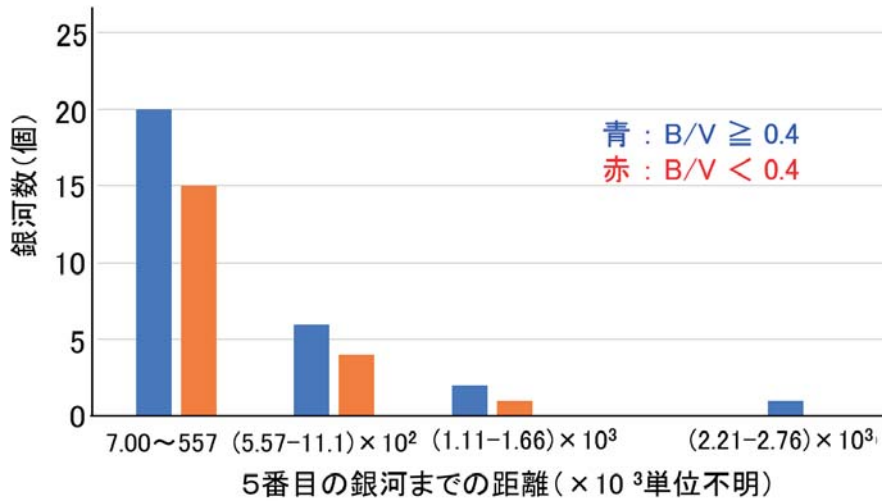


図 3.18: 銀河団 Abell 2666 中の青い銀河と赤い銀河の数密度比較. 横軸は, その銀河に 5 番目に近い他の銀河までの距離を示す (単位は不明).

3. Tomoe 突発天体・変動天体観測に向けた甲南大学観測実習 富永望 (甲南大学), 諸隈智貴 (東京大学・天文学教育研究センター)

2020年2月25日(火)-28日(金)に実施予定であったが, COVID-19 感染拡大防止のため中止となった.

3.2.11 地域貢献事業

木曾観測所は開所以来シュミット望遠鏡の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. 2016年7月14日, 阿部 守一長野県知事が木曾観測所のシュミット望遠鏡や木曾観測所の研究状況を視察された際に, 「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, 2017年に木曾観測所や木曾地域振興局が中心となり, 星空や天体の魅力を活かした活動を目的とした協議会を立ち上げ, 以来様々な事業を実施してきた. 以下に今年度行った木曾観測所に関連した活動についてまとめる.

「長野県は宇宙県」連絡協議会

2017年2月に, 「長野県は宇宙県」連絡協議会が立ち上がり, それ以降天文学会やシンポジウムなどを通じて「長野県は宇宙県」の活動について紹介を行ってきた. 今年度の主な事業の内「長野県は宇宙県」スタンプラリー2019については, 長野県の環境部の事業である「信州環境カレッジ」と連携して, 7月1日より92日間実施した. このスタンプラリーは, 木曾観測所を含めた県内約55の施設の協力を得て行われた. 恒例のキックオフイベントは7月22日に松本市教育文化センターを会場に行い, 講演会やトークショー等が会場を沸かせた. 同様に, 信州環境カレッジのカリキュラムの一つとして「宇宙・星空コース」が創設されており, 木曾観測所では今年度も特別公開の講演会2回と, 観望会を講座登録し実施した. 参加者には長野県の美しい星空に触れ, この星空を後世に残すために自分たちができることは何かを考えることを課題としている. その他に, 環境省の星空公園による全国キャンペーン「デジタルカメラによる夜空の明るさ調査」観測にも参加した. これは「長野県は宇宙県」星空継続観察WGの呼びかけに応えたもので, 県内全域で169地点(2019年夏季), 121地点

(2020年冬季)で計測が行われた。観測所からは征矢野、森がこれらの観測に協力した。2020年2月22日には、4回目となる「長野県は宇宙県」ミーティングが大町市大町公民館分室で行われた。会議では各ワーキンググループからこれまでの活動報告があった他、今後の人材育成や観光事業への協力などについて意見を交換した。特記すべきは今年度新たに「星空ガイド講座」を木曾観測所で行ったことである。講座実施の評価は十分に行われていないが、来年度は国立天文台野辺山宇宙電波観測所で行うことが話し合われた。シンポジウムの最後には国立天文台の縣氏による「信州の星空は宝物—教育・文化・観光の視点から—」と題した公開講演会が行われ、一般からの参加者も含め約80名が集った。

実施日時	実施場所・内容	人数	担当職員
7月1日-9月30日	スタンプラリー 2019		
7月13日	スタンプラリー 2019 キックオフイベント (於：松本市教育文化センター)	一般約20名	小林, 青木, 森, 征矢野, 高橋, 近藤
8月10日	第3回星空継続観察ミーティング (於：長野市立博物館)	20名	征矢野, 高橋, 森, 青木
8月21日-9月20日	デジタルカメラによる星空観察		征矢野, 森
10月5日	第1回長野県天文文化研究会 (於：長野市立博物館)	14名	青木
10月5日	長野県は宇宙県コアミーティング (於：長野市立博物館)	9名	青木
11月9日	第4回星空継続観察ミーティング (於：塩尻総合文化センター)	約50名	小林, 征矢野, 高橋, 近藤, 青木, 森
11月9日	第3回長野県天文愛好者連絡会 (於：塩尻総合文化センター)	約50名	小林, 征矢野, 高橋, 近藤, 青木, 森
11月30日-12月1日	「長野県は宇宙県」星空ガイド講座 (於：木曾観測所)	33名	高橋, 近藤, 青木, 森, 小林
12月7日	第2回長野県天文文化研究会 (於：長野市立博物館)	約10名	高橋, 青木
1月15日-28日	デジタルカメラによる星空観察		征矢野, 森
2月8日	第3回長野県天文文化研究会 (於：長野市立博物館)	15名	高橋, 青木
2月22日	第4回「長野県は宇宙県」ミーティング (於：大町市大町公民館分室)	60名,	小林, 青木, 征矢野, 森, 高橋, 近藤



図 3.19: 「長野県は宇宙県」スタンプラリー 2019 チラシ



図 3.20: 第3回「長野県は宇宙県」ミーティング集合写真

木曾星の里づくり推進協議会

長野県木曾地域振興局と木曾観測所が中心となり、隣接する町村等と連携・協力して木曾地域の優れた星空環境を活かした地域の活性化等に関連する事業を推進していくことで合意し、「木曾星の里づくり推進協議会」を発足させた(2017年5月16日)。この協議会には木曾観測所から顧問として、所長、副所長が参加している。協議会は設立時に平成31年度までの事業計画を立て、最終年度となる平成31年度は(1)木曾と星空に関わる資源の認知度向上と活用として、夜天光観測室北東側の障害木の伐採と一部の植栽を行った。昨年度の伐採と合わせ、今回の伐採で夜天光観測室と30cmドームの周囲全体が開けたことから、今後に向けて施設の有効活用が課題となっている。次に、(2)星空・天体に関わる人材育成として、5月29日より翌年1月までの間に、初心者を対象に、春夏秋冬の星座の簡単な案内ができるよう、「星の学校」を4回行った。また、今年度はNHK及び木曾広域連合が主催、木曾星の里づくり推進協議会が共催となり、「木曾オリオン」特別上映会と岡村定矩氏の講演会が木曾文化公園文化ホールで開催された。参加者は～300名であった。今年度は事業の最終年度となるため、次年度以降の体制や事業内容についての検討会が複数回にわたり行われた。来年度以降の活動の中心は、整備してきたハードを生かす事業として、主に人材育成や認知度向上に力点を置く取り組みをするようになった。



図 3.21: 木曾オリオン特別上映会のポスター



図 3.22: 「星の学校」秋講座の講習会風景

実施日時	実施場所・内容	人数	担当職員
4月22日-24日	夜天光北東域樹木伐採		
5月9日	総会 (於：木曾観測所)	8名	青木, 征矢野, 高橋
5月29日	星の学校 (春)(於：木曾観測所)	22名	青木, 征矢野, 高橋, 近藤, 森
8月26日	星の学校 (夏) (於：木曾観測所)	32名	青木, 高橋, 近藤
10月16日	打ち合わせ (於：木曾合同庁舎)	4名	青木
10月30日	星の学校 (秋) (於：木曾観測所)	29名	青木, 高橋, 近藤, 森
11月21日	協議会役員会 (於：木曾合同庁舎)	12名	小林, 征矢野, 青木
11月30日-12月1日	星空ガイド講座 (於：木曾観測所)	33名	青木, 高橋, 近藤, 森, 小林
1月26日	4D2U 上映会 (於：木曾文化公園)	7名	青木
1月29日	星の学校 (冬) (於：木曾観測所)	10名	青木, 高橋, 近藤, 森
2月2日	映画上映会：田中要次 & 講演会：岡村定矩 (於：木曾文化公園)	一般約300名	青木, 高橋, 近藤, 森, 征矢野
2月25日	4D2U 上映会 (於：日義小学校)	小学4-6年生	青木
		46名	
3月12日	打ち合わせ (於：木曾合同庁舎)	5名	小林, 征矢野, 青木

木曾星の会との連携

「木曾星の会」は平成16年(2004年)11月に発足した。この会の目的は、木曾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おり、木曾の美しい星空環境から、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。木曾観測所はこの目的に賛同し、木曾星の会と連携し諸事業に協力している。今年度の具体的な活動として下記の行事を行った。

実施日	実施場所・内容	スタッフ
5月5日-6日	星の会総会及び研修会（於：木曾観測所）	オブザーバー：青木, 高橋
8月3日-4日	木曾観測所 特別公開への協力（於：木曾観測所）	木曾星の会より7名参加
8月5日	天の川まつり（於：木曾馬の里）	協力：青木
2月8日	開田高原かまくらまつり（於：尾の島自然公園）	協力：高橋, 青木

その他の活動

今年度は2年に一度「東京大学木曾天文台協力会」が行われる年であり、9月30日に木曾合同庁舎にて武田研究科長、浅川総務課長他東大（天文学教育研究センターを含む）の関係者14名と、地権者代表及び木曾地域振興局や町村長などの町村代表者を含め総勢29名の参加者を得て行われた。当日は2部構成で実施され、第1部は「東京大学木曾観測所トモエゴゼンの観測運用の開始」の記者発表を酒向重行助教とキャノンデバイス開発本部長の市川武史氏が行った。第2部では主目的である天文台協力会が行われ、副所長より木曾観測所の活動報告を行った後、観測所と地元の自治体や地権者双方から意見・要望等についての意見交換を行った。最後に懇親の席が設けられ、関係者間で活発な情報交換が行われ、有意義な1日となった。

実施日時	実施場所・内容	人数	担当職員
6月18日	長野県シニア大学講座「星と惑星の誕生」	受講生約20名	小林
9月21日	スターフェスティバル in Kiso (企画：長野もりあげ隊)	一般～200名	協力 青木
2月8日	開田高原かまくら祭りでの講演「星・いろいろ」	一般約30名	高橋, 青木

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。

銀河学校 2020

2020年3月24日(火)-27日(金)に開催予定であったが、COVID-19感染拡大防止のため延期となった。

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年度から木曾観測所で行われている理科教育プログラムである。

本年度は長野県の3高校に対し実施した(※)。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。1泊2日の日程で実施され、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。

参加学校	参加生徒数	実施日時	担当
長野県屋代高校**	2年生 37名	7月25-26日	主講師: 大澤, 副講師: 新納(天セ), 樽澤, 森, TA: 菊地原正太郎(東大・天文・D1), 渥美智也 (情報科学芸術大学院大学・M1)
長野県木曾青峰高校	2年生 33名	8月20-21日	主講師: 新納(天セ), 副講師: 高橋, 近藤, 森, TA: 鹿熊亮太(東大・天文・M2), 清水利憲(東 大・天文・B3)
長野県飯山高校**	2年生 25名	10月4-5日	主講師: 高橋, 副講師: 鮫島(天セ), 近藤, 森, TA: 沖本直哉(阪大・物理・B4), 永井はるか(東 大・地惑・B4)

**SSH(スーパーサイエンスハイスクール指定校)

(※) その他, 長野県伊那北高校の星の教室を3月7日-8日に予定していたが, COVID-19 感染拡大防止のため中止となった。

木曾観測所特別公開(2019年8月3日-4日)

8月3日-4日に名古屋大学宇宙地球環境研究所とあわせて開催した。

恒例のドーム内での105cmシュミット望遠鏡の見学・デモンストレーションや講演会, 観測装置の展示などを行ったほか, 昨年に引き続き30cm望遠鏡・夜天光観測室エリアを活用して, 昼間の星や太陽黒点の観察を行った。また, 新しい試みとして, 105cmシュミット望遠鏡の主鏡背面の窓を開けて, 4月に完成したTomo-e Gozenカメラの姿を公開した。天体観望会は天候に恵まれず, 天体観望はほとんど行えなかったが, 代わりに木曾星の里づくり推進協議会が導入した4D2Uを上映し, 来場者に星空を楽しんでもらった。

講演は, 「メタボな星の一生 ～星の健康診断」高橋英則氏(木曾観測所), 「すばる望遠鏡の挑戦 ～20年の軌跡と明日のすばる」吉田道利氏(国立天文台ハワイ観測所)の2つが行われた。

天候が悪かったため, 来場者はおよそ200名と少なかった。



図 3.23: 講演会の様子



図 3.24: 主鏡背面から Tomo-e Gozen カメラを見学する様子

東大オープンキャンパス(2019年8月7日-8日)

毎年東大本郷キャンパスで開かれている理学部オープンキャンパスに, 天文学教育研究センターの一部として木曾観測所ブースを展開し活動報告・解説を行った。具体的な内容として『『銀河学校』へ行こう!』として木曾観測所で行われている高校生参加型企画の活動報告を例年通り行ったが, 高校生の見学が多いオープン

キャンパスでは、興味を持つ生徒が多く見られた。また木曾観測所がベースで行われている科学観測として「新超広視野カメラトモエゴゼンで見る爆発現象」, 「木曾シュミット望遠鏡での「重力波」天体の探査」, 「太陽系内天体～地球接近天体～の研究」の成果も掲示した。対応は, 天文センターから諸隈, 一木, 木曾観測所から高橋の3名が担当した。



図 3.25: オープンキャンパス木曾ブースの様子。(2019年8月5日, 東大本郷キャンパス理学部1号館中央棟1042号室)

天文学教育研究センター特別公開(三鷹 2019年10月25日-26日)

2019年度の三鷹キャンパス特別公開「三鷹・星と宇宙の日」は, 10月25日(金), 26日(土)に行われる予定であったが, プレ公開の25日は三鷹市に台風21号による大雨警報が発令されたため中止となった。翌26日には天候が回復し, 予定通りに開催された。2019年度のテーマは「すばる望遠鏡の20年」であったが, 木曾観測所は前年同様, 観測所の活動について紹介を行った。主な展示は, 木曾観測所の解説をまとめたデジタルサイネージ, 105cmシュミット望遠鏡1/20スケール模型と望遠鏡の解説, 写真乾板からトモエゴゼンまでの歴代の観測装置の実物展示と解説, 最新のトモエゴゼンの観測成果など。さらに木曾星の里づくり推進協議会や「長野県は宇宙県」連絡協議会の説明ポスターも掲示し, 最近の地域貢献, アウトリーチ活動についても紹介した。観測所からは, 小林, 青木, 高橋, 近藤が現地に赴き, 来場者の対応に当たった。



図 3.26: 木曾観測所の関係の展示の様子（天文学教育研究センター会議室）

広報用ポスターの制作

木曾観測所の広報を目的としたカレンダーを制作した(森). ペルセウス座二重星団 ($h+\chi$) のデータを, KWFC を用いて B, V, I のフィルタで取得した. 観賞用画像の制作に最適化した一次処理法を用い, チップ間の画像の段差や, 画素の飽和パターンの除去を行い, Photoshop で色合成した画像を用いてカレンダー (B2 版) を制作した. デザインはイラストレーターの若尾寛子氏が担当した. 制作したカレンダーは木曾観測所, 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.

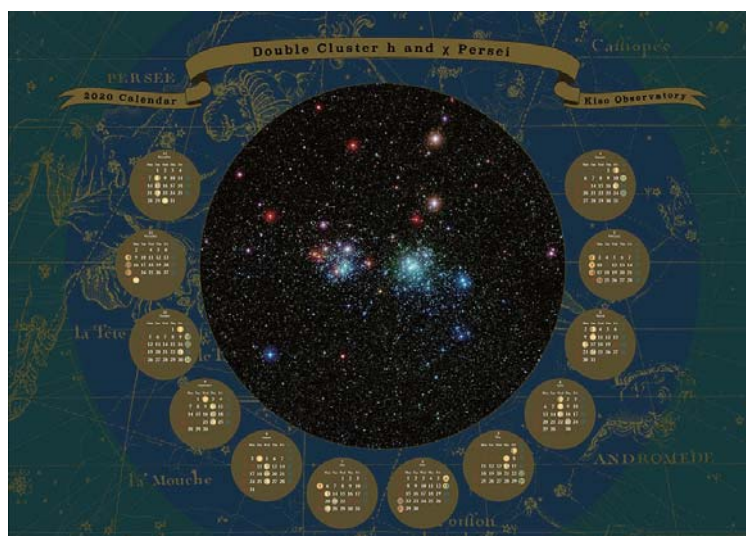


図 3.27: 2020 年のカレンダー

トモエゴゼン ロゴマークの制作

トモエゴゼンの完成にあたり, ロゴマークを制作した. デザインは, 科学プロデューサー&グラフィックデザイナーの野呂和史氏に依頼した. 「現代に現れたトモエゴゼン」をイメージし, 髪をなびかせ, 天を大きく振り仰ぎ彼方を望む女性の横顔, 星々の光= 天冠を戴く女武者「巴御前」の肖像をシンボル化した. ロゴのお披露目として, ロゴマークをあしらった軍手を作成し, 7月の木曾シュミットシンポジウムで配布した. 今後, プレゼンやリリース資料, グッズ制作などで活用していく予定である.



図 3.28: トモエゴゼンロゴマーク



図 3.29: ロゴマークを使った軍手

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
4月12日	岐阜東中学校見学	中学生 31名	青木, 樽澤, 高橋, 近藤
5月30日	愛知県犬山中学校総合学習	中学生 6名	高橋, 近藤, 青木
6月27日	NHK カルチャー信州社会見学	一般 15名	青木, 高橋
8月1日	農村女性ネットワークまつかわ見学	一般 15名	青木
8月2日	木曾地域振興局新任職員見学	一般 15名	青木
8月6日	木曾教育会見学	一般 19名	青木
8月28日	大阪星光学院見学	中3~高2 45名	青木, 高橋
8月29日	木曾広域連合見学	一般 4名	青木
8月31日	飯田市伊賀良公民館 かさまつ大学 「シュミット望遠鏡とトモエゴゼン」	一般 30名	樽澤
9月9日	木曾観光連盟・JR 東海見学	一般 3名	青木
9月14日	松本市第三地区ボランティア部会見学	一般 24名	青木
10月16日	木曾町役場管理職会議見学	一般 20名	征矢野, 高橋
2月18日	木曾町立日義小学校見学	小学生 14名, 引率 2名	青木

プレスリリース

1. Web リリース:東京大学木曾観測所トモエゴゼンによる超新星 SN 2019cxx の発見について

2019年4月23日に、超新星 SN 2019cxx の発見について web リリースを行った。フルモデル完成のニュースとあわせて、以下のメディアで紹介された。

メディアでの紹介		
新聞	4月25日	市民タイムス 1面・27面
	4月26日	中日新聞
	4月27日	信濃毎日新聞 33面
	5月22日	読売新聞 25面
web ニュース	4月23日	朝日新聞デジタル BIGLOBE
	4月25日	sorae

2. 記者発表会：東京大学木曾観測所トモエゴゼンの観測運用の開始について

トモエゴゼンの完成と本格稼働の開始に伴い、大学からプレスリリースを行い、2019年9月30日に、長野県木曾地域振興局木曾合同庁舎にて、記者発表会を開催した。記者発表はキャノン株式会社と合同で行い、東大からは酒向が「トモエゴゼンの観測運用の開始について」というタイトルで発表し、キャノン株式会社からは市川武史デバイス開発本部長により「高感度 CMOS センサの天文分野への貢献について」というタイトルで発表が行われた。TV局3社、新聞8社の参加があり、多くのメディアで取り上げられた。また、記者発表会は木曾協働会とあわせて実施したため、木曾地域振興局の方々や、理学系研究科長・理学系事務の方々にも発表を聞いてもらうことができた。



図 3.30: 記者発表会の様子

メディアでの紹介

TV	10月1日	NHK ニュース おはよう日本 長野朝日放送 abn ステーション	全国2回, 地域1回 1部・2部の2回放送
	10月2日	長野放送 NBS みんなの信州	
ラジオ	10月1日	NHK ラジオ	長野向け・全国向け
新聞	10月1日	信濃毎日新聞 35面 市民タイムス 23面 日本経済新聞 地方経済面(長野) 中日新聞(長野)	
web ニュース	10月1日	NHK NEWS WEB NHK WORLD-JAPAN 日本経済新聞 電子版 信毎 web 共同通信 デジタル毎日 市民タイムス WEB 朝日新聞 YouTube チャンネル 航空新聞社 時事ドットコム	東京新聞, 西日本新聞などのサイトに転載

3. Web リリース:東京大学木曾観測所トモエゴゼンによる地球接近小惑星 2019 SU10 の発見について

2019年10月8日に, 地球接近小惑星 2019 SU10 の発見について web リリースを行った. 本リリースに直接伴ったメディアでの紹介はなかった.

4. Web リリース:東京大学木曾観測所トモエゴゼンでボリソフ彗星を観測

2019年11月25日に, トモエゴゼンで観測したボリソフ彗星の動画を web リリースした.

メディアでの紹介

TV	11月25日	NHK あさイチ
----	--------	----------

5. プレスリリース:東京大学木曾観測所トモエゴゼンを用いて太陽系外縁天体クワオアーによる恒星掩蔽(えんぺい)現象の高感度動画観測に成功

2019年11月27日に, トモエゴゼンを用いた太陽系外縁天体クワオアーによる恒星掩蔽現象の高感度動画観測の成果について, 京都大学主導でプレスリリースを行った. 理学系研究科と木曾観測所の web ページにも記事を掲載した.

メディアでの紹介

新聞	11月28日	市民タイムス 26面
	12月22日	市民タイムス 12面 「こどもタイムス」
web ニュース	11月27日	オプトロニクスオンライン
	11月28日	sorae
	11月29日	時事ドットコム
雑誌		星ナビ 2020年2月号

その他 各メディアでの紹介

1. 新聞・Web ニュース

5月31日	推進協 初企画・星の学校スタート	市民タイムス
6月24日	「突発天体」正体に迫る	信濃毎日新聞
7月31日	講演や天体観望 観測所一般公開	MG プレス
8月2日	東大観測所あすから公開	市民タイムス
8月4日	きょうまで木曾観測所で一般公開	市民タイムス
1月1日	手を伸ばそう 宇宙はそこに	中日新聞
1月3日	レポート信州 宇宙の謎 木曾から迫る	信濃毎日新聞
01月8日	不惑の望遠鏡 もう一花	朝日新聞 夕刊
1月13日	満月の空に「火球」、落ちていく様子を撮影	朝日新聞デジタル
1月25日	かぐら来月始動 - 連携観測	赤旗
2月1日	県内天文関係者らの協議会 木曾の観測所で設備や歴史説明	信濃毎日新聞
2月16日	科学の扉 動画が天文学変える	朝日新聞
2月16日	天文学の常識覆す宇宙の動画観測, 最新のデジカメ技術で	朝日新聞デジタル
2月28日	今年の郷土 10大ニュース	市民タイムス
3月12日	84の瞳で宇宙の動きを見つめる「トモエゴゼン」	キヤノンテクノロジー

2. 雑誌・情報誌

トモエゴゼン紹介記事	天文ガイド	2019年7月号
	星ナビ	2019年8月号
	星ナビ	2019年12月号
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	2019年7月号
	天文ガイド	2019年8月号
	星ナビ	2019年8月号
	日経サイエンス	2019年8月号
2019年振り返り	星ナビ	2019年12月号
諸隈助教インタビュー	早稲田アカデミー by AERA	
「銀河学校 2020」参加者募集	天文月報	2020年1月号
	天文ガイド	2020年2月号
	日経サイエンス	2020年2月号
	Newton	2020年2月号

3. テレビ

11月25日 ずくだせテレビ トモエゴゼン紹介 SBC 信越放送

4. 書籍・出版物など

2019年6月	書籍「天文学検定公式テキスト2級銀河博士 2019-2020年版」 写真「馬頭星雲」「プレアデス星団」「ペルセウス座 h 星団・χ 星団」 「おとめ座銀河団」使用
2019年7月	書籍「アンドロメダ銀河のうずまき」(谷口義明 著) 写真「アンドロメダ銀河」「プレアデス星団」使用
2019年8月	書籍「日本の星空ツーリズム」 木曾観測所 見学案内掲載
2019年10月	OKI グループ広報誌 記事掲載 「OKI, 東京大学木曾観測所『トモエゴゼン』へフレキシブル基板 (FPC) 納入」
2020年3月	DVD マガジン「宇宙の神秘」145・小惑星衝突 写真「小惑星 2019FA」使用

3.3 施設, 設備

3.3.1 観測所

木曾観測所は, 山頂の主要施設 (通常はこれを木曾観測所と呼ぶ) 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曾町, 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
画像処理室	71 m ²	1985 年
学生実習室 (プレハブ)	29 m ²	1991 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
教育・共同研究室	82.9m ²	2004 年
建物小計	2,319 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 長野県木曾郡上松町大字小川 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 2,564 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
木曾町	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

望遠鏡の保守で述べたように、2019年度に制御系（赤道儀制御機構）の刷新と望遠鏡の機能追加を行った。これにより、安定したポインティングやトラッキング、確実に容易なフォーカシングが実現した。例年8月の特別公開時に観望会を行っているが、2019年は天候不良のため中止となった。

表 3.4: 主な仕様

望遠鏡	高橋製作所ミュロン (300 Dall-Kirkham 式)
口径	300 mm
焦点距離	3572 mm
望遠鏡架台	SHOWA 25E 赤道儀
赤道儀制御器	ATRASTAR
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

3.3.4 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。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。本年7月から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開始/停止を行う、自動観測を実現している。

観測条件判定プログラム

木曾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 3.5 に観測の開始・再開条件および中断・終了条件を示す。

表 3.5: 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	-10° 未満	-10° 以上

3.3.5 観測サポート機器

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。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。この他にも気温、風速の測定、および雨滴検知を行っている。

制御 PC	orihome (CentOS Linux)(-2019/09) teru (CentOS Linux)(2019/10-)
観測範囲	天頂角 0-36 度の範囲
観測波長	8-12 ミクロン
観測頻度	1 分に一度測定
設置場所	木曾観測所本館屋上

可視全天カメラ

D810 を使用した可視全天カメラは、2014 年 10 月から使用を開始したが、使用開始以来 5 年半を超過し、シャッターの機械的な耐用年数に近づいていると推測されている。今後も中断無く観測を継続するため、比較的安価なカメラを使用した新たなカメラシステムを作成した。実際の稼働時期は来年度 (4 月初旬) を予定している。新可視全天カメラは、太陽高度が 10 度以上の時は撮影を 1 時間間隔で行い、それ以外の時間帯では 5 分間隔で行うよう設定している。新旧システムの仕様はそれぞれ以下の通りである。

旧可視全天カメラ

カメラ	Nikon D810
制御 PC	camera_control (Ubuntu Linux)
観測範囲	天頂角 0-90 度の範囲
観測波長	可視
観測頻度	10 分に一度画像を取得
設置場所	木曾観測所本館屋上

新可視全天カメラ

カメラ	Nikon D3400
制御 PC	allsky (Interface 社製 Linux)
観測範囲	天頂角 0-90 度の範囲
観測波長	可視
観測頻度	太陽高度 > 10 度 : 1 時間に一度画像を取得 太陽高度 < 10 度 : 5 分毎に一度画像を取得
設置場所	木曾観測所本館屋上

霧センサ

主に夜明け前に現れる霧を検知するための Optical Sensors 社の霧センサ Sten Löfving を 2013 年に導入した。木曾観測所では夜半過ぎに霧が上がることが多く、これを感知し、望遠鏡およびカメラを守るために設置した。毎分 1 回の頻度で visibility データ (0-10000m) を取得し、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。

制御 PC	orihime (CentOS Linux)(-2019/09) teru (CentOS Linux)(2019/10-)
レーザー出力	5 mW 以下
レーザー波長	650 nm
設置場所	木曾観測所本館屋上

気象ステーション

Vaisala 社ウェザートランスミッター WXT520 を設置し、風速、風向、雨量、温度、湿度、気圧を毎分 1 回の頻度で測定し、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。

制御 PC	orihime (CentOS Linux)(-2019/09) teru (CentOS Linux)(2019/10-)
設置場所	木曾観測所本館屋上

視野カメラ

シュミット望遠鏡の指向方向の天候(主に雲)を素早く知るために、シュミット望遠鏡の鏡筒中央部の南側側面に視野カメラを設置した。5秒おきに撮影を行い、観測者が閲覧可能なwebページにおいて画像を表示している。また、制御PCへ毎分1回の頻度で画像を保存している。

カメラ	Panasonic DG-SP509 (2.2 μ m, 2048 × 1536 ピクセル)
視野	3.04 deg × 2.28 deg
フィルタ	なし
露出時間	16/30 秒
制御 PC	orihome (CentOS Linux)(-2019/09) teru (CentOS Linux)(2019/10-)
設置場所	シュミット望遠鏡鏡筒

監視カメラ (屋内, 屋外)

ドーム内5ヶ所, ドーム内観測室1ヶ所, 本館玄関前1ヶ所, ドーム外1ヶ所, 鏡筒内1ヶ所の計9ヶ所に監視カメラを設置している。主な目的は、観測時のドーム内の安全確認やフィルター交換機構ロボットの動作確認等であり、遠隔観測を視野に入れた整備の一環として設置した。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。

カメラ	Panasonic BB-SC384 Panasonic BB-HCM715 Panasonic BB-SC384 Panasonic DG-SP305 Panasonic BL-C111
制御 PC	orihome (CentOS Linux)(-2019/09) teru (CentOS Linux)(2019/10-)
設置場所	観測所内各所計9ヶ所

雨露センサ

雨滴の検出には、アスザック社のAKI-1805を6台とVaisala社製のDRD-11Aを1台設置している。制御PC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。

制御 PC	orihome (CentOS Linux)(-2019/09) teru (CentOS Linux)(2019/10-)
センサ	AKI-1805 6台 DRD-11A 1台
設置場所	木曾観測所本館屋上

- 前気象ステーションの退役

新しい観測支援機器の設置に伴い、旧望遠鏡視野カメラ、旧気象ステーションの運用を停止した。既存のドーム内監視用Webカメラと雨露センサ(警報機付き)はしばらくの間、新観測支援機器と併用して使用を続ける。

3.3.6 計算機/ネットワーク

木曾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。

望遠鏡・ドーム制御用計算機

望遠鏡やドームなどを制御する計算機は、2013年度に制御系更新を行った際に大幅に変更された。従来複数台のワークステーションで行っていた望遠鏡等の制御は1台のWindows PCで行えるようになった。この計算機は望遠鏡、ドーム、およびドームフラット用ランプ・ND フィルターの制御を行うことができる。また、望遠鏡やドーム駆動に関わる各種コマンドの実行やステータス取得などは、ネットワークを介して観測所内のどこからでも行うことができる。

KWFC 観測用計算機群

気象観測機器から取得した気象データ等を保存・表示する、データ・Web サーバー用計算機「orihome」の機能を、後継機「teru」へ10月に移行が完了し、「orihome」の運用を終了した。また、KISS プロジェクト用計算機「altair」、KISOGP プロジェクト用計算機「deneb」「vega」「cepheus」を管理者へ返却し、KWFC 関連の計算機は本年度で全て運用を終了した。

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。

- 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。

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をになっている。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、予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 3.6, 3.7, 3.8 に示す。

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生成されたデータはデータアーカイブシステムのデータベースに登録され、ストレージノードに保管される。それぞれの計算機の名前と役割を表 3.9 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 3.10)。

表 3.6: Tomo-e Gozen データ取得用計算機

計算機名	設置場所	役割
tomo-e-gozen	ドーム計算機室 (ラック#1)	観測全体のコントロール
tomoedaq-master	ドーム計算機室 (ラック#1)	データ取得プロセス管理
tomoedaq-slave0	ドーム計算機室 (ラック#1)	データ取得/画像生成 (Q1)
tomoedaq-slave1	ドーム計算機室 (ラック#1)	データ取得/画像生成 (Q2)
tomoedaq-slave2	ドーム計算機室 (ラック#1)	データ取得/画像生成 (Q3)
tomoedaq-slave3	ドーム計算機室 (ラック#1)	データ取得/画像生成 (Q4)

表 3.7: 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

表 3.8: 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

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館の間は 10 Gbps の光ファイバで接続されている。10 Gbps の通信にはクラス C のプライベート IP アドレスが使用されており木曾観測所のネットワークとは独立したネットワークを構成している。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曾観測所外部から観測できる。

表 3.9: 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

表 3.10: 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
yamabuki	本館観測室	監視カメラ画像の表示

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、光度曲線の周期解析を実行するための計算

機, 地球接近小惑星サーベイのための計算機が導入されている. また, 2019 年度より重ねあわせ方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 (neo1, fpga1) も導入された. 各計算機の名前と用途について表 3.11 にまとめた.

表 3.11: 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#2)	突発天体サーベイ
shinohara2	本館計算機室 (ラック#2)	突発天体サーベイ
shinohara3	本館計算機室 (ラック#2)	突発天体サーベイ
shinohara4	本館計算機室 (ラック#2)	突発天体サーベイ
shinohara5	本館計算機室 (ラック#2)	突発天体サーベイ
shinohara6	本館計算機室 (ラック#2)	突発天体サーベイ
shinohara7	本館計算機室 (ラック#2)	突発天体サーベイ
shinohara8	本館計算機室 (ラック#2)	突発天体サーベイ
shinohara9	本館計算機室 (ラック#2)	突発天体サーベイ
shinohara10	本館計算機室 (ラック#2)	突発天体サーベイ
shinohara11	本館計算機室 (ラック#2)	突発天体サーベイ
gwkiso	本館計算機室 (ラック#2)	突発天体サーベイ
gwdata	本館計算機室 (ラック#2)	突発天体サーベイ
lustre	本館計算機室 (ラック#2)	突発天体サーベイ
naginata	本館計算機室 (ラック#3)	HeSO サーベイ
apollo	本館計算機室 (ラック#3)	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)

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. これらの計算機は 2013 年度に導入された WindowsPC で, Windows 10 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. また, VirtualBox を用いた仮想環境で Linux が動作するようになっており, Linux 環境では IRAF が使用可能となっている. 本年度に 1 台が故障し, 昨年度電源を交換した 2 台も不安定であるため, 使用可能な計算機は 9 台となっている.

SMOKA (Subaru Mitaka Okayama Kiso Archive)

木曾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. アーカイブデータの運用に関しては, データベースの構築を含め, 国立天文台天文学データ解析計算センターの全面的な協力を得て行なわれている. データ解析計算センターでは観測データから観測天体, 観測者名などのヘッダ情報をデータベース化し, 1 年以上経過した観測データの各種情報を公開し, 観測データを請求に応じて配布する作業を行っている. 2019 年度内に SMOKA を介して木曾観測所関連のデータ利用申請は延べ 26 件あり, 1KCCD のデータは 337 フレーム, 2KCCD のデータは 609 フレーム, KWFC のデータは 32048 フレームの利用があった.

2019 年 9 月には, 写真乾板デジタルアーカイブ「SMOKA Photographic Plate Archive」の運用が開始され, プレート番号や座標を指定してデータの検索・取得が行えるようになった (詳細は, 3.2.4 を参照).

また, Tomo-e Gozen によって取得した生データの一部と解析済みデータを SMOKA にアーカイブするためのシステムの構築を進めている. ドーム計算機室にある計算機と本館計算機室にある国立天文台アーカイブシ

システム SMOKA の計算機は、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の一部は SMOKA でアーカイブするためにこの計算機に転送される。国立天文台へのデータの転送は、外部への 10 Gbps ネットワークの安定運用が整った後に開始するべく検討を進めている。

観測所のネットワーク設備

2013 年度から NTT の光ファイバーを使ったインターネット接続サービスを利用しており、2017 年 2 月からは NTT コミュニケーションズ OCN 光の最大 1 Gbps のサービスを利用している。観測所内の各施設間 (本館-ドーム-夜天光) は、1 Gbps の光ファイバで接続されている。2016 年度にはドームと本館の間に新たに 10 Gbps のシングルモードファイバを埋設し、両建物間に 1 Gbps と 10 Gbps の 2 つの通信系を構築した。10 Gbps の通信系は、Tomo-e の大容量の観測データを取り扱う計算機で使用し、その他の計算機は 1 Gbps の通信系を利用する設計となっている。

2019 年度は、木曾広域連合の光ファイバを直近のクロージャから観測所本館まで新設し、10 Gbps の回線が開設された。2019 年 7 月 31 日に、木曾広域連合と木曾観測所の間で「木曾地域高度情報化網接続協定」を締結し、運用を開始している。本回線は Tomo-e Gozen のデータを三鷹や本郷へ送るデータアップロード専用で、下りは 50 Mbps の帯域制限がかけられている。データ転送試験では、情報基盤センター Oakbridge-CX との間で上り 4 Gbps の速度性能を確認した。現在は、本郷にデータサーバーを設置して、本格的にデータ転送を行う準備を進めている。

無線 LAN のアクセスポイントは、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。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 (UTokyo WiFi)、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。

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 の観測・開発用に学外の共同研究者にも公開している。KWFC のリモート観測用に使用していた、YAMAHA の VPN ルータを用いた VPN も未だ有効であるが、バックアップとしてユーザーを限定して運用している。

3.3.7 外部機関管理機器

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。

星空ライブカメラ

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するライブ動画配信システム (表 3.12)。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 月に本館屋上に設置され、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。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る。2019 年度は朝日新聞社の公式 YouTube チャンネル (登録者数約 30



図 3.31: 夜天光観測室玄関上に設置された GPS アンテナ

万人) より公開された。撮影機材と YouTube チャンネルコンテンツの運営を朝日新聞社が、インフラの供給と装置の維持を東京大学木曾観測所が担当する。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を YouTube ライブのチャットサービスに自動で投稿する。2019 年 12 月 14 日のふたご座流星群では、同時視聴者数 8,000 人、一晩の視聴回数が 100 万回を超えた。

表 3.12: 星空ライブカメラシステム

カメラ	SONY α 7s HDMI 出力
レンズ	APS-C 用 16mm F/1.4
ライブ配信機器	Cerevo LiveShell X
視野	水平 70 度, 上下 50 度
感度設定	ISO 100-204800
設置場所	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

名古屋市科学館全天カメラ

名古屋市科学館と協力し、木曾観測所に夜間星空撮影が可能な全天カメラを設置した。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、木曾の星空環境の良さ、木曾観測所での研究・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を選択した。観測所は場所以外に、電源、通信、必要に応じた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て画像配信を行う。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。



図 3.32: 夜天光観測棟屋上に設置された全天カメラ

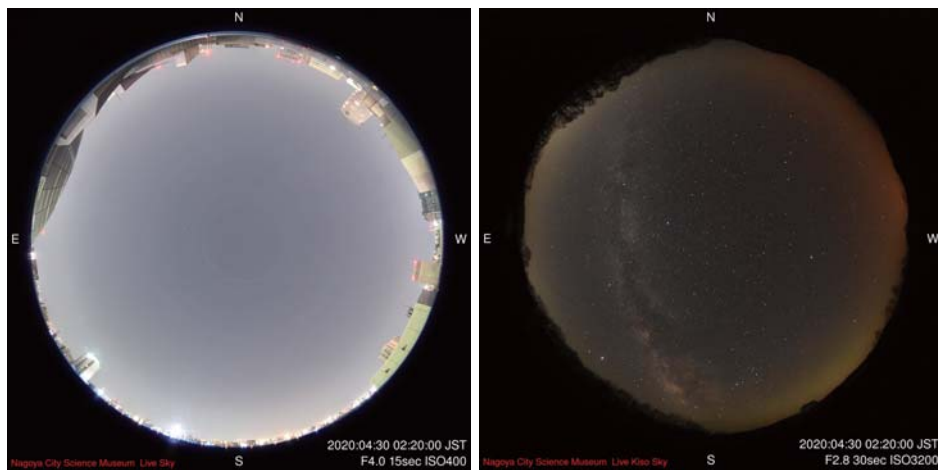


図 3.33: 名古屋市科学館（左）と木曾観測所（右）で得られた同日同時刻の全天カメラ画像. 空の明るさの違いが一目瞭然に見て取れる.

3.4 運用, 管理

3.4.1 宿泊

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. 木曾観測所と上松宿舎の本年度の滞在者数は下記の通りであった.

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	382
東京大学 (センター以外)	18	41
国立天文台	9	14
他大学・他機関	65	180
外国	1	2
高校生	101	101
その他	65	90
計	276	810

3.4.2 日誌

2019 年	4 月 23 日	Tomo-e Gozen Q4 ファーストライト, FM 完成
	4 月 24 日	朝日新聞 YouTube カメラ設置
	5 月 9 日	木曾星の里づくり推進協議会総会 (於:木曾地域振興局)
	6 月 10 日-11 日	主鏡水洗
	7 月 3 日-5 日	シュミット望遠鏡からの KWFC 関連設備取り外し
	7 月 9 日-10 日	木曾シュミットシンポジウム (於:御料館)
	7 月 17 日	木曾広域 10G ネットワーク開通
	8 月 3 日-4 日	木曾観測所特別公開
	8 月 6 日	自転車町長室 (大屋誠 上松町長来所)
	8 月 23 日	産業医巡視
	9 月 30 日	木曾協力会・トモエゴゼン記者発表会
	10 月 1 日	トモエゴゼン本格運用開始
	10 月 12 日	台風 19 号 千曲川決壊
2020 年	11 月 12 日	名古屋市科学館全天カメラ設置
	12 月 23 日	木曾観測所共同利用相談会 (於:天文学教育研究センター)
	3 月 26 日	名古屋大学アンテナ敷地火災

3.4.3 役務, 営繕工事等

2019年	4月	夜天光北東域樹木伐採
	5月	セレナ1カ月点検
	6月	上松連絡所外構工事
		上松宿舎202号室網戸取付工事
		敷地内誘導路注意事項看板更新
		木曾広域連合 光ファイバー敷設工事
	7月	灯油タンク点検
		構内草刈り
	8月	屋外物置設置
		暖房ボイラー点検
	9月	浄化槽清掃
		火災報知器保守点検
敷地内誘導路ガードレール反射板設置		
10月	温水ボイラー修理	
11月	浄化槽法定検査	
2020年	1月	ドーム観測床蛍光灯LED化
		本館屋上シート防水引き抜き試験
		男子浴室脱衣所カーテン設置
		ドーム・本館玄関カーテン改良
	2月	本館屋上扉改修工事
		ドーム外水道管破損・ヒーター修理
		本館玄関飾り柵設置
		夜天光床貼替工事
	2月	上松宿舎コンセント交換工事
	3月	本館南 王滝エリア樹木伐採
		火災報知器保守点検
		プレハブ解体工事
かまぼこ撤去		
ガスメーター交換		
夜天光トイレ・廊下電灯改修工事		
30cm 望遠鏡改修		
敷地内誘導路駐車場案内看板設置		
ドーム制御室電灯LED化		

3.4.4 晴天率・観測統計

2012年からの晴天率・観測統計を図3.34に示す。グラフの青色が日効率, 赤色が時間効率, 緑色が晴天率(自動判定による観測可能時間)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。

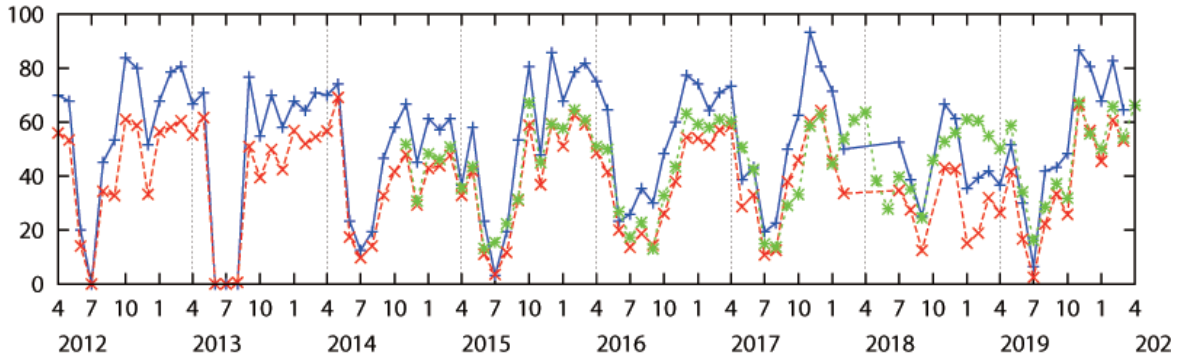


図 3.34: 晴天率と観測効率. 青色が日効率, 赤色が時間効率, 緑色が晴天率を表す.

また、年ごとの晴天率を図 3.35 に示す。5年間の平均に対し、2019年は概ね平均的な晴天率であった。

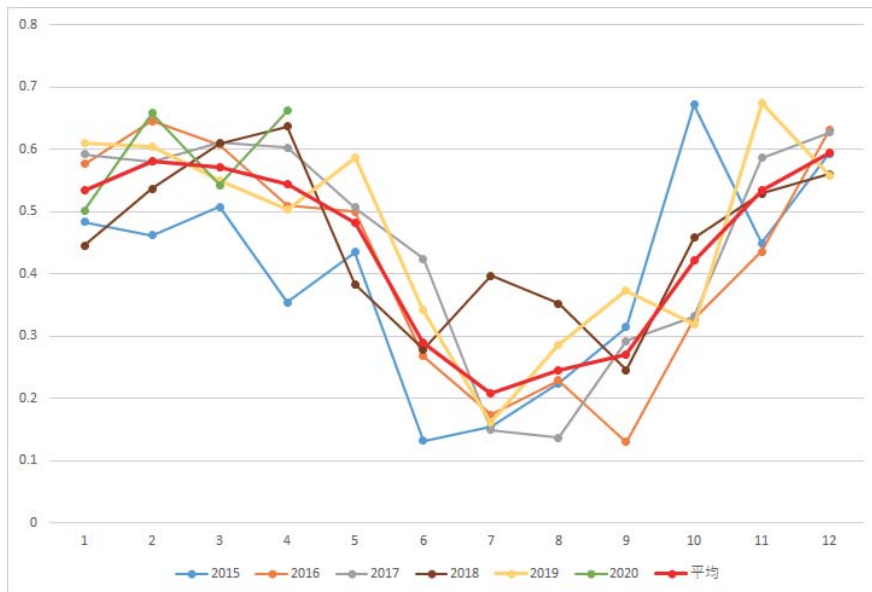


図 3.35: 年毎の晴天率

3.4.5 環境安全衛生

望遠鏡制御パソコンのネットワークスイッチ

観測床で作業する際に、望遠鏡制御パソコンがネットワークにつながった状態ではネットワーク経由で望遠鏡を駆動できるため、作業中に意図せずに望遠鏡が駆動し、事故に繋がる恐れがあった。そこで観測床入り口に

望遠鏡制御パソコンにつながったLANケーブルを物理的に切る機械スイッチを導入した。このスイッチがONの状態では、ネットワーク経由での望遠鏡の制御ができなくすることで、安全が確保された。また、目視で確認できるようパトランプを点灯させるよう改造した。

電灯リモート制御

Tomoeによる観測は基本はリモートかつ無人で行なわれるが、観測床、制御室の電灯の消し忘れが生じた場合、人が現場で消さない限り観測が進められない状況ある。それを解決するため、ネットワーク経由で電灯を操作できるように進めている。本年度は、ネットワーク制御機能を持ったI/O機器、それと連動したデジタル制御回路、表示用LEDを備え電灯の点灯の有無が分かる押ボタンスイッチとそれらを取めた制御ボックスを観測床入り口に設置した。また、専用のブラウザを使い、ネットワーク経由で電灯のON/OFFが出来ることまで進めた。またこの改修に合わせ、今まで蛍光灯であった観測床と制御室の電灯をLEDに変更した。

安全衛生教育

新入職員1名に対する安全衛生教育をおこなった。

産業医巡視

産業医巡視が8月23日に行われた。重大な改善指摘事項はなかった。

3.4.6 環境維持

樹木伐採

本年は観測環境及び景観維持のため、以下の範囲の樹木の伐採を行った。

- 夜天光の北側と東側(木曾町エリア 和田氏, 黒田氏所有地と牧野組合共有林) 2019年4月
- 本館南側(王滝村エリア 共有林) 2020年3月

草刈り

本館, ドーム, 夜天光, 道路周辺の草刈りを年間を通して実施している。さらに、樹木伐採エリアで樹木の高さを観測所員で処理できる高さに維持することを目的として、ドーム南側の範囲を中心に、建物、道路から離れたところまで刈り込みを進めた。それに合わせ、観測所借地の境界標識の確認も進めた。

また、以下の2回タイミングで観測所員らを中心に一斉に草刈りを行った。

- 6/26 第二ゲートから本館までの間 約2時間 刈り払い機5台(観測所員)
- 7月下旬 第二ゲートから本館までの間, 本館周辺 延べ時間 約24時間(観測所員)
- 7/26 第一ゲートから第二ゲートまでの間 約4時間 刈り払い機4台(シルバー人材センター)

3.5 所員

3.5.1 教員および職員

教員および常勤職員

小林 尚人 (准教授, 所長)
 征矢野 隆夫 (助手, 副所長, -2020/03/31)
 樽沢 賢一 (技術専門員, -2020/03/31)
 高橋 英則 (助教, 2019/04/01-)
 酒向 重行 (助教, -2020/02/29, 准教授, 2020/03/01-)
 諸隈 智貴 (助教)

非常勤職員

青木 勉 (特任専門員)
 森 由貴 (特任専門職員)
 中地 紀子 (技能補佐員)
 圃中 真実 (事務補佐員, -2019/04/12)

研究員

大澤 亮 (特任助教)
 近藤 荘平 (特任研究員, 2019/04/01-)

3.5.2 外国人来訪研究者

氏名	所属	時期
Michael Richmond	ロチェスター工科大学	2019/05/20-22

3.5.3 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, 2019/12/23)

相談会メンバー	土居 守 (センター長)	
	小林 尚人 (観測所長)	征矢野 隆夫 (観測所副所長)
	田村 元秀 (東京大学)	渡部 潤一 (国立天文台)
	富田 晃彦 (和歌山大学)	中西 裕之 (鹿児島大学)

3.5.4 記録事項

1. 科学研究費補助金等
- | | |
|---|---|
| 酒向 重行 | 科学技術振興機構 さきがけ (2015-2019)
「タイムドメイン宇宙観測用動画データの高速逐次処理法の開発」 |
| 諸隈 智貴 | 科学研究費補助金 基盤研究 (A) (2016-2020)
「高頻度広視野観測でつなぐ大質量星最期の姿と超新星爆発」 |
| 茂山 俊和
(土居 守 分担) | 科学研究費補助金 基盤研究 (S) (2016-2021)
「高速掃天観測による連星中性子星合体现象の研究」 |
| 土居 守
(酒向 重行 分担) | 光赤外線天文学大学間連携 (2017-2021)
「木曾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」 |
| 田中 貴浩
(計画研究 B03 代表 吉田道利)
(酒向 重行 分担) | 科学研究費助成事業 新学術領域研究 (2017-2022)
「重力波物理学・天文学：創世記」
「計画研究 B03：重力波源の光赤外線対応天体観測で迫る
中性子星合体の元素合成」 |
| 諸隈 智貴 | 科学研究費補助金 新学術領域研究 (研究領域提案型)(2018-2020)
「Tomo-e Gozen カメラによる重力波可視対応天体超広視野即時探査観測」 |
| 奥村 真一郎
(酒向 重行 分担) | 科学研究費補助金 基盤研究 (B) (2018-2021)
「高速移動天体の検出による微小天体サイズ分布の解明」 |
| 渡部 潤一
(酒向 重行 分担) | 科学研究費補助金 基盤研究 (B) (2018-2021)
「太陽系外縁小天体の高速広域探査」 |
| 高橋 英則 | 科学研究費補助金 基盤研究 (B) (2018-2021)
「3次元分光で探る星形成活動研究のための近赤外波長可変狭帯域
フィルターの開発」 |
| 大澤 亮 | 科学研究費補助金 若手研究 (2018-2022)
「動画分光観測による惑星間空間ダスト組成サーベイ」 |
| 土居 守 | 科学研究費補助金 基盤研究 (S) (2018-2023)
「爆発直後からの観測による Ia 型超新星の起源解明」 |
| 酒向 重行 | 国立天文台 共同研究開発 (2019-2020)
「天文用高感度 CMOS センサの読み出しシステムの開発」 |

2. 委員その他

- 諸隈 智貴 大学間連携 「大学間連携による光・赤外線天文学研究教育拠点のネットワーク構築」
事業企画運営委員
- 諸隈 智貴 光赤外線天文連絡会 運営委員
- 諸隈 智貴 日本天文学会 天文月報 編集委員
- 諸隈 智貴 日本天文学会 年会実行委員

3. 学部大学院講義

教員名	講義名	大学または大学院名	時期
酒向 重行	全学自由研究ゼミナール	東大教養学部	2019 年度夏学期
小林 尚人	全学自由研究ゼミナール	東大教養学部	2019 年度夏学期
諸隈 智貴	全学自由研究ゼミナール	東大教養学部	2019 年度夏学期
諸隈 智貴	基礎天文学実験	東大理学部	2019 年度夏学期

4. 学生・大学院生指導

教員名	課程	学生・大学院生氏名	研究テーマ
小林 尚人	修士課程 (M1)	紅山 仁	木曾広視野高速カメラ Tomo-e Gozen による微小地球接近小惑星の探索
小林 尚人	修士課程 (M2)	谷口 大輔	WINERED による星の化学組成の導出

5. その他指導活動

- 高橋 英則 2020/01/17-18
群馬県立ぐんま天文台
光・赤外線天文学大学間連携「短期滞在実習プログラム」派遣講師
ぐんま天文台 150cm 望遠鏡のための三波長同時偏光撮像装置” MuSaSHI” マウント作成
(第1回)
- 高橋 英則 2020/03/13
埼玉大学
光・赤外線天文学大学間連携「短期滞在実習プログラム」派遣講師
ぐんま天文台 150cm 望遠鏡のための三波長同時偏光撮像装置” MuSaSHI” マウント作成
(第2回)

6. 学位取得

- 谷口 大輔 2020年3月, 修士(理学)
”A Method of Measuring Chemical Abundances of Red Supergiants and the Application
to the Objects near the End of the Galactic Bar”
(赤色超巨星の組成解析法の開発と銀河系棒状構造終端部付近にある天体への適用)

7. 国外出張

- 高橋 英則 2019/06/01-06/03
大連 / 中国
TAO 蒸着装置製作状況視察・打ち合わせ
- 諸隈 智貴 2019/06/06-06/09
アリゾナ大学スチュワート天文台 / アメリカ
TAO 鏡に関する打ち合わせ
- 大澤 亮 2019/06/16-06/23
ブラティスラヴァ / スロバキア
研究会「Meteoroids2019」参加
- 小林 尚人 2019/10/05-10/11
ヨーロッパ南天天文台 / チリ共和国
WINERED の移送・設置・観測に関する打ち合わせ
- 高橋 英則 2019/11/11-11/26
アリゾナ大学・Richard F. Caris Mirror Laboratory / アメリカ, サンペドロ・デ・アタカマ
/ チリ共和国
TAO 望遠鏡主鏡等移動立ち合い及び輸送関係打ち合わせ, TAO 望遠鏡設置に関する現地調査
- 諸隈 智貴 2019/11/16-11/24
ハワイ / アメリカ
研究会「SUBARU TELESCOPE 20TH ANIVERSARY」参加, 発表
- 高橋 英則 2019/11/27-11/29
大連 / 中国
TAO 蒸着チャンバー製作状況確認及び進捗打ち合わせ
- 高橋 英則 2020/01/04-01/06
大連 / 中国
TAO 蒸着装置完成検査・試験打ち合わせ
- 諸隈 智貴 2020/01/05-01/10
アリゾナ大学スチュワート天文台 / アメリカ
TAO ソフトウェア試験
- 酒向 重行 2020/01/05-01/11
サンティアゴ / チリ共和国
大型赤外望遠鏡建設に向けた現地作業スケジュール調整等
- 高橋 英則 2020/02/17-03/03
国立天文台ハワイ観測所 / アメリカ
TAO 近赤外線観測装置 SWIMS リファーマビッシュ・性能評価試験