

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

2016 (平成 28) 年度

2017 (平成 29) 年 11 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 学術支援職員	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 名誉教授	9
1.2.6 学部・大学院教育に参加する関連研究機関の教員	9
1.3 学部学生, 大学院学生, および研究生	10
1.3.1 学部学生	10
1.3.2 大学院学生 ([ ] 内は指導教員)	11
1.3.3 博士論文, 修士論文および課題研究発表	12
1.4 授業	14
1.4.1 学部	14
1.4.2 大学院	15
1.5 研究活動	16
1.5.1 宇宙及び系外銀河	16
1.5.2 宇宙の高エネルギー現象	18
1.5.3 銀河系および星間物質	19
1.5.4 恒星	22
1.5.5 太陽系外惑星および星惑星形成	31
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	35
1.6.1 英文報告	35
1.6.2 和文論文および解説記事	51
1.6.3 著書, 訳書, 編書	51
1.7 学会, 研究会における発表	52
1.7.1 日本天文学会 2016 年秋季年会, 愛媛大学 (2016/9/14/-9/16)	52

1.7.2	日本天文学会 2017 年春季大会, 九州大学 (2017/3/15-3/18)	53
1.7.3	国際研究会	54
1.7.4	国内研究会	59
1.7.5	その他の講演	61
1.8	その他の活動	63
1.8.1	記者会見, プレスリリース, 新聞報道	63
1.8.2	受賞	63
1.8.3	他学科・専攻での講義	64
1.8.4	他学部での講義	64
1.8.5	他大学での講義	64
1.8.6	委員その他	64
1.8.7	科研費等	65
1.8.8	出張記録	66
1.9	来訪者	71
1.10	教室談話会	72
<b>第 2 部</b>	<b>天文学教育研究センター</b>	<b>75</b>
2.1	天文学教育研究センターの沿革と現状	77
2.1.1	東京大学アタカマ天文台 - TAO 計画の経緯と進捗	79
2.2	教員, 職員, 名誉教授, 研究員等	80
2.2.1	教員及び職員	80
2.2.2	研究員及び客員	80
2.2.3	名誉教授	80
2.3	天文学教育研究センター運営委員会	81
2.4	敷地, 建物, 及び主な設備・備品	81
2.5	研究活動	82
2.5.1	宇宙および系外銀河	82
2.5.2	銀河系および星間物質	92
2.5.3	恒星および系外惑星	93
2.5.4	太陽及び太陽系	96
2.5.5	望遠鏡, 観測機器, ソフトウェアの製作と開発	96
2.5.6	TAO 計画	100
2.5.7	東京大学アタカマ 1m 望遠鏡	108
2.6	論文及び出版物	109
2.6.1	英文報告	109
2.6.2	和文報告	120
2.6.3	著書, 訳書, 編書	120
2.7	学会, 研究会における発表	121
2.7.1	日本天文学会 2016 秋季年会, 愛媛大学 (2016/09/14 - 09/16)	121
2.7.2	日本天文学会 2017 年春季年会, 九州大学, (2017/03/15 - 03/18)	123
2.7.3	精密工学会 2017 年度春季大会, 慶應義塾大学, (2017/03/13-15)	126
2.7.4	国際研究会	126
2.7.5	国内研究会	130
2.7.6	その他の講演 (談話会等)	133
2.7.7	研究会の主催	134

2.8	広報普及活動・社会貢献	135
2.8.1	特別公開	135
2.8.2	高校生のための東京大学オープンキャンパス	136
2.8.3	全国同時七夕講演会	136
2.8.4	天文学教育研究センター新リーフレット	137
2.8.5	普及講演	137
2.8.6	普及活動	138
2.8.7	プレスリリース	138
2.8.8	雑誌等取材記事	138
2.9	天文センター談話会	138
2.10	その他の活動	139
2.10.1	講義等(学部)	139
2.10.2	講義等(大学院)	139
2.10.3	講義等(他大学)	139
2.10.4	各種委員	140
2.10.5	科研費等	141
2.10.6	PI 共同利用時間	142
2.10.7	国外出張	143
<b>第3部</b>	<b>天文学教育研究センター木曾観測所</b>	<b>147</b>
3.1	沿革と現状	149
3.2	木曾観測所の活動	151
3.2.1	開発	151
3.2.2	共同利用研究	154
3.2.3	重力波電磁波対応天体追観測	168
3.2.4	所員の研究活動	169
3.2.5	論文および出版物	171
3.2.6	天文電報等	178
3.2.7	学会, 研究会等での報告	179
3.2.8	東大3年生学生実習	188
3.2.9	地元貢献事業	190
3.2.10	教育(パブリックアウトリーチ)・広報活動	192
3.3	施設, 設備	198
3.3.1	観測所	198
3.3.2	105cm シュミット望遠鏡	199
3.3.3	K.3T	199
3.3.4	広視野カメラ KWFC	200
3.3.5	遠隔自動観測システム	200
3.3.6	観測サポート機器	201
3.3.7	計算機/ネットワーク	204
3.4	運営, 管理	206
3.4.1	滞在者数	206
3.4.2	日誌	206
3.4.3	役務, 営繕工事等	207
3.4.4	環境安全衛生	207

3.4.5	望遠鏡とドームの保守, 整備 . . . . .	207
3.5	所員 . . . . .	209
3.5.1	教員および職員 . . . . .	209
3.5.2	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, 2016/12/05) . . . . .	209
3.5.3	記録事項 . . . . .	209

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 (2017年3月31日)

氏名または室名	部屋番号	電話番号	mail address	研究者番号
<b>理学系研究科・理学部1号館西棟</b>				
事務室 (小野塚)	1108	4254	onozuka.akira@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	adachi.etsuko@mail.u-tokyo.ac.jp	
図書室 (野口)	1110	4253	ayusawa.yuko@mail.u-tokyo.ac.jp	
柴橋	1113	4256	shibahashi@astron.s.u-tokyo.ac.jp	30126081
尾中	1115	4261	onaka@astron.s.u-tokyo.ac.jp	30143358
戸谷	1117	4257	totani@astron.s.u-tokyo.ac.jp	90321588
田村	1112b	4258	motohide.tamura@astron.s.u-tokyo.ac.jp	00260018
嶋作	1103	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
成田	1037	1032	narita@astron.s.u-tokyo.ac.jp	60610532
院生室	1119	4265		
院生室	1120	4266		
院生室	1121	4267		
院生室	1122	4268		
<b>理学系研究科・理学部1号館中央棟</b>				
計算機室 (1032)	なし			
実験室	1033	4273		
実験室 (1035)	なし			
研究員室	1036	4569		
研究員室	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			
実験室	1044	4681		
<b>理学系研究科・理学部4号館</b>				
名誉教授室	1723	1536		

## 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(11室), 院生室(4室), 事務室, 図書室, 会議室, 計算機室, コピー室
1号館中央棟(10階)	客員研究室, 講師控室, 学生控室, 学生端末室, 学部実験室, 大学院講義室, 学部講義室, 実験室(3室), 計算機室(3室)
1号館中央棟(9階)	書庫
3号館(3階)	研究室(3室)
4号館(7階)	セミナー室, 名誉教授室

### 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-2016年度)	472名 (うち2016年度10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-2016年度)	619名 (うち2016年度16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-2016年度)	351名 (うち2016年度14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-2016年度)	7名 (うち2016年度1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-2016年度)	20名 (うち2015年度1名)
博士課程退学者・論文博士	(1990年度-2016年度)	10名 (うち2016年度0名)
論文博士(天文以外の出身者)	(1990年度-2016年度)	8名 (うち2016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	柴橋 博資	(しばはし ひろもと)	
	尾中 敬	(おなか たかし)	
	戸谷 友則	(とたに ともり)	
	田村 元秀	(たむら もとひで)	
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)	
	川中 宣太	(かわなか のりた)	2016年9月30日辞職
	成田 憲保	(なりた のりお)	2016年4月1日着任
事務職員	小野塚 朗	(おのづか あきら)	
	浅川 優子	(あさかわ ゆうこ)	
臨時職員	野口 真紀	(のぐち まき)	
	永山 悦子	(ながやま えつこ)	
派遣職員	井澤 愛子	(いざわ あいこ)	2017年1月16日着任,3月28日離任

### 1.2.2 学術支援職員

派遣職員 [尾中] 山口 則子 (やまぐち のりこ)

### 1.2.3 日本学術振興会外国人特別研究員

### 1.2.4 特任研究員

安井 千香子 [尾中] 2016年4月30日辞職

吉田 敬 [梅田]

### 1.2.5 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

### 1.2.6 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と関井隆准教授、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と Richmond Michael William 特任教授(ロチェスター工科大学教授)、また、非常勤講師として国立天文台の渡邊鉄哉教授、ミュンヘン工科大学の DIEHL Roland 教授、Durham 大学の DONE Chris 教授、名古屋大学の金田英宏教授、筑波大学の相川祐理教授東北大学の大向一行教授が参加している。さらに下記の関連研究機関の教員が加わっている。

#### 兼任教員(東京大学)

教授 鈴木建(総合文化研究科)  
准教授 蜂巢泉(総合文化研究科) 大内正己(宇宙線研究所)

#### 兼任教員(国立天文台)

教授	川辺良平	郷田直輝	小林秀行	小林行泰
	山下卓也	大橋永芳	小久保英一郎	Raffaele FLAMINIO
	阪本成一			
准教授	梶野敏貴	関本裕太郎	原弘久	

#### 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	菊地原 正太郎	河野 志洋	小嶋 洋平	財前 真理	佐藤 一樹
	武井 勇樹	谷川 真悟	谷本 悠太	陳 家偉	津名 大地
	山崎 雄太				
3年	遠藤 いずみ	大宮 英俊	小川 貴士	鹿熊 亮太	櫛引 洸佑
	谷口 大輔	聖川 昂太郎	森 万由子	吉村 勇紀	

## 1.3.2 大学院学生 ([ ] 内は指導教員)

- D3 小屋松 進 [大橋] Mede, Kyle A [田村](平成 28 年 9 月 16 日修了)  
 麻生 有佑 [大橋] 泉 拓磨 [河野] (平成 28 年 9 月 16 日修了)  
 大橋 聡史 [水野] 岡田 一志 [宮田] 岡田 裕行 [戸谷]  
 北川 祐太朗 [本原] 小久保 充 [土居] 今野 彰 [大内]  
 齐藤 俊貴 [川辺] 佐藤 裕史 [蜂巢] 佐野 圭 [片坐]  
 柴垣 翔太 [梶野] 柴田 雄 [小久保] 関口 繁之 [関本]  
 高橋 亘 [梅田] 田川 寛通 [郷田] 皆口 裕樹 [吉井]  
 和田 師也 [海老沢]
- D2 李 民主 [川邊] 上原 顕太 [坪井] 漆畑 貴樹 [蜂巢]  
 加藤 裕太 [水野] 川俣 良太 [嶋作] 酒井 大裕 [小林秀]  
 谷口 暁星 [河野] 平居 悠 [梶野]  
 BELL Aaron Christopher [尾中]  
 MARCHIO Manuel[Raffaele FLAMINIO]  
 水本 岬希 [海老沢] 満田 和真 [土居] 和田 健太郎 [茂山]
- D1 舒 詩博 [関本] (平成 28 年 9 月 30 日退学)  
 Livingston John Henry[田村]  
 内山 允史 [宮田] 鷗山 太智 [田村] 姜 継安 [土居]  
 日下部 晴香 [嶋作] 山口 裕貴 [河野] 倉持 一輝 [小林秀]  
 藤本 征史 [大内] 増山美優 [茂山] 吉原 健太郎 [戸谷]  
 SAEZ ELGUETA Scarlet Margarita [田村] (平成 28 年 9 月 23 日入学)
- M2 安藤 亮 [河野] 池内 綾人 [尾中] 石川 聡一 [坪井]  
 石塚 将斗 [田村] 岡村 拓 [嶋作] 楠 絵莉子 [海老沢]  
 黒瀬 一平 [大橋] 酒井 伊織 [小林行] 佐々木 宏和 [梶野]  
 辰馬 未沙子 [小久保] 谷口 由貴 [土居] 寺尾 恭範 [本原]  
 野田 和弘 [茂山] 藤井 喜範 [Raffaele FLAMINIO]  
 藤田 彩豊 [郷田] 藤本 空 [梅田] 向江 志朗 [大口]  
 毛利 清 [宮田] 山崎 翔太郎 [戸谷]
- M1 FENG Chien-Chang [梅田] (平成 27 年 10 月 1 日入学)  
 ZHANG Jin [尾中] (平成 27 年 10 月 1 日入学)  
 石田 剛 [河野] 一木 真 [土居] 猪岡 皓太 [山下]  
 入倉 和志 [嶋作] 大澤 健太郎 [田中] 大橋 宗史 [本原]  
 金岡 慧 [梅田] 木下 聖也 [海老沢] 木村 智幸 [尾中]  
 崔 仁士 [大橋] 清水 貴之 [関本] 須藤 貴弘 [戸谷]  
 田中 祐輔 [田村] 森 寛治 [梶野] 山口 淳平 [宮田]  
 山口 正行 [川辺] DE LEON Jerome Pitogo [田村]  
 HILMI Miftahul [大内](平成 28 年 9 月 23 日入学)  
 JIAN Mingjie [尾中] (平成 28 年 9 月 23 日入学)  
 LIN Haoxiang [戸谷] (平成 28 年 9 月 23 日入学)  
 LUO Yudong [梶野] (平成 28 年 9 月 23 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 (平成 28 年 4 月 26 日取得)

福江 慧	Abundance Determinations of Classical Cepheids in the Galactic Center with Near-infrared High-resolution Spectroscopy
------	---

博士論文 (平成 28 年 9 月 16 日取得)

Kyle A. Mede	The Development and Application of a New 3-D Orbital Fitting Tool for Exoplanet Studies
泉 拓磨	Millimeter and Submillimeter Studies on the Active Trinity of Gas, Stars, and Black Holes in the Central Regions of Seyfert galaxies

博士論文 (平成 29 年 3 月 23 日取得)

麻生 有佑	ALMA Observations Revealing Disk Formation in Early Phases of Star Formation
大橋 聡史	The chemical and dynamical nature of dense cores in giant molecular clouds
岡田 一志	Development of Readout Electronics for a Ground-Based Mid-Infrared Imager and Spectrograph “MIMIZUKU” and Mid-Infrared Imaging of the Transitional Disk Surrounding Ophiuchus IRS 48
北川 祐太朗	The Development of a Near-Infrared Integral Field Unit for Spatially Resolved Studies of Starburst Galaxies
小久保 充	Variability and Polarization of the Ultraviolet-optical Continuum Emission of Quasar Accretion Disks
今野 彰	Galaxy Evolution and Cosmic Reionization History Studied by Subaru Lyman $\alpha$ Emitter Surveys
齐藤 俊貴	Physical Conditions of Molecular Gas in Nearby Merging Luminous Infrared Galaxies
佐藤 裕史	SPH simulations of mergers of double white dwarf binaries: Possible progenitors of Type Ia supernovae
佐野 圭	Origin of the Diffuse Near-Infrared Radiation Observed with <i>COBE</i> /DIRBE
柴垣 翔太	Magneto-rotational core-collapse supernovae and nucleosynthesis in extreme astrophysical environments
関口 繁之	Development of Wide Field and Broadband Cryogenic Optics with Microwave Kinetic Inductance Detectors
橋 亘	Evolution and nucleosynthesis of massive first stars
田川寛通	The merger processes of multiple stellar-mass black holes

## 修士論文 (平成 29 年 3 月 23 日修了)

池内 綾人	Dust Properties of Hickson Compact Groups Revealed by AKARI, Spitzer and Herschel Observations
石川 聡一	銀河系中心領域の ALMA による観測 : SgrA* とミニスパイラルのサブミリ波スペクトル
石塚 将斗	Fiber mode scrambler experiments for the Subaru Infrared Doppler Instrument (IRD)
岡村 拓	Angular momentum evolution of stellar discs at high redshifts
楠 絵莉子	セイファート銀河が示す広帯域 X 線スペクトル変動の統一的な解釈
酒井 伊織	$\alpha$ 線を用いた Nano-JASMINE 搭載用 CCD の放射線耐性実験
佐々木 宏和	Collective neutrino flavor oscillations and application to supernova nucleosynthesis
谷口 由貴	Optical Variability Timescale of Low-mass Black Holes in Active Galactic Nuclei
寺尾 恭範	近赤外線 2 色同時多天体分光撮像装置 SWIMS の検出器システム開発
野田 和弘	Ia 型超新星を生き延びた伴星の理論モデル
藤井 善範	Development of a low frequency vibration isolation system for KAGRA, and study of the localization of coalescing binaries with a hierarchical network of gravitational wave detectors
藤田 彩豊	銀河系回転や太陽運動の解析に及ぼす軌道共鳴の影響
藤本 空	電子陽電子対生成型超新星のニュートリノスペクトル
向江 志朗	Connection between Galaxy and Inter-Galactic Medium at $z$ 2-3 Studied by Optical and Near-Infrared Observations
毛利 清	次世代中間赤外線装置における低温チョッピング実現に向けた超伝導リニアモーターの開発
山崎 翔太郎	Probing the Origin of Fast Radio Bursts by Fermi Gamma-ray Survey and Simulations of Binary Neutron Star Mergers

## 課題研究発表

菊地原 正太郎 [河野・田村陽]	STRONG-LENSING ANALYSIS OF EL GORDO CLUSTER, AND ITS DROPOUTS' DUST-ENSHROUDED STAR FORMATION
河野 志洋 [吉井・峰崎]	小口径望遠鏡用可視補償光学試験装置の性能評価
小嶋 洋平 [茂山・須田]	新星における ${}^7\text{Be}$ の合成
財前 真理 [梅田]	2次元超新星爆発における collective neutrino oscillation
佐藤 一樹 [田村 (元)]	python を使った系外惑星のトランジット予報を行う包括的プログラムの開発
武井 勇樹 [柴橋・高田]	フーリエ変換と星震学を用いた連星の検知
谷川 真悟 [嶋作]	宇宙再電離期の銀河に対するサイズ-光度関係と光度関数の理論予測及びその観測的検証
谷本 悠太 [土居・諸隈]	オリオン星形成領域における近赤外線トランジット探査
陳 家偉 [宮田・酒向]	モスアイ構造を用いた中間赤外線グリズムの効率
津名 大地 [戸谷]	On the X-ray Detectability of Accreting Isolated Black Holes in Our Galaxy

## 1.4 授業

### 1.4.1 学部

#### 教養学部主題科目

11549 (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) 天体物理学演習 I 松永 典之  
0520003 (A セメスター第4学期) 天文地学概論 戸谷 友則・尾中 敬・田村 元秀

#### 天文学科3年

0520013 (S セメスター) 銀河天文学 嶋作 一大  
0520015 (S セメスター) 天体観測学 土居 守・宮田 隆志  
0520020 (A セメスター) 太陽恒星物理学 柴橋 博資・関井 隆・横山 央明  
0520031 (S セメスター) 計算天文学 I 梅田 秀之・嶋作 一大・藤井 通子  
0520033 (A セメスター) 天体輻射論 I 小林 尚人  
0520034 (S セメスター) 天体物理学演習 田村 陽一  
0520038 (A セメスター) 天文学ゼミナール 左近 樹・田邊 俊彦  
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 各教員

#### 天文学科4年

0520021 (S セメスター) 恒星進化論 梅田 秀之  
0520022 (A セメスター) 宇宙論 戸谷 友則  
0520028 (通年) 天文学課題研究 各教員  
0520029 (通年) 天文学課題研究 各教員  
0520036 (S セメスター) 天体輻射論 茂山 俊和  
0520043 (S セメスター) 星間物理学 尾中 敬・田中 培生  
0520044 (S セメスター) 星間物理学 河野 孝太郎・本原 顕太郎  
0520045 (A セメスター) 系外惑星 田村 元秀・生駒 大洋・須藤 靖

## 1.4.2 大学院

35604-0002	(S セメスター)	位置天文学特論	郷田 直輝
35604-0014	(S セメスター)	光赤外線天文学特論	小林 行泰
35604-0020	(A セメスター)	理論天体物理学特論	梶野 敏貴
35604-0023	(A セメスター)	太陽物理学特論	渡邊 鉄哉
35604-0028	(A セメスター)	電波天文学特論	阪本 成一
35604-0032	(A セメスター)	銀河天文学特論	吉井 譲
35604-0036	(S セメスター)	恒星物理学特論	柴橋 博資
35604-0039	(A セメスター)	恒星物理学特論	小林 尚人
35604-0048	(S セメスター)	高エネルギー天文学特論	海老沢 研
35604-0051	(A1 ターム)	天文学特別講義	Richmond Michael William
35604-0056	(A セメスター)	系外惑星特論 I	田村 元秀・生駒 大洋・須藤 靖
35604-0057	(S セメスター)	系外惑星特論 II	田村 元秀・生駒 大洋・須藤 靖
35604-0083	(S セメスター)	科学英語演習 I	
35604-1003	(S セメスター)	観測天文学特別講義	Raffaele Flaminio
35604-1004	(S セメスター)	観測天文学特別講義	DIEHL Roland
35604-1005	(A セメスター)	観測天文学特別講義	DONE Christine
35604-1006	(A セメスター)	観測天文学特別講義	金田 英宏
35604-1011	(S セメスター)	理論天文学特別講義	相川 祐理
35604-1012	(A セメスター)	理論天文学特別講義	大向 一行
35604-1013	(S セメスター)	科学英語演習 I	相原 博昭
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. すばる FMOS による宇宙論銀河分光サーベイ (FastSound) の推進 (戸谷, 岡田)

すばる望遠鏡戦略枠プログラムとして採択されている, FastSound プロジェクトの推進を行った。プロジェクトの総まとめとして、主要科学目的である赤方偏移歪み効果を用いた赤方偏移 1 を超える宇宙での史上初めての一般相対性理論の検証を行い、標準  $\Lambda$  CDM モデルと一致することが確かめられた。結果は順次論文としてまとめられ、H27 年度に第一論文 (サーベイ概要, Tonegawa et al.), 第三論文 (銀河の金属量についての研究, Yabe et al.) が出版され、今年度は第二論文 (カタログ概要, Okada et al.), 第四論文 (宇宙論の検証, Okumura et al.) がそれぞれ出版された。第四論文で主要科学成果がまとまったことから、プレスリリースを行い、国内外で報道された。

#### 2. 宇宙定数の起源と人間原理 (戸谷, 須藤)

宇宙定数の起源は宇宙論および現代物理学の最大の謎とされる。あまりに理論的な説明が難しいので、人間原理による説明が提案されている。宇宙が様々な値の宇宙定数で生まれるとすれば、銀河が形成されるような宇宙は宇宙定数が小さくないといけない、というものである。戸谷は、重力理論を修正し、宇宙定数が宇宙誕生時に場所ごとにより変わり、インフレーションによって  $\Lambda$  CDM モデルに帰着するという新たなシナリオを提唱した。また、須藤・戸谷らは、現実的な銀河形成理論モデルを用いて、様々な  $\Lambda$  の値に対して形成される銀河総質量を計算し、 $\Lambda$  の期待される確率分布をこれまででない信頼性で求めた。その結果、現在のような  $\Lambda$  の値が観測される可能性は 10%程度と、それほど低くないことが示された。

#### 3. 重力レンズ効果を利用して測定した銀河サイズで探る $z \sim 6-9$ の銀河の性質 (川俣, 嶋作)

石垣真史, 大内正己 (宇宙線研究所), 大栗真宗 (東大物理) との共同研究. Hubble Frontier Fields の全 6 個の銀河団の観測が完了した。そのデータを活用し、世界最大の  $z \sim 6-9$  の銀河のサイズのサンプルを構築した。 $z \sim 6-7$  においては、宇宙再電離に大きな寄与を及ぼしたと考えられている非常に暗い銀河も含まれており、最も暗い銀河の絶対等級は  $M_{UV} \simeq -13.6$  に達した。このサンプルから求まる銀河のサイズ-光度関係は、銀河の性質や宇宙再電離の議論に重要である。しかし、観測バイアスの影響が大きく、見かけの関係は真の関係と異なることが初めて明らかになった。そこで我々は、新たな統計手法を用いてこのバイアスを補正し、真の関係を推定した。

#### 4. $z \sim 2$ の Ly $\alpha$ 輝線銀河 (LAEs) の星形成モードと stellar to halo mass ratio (日下部, 嶋作)

中島王彦 (ヨーロッパ南天文台), 橋本拓也 (リヨン天文台), 大内正己 (宇宙線研究所) との共同研究. 遠方の小質量銀河は、より近傍で見られるより重い銀河のパーツ, “building block” として、銀河形成・進化において重要な役割を果たす。本研究では、一般的に小質量とされる、 $z \simeq 2.2$  の Ly $\alpha$  Emitters (LAEs) の星形成モードと stellar to halo mass ratio について調べた。昨年度は、SXDS 領域の 604 個の銀河を用いて物理量の多様性を調べた。本年度は、SXDS, COSMOS, GOODS-N, GOODS-S の 4 領域、計 2400 個の LAEs を用いて、クラスタリング解析と SMC curve を仮定した SED fit からダークマターハローの質量と星種族のパラメータをそれぞれ求めた。全ての領域において、LAEs は典型的には、 $z \sim 2$  の star formation main sequence の小質量側の外挿にのり ( $M_* \sim 10^9 M_\odot$ ), 穏やかな星形成モードをもつが確かめられた。一方で、星質量とダークマターハロー質量の比である stellar to halo mass ratio は、平均的な銀河と同程度か、少し高い可能性がある。また、星形成モードが穏やかであるにも関わらず、星形成率は、ダークマターハローのバリオン降着率よりも大きい可能性がある。今後は、SUBARU/HSC によって新たに選択される LAEs を用いて、さらに統計的精度をあげ、サブサンプルにわたる研究も行う予定である。

#### 5. 多波長データを用いた新たな原始銀河団の探索手法 (入倉, 嶋作)

現状の原始銀河団探索は、QSO/電波銀河に着目する方法や、単純に LBGs の密度超過に着目する方法に

よってなされてきた。しかし、近傍の銀河団の中心部、“コア”となっている領域では、銀河進化の環境依存性が顕著に現れており、遠方についてもこの領域にある銀河を見出すことで、銀河進化の環境依存性や銀河団の進化についての手掛かりを得ることが期待できる。COSMOS field において、この遠方の原始銀河団における”コア”の領域を見出す方法として、high-SFR 銀河や massive な銀河に注目し、その密度超過を現状の原始銀河団探索で採用されている探索半径よりも 1 桁程度小さい半径で測ることを試みた。また、発見した原始銀河団の”コア”と従来の原始銀河団探索の比較を行った。見つかった原始銀河団の”コア”は近傍銀河団の数密度と一致しており、また従来の方法が原始銀河団探索を行う上でコンプライトでないことも明らかになった。

#### 6. 高赤方偏移における銀河ディスク角運動量の進化 (岡村, 嶋作)

銀河のディスクサイズは、銀河とハローの角運動量比 ( $j_* \equiv J_* / J_{dh}$ ) と銀河とハローの質量比 ( $m_* \equiv M_* / M_{dh}$ ) と密接な関係がある。様々な赤方偏移で  $j_*, m_*$  を調べることでどのように銀河ディスクが形成され、進化してきたかということを知ることができる。我々は 3D-HST カタログの GOODS-S と COSMOS, AEGIS 領域の画像と photo-z カタログを用いて、 $z \sim 2, 3, 4$  の星形成銀河の  $j_*, m_*$  と  $M_*$  の関係を初めて調べた。得られた  $j_* / m_*$  の値  $\sim 0.8 \pm 0.4$  は、 $z \sim 2, 3, 4$  では銀河ディスクはより比角運動量を保存したまま形成、進化し、 $z \sim 0$  に進化する過程で比角運動量を失ったということを示唆している。また gas fraction (Schinnerer+16) を適当に補正した上で  $j_d, m_d$  を  $z \sim 2$  での SAM や流体の銀河形成シミュレーションモデル (Stevens+16, Sales+12, Pedrosa+16) と比較した。今回得られた  $j_*, j_d$  の値はこれらのモデルの値より数倍大きな値となり、これらの銀河形成モデルは高赤方偏移で銀河サイズを小さく見積もりすぎている可能性を示唆している。

#### 7. 合体銀河 NGC2782 と NGC7727 の「あかり」衛星赤外線撮像観測のデータ解析 (尾中, 左近, Ronin)

「あかり」衛星による合体銀河 NGC2782 及び NGC7727 の赤外線撮像観測データ解析を進めた。NGC2782 については、衝突により母銀河から流失したと考えられるガス成分が HI で検出されている。今回の「あかり」の観測で、この HI の成分と非常によく似た空間構造をもつ UIR バンド放射を検出した。この成分と母銀河の中心部のエネルギースペクトルを抽出し、モデルと比較したところ、流失成分には超微粒子による放射が弱いことがわかった。この結果から UIR バンドのキャリアが衝突の衝撃による破砕で生成されている可能性を議論し、中心核周りの SED についての議論も行った。広がった成分については、[CII],  $H\alpha$  から星生成率が見積もられている。UIR バンドから同様に星生成率を見積もったところ、この両者の見積もりの間の値となり、UIR バンドを用いることで広がった成分の星生成活動についても定量的な議論が行えることが確認され、中間赤外線観測の重要性を示した。さらに、NGC7727 も NGC2782 の流出成分と似た SED を北側の tail 構造で示し、同様に破砕により UIR バンドキャリアが生成されている可能性を示唆した。どちらの銀河の結果もバンドキャリアが激しい環境下でも生き残る可能性を示唆し、キャリアの生成と破壊について新しい知見を与えた。

#### 8. ヒクソンコンパクトグループの「あかり」衛星赤外線分光観測データ解析 (池内, 左近, 尾中)

銀河相互作用が銀河進化に与える影響を調べるため、ヒクソンコンパクトグループの「あかり」衛星による赤外線分光観測の解析を進めている。HCG56 については 5 つのメンバー銀河のうち、a, b について近・中間赤外線の分光スペクトルと遠赤外線までの SED を抽出し、UIR バンドの有無及び F. Galliano (CNRS) との共同でダスト SED モデルのフィットを行った。特に b については顕著が UIR バンドが見られず AGN を含むモデルでよくフィットできることが示された。b については c との間にブリッジ構造が見られ、ガスの導入により AGN が成長している可能性が示唆される。また HCG92 中の tidal dwarf の候補と考えられている SQ-B についても同様の解析を進めた。顕著が UIR バンド放射が見られず、活発な星生成活動は生じていないことが示された。これらの銀河について UIR バンド強度から見積もった星生成率と遠赤外線から見積もった値を比較し、b では UIR バンドが有意に弱いことを確認した。またいずれの構成銀河も銀河の星生成率と星質量図上の主系列の上あるいは下に位置し、星生成活動が増加した証拠は

見られなかった。この結果は相互作用が星生成活動を活発化させるという予想とは反対のものであり、むしろ相互作用により星生成活動が比較的短期間で終了し、星生成活動が衰退している可能性を示唆する。

#### 9. 「あかり」、Spitzer, Herschel 衛星による近傍銀河観測の解析 (Wu, 尾中)

フランスとの二国間共同研究として、Galliano (Satay) らと協力し「あかり」、Spitzer, Herschel の三つの衛星で共通して分光観測された近傍銀河の研究を進めている。まず共通に観測されたリストを作成し、空間分解した分光データの解析を進めている。特に NGC1569, NGC1097 について重点的に解析を進め、NGC1097 では中心部で有意に PAH バンドの強度比が変化している傾向が得られている。

### 1.5.2 宇宙の高エネルギー現象

#### 1. 高速電波バーストの研究 (戸谷, 山崎)

2013 年, Fast Radio Burst (FRB) と呼ばれる, 継続時間わずか 1 msec で宇宙論的な遠方からやってきている新種の変動天体が近年活発に研究されている。我々が FRB が同じ時間スケールでガンマ線も放出している可能性を考え、フェルミ衛星 LAT の視野内に発生している msec スケールのバースト現象を FRB とは無関係に探索した。結果として有意なイベントは見つからず、FRB のガンマ線光度に対してこれまでにない強い制限をつけた。

#### 2. 宇宙線中のリチウムスペクトルの解釈 (川中)

柳田昭平 (茨城大) との共同研究。国際宇宙ステーションに搭載されている宇宙線観測装置 AMS-02 の最新のデータによると、宇宙線中のリチウムのエネルギースペクトルがある rigidity からハードになっていること、その rigidity が陽子とヘリウムのスペクトルに見られる折れ曲がりとはほぼ同じに見えることが報告された。これは宇宙線リチウムが一次宇宙線の破砕によって作られる (二次生成) とする標準的なシナリオからは説明が困難である。川中らはこのハードな宇宙線リチウムの起源として、白色矮星に続いて起こした Ia 型超新星爆発の残骸を提案した。この超新星残骸は膨張中に過去に放出された新星イジェクタと相互作用するはずだが、この新星イジェクタには多くのリチウムが含まれていることが観測から示唆されている。そのため、この超新星残骸は一次宇宙線としてリチウム原子核を加速すると期待される。このシナリオに基いて得られた陽子・ヘリウム・リチウムのスペクトルとその絶対量は、AMS-02 の観測および新星イジェクタの元素組成モデルとよく一致することが確かめられた。

#### 3. パルサー風星雲からの宇宙線電子・陽電子放出とそのガンマ線観測予測 (戸谷) 榎山和巳 (東大理・物理), 村瀬孔大 (ペンシルバニア州立大) との共同研究。近年 PAMELA/Fermi/AMS-02 の各実験により、宇宙線電子・陽電子のフラックスが従来の理論からの予測を超過していることが明らかになった。これは今まで銀河系内宇宙線の起源として考えられていた超新星残骸以外に何らかの宇宙線電子・陽電子源が存在することを示しており、パルサー風星雲はその最有力候補となっている。川中らは近傍にある代表的なパルサー風星雲の一つである Geminga における高エネルギー電子・陽電子の加速と伝播をモデル化し、そのガンマ線スペクトルの特徴を計算した。これにより、Geminga が宇宙線電子・陽電子源であるとした場合のガンマ線の観測的特徴が調べられ、将来の CTA などの観測による検証の道筋を立てることができる。

#### 4. 活動銀河核の X 線スペクトル中の蛍光鉄輝線の時間変動モデルの再考 (戸谷) 森山小太郎, 嶺重慎 (京大), 水本岬希, 海老沢研 (宇宙研) との共同研究。活動銀河核の X 線スペクトル中には、しばしば幅の広がった蛍光鉄輝線が見えることがあるが、この鉄輝線のフラックスは X 線の連続成分の激しい変動に比べてほとんど変動しないことが明らかになっている。これを説明するモデルの一つに、活動銀河核の中心にあるブラックホールの強い重力場による光の屈折を考えたものがあり、多くの X 線観測の論文で結果の説明に用いられている。しかし、このモデルで連続成分と鉄輝線の変動の特徴全てが説明できるかは明らかではなかった。川中らはこのモデルに基づいて連続成分と鉄輝線の間には発生するラグと変動の RMS をエネルギーの関数として計算し、これらの観測を同時に説明することが不可能であることを示した。特

に従来のモデルでは鉄輝線の観測から中心ブラックホールのスピンの大きさが非常に大きい ( $a \sim 0.998$ ) と結論づけたが、我々の計算により必ずしもその必要がないことも明らかになった。

#### 5. 星団内で形成したブラックホール連星による重力波放出 (藤井)

谷川 (東京大学総合文化研究科), 牧野 (神戸大学) との共同研究. ブラックホール連星の合体による重力波放出が観測されたが, 宇宙年齢以内に合体できるほどコンパクトなブラックホール連星ができるパスとしては, 1) 元から連星だった大質量星の恒星進化と 2) 高球状星団内での星同士の 3 体遭遇による力学的進化の 2 つが有力であると考えられている. 本研究では, 球状星団の N 体シミュレーションの結果からブラックホール連星の合体の頻度とその質量比等をモデル化したものを用い, 宇宙の星団形成履歴を仮定し, 宇宙全体でのブラックホール連星の合体頻度とその質量関数, 検出頻度を見積もった. 将来, 観測例が増えることで, ブラックホール連星の形成過程を明らかにできると期待される.

### 1.5.3 銀河系および星間物質

#### 1. 「あかり」による惑星状星雲の近赤外線分光観測 (尾中, 左近)

大澤 (センター), Bernard-Salas (OU), Joblin (IRAP) らと協力して, 「あかり」を用いて 72 個の惑星状星雲についての近赤外線分光観測を行い解析を進めた. これらのうち Spitzer により中間赤外線の分光観測のある惑星状星雲を抜き出し, 中間赤外線の赤外線未同定 (UIR) バンド (6.2, 7.7, 11.3  $\mu\text{m}$ ) と近赤外線の UIR バンド (3.3, 3.4  $\mu\text{m}$ ) の変化を詳しく調べ, その変化と惑星状星雲の物理パラメータとの関連を明らかにした. 得られた「あかり」の惑星状星雲の近赤外線スペクトルカタログを一般公開した.

#### 2. 銀河面中間赤外線放射とマイクロ波異常放射 (AME) の研究 (Bell, Wu, Hammonds, 森, 左近, 尾中)

Giard (IRAP), 石原 (名大) らと協力し, Planck 衛星の銀河面データと「あかり」中間赤外線全天サーベイデータを併せて解析し, Planck データから導出されるマイクロ波異常放射の成分 (AME) と中間赤外線放射との相関を調べている. AME は中間赤外線放射を担う PAH の回転に起因とするモデルが提唱されており, 相関が確認できれば, モデルを強く支持する結果となる. 「あかり」の全天サーベイのデータからの黄道光の差し引きを慎重に行った結果, 予想に反して, PAH の放射をよくトレースする 9  $\mu\text{m}$  の強度との相関は明確にはみられなかった. この結果は最近の Planck チームの解析結果とも一致している. もし AME が PAH 起源であれば組成だけでなく, 他の物理量が AME に影響している可能性を示す. 一方, 詳細な検討により, 相関を悪化させているのはデータは低輝度領域に集中していることも明らかになり, 黄道光の見積もりによる誤差が原因である可能性が示唆される. 現在これらの可能性について詳細な検討を進めている.

#### 3. 竜骨座星生成領域の遠赤外線観測 (Wu, 尾中)

フランスとの 2 国間共同研究として, Le Petit (パリ天文台), Galliano (Saclay) らとともにハーシェル衛星による竜骨座大規模星生成領域の遠赤外線分光観測を行い, 結果の解析を進めている. 検出された高い回転準位の CO 輝線をパリ天文台の光解離領域 (PDR) モデルと比較し, 物理状態の推定を行なった. 得られた放射強度は分布する大質量星から推定される値とよく一致し, これらの観測が PDR モデルで十分説明できることをしめす. また分子雲の境界領域が傾きを持っていると仮定するとさらに定量的に説明できることがわかり, 竜骨座領域の分子雲の幾何学的構造に重要な制限を与えた. さらに高い回転準位の CO 輝線が局所的に高い領域を発見し, 若い星からの X 線による励起の可能性を検討している. また Spitzer の分光データも含めたダストモデルによる SED フィットを進め, 共存するダストの性質にとガスの物理状態との関係を調べている.

#### 4. 重水素イオン付加 PAH の赤外線スペクトルの研究 (尾中, 左近)

Buragohain, Pathak (Tezpur 大) 等とともに, 重水素イオンが付加した PAH の赤外線スペクトルを密度

汎関数理論 (DFT) を用いて理論計算し、その強度を求めた。この結果から重水素イオンが付加した PAH が星間空間内に存在する可能性を定量的に議論した。

5. 重水素化 PAH の実験 (森, 左近, 尾中)

重水素化した赤外線未同定バンドキャリアの吸収係数を測定する室内実験を行なった。用いた手法は赤外線未同定バンドのキャリアの候補として室内実験で合成される QCC を用い、従来の  $\text{CH}_4$  ガスの代わり  $\text{CH}_4$  と  $\text{CD}_4$  ガスの混合の割合を変化させたガスから出発し、重水素の混入によるバンド波長の移動とバンド強度を芳香族起源と脂肪族起源の C-H, C-D バンドに初めて分離して求めた。合成された物質の重水素の含有量は大気海洋研の nano-SIMS を用い測定し、バンド強度と重水素の割合との定量的な関係を導いた。「あかり」衛星の近赤外線分光観測により重水素化したバンドキャリアの量は従来予想されていたものより 1 桁少ないことが示唆されているが、重水素化した物質のバンド強度は仮定に基づいていた。今回芳香族起源のバンドについては従来の仮定とほぼ同じ値が得られた。一方脂肪族起源のものについては C-D のバンド強度がやや弱いことがわかったが、観測データの解釈に大きく影響するものではなく、重水素化した微小有機物が予想より少ないとするこれまでの結論を支持する結果を得た。現在、IRAP の Joblin と協力して、IRAP が開発している装置を用いて、重水素が付加している結合の特定（芳香族結合か脂肪族結合か）を進めている。

6. 「あかり」衛星による星間重水素化 PAH の観測 (森, 尾中)

Doney, Candian, Tielens (ライデン大) 等と共に「あかり」衛星搭載近・中間赤外線カメラ (IRC) による森等が発表した HII 領域の近赤外線分光データを詳細解析し、重水素化した PAH バンドの特徴を探した。この結果、 $4.7\ \mu\text{m}$  に脂肪族の C-D 結合の対称振動起源と考えられる輝線バンドを持つ天体を検出した。しかし、C-D の振動輝線は一般的には見られず、星間空間の PAH は一般には重水素を多量に含んでいないことを明らかにした。この結果は以前の尾中等による結論を支持するものである。

7. 「あかり」衛星による超新星残骸 G318.05+0.09 の近赤外線分光観測 (尾中, 森, 左近)

「あかり」衛星による超新星残骸 G318.05+0.09 の近赤外線分光観測データを解析したところ  $4\text{--}5\ \mu\text{m}$  帯に特異なスペクトルを示すことを見出した。このスペクトルは  $-4700\ \text{km/s}$  で青方偏移した CO 分子の基底振動回転遷移でよく説明されることがわかった。同様のスペクトルは超新星残骸 Cas A のノットでも見られている。水素分子の輝線が見られないこと速度が非常に大きいことから、超新星残骸起源である可能性が高いと考えられる。一方この領域には超新星残骸に伴う大規模な赤外線構造の証拠が見られず、大質量星からのアウトフローに伴う輝線である可能性も残っている。今年度はオリオン分子雲の  $4\text{--}5\ \mu\text{m}$  のスペクトルと比較し、アウトフローの可能性について定量的に検討した。水素輝線が検出されていないことから、水素が欠乏したガス組成、大きな青方偏移はアウトフローで説明することは困難であることがわかった。

8. 「あかり」衛星による若い天体候補の発見 (木村, 尾中, 左近, 白井)

「あかり」衛星による銀河面のスリットレス分光データを解析し、 $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$  氷の吸収を持つ天体を 2 つ発見した。XCN の吸収も示唆される。このことと氷吸収の存在から大質量の若い星である可能性が高いが近傍には知られた星生成領域はない。また近赤外線から遠赤外線までの撮像データを解析したところ、通常氷吸収が見られる天体とは異なり、 $4\ \mu\text{m}$  付近にピークを持つ比較的若い SED を持つことがわかった。この特徴は背景星である可能性を示唆するものの、近傍には nebulecity は見られない。この 2 つがどのような天体であるか様々な方向から検討している。

9. 密度汎関数理論を用いたケイ酸塩バンドの理論的研究 (尾中)

Mahadev Naganath (Gitam 大学) とともに密度汎関数理論 (DFT) を用いたケイ酸塩バンドの理論的研究を行い、forsterite ( $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ) についての計算を行った。交換ポテンシャルと相関ポテンシャルを変えて構造の最適化を行い、交換ポテンシャルとして局所密度近似 (LDA)、相関ポテンシャルとして PZ (Perdew-Zunger) を用いれば十分な精度が得られることがわかった。この構造を用いて振動モードの計算を行い、

84 のモードのうち, 35 のモードが赤外活性であることを見出した. それぞれのモードの同定を行い, 実験室データとの比較を進めている. また温度依存性の計算を行う準備も進めている.

10. JCMT による星生成領域プロジェクト BISTRO(尾中)

Ward-Thompson(ランカシャー中央大) が主導する JCMT の重点観測計画 BISTRO(B-fields in star-forming region observations) のサブミリ波偏光観測計画に参画し, 初期成果をまとめた.

11. M17 大質量星生成領域の PAH バンドの研究(尾中)

山岸(宇宙研)らと共同し, M17 大質量生成領域の Spitzer IRS による分光マッピングデータの解析を行い, PAH の性質が大質量星の分布から推定される物理環境ではなく, 局所的な物理状態で支配されている可能性を示唆した. 一方 PAH の構造が中心部で強い輻射場により変性していることを明らかにした.

12. 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(左近, 尾中, 池内)

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た. また, 太陽風中のプロトン等の照射を模擬してその影響を調べる地上対照実験として, 2016 年 12 月に原子力研究機構高崎量子応用研究所の 400keV イオン注入装置を用いて, 100KeV 水素および 100KeV 炭素の照射実験を実施した. 一方, EE64-I および EE64-II の搭載試料に対して試料の物性分析を開始し, 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ている.

13. 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った. とくに, 新たに得られたすざく衛星の X 線データとその理論解釈から, フェルミバブルの形成機構に新たな示唆を得た. また, フェルミバブルの金属量汚染について理論的な検討を行い, バブルの膨張と大局的構造について流体シミュレーションに基づく研究を行った.

14. 銀河系内のブラックホール連星の個数評価と Gaia 衛星による観測可能性(川中)

山口正輝(天文センター), Tsvi Piran(Hebrew University of Jerusalem), Tomasz Bulik(University of Warsaw) との共同研究. 銀河系内のブラックホール候補天体は, X 線連星としてこれまで 20 個程度確認されているが, 他にも伴星からの質量降着を伴わないようなブラックホール連星が多く存在すると思われる. このようなブラックホールは伴星の観測によりその存在が確認されるはずであり, 2013 年 12 月に打ち上げられた Gaia 衛星による発見が期待される. 川中らはこのような質量降着を伴わないブラックホール連星が系内にいくつ存在するかを, 連星の population synthesis を考慮することで共同研究者らとともに見積もり, 特に Gaia の能力でどれだけ発見できるかを計算した. その結果, 5 年間の Gaia の観測により, ~ 1000 - 3000 個程度のブラックホールが同定できることが分かり, その多くは B, A 型星であることも分かった.

## 15. KWFC 銀河面変光星探査 KISOGP (松永)

小林尚人(東大・天セ), 前原裕之, 浮田信治(国立天文台), その他 KISOGP チームにおける共同研究. KISOGP は, KWFC Intensive Survey of the Galactic Plane の略である. 木曾観測所シュミット望遠鏡と木曾超広視野カメラ KWFC を用いて, 銀河面の広い領域を繰り返し観測し, 脈動変光星や新星・矮新星などの変光天体を探査する. 松永が PI として中心となって, 観測や解析を進めている. 詳しくは, 第3部「木曾観測所」にある KISOGP の項を参照.

## 16. Discovery of carbon-rich Miras in the Galactic bulge (N. Matsunaga; J. Menzies (SAAO), M. Feast (UCT/SAAO), P. Whitelock (SAAO/UCT), H. Onozato (Tohoku University), S. Barway (SAAO), E. Aydi (SAAO/UCT))

Only one carbon-rich (C-rich) Mira variable has so far been suggested as a member of the Galactic bulge and this is in a symbiotic system. Here we describe a method for selecting C-rich candidates from an infrared colour-colour diagram,  $(J - K_s)$  vs  $([9] - [18])$ . Follow-up low-resolution spectroscopy resulted in the detection of 8 C-rich Mira variables from a sample of 36 candidates towards the Galactic bulge. Our near-infrared photometry indicates that two of these, including the known symbiotic, are closer than the main body of the bulge while a third is a known foreground object. Of the 5 bulge members, one shows He I and [O II] emission and is possibly another symbiotic star. Our method is useful for identifying rare C-rich stars in the Galactic bulge and elsewhere. The age of these C-rich stars and the evolutionary process which produced them remain uncertain. They could be old and the products of either binary mass transfer or mergers, i.e. the descendants of blue stragglers, but we cannot rule out the possibility that they belong to a small in-situ population of metal-poor intermediate age ( $< 5$  Gyr) stars in the bulge or that they have been accreted from a dwarf galaxy. (Matsunaga et al. 2017, MNRAS, in press, arXiv:1705.05485)

## 17. New classical Cepheids in the inner part of the northern Galactic disk and their kinematics (N. Matsunaga; S. Tanioka (SOKENDAI/NAOJ), N. Kobayashi (IoA, UTokyo), K. Fukue (Kyoto Sangyo University), Giuseppe Bono (University of Rome Tor Vergata), Laura Inno (MPIA))

The characteristics of the inner Galaxy remain obscured by significant dust extinction, and hence infrared surveys are useful to find young Cepheids whose distances and ages can be accurately determined. A near-infrared photometric and spectroscopic survey was carried out and three classical Cepheids were unveiled in the inner disk, around  $20^\circ$  and  $30^\circ$  in Galactic longitude. The targets feature small Galactocentric distances, 3–5 kpc, and their velocities are important as they may be under the environmental influence of the Galactic bar. While one of the Cepheids has radial velocity consistent with the Galactic rotation, the other two are moving significantly slower. We also compare their kinematics with that of high-mass star-forming regions with parallactic distances measured. (Tanioka et al. 2017, ApJ, in press, arXiv:1705.02571)

#### 1.5.4 恒星

## 1. Asteroseismic search for invisible binary companions

Shibahashi, H., Murphy, S. J., Kurtz, D. W.

Proceedings of the IAU, Volume 29B, 2016, pp. 642-647

Continuous and precise space-based photometry has made it possible to measure the orbital frequency modulation of pulsating stars in binary systems with extremely high precision over long time spans. We present the phase modulation (PM) method for finding binaries among pulsating stars. We demonstrate how the orbital elements of a pulsating binary star can be obtained analytically from photometry

alone, without spectroscopic radial velocity measurement. Frequency modulation (FM) caused by binary orbital motion also manifests itself in the Fourier transform, as a multiplet with equal spacing of the orbital frequency. The orbital parameters can also be extracted by analysing the amplitudes and phases of the peaks in these multiplets. We derive analytically the theoretical relations between the multiplet properties and the orbital parameters, and present a method for determining these parameters, including the eccentricity and the argument of periapsis. This, too, is achievable with the photometry alone, without spectroscopic radial velocity measurements. We apply these two methods to Kepler mission data and demonstrate that the results are in good agreement with each other. These methods are used to search for invisible binary companions, including planets and invisible massive objects such as neutron stars and stellar-mass black holes.

## 2. Evidence of angular momentum transport in main-sequence solar-like stars

Benomar, O., Takata, M., Shibahashi, H., Ceillier, T., Garcia, R. A.

Proceedings of the IAU, Volume 29B, 2016, pp. 661-666

The rotation rates in the interior and at the surface is determined for the 22 main-sequence stars with masses between 1.0 and  $1.6 M_{\odot}$ . The average interior rotation is measured using asteroseismology, while the surface rotation is measured by the spectroscopic  $v \sin i$  or the periodic light variation due to surface structures, such as spots. It is found that the difference between the surface rotation rate determined by spectroscopy and the average rotation rate for most of stars is small enough to suggest that an efficient process of angular momentum transport operates during and/or before the main-sequence stage of stars. By comparing the surface rotation rate measured from the light variation with those measured by spectroscopy, we found hints of latitudinal differential rotation. However, this must be confirmed by a further study because our result is sensitive to a few data points.

## 3. A Planet in an 840 Day Orbit around a Kepler Main-sequence A Star Found from Phase Modulation of Its Pulsations

Murphy, S. J., Bedding, T. R., Shibahashi, H.

The Astrophysical Journal Letters, Volume 827, Issue 1, article id. L17, 4 pp.

We have detected a  $12 M_{\text{Jup}}$  planet orbiting in or near the habitable zone of a main-sequence A star via the pulsational phase shifts induced by orbital motion. The planet has an orbital period of  $840 \pm 20$  days and an eccentricity of 0.15. All known planets orbiting main-sequence A stars have been found via the transit method or by direct imaging. The absence of astrometric or radial velocity detections of planets around these hosts makes ours the first discovery using the orbital motion. It is also the first A star known to host a planet within  $1\sigma$  of the habitable zone. We find evidence for planets in a large fraction of the parameter space where we are able to detect them. This supports the idea that A stars harbor high-mass planets in wide orbits.

## 4. Pulsations powered by hydrogen shell burning in white dwarfs

Camisassa, M. E., Córscico, A. H., Althaus, L. G., Shibahashi, H.

Astronomy & Astrophysics, Volume 595, id.A45, 7 pp.

Context: In the absence of a third dredge-up episode during the asymptotic giant-branch phase, white dwarf models evolved from low-metallicity progenitors have a thick hydrogen envelope, which makes hydrogen shell burning be the most important energy source.

Aims: We investigate the pulsational stability of white dwarf models with thick envelopes to see whether nonradial g-mode pulsations are triggered by hydrogen burning, with the aim of placing constraints on hydrogen shell burning in cool white dwarfs and on a third dredge-up during the asymptotic

giant-branch evolution of their progenitor stars.

Methods: We construct white-dwarf sequences from low-metallicity progenitors by means of full evolutionary calculations that take into account the entire history of progenitor stars, including the thermally pulsing and the post-asymptotic giant-branch phases, and analyze their pulsation stability by solving the linear, nonadiabatic, nonradial pulsation equations for the models in the range of effective temperatures  $T_{\text{eff}} \sim 15\,000 - 8000\text{ K}$ .

Results: We demonstrate that, for white dwarf models with masses  $M \lesssim 0.71M_{\odot}$  and effective temperatures  $8500 \lesssim T_{\text{eff}} \lesssim 11\,600\text{ K}$  that evolved from low-metallicity progenitors ( $Z = 0.0001, 0.0005,$  and  $0.001$ ), the dipole ( $\ell = 1$ ) and quadrupole ( $\ell = 2$ )  $g_1$ -modes are excited mostly as a result of the hydrogen-burning shell through the  $\varepsilon$ -mechanism, in addition to other g-modes driven by either the  $\kappa$ - $\gamma$  or the convective driving mechanism. However, the  $\varepsilon$ -mechanism is insufficient to drive these modes in white dwarfs evolved from solar-metallicity progenitors.

Conclusions: We suggest that efforts should be made to observe the dipole  $g_1$ -mode in white dwarfs associated with low-metallicity environments, such as globular clusters and/or the galactic halo, to place constraints on hydrogen shell burning in cool white dwarfs and the third dredge-up episode during the preceding asymptotic giant-branch phase.

#### 5. Finding binaries from phase modulation of pulsating stars with Kepler - IV. Detection limits and radial velocity verification

Murphy, S. J., Shibahashi, H., Bedding, T. R.

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 461, Issue 4, p.4215-4226

We explore the detection limits of the phase modulation (PM) method of finding binary systems among multiperiodic pulsating stars. The method is an attractive way of finding non-transiting planets in the habitable zones of intermediate-mass stars, whose rapid rotation inhibits detections via the radial velocity (RV) method. While oscillation amplitudes of a few mmag are required to find planets, many  $\delta$  Scuti stars have these amplitudes. In suboptimal cases where the signal to noise of the oscillations is lower, low-mass brown dwarfs ( $\sim 13 M_{\text{Jup}}$ ) are detectable at orbital periods longer than about 1 yr, and the lowest mass main-sequence stars ( $0.1 - 0.2 M_{\odot}$ ) are detectable at all orbital periods where the PM method can be applied. We use purpose-written Markov chain Monte Carlo (MCMC) software for the calculation of the PM orbits, which offers robust uncertainties for comparison with RV solutions. Using Kepler data and ground-based RVs, we verify that these two methods are in agreement, even at short orbital periods where the PM method undersamples the orbit. We develop new theory to account for the undersampling of the time delays, which is also necessary for the inclusion of RVs as observational data in the MCMC software. We show that combining RVs with time delays substantially refines the orbits because of the complementarity of working in both the spatial (PM) and velocity (RV) domains simultaneously. Software outputs were tested through an extensive hare-and-hounds exercise, covering a wide range of orbital configurations including binaries containing two pulsators.

#### 6. Shape of a slowly rotating star measured by asteroseismology

Gizon, L., Sekii, T., Takata, M., Kurtz, D. W., Shibahashi, H., Bazot, M., Benomar, O., Birch, A. C., Sreenivasan, K. R.

Science Advances, vol. 2, issue 11, pp. e1601777-e1601777

Stars are not perfectly spherically symmetric. They are deformed by rotation and magnetic fields. Until now, the study of stellar shapes has only been possible with optical interferometry for a few of the fastest-rotating nearby stars. We report an asteroseismic measurement, with much better precision than interferometry, of the asphericity of an A-type star with a rotation period of 100 days. Using the

fact that different modes of oscillation probe different stellar latitudes, we infer a tiny but significant flattening of the star's shape of  $\Delta R/R = (1.8 \pm 0.6) \times 10^{-6}$ . For a stellar radius  $R$  that is 2.24 times the solar radius, the difference in radius between the equator and the poles is  $\Delta R = 3 \pm 1$  km. Because the observed  $\Delta R/R$  is only one-third of the expected rotational oblateness, we conjecture the presence of a weak magnetic field on a star that does not have an extended convective envelope. This calls to question the origin of the magnetic field.

#### 7. 恒星振動の混合モードの物理的定式化 (高田)

近年コローヤケプラーといった宇宙探査機により、多くの赤色巨星で太陽型振動が観測されるようになった。詳しい解析によると、これらの振動は星の深部から表面にまで伝わり、中心部の高密度領域では浮力を復元力とする重力波で、また広がった外層領域では圧力を復元力とする音波で構成されると考えられている。(これに対して、主系列星を含む多くの星の振動では、構成する波は重力波もしくは音波のどちらか一方だけである。)このような2種類の波で構成されるような固有振動モードは混合モードと呼ばれ、複雑な周波数スペクトルを構成するため、理論的にも興味深い研究対象である。本研究では、混合モードの周波数スペクトルを決定する条件式を、従来とは異なる方法で導出することで、あらたな視点から混合モードを理解する枠組みを提供する。具体的には、従来の定式化では、中心部の重力波振動と外層の音波振動を、それぞれ定常波として記述し、それらの波の接続条件から、固有振動数の条件を導出していた。これに対し本研究では、外層から中心部(あるいはその逆方向)に伝わる進行波が部分反射、透過するという描像にもとづいて周波数条件を導いた。この解析により、結合因子と呼ばれる、中心部の重力波振動と外層の音波振動の相互作用の目安量を、進行波の透過係数という物理的に捉えやすい量と関係づけることができた。また、従来の解析によれば、結合因子は1/4を越えないはずであったが、これは最近の赤色巨星の観測と矛盾し、問題となっていた。一方、新しい解析では、結合定数の最大値は1であるとわかり、観測との矛盾は解消された。

#### 8. 赤色巨星の抑圧された双極子振動モード問題についての検討 (高田)

パリ天文台の B. Mosser らとの共同研究。近年宇宙探査機による観測により、膨大な数の赤色巨星において太陽型振動が検出されている。特に検出しやすいのは、星が球対称に振動する動径モードと、赤道面に対して南北反対称に振動する双極子モードである。多くの赤色巨星について、この両者の振動振幅を測定すると、約20%の星ではどういうわけか、他と比べて双極子モードの振幅が圧倒的に小さいことが判明している。太陽型振動は、星の表面近くの乱対流によって励起されると考えられており、動径振動と双極子振動で振幅に大きく差が出ることは、標準的な理解では説明できない。そのためこの観測事実は、赤色巨星における双極子モードの抑圧問題として知られている。最近 Fuller et al. (2015) は、この問題は、中心部に強い磁場があることで説明できるとする仮説(磁気温室効果説)を提唱したが、これに従えば、抑圧された双極子モードは、外層の音波だけで構成され、中心部の重力波と結びつくことで生ずる混合モードの性質は示さないことが予言される。そこで本研究では、この予言を観測的に検証すべく、ケプラー探査機で観測された赤色巨星のサンプルを用いて、抑圧された双極子モードの性質を詳しく調べた。その結果、抑圧された双極子モードは、疑いもなく混合モードとしての性質を示すことが明らかになり、磁気温室効果説は棄却された。

#### 9. ケプラーデータを用いた赤色巨星の混合振動モード結合因子の測定 (高田)

パリ天文台の B. Mosser らとの共同研究。赤色巨星で観測される太陽型振動は混合モードであり、その振動周波数スペクトルは複雑な構造を示す(前項、前々項参照)。理論解析によれば、このスペクトル構造は、数個のパラメータで理解できることが知られており、それぞれのパラメータは、星の構造や進化段階を特徴付ける重要な指標となる。本研究では、そうしたパラメータの一つである結合定数とよばれる量を、ケプラー探査機で観測された数千個の赤色巨星について測定した。(この量は、0から1の範囲の値をとり、中心部のヘリウム核でおこる重力波的振動と大規模な対流層をもつ外層でおこる音波的振

動の相互作用の強さを表す。)このような大規模なサンプルに対して結合因子が測定されたのは初めてである。その結果、星が水素殻燃焼段階にある場合、結合因子は0.2程度以下と小さく、また進化に伴って徐々に減少すること、一方、ヘリウム核燃焼段階になると、結合因子は大きくなり、最大で0.6程度にまで達することがわかった。また、少なくとも水素殻燃焼段階にある星に関しては、恒星進化計算とTakata (2016)による混合モードの理論解析の結果を組み合わせることで、解析結果をおおよそ説明することもわかった。このように、結合因子を正確に決めることで、混合モードの周波数スペクトルを一層詳細に解析することが可能になった。これはすなわち、星の振動周波数から、赤色巨星の内部構造に関するより詳細な情報を抽出できる可能性を一層押し広げるものである。

#### 10. 急速な降着により形成された超大質量星の進化 (梅田)

細川隆史(京都大学)らとの共同研究。初期宇宙には  $1M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$  を超えるような急速な質量降着によって質量が  $10^5 M_{\odot}$  を超えるような超大質量星が形成され、超大質量ブラックホールの種となる可能性が言われている。しかしこのような大質量な星が最終的にブラックホールになるのか爆発するか等の計算はまだほとんど行われていなかった。このような超大質量星の崩壊には一般相対論的不安定性が重要な役割を果たすと考えられているため、本研究では一般相対論的效果を取り入れた星の進化コードと崩壊(爆発)そのような星の進化を調べ、その結果をApJLに出版した。

#### 11. 超新星前兆ニュートリノ (吉田, 高橋, 梅田)

石徹白晃治(東北大学)との共同研究。超新星爆発が起こる直前における大質量星から放出される超新星前兆ニュートリノのスペクトルを調べ、現在稼働中や計画中のニュートリノ検出機によるこれらニュートリノの検出可能性について調べた。もし超新星が $\sim 200\text{pc}$ という近傍で起きる場合、20ktonサイズの液体シンチレーション型ニュートリノ検出機やGdを加えて後発信号を用いるHyper-Kamiokandeを用いることで数100のニュートリノイベントを検出できることを示した。そして、爆発前日から超新星爆発に至るまでのニュートリノ検出率の時間変化から大質量星の最深部で起こる酸素やケイ素のshell燃焼を観測できる可能性があることを示した。また、超新星前兆ニュートリノの観測を用いた超新星爆発の予報についても議論している。

#### 12. ultra-stripped 超新星における元素合成 (吉田, 梅田, 高橋)

諏訪雄大, 柴田大(京都大学)との共同研究。ultra-stripped 超新星は中性子星と大質量星の超近接連星系で起こる超新星で、大質量星が連星相互作用により大規模な質量放出を起こしてHe層の大部分まで放出された星が爆発する超新星である。本研究では連星相互作用により質量放出したことを想定した  $1.45M_{\odot}$  と  $1.5M_{\odot}$  のCO星が進化した超新星爆発について2次元ニュートリノ輻射流体計算を行い、この結果を用いて元素合成計算を行った。この超新星は爆発エネルギーが $\sim 10^{50}\text{erg}$ と弱く、約  $0.1M_{\odot}$  の物質が放出された。その中で放出される  $^{56}\text{Ni}$  の量は $\sim 0.01M_{\odot}$ 以下で、Ga-Zrという鉄族元素よりも重い元素も生成されることがわかった。この超新星はIc型超新星の中でも暗く減光が速い超新星の光度曲線を再現しうる。我々は超新星 ejecta 最深部における中性子過剰の不定性に対する元素合成される物質の組成に対する依存性についても調べている。

#### 13. 超新星起源プレソーラーグレインの同位体比の再現 (吉田, 高橋, 梅田)

田中今日子(北海道大学)、田中秀和(東北大学)との共同研究。 $^{28}\text{Si}$ の過剰が見られるプレソーラーグレインは星内部で起こる元素合成の特徴から超新星起源と考えられている。一方でSiCやグラファイトというプレソーラーグレインは炭素過剰な環境下で生成される。大質量星の場合、炭素過剰の性質はHe/C層など星の外層で得られるのに対し $^{28}\text{Si}$ の過剰は星の深いところで得られると考えられている。そのため、両方の性質を同時に再現するには大規模で非常に不均一な物質混合が必要となり、これを同時に達成するグレインの生成環境はよくわかっていない。そこで、我々は大質量星の質量や超新星の爆発規模に関して広い範囲で超新星元素合成を調べ、炭素過剰と $^{28}\text{Si}$ の過剰を同時に満たす環境について調べる。

## 14. ペア不安定型超新星爆発の元素合成計算 (高橋, 吉田, 梅田)

住吉光介 (沼津高専), 山田章一 (早稲田大学) らとの共同研究。太陽の 60-130 倍の質量をもつ CO コアは、電子陽電子の対生成による不安定性の結果非常に強力な酸素燃焼を行いペア不安定型超新星爆発として爆発する。ペア不安定型超新星の爆発・元素合成計算はこれまで無回転及び金属を含まない場合の親星に限られていたが、幅広い初期パラメータに対してその元素合成を計算することを目標として計算を行っている。また元素合成計算の結果を金属欠乏星の表面組成の観測データと比べることで、初期宇宙においてペア不安定型超新星が実在したかどうかの検証を行っている。

## 15. 恒星合体シナリオに沿った SN1987A の親星モデルの構築 (漆畑, 高橋, 梅田, 吉田)

SN1987A は近傍銀河である大マゼラン雲で発生した超新星であり、その距離故に詳細な観測に成功した。そして、親星に至るまでに特異な進化を辿った事が示唆されている。本研究では重たい星の中に軽い星が侵入し溶けるという恒星合体シナリオを採用し、親星の進化計算を行った。進化モデルには共通外層段階における角運動量輸送、軽い星が溶ける効果、軽い星が溶ける際に重たい星の組成分布に与える影響を取り入れた。そして、親星が青色超巨星、赤い星から青い星への遷移時期、親星の質量、表面のヘリウムと窒素過剰という多くの観測結果を説明する事に成功した。今後は、まだ説明できていない S 過程元素を取り入れ計算を行う。

## 16. Numerical simulations of collapsar jets of gamma-ray bursts (Hamidani, 高橋, 梅田)

During the previous academic year we investigated long GRBs, and their link to the central engine, through series of hydrodynamical simulations. We focused on the effect of engine on the hydrodynamical, angular and energetic properties of the collapsar jet, considering the 25 solar masses Wolf-Rayet star as the progenitor. Our most original finding was that there is an engine duration domain where the GRB jet launch is most favored; a sweet spot between very long and very short engine durations. Considering the total engine deposit energy as 1052 ergs, with other assumptions, the engine duration where GRB-jets are most favored was found to be around 10-30 seconds. We could understand the engine behavior at much longer durations, which was unexpectedly low; thus that enabled us to define the best engine duration domain for standard GRBs' engines.

## 17. Pair-instability supernova から放出されるニュートリノスペクトル (藤本, 吉田, 梅田, 高橋)

Pair-instability supernova は、120-260 太陽質量の大質量で、かつ低金属量の星がなり得る超新星である。最近、銀河系近傍でもこのような大質量かつ低金属量の星が発見されているため、Pair-instability supernova が銀河系近傍においても観測される可能性がある。Pair-instability supernova の観測に関しては様々な方法で議論されているが、ニュートリノによる観測に関しては議論がなされていない。そのため、本研究では Takahashi et al.(2015) の Pair-instability supernova のモデルを用いてニュートリノスペクトルの計算を行った。これにより、Pair-instability supernova となるモデルの中で最大の初期質量である 260 太陽質量のモデルにおいては、bounce 時に電子ニュートリノが  $2.5 \times 10^{55}$  個、 $\mu, \tau$  ニュートリノは  $4.2 \times 10^{54}$  個放出されることなどがわかった。

## 18. 2次元超新星爆発での collective neutrino oscillation (財前, 吉田, 梅田)

中村航 (福岡大学) との共同研究。最近ニュートリノ同士の相互作用が原因で起きる集団振動 (collective oscillation) に関する研究が進められている。これは超新星中心部のような超高密度ニュートリノが存在する場所ではしか起きないこともあって、まだまだわかっていないことが多い。本研究ではこの効果の検証を兼ねて 2次元数値計算で得られた超新星爆発モデルに対してニュートリノ振動を計算した。このモデルでは物質がよく飛ばされる方向 (極方向) とあまり飛ばない方向 (赤道方向) が存在している。そこでこの 2方向に対してニュートリノの等方性を仮定し、最終的なスペクトルの比較を行った。どちらの場合でも特定のエネルギー以上でのみスペクトルが反転する、集団振動特有の spectral split と呼ばれる現

象が見られた。また物質振動に衝撃波の効果をきっちり取り入れることによって、最終的にこの2方向で得られるニュートリノスペクトルに違いが出てくることがわかった。

19. 超音速相対速度を伴う始原ガス雲の星形成 (金岡、梅田)

平野信吾 (University of Texas Austin) との共同研究。近年観測された重力波は 10 20 太陽質量のブラックホール連星であることがわかっているが、その形成メカニズムは未解明である。その起源として大質量星を形成し得る初代星が候補に挙げられている。ダークマターとバリオンの相対速度が超音速の下では、ガス濃縮と星形成が抑制され、ハローの質量は3倍になることがわかっている。この相対速度の様々な値で宇宙論シミュレーションを行い、始原ガス雲からどの程度大質量の初代星が形成されるかを検証している。

20. 「あかり」衛星中間赤外線全天サーベイによる暖かい残骸円盤の探査 (尾中)

石原 (名古屋大) らとともに「あかり」衛星中間赤外線全天サーベイのデータと IRSF の近赤外線観測から  $18\ \mu\text{m}$  でフラックスの超過のある天体の探索を行った。従来の探査は 2MASS の近赤外線観測に基づいていたが、特に明るい恒星については 2MASS の飽和領域に入るため精度が悪くなり、微弱な超過の検出を困難にしていた。この研究はこの問題を克服するため、IRSF により新たに近赤外線の精度のよいデータを取得して行った。この結果 678 個の主系列星に対して 53 個の天体からの超過を検出することに成功した。このうち 8 個の恒星については定常の衝突モデルでは説明できない明らかに大きな超過を示していることがわかり、非定常な過程、例えば惑星系形成に伴う微惑星の衝突の増加、あるいは巨大衝突や後期重爆撃 (Late Heavy Bombardment) のような一時的な現象、または共鳴軌道に長時間微小ダストが束縛される現象により生じている可能性を議論した。

21. 大マゼラン雲中のホットコアの初検出 (尾中)

下西 (東北大)、河村 (国立天文台)、相川 (筑波大) らとともに大マゼラン雲中の若い星を ALMA で観測し、CO, HCO<sup>+</sup>, H<sub>2</sub>CO, NO, SiO, SO, SO<sub>2</sub> などのガス輝線を検出し、大質量星生成に伴うホットコアを銀河系外で初めてとらえた。銀河系のホットコアとは異なり、金属量が低い大マゼラン雲のホットコアはメタノール、ホルムアルデヒドなどの CO の水素化で生じる有機分子の存在量が有意に少ないことをあきらかにした。この結果は異なる金属量下でのホットコアの化学反応が大きく異なることを明確に示している。

22. 「あかり」の液体ヘリウム枯渇後の大マゼラン雲スリットレス近赤外線分光サーベイデータの解析 (Zhang, 尾中, 左近)

下西 (東北大) らと協力して、「あかり」衛星による液体ヘリウム枯渇期間 (Phase 3) に行われた大マゼラン雲スリットレス近赤外線分光サーベイのデータ解析を進めている。液体ヘリウム枯渇期間のサーベイは液体ヘリウム期間 (Phase 2) に行なったサーベイとポジションアングルを 180 度回転して行い、スペクトルの重なりが異なることを利用し、Phase 2 では重なりのために取得できなかった天体のスペクトルの抽出を行なった。また Phase 3 のサーベイでは Phase 2 のサーベイが行われなかった N11 領域の観測も行なっており、この領域の天体について近赤外線スペクトルを初めて取得した。新しい若い星候補を複数検出している。一方、2つの期間において共通にスペクトルが取得された天体について変光の解析を進めている。氷の吸収がみられた若い星については有意な変光はこれまで検出されていない。炭素星については吸収線の変化が有意に認められ、現在この変光の様子を詳細に解析している。

23. 古典新星 V1280Sco 周囲でのダスト形成過程の解明 (左近、尾中)

古典新星は、白色矮星質量によって特にダスト形成の観点から異なる振る舞いを示す。特に CO 新星ではしばしば新星放出物質中でのダスト形成が報告されている。中には、炭素質ダストと珪酸塩ダストの両方の存在を指摘する観測例が報告されているが、それらのダストの形成過程の理解は不十分である。2007 年にさそり座に発見された近傍の新星 V1280Sco は、これまで知られている古典新星の中でも、光度曲線

進化の最も遅い新星の一つで、発見後 23 日目でダスト形成が報告された。我々は 2007 年以降 5 年間にわたり、すばる望遠鏡 COMICS および Gemini 南望遠鏡 T-ReCS を用いた継続観測を行い、赤外スペクトルエネルギー分布 (SED) 分析の結果、炭素質ダストと珪酸塩ダストの存在が必要となる事を明らかにした。2012 年夏 (発見後 1947 日) に取得した赤外線撮像観測データから、双極方向にのびるダスト放射が分解観測され、そのジオメトリを考慮して詳細なダスト SED モデル解析を行い、炭素質ダスト及び珪酸塩ダストのジオメトリや個数密度に関するパラメータの時間進化を調べた。本研究の重要な点は、中間赤外線帯で新星に付随し時々刻々と拡散するダスト雲を 8m 級の望遠鏡に搭載された中間赤外線観測装置で解像し、かつ新星爆発後から約 2000 日間に複数回の広帯域の赤外 SED を取得できた点である。この結果、白色矮星の温度、光度進化、ダストのジオメトリを踏まえて、赤外 SED を再現するダストの密度分布やサイズに制限を得る事が可能になった。分析の結果、炭素質ダストのサイズが  $0.01 \mu\text{m}$  程度であるのに対し、シリケートダストのサイズは  $0.3\text{--}0.5 \mu\text{m}$  と比較的大きいサイズを必要とすることが分かった。また、ダストの形成量については、発見後約 2000 日の時点で炭素質ダストは  $6.6\text{--}8.7 \times 10^{-8} M_{\odot}$ 、シリケートダストは  $3.4\text{--}4.3 \times 10^{-7} M_{\odot}$  を得た。さらに、新星放出ガス中で凝縮し白色矮星から遠ざかる炭素質ダストの後方 (白色矮星より遠い側) で、シリケートダストの形成が後発的に起こったという解釈に至った。恒星周囲でのダスト形成の観測に基づく探査は、多くの場合近赤外の観測から探られる凝縮温度付近のダストの調査に依存しがちであるが、本研究結果は、中間赤外域分光観測によるダストの組成診断と赤外広帯域観測による多温度成分の識別能力と、大型望遠鏡に寄る星周ダストの解像能力、および長期間にわたるモニター観測に基づくダスト雲の時間進化を捉える事が、ダスト形成過程の理解の鍵となる事を強く指摘する。

#### 24. ヘリウム新星 V445 の赤外観測 (島本、左近、尾中、白井)

2000 年に新星爆発に至った V445 Pup は、ヘリウム星を伴星として有し、これまでに唯一のヘリウム新星として観測的に認められた新星である。2006 年 10 月に「あかり」衛星中間赤外線および遠赤外線全天サーベイデータで捉えられた V445Pup の爆発後約 2100 日目の赤外測光データと、2012 年 12 月にすばる-Gemini 時間交換枠の観測プログラム (GS-2012A-C-5) で取得した爆発後約 4200 日目の中間赤外線測光データを用いて、赤外スペクトルエネルギー分布 (SED) の成分分離と各成分の両エポック間での時間進化を調べた。この結果、 $1.6\text{--}4.5 \times 10^{-4} M_{\odot}$  の  $121\text{--}125 \text{ K}$  の低温のダスト成分の存在に加えて、2100 日目のデータでは  $1.8^{+1.0}_{-0.5} \times 10^{-5} M_{\odot}$  で  $250 \text{ K}$  の暖かいアモルファスカーボンダスト成分が、4200 日目のデータでは  $5.0^{+2.9}_{-3.4} \times 10^{-5} M_{\odot}$   $192 \text{ K}$  の温かいアモルファスカーボンダスト成分が存在する事が分かった。このダストの時間進化は、爆発後 2100 日から 4200 日の間に白色矮星およびヘリウム星伴星から供給されるエネルギーが 20% 減少し、低温成分のダストの分布位置はおおよそ同じ場所で、温かい成分のダストの分布位置がおおよそ 2 倍遠ざかっている事で説明できる。このことは、2000 年の新星爆発の放出ガス中で  $1.8\text{--}5.0 \times 10^{-5} M_{\odot}$  規模のアモルファスカーボンダスト形成があった事を意味する。これまでの理論から、V445 Pup は、新星爆発の際の放出ガスの総量が  $10^{-4} M_{\odot}$  程度と小さく、約 1000 年周期の新星爆発の度に降着した質量の約半分が白色矮星上に残ることでコア質量が増加し、現在の白色矮星質量が  $1.35 M_{\odot}$  以上と非常に massive であることから、Ia 型超新星の親星候補であると考えられていた。本研究で示唆される大規模な炭素質ダスト形成からは、(1) ヘリウム新星において triple alpha 反応を起源とする爆発的で高濃度の炭素の合成が起こった結果、究めて高いダスト形成効率 (10% 以上) で炭素質ダストが形成された、或いは (2) 新星爆発時の放出ガスの質量がはるかに大規模であり、新星爆発に伴うコア質量の増加の有無は慎重に議論すべきである、という解釈が得られた。

#### 25. 「あかり」中間赤外/遠赤外全天サーベイで検出された新星の赤外放射の分析 (左近、島本、尾中、白井)

「あかり」衛星の近・中間赤外線カメラおよび遠赤外サーバイヤーによる全天サーベイは、2006 年 5 月 8 にちから 2007 年 8 月 26 日までの 550 日間実施された。この期間、天域上の同じ方向は 6ヶ月に一度観測され、S9W ( $9 \mu\text{m}$ ), L18W ( $18 \mu\text{m}$ ), N60 ( $65 \mu\text{m}$ ), Wide-S ( $90 \mu\text{m}$ ), Wide-L ( $140 \mu\text{m}$ ), N160 ( $160 \mu\text{m}$ ) のデータが取得されている。この全天サーベイデータによって、過去に起きた古典新星または回帰新星

の系統的な中間赤外から遠赤外の測光データを得る事が可能となる。近年発見された古典新星、回帰新星、dusty な激変星などを含む 57 個の天体について、付随する赤外放射の測光観測を行なったところ、V445 Pup, RR tel および V838 Mon の 3 天体について中間赤外線および遠赤外線の放射を検出し、T CrB, DZ Cru, V2361 Cyg, V476 Sct, RS Oph, V2362 Cyg, V1065 Cen, V1280 Sco, および V745 Sco の 9 天体について中間赤外線の放射を検出した。このデータをもとに、各天体の 6ヶ月おきの赤外スペクトルエネルギー分布を分析し、新星に付随するダストの質量、温度進化に関する系統的な調査を行った。その結果、V2362 Cyg および V1065 Cen については、ダスト形成前後の赤外放射を取得し、ダスト形成効率として、それぞれ  $dM/dt > 10^{-9} M_{\odot} \text{ day}^{-1}$  および  $dM/dt 2 \times 10^{-9} M_{\odot} \text{ day}^{-1}$  を得た。また、RR Tel, DZ Cru, V2361 Cyg, V476 Cyg, V2362 Cyg, V1065 Cen, V1280 Sco に対しては、複数回の赤外放射の観測データが得られ、近赤外放射より制限されるダスト質量は、従来の古典新星の放出ガス中でのダスト凝縮量に対する理解として得られている  $10^{-9}$ – $10^{-6} M_{\odot}$  であるという結果が得られた。

26. Chemical abundance analysis using spectra obtained with WINERED, near-infrared high-resolution spectrograph (S. Saez Elgueta, M. Jian, N. Matsunaga; G. Bono (University of Rome Tor Vergata), N. Kobayashi (IoA, UTokyo), K. Fukue, S. Kondo, S. Hamano, H. Sameshima, S. Otsubo, H. Kawakita (Kyoto Sangyo University), Y. Ikeda (Photocoding) and collaboration team for WINERED and OSIRIS)

WINERED (Warm INfrared Echelle spectrograph to Realize Extreme Dispersion and sensitivity) is a near-infrared high-resolution spectrograph developed by the Laboratory of Infrared High resolution spectroscopy (LiH) under collaboration between the University of Tokyo and Kyoto Sangyo University. It covers a wide wavelength range from 0.90 to 1.35  $\mu\text{m}$  ( $z, Y, J$  bands) with the spectral resolution of  $R (= \lambda/\Delta\lambda) = 14,000$ – $28,000$  (WIDE mode), or covers either  $Y$ - or  $J$ -band with  $R = 68,000$ .

As a collaboration between astronomers from Japan and Europe, OSIRIS (Oscillating Stars with wIneRed near-Infrared Spectroscopy) project was executed for the ESO period 98A (PI: Giuseppe Bono) with nine nights allocated in February, 7–15, at the 3.58 m New Technology Telescope (NTT) located in La Silla Observatory, La Serena, Chile. The aim of this observing run was to collect NIR ( $z, Y, J$ ) spectra for a sample of classical Cepheids (CC) and RR Lyrae (RRL) in the Milky Way and in the Magellanic Clouds in order to provide accurate chemical abundances for targets with  $J \leq 13$  (100 RRL, 80 CC) and radial velocity measurements for targets with  $13 < J < 16$  mag (210 RRL, 110 CC) as well as testing the capabilities and performance of the instrument in WIDE mode and HIRES-J mode at high quality environmental conditions such as those offered by the southern sky at La Silla observatory.

27. Line-depth ratios of red giants in APOGEE  $H$ -band spectra: the metallicity effect (M. Jian, N. Matsunaga; K. Fukue (Kyoto Sangyo University))

Line-depth ratios are useful for measuring effective temperatures of late-type stars. This method has been used mainly for optical spectra, while relations between temperatures and ratios of lines found in the  $H$  band were recently reported by Fukue et al. (2015, ApJ, 812, 64), but based on only ten spectra. Here we investigate a large number,  $\sim 20000$ , of  $H$ -band spectra from the Apache Point Observatory Galactic Evolution Experiment (APOGEE) to confirm and improve the temperature scale and to discuss the metallicity effect, if any, on the relations. We found that twelve line-depth ratios show tight correlations with the effective temperature (5 new line pairs and 7 pairs adopted from Fukue et al.). We provide the temperature relations including the metal-dependent terms re-calibrated with the APOGEE spectra and temperatures in their catalogue. We detected significant metallicity effects,  $\sim 400$  K/dex, and ignoring this would introduce errors in the temperature. Line saturation may be

the reason to explain this effect by metallicity, while more confirmation are needed to be done. Furthermore, the observation in J band from high-sensitivity high-resolution spectrograph WINERED is proposed to expand the probability to find as well as application of this method.

28. Method to estimate the effective temperature of late-type giants using line-depth ratios in the wavelength range 0.97–1.32  $\mu\text{m}$  (D. Taniguchi, N. Matsunaga; N. Kobayashi (IoA, UTokyo), K. Fukue (Kyoto Sangyo University))

The effective temperature, one of the basic atmospheric parameters of a star, can be estimated using various methods, and one of them is the method using line-depth ratio (LDR). This method combines low- and high-excitation line and makes use of relations between LDR of these line pairs and the effective temperature. It has an advantage of being minimally affected by interstellar extinction. We investigated WINERED spectra ( $\lambda/\Delta\lambda = 28000$ , 0.97–1.32  $\mu\text{m}$ ), of 10 objects (G- to M-type giants) to give the first comprehensive sets of LDR relations for this wavelength range. We found 91 relations between LDR and the temperature which can be used to determine the effective temperature of stars that have  $3700 < T_{\text{eff}} < 5400$  K and  $-0.3 < [\text{Fe}/\text{H}] < +0.4$  dex to the precision of 5 K in the best case.

### 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 (田村)

すばる望遠鏡戦略枠 SEEDS およびポスト 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, LkCa 15 の内側の湾曲円盤の発見 (Daehyon et al. 2016), 直接撮像による長周期視線速度傾向を示す中質量巨星の伴星候補の発見 (Ryu et al. 2016), V1247 Orionis の非対称円盤の発見 (Ohta et al. 2016), HD 32297 の星周円盤の偏光撮像 (Asensio-Torres et al. 2016), AB Aur の円盤詳細構造の時間変化の探査 (Lomax et al. 2016), Epsilon Eri における惑星撮像の試み (Mizuki et al. 2017), GM Aur の原始惑星系円盤の詳細構造の解明 (Oh et al. 2017), V450 Andromedae 系の視線速度および直接撮像による観測 (Heminiak et al. 2016), プレアデス星団における新しい伴星型褐色矮星の発見 (Konishi et al. 2016), SEEDS 近赤外線とサブミリ波による LKH  $\alpha$  330 の円盤構造の解明 (Akiyama et al. 2016), 遷移円盤 RX J1615.3-3255 の詳細観測 (Kooistra et al. 2017), GG Tau の円盤内側の微細構造の解明 (Yang et al. 2017), SCEXAO による伴星型褐色矮星の多色撮像観測 (Garcia et al. 2017), SEEDS による YSO の惑星の統計的制限 (Uyama et al. 2017), の結果を得た.

2. 星惑星形成領域の偏光観測 (田村)

独自の偏光装置を用いた共同研究により, 多数の星惑星形成領域の直線および円偏光観測を行い, 磁場構造および散乱放射場についての情報を得た (Chen et al. 2016; Kwon et al. 2016a; Kwon et al. 2016b; Kusune et al. 2016).

3. HST/STIS による残骸円盤の高解像度直接観測 (田村)

ハッブル宇宙望遠鏡を用いた国際共同研究により, HD 207129, HD 202628, HD 202917 の内側円盤を可視光コロナグラフ観測で観測した (Schneider et al. 2016).

4. 系外惑星研究のための観測装置の開発 (田村)

系外惑星・円盤の直接観測のための, すばる望遠鏡用高コントラスト装置 HiCIAO (ハイチャオ) を保守・運用している. その機能を向上させるために, 2000 素子相当の超補償光学 (SCEXAO) の開発も行っており, その装置論文を出版した. すばる望遠鏡用面分光器装置 CHARIS (カリス) の開発にも関与している.

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 (アイアールディー) を開発している。本装置は、広ピッチ回折格子、光周波数コム、光ファイバー、セラミック光学系およびベンチ、2基の 2048x2048 素子赤外線検出器等を用いている。

TMT のための高コントラスト観測装置の開発を 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。この装置によって地球型惑星の直接観測を実現することを目指している。

また、NASA が計画する WFIRST 宇宙望遠鏡への搭載を目指したコロナグラフおよび偏光器の基礎開発を進めている。

さらに、IRSF 望遠鏡のための偏光器 SIRPOL (サーボル) の保守・運用も行っている。

5. トランジット観測による系外惑星大気の研究 (田村)

系外惑星のトランジット観測を成田らと進めた。

6. K2 と地上観測の連携による新しいトランジット惑星の探索 (成田)

NASA のケプラー衛星が行っている第2期観測計画である K2 のデータと地上望遠鏡による連携観測によって、新しいトランジット惑星を合計6つ (2つのスーパーアース/ミニネプチューン、3つの巨大ガス惑星、1つの褐色矮星) 発見した (Hirano et al. 2016, Van Eylen et al. 2016, Gaidos et al. 2017, Smith et al. 2017, Narita et al. 2017, Nowak et al. 2017)。

7. 生命居住可能惑星 K2-3d の地上トランジット観測 (成田)

岡山天体物理観測所 188cm 望遠鏡に搭載した多色撮像カメラ MuSCAT を用いて、生命居住可能惑星 K2-3d の地上トランジット観測を行い、地上で初めてこの惑星のトランジットを捉えることに成功した。これにより惑星の公転周期とトランジットの予報の精度を大幅に改善し、将来のジェームス・ウェブ宇宙望遠鏡などでのフォローアップ観測の際のトランジット予報時刻の誤差を 10 分程度まで低減することができた (Fukui et al. 2016)。

8. 若い T タウリ型星 CVSO30 のトランジット状減光の多色撮像観測 (成田)

岡山天体物理観測所 188cm 望遠鏡に搭載した多色撮像カメラ MuSCAT を用いて、若い T タウリ型星 CVSO30 のトランジット状減光の多色撮像観測を行った。その結果、トランジット状減光の波長依存性が惑星に起因するものでは説明ができず、むしろダストクランプによる遮蔽と辻褃があうことを明らかにした (Onitsuka et al. 2017)。

9. 銀河系外縁部における低金属量星生成領域 Sh 2-207, Sh 2-208 の近赤外線深撮像 (安井)

小林 (天文セ), 齋藤 (国立天文台), Tokunaga (ハワイ大) らとともに、銀河半径が 15 kpc 以遠の銀河系外縁部における星生成の探査とその観測を進めた。銀河系外縁部は、ガス密度や金属量が極めて低い、銀河の渦状腕の影響がほとんど無いなど、太陽近傍と環境が大きく異なることが知られている。

昨年度に引き続き、特に低い金属量 ( $12 + [\text{O}/\text{H}] < 8$ ) が見積もられる2つの星生成領域 Sh 2-207 (S207), Sh 2-208 (S208) についてすばる望遠鏡の多天体撮像分光器 MOIRCS を用いた深撮像を行った結果をまとめた。2領域は互いに約 12pc の非常に近い距離に位置しており、同じ環境下において異なる進化段階にある星形成活動を探る上でのよいターゲットとなっている。それぞれの領域中で同定したメンバーの光度関数をモデルと比較し、2領域の年齢を求めた。その結果、S207 は星形成からやや時間の経った段階 (年齢約 2-3 Myr) に、S208 は非常に若い段階 (年齢約 0.5 Myr) にあることが示唆された。この結果と広域の中間赤外線画像から、この領域では半径約 30pc にまで広がる巨大なバブルによりトリガーされた連続的な星形成活動が起こっていることを示唆した。また惑星形成の1つの指標である原始惑星系円盤を持つ星の割合 (disk fraction) を求めたところ、S207, S208 ともに年齢の割に低い値が得られ、低金属量下における円盤消失のタイムスケールが太陽近傍と比較して短いというこれまでの示唆と合致する結果が得られ

た. その一方で, 若い S208 においては色超過の量が非常に大きな星の存在も確認され, このような環境下であっても, 星の初期の進化段階には十分に厚い星周物質に囲まれている状態にあることを示唆した.

#### 10. HD 169142 の星周円盤の中間赤外線高空間分解能観測 (尾中, 左近)

岡本 (茨城大), 片ざ (宇宙研) 等とともにすばる望遠鏡搭載中間赤外線撮像分光装置 (COMICS) による transitional disk 天体 HD 169142 の高空間分解能 N バンド撮像データを詳細に解析し, アーク状の構造と分解されない点源を初めて発見した. これらの構造と惑星形成との関連を検討した.

### 1.5.6 太陽系

#### 1. 「あかり」搭載近・中間赤外線カメラ (IRC) による中間赤外線全天サーベイ観測データにおける黄道光モデル (尾中)

近藤 (名古屋大) 等とともに, 「あかり」搭載近・中間赤外線カメラ (IRC) による中間赤外線全天サーベイ観測データ (9, 18  $\mu\text{m}$ ) の黄道光成分の評価を精密に行い, 新しい黄道光モデルのパラメータを導いた. この結果は従来の COBE 衛星の観測に基づきえられたモデルと比較しより高い精度で黄道光を再現するものである. このモデルを IRC の全天サーベイ観測データに適用し高い精度で黄道光を除去したデータを作成することに成功した. 現在さらにデータの詳細解析を進め, IRC 中間赤外線全天サーベイデータの改定を行なっている.

#### 2. 「あかり」搭載近・中間赤外線カメラ (IRC) による小惑星の含水鉱物探査 (白井, 尾中)

長谷川 (宇宙研), 大坪 (東大総合文化) らとともに, 「あかり」搭載 IRC による小惑星の近赤外線分光データ解析を行った. 3  $\mu\text{m}$  付近には小惑星表面の水氷や含水鉱物の特徴的な吸収フィーチャーが見られる. 特に含水鉱物は水の昇華温度以上になっても安定に存在するので, 生成後の温度変化でリセットされない水の存在を示す重要なマーカーになるため, 太陽系の進化, 特に温度環境の変遷を解き明かす大きな手がかりが得られる. 「あかり」の分光データを解析することによって, 多くの C 型小惑星で世界で初めて含水鉱物の吸収フィーチャーを明確に捉えた. さらに, 小惑星における 3  $\mu\text{m}$  帯の吸収フィーチャーにはいくつかのパターンがあることも明らかにし, 定量的な検討を進めている.

#### 3. 「あかり」搭載近・中間赤外線カメラ (IRC) による中間赤外線全天サーベイ観測データ中の地球近傍のダスト雲の検出 (尾中)

石原 (名古屋大) 等とともに, 「あかり」搭載近・中間赤外線カメラ (IRC) による中間赤外線全天サーベイで見られた一時的な赤外線超過を解析し, 観測当時生じていた coronal mass ejection により地球近傍でダストが一時的に増加していた可能性を示唆した.

### 1.5.7 機器・ソフトウェア開発

#### 1. 「あかり」搭載近・中間赤外線カメラ (IRC) の分光データ処理の改善 (白井, 尾中)

「あかり」搭載 IRC の分光データのアーカイブ化のためのデータ解析を実施した. すでに点源観測用の short slit 分光の観測データについては一般に公開しているが, さらにデータ処理の改善を進めている.

#### 2. 「あかり」搭載近・中間赤外線カメラ (IRC) Warm phase の近赤外線グリズム分光データの較正の改善 (尾中, 白井)

馬場 (宇宙研) 等とともに「あかり」搭載近・中間赤外線カメラ (IRC) の液体ヘリウム冷却枯渇後の phase 3 における近赤外線グリズム分光データを詳しく評価した. すでに液体ヘリウム冷却期間のデータに 4.9  $\mu\text{m}$  以上の波長で 2 次光の混入があることを明らかにしたが, 今回は液体ヘリウム枯渇後のデータについても評価し, 同様の混入があるものの, その様子は冷却期間のものとは異なることがわかった. 原因については

現在検討中である。また波長校正については、冷却期間中のものと同じであることを低温屈折率を用いて確認した。

3. 「あかり」搭載近・中間赤外線カメラ (IRC) の最新撮像データの公開 (尾中)

江草 (国立天文台) 等とともに「あかり」搭載近・中間赤外線カメラ (IRC) の撮像データの処理手法の改善を行い、液体ヘリウムにより冷却されていた期間に観測された 4000 個余りの撮像データを再整約し、一般に公開した。

4. 次世代赤外線衛星計画 SPICA の推進 (尾中, 左近)

JAXA 宇宙科学研究本部のグループらとともに、口径 2.5m の次世代冷却宇宙望遠鏡 SPICA の計画の推進を行っている。尾中は Project Scientist として欧州のミドルクラスの公募へのプロポーザルのサイエンス検討を行い、欧州側のチームと協力し、2016 年 10 月に 5 番目の M クラスのミッション提案として応募した。提案は現在 ESA で審議中である。これに先立ち、宇宙研に協力して欧米の赤外線観測の主要メンバーからなるアドバイザー委員会を組織し、7 月にはパリで委員会を開催し、ミッション提案を議論し、提案内容の明確化に貢献した。また左近は日本側搭載装置 (SMI) 開発メンバーの主要メンバーとして検討を行っている。

5. 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 MICHIE の開発 (左近)

Chris Packham (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 MICHIE 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 秒角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、小型フォーマット (スライス数 6 枚) のイメージスライサーの実験室試験モデルの製作と赤外線を用いた疑似スリット像の結像性評価試験を実施した。さらに、TMT/MICHIE 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った。

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。これまでの活動において、OST は 2030 年代にフライトを目指す主鏡直径 9.1m の off-axis 光学系で構成される 4.5K の冷却望遠鏡として定義され、キラーサイエンスの検討とそれを実現する為に必要な観測装置の仕様策定を行ってきた。OST に搭載する観測装置として、遠赤外低分散分光装置、遠赤外高分散分光装置、ヘテロダイン分光装置、遠赤外偏光撮像装置、中間赤外線撮像分光コロナグラフ装置の 5 つの装置の検討が進められている。2016 年 4 月より、JAXA liaison として OST の STDT 活動に参加し、特に、サイエンス要求を満たす full capability の装置検討である Concept 1 study において、中間赤外線撮像分光コロナグラフ装置 (Mid-infrared Imager, Spectrometer, Coronagraph; MISC) の検討を NASA Ames と共にリードしている。Concept 1 study における MISC は、(1) 波長 6-38 $\mu\text{m}$  を撮像及び低/中/高分散分光でカバーする Imager and Spectrometer Module、(2) 波長 6-38 $\mu\text{m}$  をカバーし主星から 0.5 秒角で  $10^{-7}$  以上のコントラストを達成する Coronagraph Module、(3) 波長 5-20 $\mu\text{m}$  をカバーし数時間から数日のスケールで 10ppm の安定性を実現する Transit Spectroscopic Module、の 3 つのモジュールで構成される。2017 年末までに中間報告書を準備する事を課題設定し、装置仕様の策定、光学設計、構造設計を開始した。

7. 惑星形成 N 体シミュレーションコードの開発 (藤井)

岩澤 (理研 AICS), 押野 (国立天文台), 堀 (アストロバイオロジーセンター) とともに、P<sup>3</sup>T 法を大規模並列計算に対応させた新しい惑星形成 N 体シミュレーションコード「PENTACLE」の開発を行い、最

大1千万体までの惑星形成シミュレーションを行った。1千万粒子を用いた場合、約1000CPUコアをま  
で良いスケーラビリティを示すことが確認できた。

## 1.6 論文および出版物

### 1.6.1 英文報告

#### 出版済 (2016年)

1. Murphy, S. J., Bedding, T. R., Shibahashi, H. 2016, “A Planet in an 840 Day Orbit around a Kepler Main-sequence A Star Found from Phase Modulation of Its Pulsations”, *ApJ*, 827, L17
2. Camisassa, M. E., Córscico, A. H., Althaus, L. G., Shibahashi, H. 2016, “Pulsations powered by hydrogen shell burning in white dwarfs”, *A&A*, 595, A45
3. Murphy, S. J., Shibahashi, H., Bedding, T. R. 2016, “Finding binaries from phase modulation of pulsating stars with Kepler - IV. Detection limits and radial velocity verification”, *MNRAS*, 461, 4215-4226
4. Gizon, L., Sekii, T., Takata, M., Kurtz, D. W., Shibahashi, H., Bazot, M., Benomar, O., Birch, A. C., Sreenivasan, K. R. 2016, “Shape of a slowly rotating star measured by asteroseismology” *Science Advances*, vol. 2, issue 11, pp. e1601777-e1601777
5. Shibahashi, H., Murphy, S. J., Kurtz, D. W. 2016, “Asteroseismic search for invisible binary companions”, *Proc. of the IAU*, Vol. 29B, pp. 642-647
6. Benomar, O., Takata, M., Shibahashi, H., Ceillier, T., García, R. A. 2015, “Evidence of angular momentum transport in main-sequence solar-like stars”, *Proc. of the IAU*, Vol. 29B, pp. 661-666
7. Takata, M. 2016, “Physical formulation of mixed modes of stellar oscillations”, *PASJ*, 68, id.91, 11 pp.
8. Takata, M. 2016, “Asymptotic analysis of dipolar mixed modes of oscillations in red giant stars”, *PASJ*, 68, id.109, 25 pp.
9. Shimonishi, T. Dartois, E., Onaka, T. and Boulanger, F., 2016, “VLT/ISAAC infrared spectroscopy of embedded high-mass YSOs in the Large Magellanic Cloud: Methanol and the 3.47  $\mu\text{m}$  band,” *A&A*, 585, A107 (20pp) doi: 10.1051/0004-6361/201526559
10. Doney, K., D., Candian, A., Mori, T., Onaka, T., and Tielens, A. G. G. M., 2016, “Deuterated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: Revisited,” *A&A*, 586, A65 (10pp) doi: 10.1051/0004-6361/201526809
11. Sakon, I., Sako, S., Onaka, T., Nozawa, T., Kimura, Y., Fujiyoshi, T., Shimonishi, T., Usui, F., Takahashi, H., Ohsawa, R., Arai, A., Uemura, M., Nagayamaya, T., Koo, B.-C., and Kozasa, T., 2016, “Concurrent Formation of Carbon and Silicate Dust in Nova V1280 Sco,” *ApJ*, 817, 145 (23pp) doi: 10.3847/0004-637X/817/2/145
12. Kondo, T., Ishihara, D., Kaneda, H., Nakamichi, K., Kobayashi, H., Ootsubo, T., Pyo, J., and Onaka, T., 2016, “Modeling of the Zodiacal Emission for the AKARI/IRC Mid-infrared All-sky Diffuse Maps,” *AJ*, 151, 71 (11pp) doi: 10.3847/0004-6256/151/3/71

13. Ohsawa, R., Onaka, T., Sakon, I., Yamamura, I., Matsuura, M., and Kaneda, H., 2016, “AKARI/IRC Near-Infrared Spectral Atlas of Galactic Planetary Nebulae,” *AJ*, 151, 93 (28pp) doi: 10.3847/0004-6256/151/4/93
14. Egusa, F., Usui, F., Murata, K., Yamashita, T., Yamamura, I., and Onaka, T., 2016, “Revised calibration for near- and mid-infrared images from  $\sim 4000$  pointed observations with *AKARI/IRC*,” *PASJ*, 68, 19 (19pp) doi: 10.1093/pasj/psv135
15. Baba, S., Nakagawa, T., Shirahata, M., Isobe, N., Usui, F., Ohshima, Y., Onaka, T., Yano, K., and Kochi, C. 2016, “Revised Wavelength and Spectral Response Calibrations for AKARI Near-Infrared Grism Spectroscopy: Cryogenic Phase,” *PASJ*, 68, 27 (12pp) doi: 10.1093/pasj/psw013
16. Buragohain, M., Pathak, A., Sarre, P., Onaka, T., and Sakon, I., 2016, “Mid-infrared vibrational study of deuterium-containing PAH variants,” *Planet. & Sp. Sci.*, 133, 97–106 doi: 10.1016/j.pss.2016.05.001
17. Shimonishi, T., Onaka, T., Kawamura, A., and Aikawa, Y., 2016, “Detection of a hot molecular core in the Large Magellanic Cloud with ALMA,” *ApJ*, 827, 72 (20pp) doi: 10.3847/0004-637X/827/1/72
18. Onaka, T., Mori, I., Sakon, I., and Ardaseva, A., 2016, “AKARI near-infrared spectroscopy of the extended green object G318.05+0.09: Detection of CO fundamental ro-vibrational emission,” *ApJ*, 829, 106 (7pp) doi: 10.3847/0004-637X/829/2/106
19. Yamagishi, M., Kaneda, H., Ishihara, D., Oyabu, S., Onaka, T., Nagayama, T., Umemoto, T., Minamidani, T., Nishimura, A., Matsuo, M., Fujita, S., Tsuda, Y., Kohno, M., and Ohashi, S., 2016, “Spatial variations of PAH properties in M17SW revealed by Spitzer/IRS spectral mapping,” *ApJ*, 833, 163 (10pp) doi: 10.3847/1538-4357/833/2/163
20. Sakon, I., Ikeda, Y., Nakagawa, H., Tokoro, M., Honda, M., Okamoto, Y. K., Kataza, H., Onaka, T., Chun, M. R., Richter, M. J., and Packham, C., 2016 “A trial production of a large format image slicer unit for a possible future mid-infrared instrument on the TMT,” *Proc. of SPIE* 9912, 99125T (8pp) doi: 10.1117/12.2232781
21. Kamizuka, T., Miyata, T., Sako, S., Ohsawa, R., Okada, K., Uchiyama, M. S., Mori, K., Yamaguchi, J., Asano, K., Uchiyama, M., Sakon, I., Onaka, T., Kataza, H., Hasegawa, S., Usui, F., Takato, N., Aoki, T., Doi, M., Kato, N. M., Kitagawa, Y., Kobayakawa, Y., Kohno, K., Konishi, M., Minezaki, T., Morokuma, T., Motohara, K., Ohashi, H., Soyano, T., Takahashi, H., Tamura, Y., Tanabé, T., and Tanaka, M., 2016, “Development status of the mid-infrared two-field camera and spectrograph MIMIZUKU for the TAO 6.5-m Telescope,” *Proc. of SPIE* 9908, 99083W (10pp) doi: 10.1117/12.2231565
22. Onaka, T., Mori, T. I., Sakon, I., Usui, F., Wu, R., and Shimonishi, T., 2016, “AKARI NIR spectroscopy of interstellar ices,” *Proc. of IAU*, 29A, 319–320 doi: 10.1017/S1743921316003161
23. Onaka, T., 2016, “Organic dust in galaxies,” *J. of Physics, Conf. ser.* 728, 062001 (8pp) doi: 10.1088/1742-6596/728/6/062001
24. Sakon, I., Sako, S., Onaka, T., Nozawa, T., Kimura, Y., Fujiyoshi, T., Shimonishi, T., Usui, F., Takahashi, H., Ohsawa, R., Arai, A., Uemura, M., Nakagata, T., Koo, B.-C., and Kozasa, T., 2016, “Carbon and silicate dust formation in V1280 Sco,” *J. of Physics, Conf. ser.* 728, 062006 (4pp) doi: 10.1088/1742-6596/728/6/062006

25. Ohsawa, R., Onaka, T., Sakon, I., Mori, T., Matsuura, M., Yamamura, I., and Kaneda, H., 2016, “Near-infrared views of dust in planetary nebulae: AKARI/IRC NIR spectral atlas of Galactic PNe,” *J. of Physics, Conf. ser.* 728, 072010 (2pp) doi: 10.1088/1742-6596/728/6/072010
26. Ishiguro, M., Sarugaku, Y., Kuroda, D., Hanayama, H., Kim, Y., Kwon, Y., Haehara, H., Takahashi, J., Terai, T., Usui, F., Vaubaillon, J. J., Morokuma, T., Kobayashi, N., and Watanabe, J., 2016, “Detection of Remnant Dust Cloud Associated with the 2007 Outburst of 17P/Holmes,” *ApJ* 817, 77 (9pp). doi: 10.3847/0004-637X/817/1/77
27. Hamano, S., Kobayashi, N., Kondo, S., Sameshima, H., Nakanishi, K., Ikeda, Y., Yasui, C., Mizumoto, M., Matsunaga, N., Fukue, K., Yamamoto, R., Izumi, N., Mito, H., Nakaoka, T., Kawanishi, T., Kitano, A., Otsubo, S., Kinoshita, M., and Kawakita, H., 2016, “Near infrared diffuse interstellar bands toward the Cygnus OB2 association,” *ApJ*, 821, 42 (12pp) doi: 10.3847/0004-637X/821/1/42
28. Yasui, C., Kobayashi, N., Hamano, S., Tokunaga, A. T., Saito, M., and Kondo, S., 2016, “Herbig Ae/Be candidate stars in the innermost Galactic disk: Quartet cluster,” *ApJ*, 817, 181 (12pp) doi: 10.3847/0004-637X/817/2/181
29. Yasui, C., Kobayashi, N., Tokunaga, A. T., Saito, M., and Izumi, N., 2016, “Low-metallicity Young Clusters in the Outer Galaxy I. Sh 2-207,” *AJ*, 151, 50 (10pp) doi: 10.3847/0004-6256/151/3/50
30. Yasui, C., Kobayashi, N., Saito, M., and Izumi, N., 2016, “Low-metallicity Young Clusters in the Outer Galaxy II. Sh 2-208,” *AJ*, 151, 115 (14pp) doi: 10.3847/0004-6256/151/5/115
31. Hughes, T. M., Baes, M., Schirm, M. R. P., Parkin, T. J., Wu, R., de Looze, I., Wilson, C. D., Viaene, S., Bendo, G. J., Boselli, A., Cornier, D., Ibar, E., Karczewski, O. J., Lu, N., and Spinoglio, L. 2016, “The spatially-resolved correlation between [NII] 205  $\mu\text{m}$  line emission and the 24  $\mu\text{m}$  continuum in nearby galaxies,” *A&A*, 587, A45 (7pp) doi: 10.1051/0004-6361/201527644
32. Chevance, M., Madden, S. C., Lebouteiller, V., Godard, B., Cormier, D., Galliano, F., Hony, S., Indebetouw, R., Le Bourlot, J., Lee, M. Y., Le Petit, F., Pellegrini, E., Roueff, E., and Wu, R. 2016, “A milestone toward understanding PDR properties in the extreme environment of LMC-30Dor,” *A&A*, 590, A36 (20pp) doi: 10.1051/0004-6361/201527735
33. Ootsubo, T., Doi, Y., Takita, S., Nakagawa, T., Kawada, M., Kitamura, Y., Matsuura, S., Usui, F., and Arimatsu, K., 2016, “AKARI far-infrared maps of the zodiacal dust bands,” *PASJ*, 68, 35 (15pp) doi: 10.1093/pasj/psw024
34. Totani, T. “Initial conditions of inhomogeneous universe and the cosmological constant problem”, *JCAP* 06, 003 (2016)
35. Sofue, Y.; Habe, A.; Kataoka, J.; Totani, T.; Inoue, Y.; Nakashima, S.; Matsui, H.; Akita, M. 2016, “Galactic Centre hypershell model for the North Polar Spurs”, *MNRAS*, 459, 108 (2016)
36. Okumura, Teppei; Hikage, Chiaki; Totani, Tomonori; Tonegawa, Motonari; Okada, Hiroyuki; Glazebrook, Karl; Blake, Chris; Ferreira, Pedro G.; More, Surhud; Taruya, Atsushi; Tsujikawa, Shinji; Akiyama, Masayuki; Dalton, Gavin; Goto, Tomotsugu; Ishikawa, Takashi; Iwamuro, Fumihide; Matsubara, Takahiko; Nishimichi, Takahiro; Ohta, Kouji; Shimizu, Ikkoh; Takahashi, Ryuichi; Takato, Naruhisa; Tamura, Naoyuki; Yabe, Kiyoto; Yoshida, Naoki “The Subaru FMOS galaxy redshift survey (FastSound). IV. New constraint on gravity theory from redshift space distortions at  $z \sim 1.4$ ”, *PASJ*, 68, 38 (2016)

37. Okada, Hiroyuki; Totani, Tomonori; Tonegawa, Motonari; Akiyama, Masayuki; Dalton, Gavin; Glazebrook, Karl; Iwamuro, Fumihide; Ohta, Kouji; Takato, Naruhisa; Tamura, Naoyuki; Yabe, Kiyoto; Bunker, Andrew J.; Goto, Tomotsugu; Hikage, Chiaki; Ishikawa, Takashi; Okumura, Teppei; Shimizu, Ikkoh, “The Subaru FMOS galaxy redshift survey (FastSound). II. The emission line catalog and properties of emission line galaxies”, *PASJ*, **68**, 47 (2016)
38. Yamasaki, Shotaro; Totani, Tomonori; Kawanaka, Norita, “A blind search for prompt gamma-ray counterparts of fast radio bursts with Fermi-LAT data”, *MNRAS*, **460**, 2875 (2016)
39. Bassa, C. G.; Beswick, R.; Tingay, S. J.; Keane, E. F.; Bhandari, S.; Johnston, S.; Totani, T.; Tominaga, N.; Yasuda, N.; Stappers, B. W.; Barr, E. D.; Kramer, M.; Possenti, A., “Optical and radio astrometry of the galaxy associated with FRB 150418”, *MNRAS*, **463**, L36 (2016)
40. Ohira, Y., Kawanaka, N. & Ioka, K., 2016, “Cosmic-ray hardenings in light of AMS-02 data”, *Phys. Rev. D*, **93**, 083001
41. Nishiyama, S., Schodel, R., Yoshikawa, T., Nagata, T., Minowa, Y., Tamura, M., 2016, “Spectroscopically identified intermediate age stars at 0.5-3 pc distance from Sagittarius A\*”, *A&A*, **588**, id.A49, 10 pp.
42. Honda, M., Kudo, T., Takatsuki, S., Inoue, A. K., Nakamoto, T., Fukagawa, M., Tamura, M., Terada, H., Takato, N., 2016, “Water Ice at the Surface of the HD 100546 Disk”, *ApJ*, **821**, article id. 2, 6 pp.
43. Oh, D., Hashimoto, J., Tamura, M., Wisniewski, J., Akiyama, E., Currie, T., Mayama, S., Takami, M., Thalmann, C., Kudo, T., Kusakabe, N., Abe, L., Brandner, W., Brandt, T. D., Carson, J. C., Egner, S., Feldt, M., Goto, M., Grady, C. A., Guyon, O., Hayano, Y., Hayashi, M., Hayashi, S. S., Henning, T., Hodapp, K. W., Ishii, M., Iye, M., Janson, M., Kandori, R., Knapp, G. R., Kuzuhara, M., Kwon, J., Matsuo, T., Mcelwain, M. W., Miyama, S., Morino, J.-I., Moro-Martin, A., Nishimura, T., Pyo, T.-S., Serabyn, E., Suenaga, T., Suto, H., Suzuki, R., Takahashi, Y. H., Takato, N., Terada, H., Turner, E. L., Watanabe, M., Yamada, T., Takami, H., Usuda, T., 2016, “Near-infrared imaging polarimetry of LkCa 15: A possible warped inner disk”, *PASJ*, **68**, Issue 2, id.L3 6 pp.
44. Chen, Z., Zhang, S., Zhang, M., Jiang, A., Tamura, M., Kwon, J., 2016, “Coeval Intermediate-mass Star Formation in N4W”, *ApJ*, **822**, article id. 114, 7 pp.
45. Kwon, J., Tamura, M., Hough, J. H., Nagata, T., Kusakabe, N., Saito, H., 2016, “Near-infrared Imaging Polarimetry of GGD 27: Circular Polarization and Magnetic Field Structures”, *ApJ*, **824**, article id. 95, 14 pp.
46. Hirano, T., Nowak, G., Kuzuhara, M., Palle, E., Dai, F., Yu, L., Van Eylen, V., Takeda, Y., Brandt, T. D., Narita, N., Velasco, S., Prieto A., Jorge, S.-O., Roberto, W., Joshua N., Kudo, T., Kusakabe, N., Fukui, A., Sato, B., Albrecht, S., Ribas, I., Ryu, T., Tamura, M., 2016, “The K2-ESPRINT Project IV. A Hot Jupiter in a Prograde Orbit with a Possible Stellar Companion”, *ApJ*, **825**, article id. 53, 9 pp.
47. Ryu, T., Sato, B., Kuzuhara, M., Narita, N., Takahashi, Y. H., Uyama, T., Kudo, T., Kusakabe, N., Hashimoto, J., Omiya, M., Harakawa, H., Abe, L., Ando, H., Brandner, W., Brandt, T. D., Carson, J. C., Currie, T., Egner, S., Feldt, M., Goto, M., Grady, C. A., Guyon, O., Hayano, Y., Hayashi, M., Hayashi, S. S., Heminiak, K. G., Henning, T., Hodapp, K. W., Ida, S., Ishii, M., Itoh, Y., Iye, M., Izumiura, H., Janson, M., Kambe, E., Kandori, R., Knapp, G. R., Kokubo, E., Kwon, J., Matsuo,

- T., Mayama, S., McElwain, M. W., Mede, K., Miyama, S., Morino, J., Moro-Martin, A., Nishimura, T., Pyo, T.-S., Serabyn, E., Suenaga, T., Suto, H., Suzuki, R., Takami, M., Takato, N., Takeda, Y., Terada, H., Thalmann, C., Turner, E. L., Watanabe, M., Wisniewski, J., Yamada, T., Yoshida, M., Takami, H., Usuda, T., Tamura, M., 2016, “High-contrast Imaging of Intermediate-mass Giants with Long-term Radial Velocity Trends”, *ApJ*, **825**, article id. 127, 13 pp.
48. Mennesson, B., Gaudi, S., Seager, S., Cahoy, K., Domagal-Goldman, S., Feinberg, L., Guyon, O., Kasdin, J., Marois, C., Mawet, D., Tamura, M., Mouillet, D., Prusti, T., Quirrenbach, A., Robinson, T., Rogers, L., Scowen, P., Somerville, R., Stapelfeldt, K., Stern, D., Still, M., Turnbull, M., Booth, J., Kiessling, A., Kuan, G., Warfield, K., 2016, “The Habitable Exoplanet (HabEx) Imaging Mission: preliminary science drivers and technical requirements”, *Proc. SPIE*, **9904**, id. 99040L 10 pp.
49. Nishikawa, J., Oya, M., Murakami, N., Tamura, M., Kurokawa, T., Tanaka, Y., Kumagai, S., Kotani, T., 2016, “Contrast improvement with imperfect pre-coronagraph and dark-hole”, *Proc. SPIE*, **9904**, id. 99043E 6 pp.
50. Jovanovic, N., Guyon, O., Lozi, J., Currie, T., Hagelberg, J., Norris, B., Singh, G., Pathak, P., Doughty, D., Goebel, S., Males, J., Kuhn, J., Serabyn, E., Tuthill, P., Schworer, G., Martinache, F., Kudo, T., Kawahara, H., Kotani, T., Ireland, M., Feger, T., Rains, A., Bento, J., Schwab, C., Coutts, D., Cvetojevic, N., Gross, S., Arriola, A., Lagadec, T., Kasdin, J., Groff, T., Mazin, B., Minowa, Y., Takato, N., Tamura, M., Takami, H., Hayashi, M., 2016, “The SCExAO high contrast imager: transitioning from commissioning to science”, *Proc. SPIE*, **9909**, id. 99090W 10 pp.
51. Kokubo, T., Mori, T., Kurokawa, T., Kashiwagi, K., Tanaka, Y., Kotani, T., Nishikawa, J., Tamura, M., 2016, “12.5-GHz-spaced laser frequency comb covering Y, J, and H bands for infrared Doppler instrument”, *Proc. SPIE*, **9912**, id. 99121R 6 pp.
52. Murakami, N., Nishikawa, J., Akaiwa, N., Komuro, Y., Baba, N., Tamura, M., 2016, “A three-layer eight-octant phase mask towards broadband high-contrast observations”, *Proc. SPIE*, **9912**, id. 99126G 10 pp.
53. Yoneta, K., Murakami, N., Kotani, T., Kawahara, H., Matsuo, T., Baba, N., Tamura, M., 2016, “Development of speckle nulling technique for the Savart-plate lateral-shearing interferometric nuller for exoplanets (SPLINE)”, *Proc. SPIE*, **9912**, id. 99126I 8 pp.
54. Ohta, Y., Fukagawa, M., Sitko, M. L., Muto, T., Kraus, S., Grady, C. A., Wisniewski, J. P., Swearingen, J. R., Shibai, H., Sumi, T., Hashimoto, J., Kudo, T., Kusakabe, N., Momose, M., Okamoto, Y., Kotani, T., Takami, M., Currie, T., Thalmann, C., Janson, M., Akiyama, E., Follette, K. B., Mayama, S., Abe, L., Brandner, W., Brandt, T. D., Carson, J. C., Egner, S. E., Feldt, M., Goto, M., Guyon, O., Hayano, Y., Hayashi, M., Hayashi, S. S., Henning, T., Hodapp, K. W., Ishii, M., Iye, M., Kandori, R., Knapp, G. R., Kuzuhara, M., Kwon, J., Matsuo, T., McElwain, M. W., Miyama, S., Morino, J., Moro-Martin, A., Nishimura, T., Pyo, T.-S., Serabyn, E., Suenaga, T., Suto, H., Suzuki, R., Takahashi, Y. H., Takami, H., Takato, N., Terada, H., Tomono, D., Turner, E. L., Usuda, T., Watanabe, M., Yamada, T., Tamura, M., 2016, “Extreme asymmetry in the polarized disk of V1247 Orionis”, *PASJ*, **68**, id.53 12 pp.
55. Nakai, Y., Baba, N., Murakami, N., Miura, N., Tamura, M., 2016, “Image restoration for a hypertelescope”, *Proc. SPIE*, **9907**, id. 99073F 6 pp.

56. Ishizuka, M., Kotani, T., Nishikawa, J., Tamura, M., Kurokawa, T., Mori, T., Kokubo, T., 2016, “Fiber mode scrambler experiments for the Subaru Infrared Doppler Instrument (IRD)”, *Proc. SPIE*, **9912**, id. 99121Q 8 pp.
57. Asensio-Torres, R., Janson, M., Hashimoto, J., Thalmann, C., Currie, T., Buenzli, E., Kudo, T., Kuzuhara, M., Kusakabe, N., Abe, L., Akiyama, E., Brandner, W., Brandt, T. D., Carson, J., Egner, S., Feldt, M., Goto, M., Grady, C., Guyon, O., Hayano, Y., Hayashi, M., Hayashi, S., Henning, T., Hodapp, K., Ishii, M., Iye, M., Kandori, R., Knapp, G., Kwon, J., Matsuo, T., McElwain, M., Mayama, S., Miyama, S., Morino, J., Moro-Martin, A., Nishimura, T., Pyo, T., Serabyn, E., Suenaga, T., Suto, H., Suzuki, R., Takahashi, Y., Takami, M., Takato, N., Terada, H., Turner, E., Watanabe, M., Wisniewski, J., Yamada, T., Takami, H., Usuda, T., Tamura, M., 2016, “Polarimetry and flux distribution in the debris disk around HD 32297”, *A&A*, **593**, id.A73, 10 pp.
58. Schneider, G., Grady, C. A., Stark, C. C., Gaspar, A., Carson, J., Debes, J. H., Henning, T., Hines, D. C., Jang-Condell, H., Kuchner, M. J., Perrin, M., Rodigas, T. J., Tamura, M., Wisniewski, J. P., 2016, “Deep HST/STIS Visible-light Imaging of Debris Systems around Solar Analog Hosts”, *AJ*, **152**, article id. 64, 21 pp.
59. Kwon, J., Tamura, M., Hough, J. H., Nagata, T., Kusakabe, N., 2016, “Near-infrared Circular and Linear Polarimetry of Monoceros R2”, *AJ*, **152**, article id. 67, 13 pp.
60. Lomax, J. R., Wisniewski, J. P., Grady, C. A., McElwain, M. W., Hashimoto, J., Kudo, T., Kusakabe, N., Okamoto, Y. K., Fukagawa, M., Abe, L., Brandner, W., Brandt, T. D., Carson, J. C., Currie, T. M., Egner, S., Feldt, M., Goto, M., Guyon, O., Hayano, Y., Hayashi, M., Hayashi, S. S., Henning, T., Hodapp, K. W., Inoue, A., Ishii, M., Iye, M., Janson, M., Kandori, R., Knapp, G. R., Kuzuhara, M., Kwon, J., Matsuo, T., Mayama, S., Miyama, S., Momose, M., Morino, J., Moro-Martin, A., Nishimura, T., Pyo, T.-S., Schneider, G. H., Serabyn, E., Sitko, M. L., Suenaga, T., Suto, H., Suzuki, R., Takahashi, Y. H., Takami, M., Takato, N., Terada, H., Thalmann, C., Tomono, D., Turner, E. L., Watanabe, M., Yamada, T., Takami, H., Usuda, T., Tamura, M., 2016, “Constraining the Movement of the Spiral Features and the Locations of Planetary Bodies within the AB Aur System”, *ApJ*, **828**, article id. 2, 8 pp.
61. Kusune, T., Sugitani, K., Nakamura, F., Watanabe, M., Tamura, M., Kwon, J., Sato, S., 2016, “Magnetic Field of the Vela C Molecular Cloud”, *ApJ*, **830**, article id. L23, 7 pp.
62. Mizuki, T., Yamada, T., Carson, J. C., Kuzuhara, M., Nakagawa, T., Nishikawa, J., Sitko, M. L., Kudo, T., Kusakabe, N., Hashimoto, J., Abe, L., Brandner, W., Brandt, T. D., Egner, S., Feldt, M., Goto, M., Grady, C. A., Guyon, O., Hayano, Y., Hayashi, M., Hayashi, S. S., Henning, T., Hodapp, K. W., Ishii, M., Iye, M., Janson, M., Kandori, R., Knapp, G. R., Kwon, J., Matsuo, T., McElwain, M. W., Miyama, S., Morino, J., Moro-Martin, A., Nishimura, T., Pyo, T., Serabyn, E., Suenaga, T., Suto, H., Suzuki, R., Takahashi, Y. H., Takami, M., Takato, N., Terada, H., Thalmann, C., Turner, E. L., Watanabe, M., Wisniewski, J., Takami, H., Usuda, T., Tamura, M., 2016, “High-contrast imaging of epsilon Eridani with ground-based instruments”, *A&A*, **595**, id.A79, 8 pp.
63. Oh, D., Hashimoto, J., Carson, J. C., Janson, M., Kwon, J., Nakagawa, T., Mayama, S., Uyama, T., Yang, Y., Kudo, T., Kusakabe, N., Abe, L., Akiyama, E., Brandner, W., Brandt, T. D., Currie, T., Feldt, M., Goto, M., Grady, C. A., Guyon, O., Hayano, Y., Hayashi, M., Hayashi, S. S., Henning, T., Hodapp, K. W., Ishii, M., Iye, M., Kandori, R., Knapp, G. R., Kuzuhara, M., Matsuo, T., McElwain,

- M. W., Miyama, S., Morino, J., Moro-Martin, A., Nishimura, T., Pyo, T.-S., Serabyn, E., Suenaga, T., Suto, H., Suzuki, R., Takahashi, Y. H., Takato, N., Terada, H., Thalmann, C., Turner, E. L., Watanabe, M., Yamada, T., Takami, H., Usuda, T., Tamura, M., 2016, “Resolved Near-infrared Image of the Inner Cavity in the GM Aur Transitional Disk”, *ApJ*, **831**, article id. L7, 6 pp.
64. Helminiak, K. G., Kuzuhara, M., Mede, K., Brandt, T. D., Kandori, R., Suenaga, T., Kusakabe, N., Narita, N., Carson, J. C., Currie, T., Kudo, T., Hashimoto, J., Abe, L., Akiyama, E., Brandner, W., Feldt, M., Goto, M., Grady, C. A., Guyon, O., Hayano, Y., Hayashi, M., Hayashi, S. S., Henning, T., Hodapp, K. W., Ishii, M., Iye, M., Janson, M., Knapp, G. R., Kwon, J., Matsuo, T., McElwain, M. W., Miyama, S., Morino, J.-I., Moro-Martin, A., Nishimura, T., Ryu, T., Pyo, T.-S., Serabyn, E., Suto, H., Suzuki, R., Takahashi, Y. H., Takami, M., Takato, N., Terada, H., Thalmann, C., Turner, E. L., Watanabe, M., Wisniewski, J., Yamada, T., Takami, H., Usuda, T., Tamura, M., 2016, “SEEDS Direct Imaging of the RV-detected Companion to V450 Andromedae, and Characterization of the System”, *ApJ*, **832**, article id. 33, 13 pp.
65. Akiyama, E., Hashimoto, J., Liu, H. B., Li, J. I-H., Bonnefoy, M., Dong, R., Hasegawa, Y., Henning, T., Sitko, M. L., Janson, M., Feldt, M., Wisniewski, J., Kudo, T., Kusakabe, N., Tsukagoshi, T., Momose, M., Muto, T., Taki, T., Kuzuhara, M., Mayama, S., Takami, M., Ohashi, N., Grady, C. A., Kwon, J., Thalmann, C., Abe, L., Brandner, W., Brandt, T. D., Carson, J. C., Egner, S., Goto, M., Guyon, O., Hayano, Y., Hayashi, M., Hayashi, S. S., Hodapp, K. W., Ishii, M., Iye, M., Knapp, G. R., Kandori, R., Matsuo, T., McElwain, M. W., Miyama, S., Morino, J., Moro-Martin, A., Nishimura, T., Pyo, T.-S., Serabyn, E., Suenaga, T., Suto, H., Suzuki, R., Takahashi, Y. H., Takato, N., Terada, H., Tomono, D., Turner, E. L., Watanabe, M., Yamada, T., Takami, H., Usuda, T., Tamura, M., 2016, “Spiral Structure and Differential Dust Size Distribution in the LKH  $\alpha$  330 Disk”, *AJ*, **152**, article id. 222, 7 pp.
66. Konishi, M., Matsuo, T., Yamamoto, K., Samland, M., Sudo, J., Shibai, H., Itoh, Y., Fukagawa, M., Sumi, T., Kudo, T., Hashimoto, J., Kuzuhara, M., Kusakabe, N., Abe, L., Akiyama, E., Brandner, W., Brandt, T. D., Carson, J. C., Feldt, M., Goto, M., Grady, C. A., Guyon, O., Hayano, Y., Hayashi, M., Hayashi, S. S., Henning, T., Hodapp, K. W., Ishii, M., Iye, M., Janson, M., Kandori, R., Knapp, G. R., Kwon, J., McElwain, M. W., Mede, K., Miyama, S., Morino, J., Moro-Martin, A., Nishimura, T., Oh, D., Pyo, T.-S., Serabyn, E., Schlieder, J. E., Suenaga, T., Suto, H., Suzuki, R., Takahashi, Y. H., Takami, M., Takato, N., Terada, H., Thalmann, C., Turner, E. L., Watanabe, M., Wisniewski, J. P., Yamada, T., Takami, H., Usuda, T., Tamura, M., 2016, “A substellar companion to Pleiades III 3441”, *PASJ*, **68**, id.92 9 pp.
67. Henderson, Calen B., Poleski, Radosław, Penny, Matthew, Street, Rachel A., Bennett, David P., Hogg, David W., Gaudi, B. Scott, K2 Campaign 9 Microlensing Science Team, Zhu, W., Barclay, T., Barentsen, G., Howell, S. B., Mullally, F., Udalski, A., Szymanski, M. K., Skowron, J., Mroz, P., Kozłowski, S., Wyrzykowski, P., Pietrukowicz, P., Soszyński, I., Ulaczyk, K., Pawlak, M., OGLE Project, The, Sumi, T., Abe, F., Asakura, Y., Barry, R. K., Bhattacharya, A., Bond, I. A., Donachie, M., Freeman, M., Fukui, A., Hirao, Y., Itow, Y., Koshimoto, N., Li, M. C. A., Ling, C. H., Masuda, K., Matsubara, Y., Muraki, Y., Nagakane, M., Ohnishi, K., Oyokawa, H., Rattenbury, N., Saito, To., Sharan, A., Sullivan, D. J., Tristram, P. J., Yonehara, A., MOA Collaboration, Bachelet, E., Bramich, D. M., Cassan, A., Dominik, M., Figuera Jaimes, R., Horne, K., Hundertmark, M., Mao, S., Ranc, C., Schmidt, R., Snodgrass, C., Steele, I. A., Tsapras, Y., Wambsganss, J., RoboNet Project, The, Bozza, V., Burgdorf, M. J., Jorgensen, U. G., Calchi Novati, S., Ciceri, S., D’Ago, G., Evans, D.

- F., Hessman, F. V., Hinse, T. C., Husser, T.-O., Mancini, L., Popovas, A., Rabus, M., Rahvar, S., Scarpetta, G., Skottfelt, J., Southworth, J., Unda-Sanzana, E., The MiNDSTEp Team, Bryson, S. T., Caldwell, D. A., Haas, M. R., Larson, K., McCalmont, K., Packard, M., Peterson, C., Putnam, D., Reedy, L., Ross, S., Van Cleve, J. E., K2C9 Engineering Team, Akeson, R., Batista, V., Beaulieu, J.-P., Beichman, C. A., Bryden, G., Ciardi, D., Cole, A., Coutures, C., Foreman-Mackey, D., Fouque, P., Friedmann, M., Gelino, C., Kaspi, S., Kerins, E., Korhonen, H., Lang, D., Lee, C.-H., Lineweaver, C. H., Maoz, D., Marquette, J.-B., Mogavero, F., Morales, J. C., Nataf, D., Pogge, R. W., Santerne, A., Shvartzvald, Y., Suzuki, D., Tamura, M., Tisserand, P., Wang, D., 2016, “Campaign 9 of the K2 Mission: Observational Parameters, Scientific Drivers, and Community Involvement for a Simultaneous Space- and Ground-based Microlensing Survey”, *PASP*, **128**, pp. 124401
68. Jiang, L., Finlator, K., Cohen, S. H., Egami, E., Windhorst, R. A., Fan, X., Dave, R., Kashikawa, N., Mechtley, M., Ouchi, M., Shimasaku, K., Clement, B. 2016, “Physical Properties of Spectroscopically Confirmed Galaxies at  $z \geq 6$ . III. Stellar Populations from SED Modeling with Secure Ly  $\alpha$  Emission and Redshifts”, *ApJ*, 816, 16 (18 pp.)
69. Treu, T., Brammer, G., Diego, J. M., Grillo, C., Kelly, P. L., Oguri, M., Rodney, S. A., Rosati, P., Sharon, K., Zitrin, A., Balestra, I., Bradač, M., Broadhurst, T., Caminha, G. B., Halkola, A., Hoag, A., Ishigaki, M., Johnson, T. L., Karman, W., Kawamata, R., Mercurio, A., Schmidt, K. B., Strolger, L. G., Suyu, S. H., Filippenko, A. V., Foley, R. J., Jha, S. W., Patel, B. 2016, ““Refsdal” Meets Popper: Comparing Predictions of the Re-appearance of the Multiply Imaged Supernova Behind MACSJ1149.5+2223”, *ApJ*, 817, 60 (25 pp.)
70. Kawamata, R., Oguri, M., Ishigaki, M., Shimasaku, K., Ouchi, M. 2016, “Precise Strong Lensing Mass Modeling of Four Hubble Frontier Field Clusters and a Sample of Magnified High-redshift Galaxies”, *ApJ*, 819, 114 (26 pp.)
71. Momose, R., Ouchi, M., Nakajima, K., Ono, Y., Shibuya, T., Shimasaku, K., Yuma, S., Mori, M., Umemura, M. 2016, “Statistical properties of diffuse Ly  $\alpha$  haloes around star-forming galaxies at  $z \sim 2$ ”, *MNRAS*, 457, 2318–2330.
72. Harikane, Y., Shimasaku, K. et al. 2016, “Evolution of Stellar-to-Halo Mass Ratio at  $z=0-7$  Identified by Clustering Analysis with the Hubble Legacy Imaging and Early Subaru/Hyper Suprime-Cam Survey Data”, *ApJ*, 821, 123 (23 pp.)
73. Furusawa, H., Shimasaku, K. et al. 2016, “A New Constraint on the Ly  $\alpha$  Fraction of UV Very Bright Galaxies at Redshift 7”, *ApJ*, 822, 46 (13 pp.)
74. Konno, A., Ouchi, M., Nakajima, K., Duval, F., Kusakabe, H., Ono, Y., Shimasaku, K. 2016, “Bright and Faint Ends of Ly $\alpha$  Luminosity Functions at  $z = 2$  Determined by the Subaru Survey: Implications for AGN, Magnification Bias, and ISM HI Evolution”, *ApJ*, 823, 20 (17pp.)
75. Nakajima, K., Ellis, R. S., Iwata, I., Inoue, A. K., Kusakabe, H., Ouchi, M., Robertson, B. E., 2016 “A Hard Ionizing Spectrum in  $z = 3-4$  Ly $\alpha$  Emitters with Intense [O III] Emission: Analogs of Galaxies in the Reionization Era?”, *ApJ*, 831, 9 (6 pp.)
76. Umeda, H., Hosokawa, T., Omukai, K. and Yoshida, N., 2016, “The Final Fates of Accreting Supermassive Stars ”, *ApJ*, 830, L34 (5 pp.)

77. Shibata, M., Sekiguchi, Y., Uchida, H. and Umeda, H., 2016, “Gravitational waves from supermassive stars collapsing to a supermassive black hole”, *PhRvD*, 94, id.021501
78. Yoshida, T., Takahashi, K., and Umeda, H., 2016, “Neutrino emission from nearby supernova progenitors”, *J. Phys.: Conf. Ser.* 718, 062073 (5 pp.)
79. Yoshida, T., Takahashi, K., Umeda, H., and Ishidoshiro, K., 2016, “Presupernova neutrino events relating to the final evolution of massive stars”, *Phys. Rev. D* 93, 123012 (20 pp.)  
 Nguyen-Luong, Q., Nguyen, H. V. V., Motte, F., Schneider, N., Fujii, M., Louvet, F., Hill, T., Sanhueza, P., Chibueze, J. O., Didelon, P. 2016, “The scaling relations and star formation laws of ministarburst complexes”, *ApJ*, 833, 23
80. da Silva, R., Lemasle, B., Bono, G., Genovali, K., McWilliam, A., Cristallo, S., Bergemann, M., Buonanno, R., Fabrizio, M., Ferraro, I., Francois, P., Iannicola, G., Inno, L., Laney, C. D., Kudritzki, R.-P., Matsunaga, N., Nonino, M., Primas, F., Przybilla, N., Romaniello, M., Thévenin, F., Urbaneja, M. A., 2016, “Neutron-capture elements across the Galactic thin disk using Cepheids”, *A&A*, 586, A125 (15 pp.)
81. Hamano S., Kobayashi, N., Kondo, S., Sameshima, H., Nakanishi, K., Ikeda, Y., Yasui, C., Mizumoto, M., Matsunaga, N., Fukue, K., 2016, “Near Infrared Diffuse Interstellar Bands toward the Cygnus OB2 Association”, *ApJ*, 821, 42
82. Matsunaga, N., Feast, M. W., Bono, G., Kobayashi, N., Inno, L., Nagayama, T., Nishiyama, S., Matsuoka, Y., Nagata, T., 2016 “A lack of classical Cepheids in the inner part of the Galactic disc”, *MNRAS*, 462, 414–420
83. Otsubo, S., Ikeda, Y., Kobayashi, N., Sukegawa, T., Kondo, S., Hamano, S., Sameshima, H., Fukue, K., Yoshikawa, T., Nakanishi, K., Watase, A., Takenaka, K., Asano, A., Yasui, C., Matsunaga, N., Kawakita, H., 2016, “First high-efficiency and high-resolution ( $R=80,000$ ) NIR spectroscopy with high-blazed Echelle grating: WINERED HIRES modes”, *Proceedings of the SPIE*, 9908, id. 990879 (12 pp.)
84. Ikeda, Y., Kobayashi, N., Kondo, S., Otsubo, S., Hamano, S., Sameshima, H., Yoshikawa, T., Fukue, K., Nakanishi, K., Kawanishi, T., Nakaoka, T., Kinoshita, M., Kitano, A., Asano, A., Takenaka, K., Watase, A., Mito, H., Yasui, C., Minami, A., Izumu, N., Yamamoto, R., Mizumoto, M., Arasaki, T., Arai, A., Matsunaga, N., Kawakita, H., 2016, “High sensitivity, wide coverage, and high-resolution NIR non-cryogenic spectrograph, WINERED”, *Proceedings of the SPIE*, 9908, id. 99085Z (14 pp.)
85. Sako, S., Osawa, R., Takahashi, H., Kikuchi, Y., Doi, M., Kobayashi, N., Aoki, T., Arimatsu, K., Ichiki, M., Ikeda, S., Ita, Y., Kasuga, T., Kawakita, H., Kokubo, M., Maehara, H., Matsunaga, N., Mito, H., Mitsuda, K., Miyata, T., Mori, K., Mori, Y., Morii, M., Morokuma, T., Motohara, K., Nakada, Y., Osawa, K., Okumura, S., Onozato, H., Sarugaku, Y., Sato, M., Shigeyama, T., Soyano, T., Tanaka, M., Taniguchi, Y., Tanikawa, A., Tarusawa, K., Tominaga, N., Totani, T., Urakawa, S., Usui, F., Watanabe, J., Yamaguchi, J., Yoshikawa, M., 2016, “Development of a prototype of the Tomo-e Gozen wide-field CMOS camera”, *Proceedings of the SPIE*, 9908, id. 99083P (15 pp.)
86. Bono, G., Braga, V. F., Pietrinferni, A., Magurno, D., Dall’Ora, M., Fiorentino, G., Fukue, K., Inno, L., Marengo, M., Bergemann, M., Buonanno, R., da Silva, R., Fabrizio, M., Ferraro, I., Gilmozzi, R., Iannicola, G., Kausch, W., Kobayashi, N., Kovtyukh, V., Lemasle, B., Marconi, M., Marinoni, S., Marrese, P. M., Martínez-Vázquez, C. E., Matsunaga, N., Monelli, M., Neeley, J., Nonino, M., Proxauf,

- B., Przybilla, N., Romaniello, M., Salaris, M., Sneden, C., Stetson, P. B., Thévenin, F., Tsujimoto, T., Urbaneja, M., Valenti, E., Zoccali, M., 2016, “Classical Cepheids and RR Lyrae stars: similar, but not too much”, *Memorie della Societa Astronomica Italiana*, 87, 358
87. Ohsawa, R., Sako, S., Takahashi, H., Kikuchi, Y., Doi, M., Kobayashi, N., Aoki, T., Arimatsu, K., Ichiki, M., Ikeda, S., Ita, Y., Kasuga, T., Kawakita, H., Kokubo, M., Maehara, H., Matsunaga, N., Mito, H., Mitsuda, K., Miyata, T., Mori, K., Mori, Y., Morii, M., Morokuma, T., Motohara, K., Nakada, Y., Okumura, S., Onozato, H., Osawa, K., Sarugaku, Y., Sato, M., Shigeyama, T., Soyano, T., Tanaka, M., Taniguchi, Y., Tanikawa, A., Tarusawa, K., Tominaga, N., Totani, T., Urakawa, S., Usui, F., Watanabe, J., Yamaguchi, J., Yoshikawa, M., 2016, “Development of a real-time data processing system for a prototype of the Tomo-e Gozen wide field CMOS camera”, *Proceedings of the SPIE*, 9913, id. 991339 (8 pp.)
88. Braga, V. F., Stetson, P. B., Bono, G., Dall’Ora, M., Ferraro, I., Fiorentino, G., Freyhammer, L. M., Iannicola, G., Marengo, M., Neeley, J., Valenti, E., Buonanno, R., Calamida, A., Castellani, M., da Silva, R., Degl’Innocenti, S., Di Cecco, A., Fabrizio, M., Freedman, W. L., Giuffrida, G., Lub, J., Madore, B. F., Marconi, M., Marinoni, S., Matsunaga, N., Monelli, M., Persson, S. E., Piersimoni, A. M., Pietrinferni, A., Prada-Moroni, P., Pulone, L., Stellingwerf, R., Tognelli, E., Walker, A. R., 2016, “On the RR Lyrae Stars in Globulars. IV.  $\omega$  Centauri Optical UBVR Photometry”, *AJ*, 152, id. 170 (34 pp.)
89. Inno, L., Bono, G., Matsunaga, N., Fiorentino, G., Marconi, M., Lemasle, B., da Silva, R., Soszyński, I., Udalski, A., Romaniello, M., Rix, H.-W., 2016, “The Panchromatic View of the Magellanic Clouds from Classical Cepheids. I. Distance, Reddening, and Geometry of the Large Magellanic Cloud Disk”, *ApJ*, 832, id. 716 (20 pp.)
90. Kovtyukh, V., Lemasle, B., Chekhonadskikh, F., Bono, G., Matsunaga, N., Yushchenko, A., Anderson, R. I., Belik, S., da Silva, R., Inno, L., 2016, “The chemical composition of Galactic beat Cepheids”, *MNRAS*, 460, 2077–2086
91. Kamezaki, T., Nakagawa, A., Omodaka, T., Inoue, K., Chibueze, J. O., Nagayama, T., Ueno, Y., Matsunaga, N., 2016, “Annual parallax and a dimming event of a Mira variable star, FV Bootis”, *PASJ*, 68, id. 75 (9 pp.)
92. Dai, Fei; Winn, Joshua N.; Albrecht, Simon; Arriagada, Pamela; Bieryla, Allyson; Butler, R. Paul; Crane, Jeffrey D.; Hirano, Teriyaki; Johnson, John Asher; Kiilerich, Amanda; Latham, David W.; Narita, Norio; Nowak, Grzegorz; Palle, Enric; Ribas, Ignasi; Rogers, Leslie A.; Sanchis-Ojeda, Roberto; Shectman, Stephen A.; Teske, Johanna K.; Thompson, Ian B.; Van Eylen, Vincent; Vanderburg, Andrew; Wittenmyer, Robert A.; Yu, Liang, 2016, “Doppler Monitoring of Five K2 Transiting Planetary Systems”, *ApJ*, **823**, article id. 115, 16 pp.
93. Hirano, Teruyuki; Nowak, Grzegorz; Kuzuhara, Masayuki; Palle, Enric; Dai, Fei; Yu, Liang; Van Eylen, Vincent; Takeda, Yoichi; Brandt, Timothy D.; Narita, Norio; Velasco, Sergio; Prieto Arranz, Jorge; Sanchis-Ojeda, Roberto; Winn, Joshua N.; Kudo, Tomoyuki; Kusakabe, Nobuhiko; Fukui, Akihiko; Sato, Bun’ei; Albrecht, Simon; Ribas, Ignasi; Ryu, Tsuguru; Tamura, Motohide, 2016, “The K2-ESPRINT Project IV. A Hot Jupiter in a Prograde Orbit with a Possible Stellar Companion”, *ApJ*, **825**, article id. 53, 9 pp.

94. Ryu, Tsuguru; Sato, Bun'ei; Kuzuhara, Masayuki; Narita, Norio; Takahashi, Yasuhiro H.; Uyama, Taichi; Kudo, Tomoyuki; Kusakabe, Nobuhiko; Hashimoto, Jun; Omiya, Masashi; Harakawa, Hiroki; Abe, Lyu; Ando, Hiroyasu; Brandner, Wolfgang; Brandt, Timothy D.; Carson, Joseph C.; Currie, Thayne; Egner, Sebastian; Feldt, Markus; Goto, Miwa; Grady, Carol Aminiak, Krzysztof G.; Henning, Thomas; Hodapp, Klaus W.; Ida, Shigeru; Ishii, Miki; Itoh, Yoichi; Iye, Masanori; Izumiura, Hideyuki; Janson, Markus; Kambe, Eiji; Kandori, Ryo; Knapp, Gillian R.; Kokubo, Eiichiro; Kwon, Jungmi; Matsuo, Taro; Mayama, Satoshi; McElwain, Michael W.; Mede, Kyle; Miyama, Shoken; Morino, Jun-Ichi; Moro-Martin, Amaya; Nishimura, Tetsuo; Pyo, Tae-Soo; Serabyn, Eugene; Suenaga, Takuya; Suto, Hiroshi; Suzuki, Ryuji; Takami, Michihiro; Takato, Naruhisa; Takeda, Yoichi; Terada, Hiroshi; Thalmann, Christian; Turner, Edwin L.; Watanabe, Makoto; Wisniewski, John; Yamada, Toru; Yoshida, Michitoshi; Takami, Hideki; Usuda, Tomonori; Tamura, Motohide, 2016, "High-contrast Imaging of Intermediate-mass Giants with Long-term Radial Velocity Trends", *ApJ*, **825**, article id. 127, 13 pp.
95. Van Eylen, Vincent; Albrecht, Simon; Gandolfi, Davide; Dai, Fei; Winn, Joshua N.; Hirano, Teriyuki; Narita, Norio; Bruntt, Hans; Prieto-Arranz, Jorge; Béjar, Víctor J. S.; Nowak, Grzegorz; Lund, Mikkel N.; Palle, Enric; Ribas, Ignasi; Sanchis-Ojeda, Roberto; Yu, Liang; Arriagada, Pamela; Butler, R. Paul; Crane, Jeffrey D.; Handberg, Rasmus; Deeg, Hans; Jessen-Hansen, Jens; Johnson, John A.; Nespral, David; Rogers, Leslie; Ryu, Tsuguru; Shectman, Stephen; Shrotriya, Tushar; Slumstrup, Ditte; Takeda, Yoichi; Teske, Johanna; Thompson, Ian; Vanderburg, Andrew; Wittenmyer, Robert, 2016 "The K2-ESPRINT Project V: A Short-period Giant Planet Orbiting a Subgiant Star", *AJ*, **152**, article id. 143, 11 pp.
96. Helminiak, K. G.; Kuzuhara, M.; Mede, K.; Brandt, T. D.; Kandori, R.; Suenaga, T.; Kusakabe, N.; Narita, N.; Carson, J. C.; Currie, T.; Kudo, T.; Hashimoto, J.; Abe, L.; Akiyama, E.; Brandner, W.; Feldt, M.; Goto, M.; Grady, C. A.; Guyon, O.; Hayano, Y.; Hayashi, M.; Hayashi, S. S.; Henning, T.; Hodapp, K. W.; Ishii, M.; Iye, M.; Janson, M.; Knapp, G. R.; Kwon, J.; Matsuo, T.; McElwain, M. W.; Miyama, S.; Morino, J.-I.; Moro-Martin, A.; Nishimura, T.; Ryu, T.; Pyo, T.-S.; Serabyn, E.; Suto, H.; Suzuki, R.; Takahashi, Y. H.; Takami, M.; Takato, N.; Terada, H.; Thalmann, C.; Turner, E. L.; Watanabe, M.; Wisniewski, J.; Yamada, T.; Takami, H.; Usuda, T.; Tamura, M., 2016, "SEEDS Direct Imaging of the RV-detected Companion to V450 Andromedae, and Characterization of the System", *ApJ*, **832**, article id. 33, 13 pp.
97. Fukui, Akihiko; Livingston, John; Narita, Norio; Hirano, Teruyuki; Onitsuka, Masahiro; Ryu, Tsuguru; Kusakabe, Nobuhiko, 2016, "Ground-based Transit Observation of the Habitable-zone Super-Earth K2-3d", *AJ*, **152**, article id. 171, 12 pp.
98. Pathak, P.; Guyon, O.; Jovanovic, N.; Lozi, J.; Martinache, F.; Minowa, Y.; Kudo, T.; Takami, H.; Hayano, Y.; Narita, N., 2016, "A High-precision Technique to Correct for Residual Atmospheric Dispersion in High-contrast Imaging Systems", *PASP*, **128**, pp. 124404.

#### 出版済 (2017 年)

1. Mosser, B., Belkacem, K., Pincon, C., Takata, M., Vrad, M., Barban, C., Goupil, M.-J., Kallinger, T., Samadi, R. 2016, "Dipole modes with depressed amplitudes in red giants are mixed modes", *A&A*, 598, id.A62, 12 pp.

2. Mosser, B., Pincon, C., Belkacem, K., Takata, M., Vrad, M. 2017, “Period spacings in red giants. III. Coupling factors of mixed modes”, *A&A*, 600, id.A1, 10 pp.
3. Ishihara, D., Takeuchi, N. Kobayashi, H., Nagayama, T., Kaneda, H., Inutsuka, S.-I., Fujiwara, H., and Onaka, T., 2017, “Faint warm debris disks around nearby bright stars explored by AKARI and IRSF,” *A&A*, 601, A72 doi: 10.1051/0004-6361/201526215
4. Ward-Thompson, D., Pattle, K., Bastien, P., Furuya, R.S., Kwon, W., Lai, S.-P., Qiu, K., Berry, D., Choi, M., Coudé, S., Di Francesco, J., Hoang, T., Franzmann, E., Friberg, P., Graves, S.F., Greaves, J.S., Houde, M., Johnstone, D., Kirk, J.M., Koch, P.M., Kwon, J., Lee, C.W., Li, D., Matthews, B.C., Mottram, J.C., Parsons, H., Pon, A., Rao, R., Rawlings, M., Shinnaga, H., Sadavoy, S., van Loo, S., Aso, Y., Byun, D.-Y., Chakali, E., Chen, H.-R., Chen, M.C.-Y., Chen, W.P., Ching, T.-C., Cho, J., Chrysostomou, A., Chung, E.J., Doi, Y., Drabek-Maunder, E., Eyres, S.P.S., Fiege, J., Friesen, R.K., Fuller, G., Gledhill, T., Griffin, M.J., Gu, Q., Hasegawa, T., Hatchell, J., Hayashi, S.S., Holland, W., Inoue, T., Inutsuka, S.-i., Iwasaki, K., Jeong, I.-G., Kang, J.-h., Kang, M., Kang, S.-j., Kawabata, K.S., Kemper, F., Kim, G., Kim, J., Kim, K.-T., Kim, K.H., Kim, M.-R., Kim, S., Lacaille, K.M., Lee, J.-E., Lee, S.-S., Li, D., Li, H.-b., Liu, H.-L., Liu, J., Liu, S.-Y., Liu, T., Lyo, A., Mairs, S., Matsumura, M., Moriarty-Schieven, G.H., Nakamura, F., Nakanishi, H., Ohashi, N., Onaka, T., Peretto, N., Pyo, T.-S., Qian, L., Retter, B., Richer, J., Rigby, A., Robitaille, J.-F., Savini, G., Scaife, A.M.M., Soam, A., Tamura, M., Tang, Y.-W., Tomisaka, K., Wang, H., Wang, J.-W., Whitworth, A.P., Yen, H.-W., Yoo, H., Yuan, J., Zhang, C.-P., Zhang, G., Zhou, J., Zhu, L., André, P., Dowell, C.D., Falle, S., and Tsukamoto, Y., 2017, “First results from BISTRO – a SCUBA-2 polarimeter survey of the Gould Belt,” *ApJ*, 842, 66 (10pp) doi: 10.3847/1538-4357/aa70a0
5. Amatsutsu, T., Ishihara, D., Kondo, T., Kaneda, H., Oyabu, S., Yamagishi, M., Nakamichi, K., Sano, H., and Onaka, T., 2017, “The Current Status of the AKARI Mid-Infrared All-Sky Diffuse Maps,” *PKAS*, 32, 25–27 doi: 10.5303/PKAS.2017.32.1.025
6. Nakamichi, K., Ishihara, D., Kaneda, H., Oyabu, S., Kondo, T., Amatsutsu, T., Sano, H., and Onaka, T., 2017, “A Source Extraction Method for the AKARI Mid-IR Faint Source Catalogue,” *PKAS*, 32, 29–31 doi: 10.5303/PKAS.2017.32.1.029
7. Usui, F., Onaka, T., and the AKARI/IRC team, 2017, “Data Reduction of AKARI/IRC Spectroscopic Observations”, *PKAS*, 32, 41–43 doi: 10.5303/PKAS.2017.32.1.041
8. Kondo, T., Ishihara, D., Kaneda, H., Oyabu, S., Amatsutsu, T., Nakamichi, K., Sano, H., Ootsubo, T., and Onaka, T., 2017, “Modeling of the Zodiacal Light for the AKARI Mid-IR All-Sky Diffuse Maps,” *PKAS*, 32, 59–61 doi: 10.5303/PKAS.2017.32.1.059
9. Ishihara, D., Takeuchi, N., Kondo, T., Kobayashi, H., Kaneda, H., Inutsuka, S., Oyabu, S., Nagayama, T., Fujiwara, H., and Onaka, T., 2017, “Debris Disks and the Zodiacal Light Explored by the AKARI Mid-Infrared All-Sky Survey,” *PKAS*, 32, 67–71 doi: 10.5303/PKAS.2017.32.1.067
10. Takeuchi, N., Ishihara, D., Kaneda, H., Oyabu, S., Kobayashi, H., Nagayama, T., Onaka, T., and Fujiwara, H., 2017, “Search for Debris Disks by AKARI and IRSF,” *PKAS*, 32, 73–75 doi: 10.5303/PKAS.2017.32.1.025
11. Onaka, T., Mori, T. I., Ohsawa, R., Sakon, I., Bell, A.C., Hammonds, M., Shimonishi, T., Ishihara, D., Kaneda, H., Okada, Y., and Tanaka, M., 2017, “Processing of Interstellar Medium as Divulged by AKARI,” *PKAS*, 32, 77–81 doi: 10.5303/PKAS.2017.32.1.077

12. Shimonishi, T., Kato, D., Ita, Y., and Onaka, T., 2017, “AKARI Infrared Camera Survey of the Large Magellanic Cloud,” PKAS, 32, 83–85 doi: 10.5303/PKAS.2017.32.1.083
  13. Ohsawa, R., Onaka, T., Sakon, I., Mori, T. I., Kaneda, H., and Matsuura, M., 2017, “Near-Infrared PAH Features In Galactic Planetary Nebulae,” PKAS, 32, 87–91 doi: 10.5303/PKAS.2017.32.1.087
  14. Hammonds, M., Mori, T. I., Usui, F., and Onaka, T., 2017, “Modelling the 3 Micron Region in Akari IRC Spectra,” PKAS, 32, 93–95 doi: 10.5303/PKAS.2017.32.1.093
  15. Bell, A. C., Onaka, T., Doi, Y., Sakon, I., Usui, F., Sakon, I., Ishihara, D., Kaneda, H., Giard, M., Wu, R., Ohsawa, R., Mori, T. I., Hammonds, M., and Lee, H.-G., 2017, “AKARI and Spinning Dust: Investigating the Nature of Anomalous Microwave Emission via Infrared Surveys,” PKAS, 32, 97–99 doi: 10.5303/PKAS.2017.32.1.097
  16. Sakon, I., Onaka, T., Usui, F., Shimamoto, S., Ohsawa, R., Wada, T., Matsuhara, H., and Arai, A., 2017, “Spectral Evolution of Novae in the Near-Infrared Based on AKARI Observations,” PKAS, 32, 101–103 doi: 10.5303/PKAS.2017.32.1.101
  17. Mori, T. I., Onaka, T., Sakon, I., Ohsawa, R., Kaneda, H., Yamagishi, M., Okada, Y., Tanaka, M., and Shimonishi, T., 2017, “Ice Absorption Features In NIR Spectra of Galactic Objects,” PKAS, 32, 105–107 doi: 10.5303/PKAS.2017.32.1.105
  18. Shimamoto, S., Sakon, I., Onaka, T., Usui, F., Ootsubo, T., Doi, Y., Ohsawa, R., and Ishihara, D., 2017, “Infrared Observations of Dust Around Helium Nova V445 Puppis,” PKAS, 32, 109–111 doi: 10.5303/PKAS.2017.32.1.109
  19. Kaneda, H., Kokusho, T., Yamada, R., Ishihara, D., Oyabu, S., Kondo, T., Yamagishi, M., Yasuda, A., Onaka, T., and Suzuki, T., 2017, “Properties of Dust In Various Environments of Nearby Galaxies,” PKAS, 32, 135–139 doi: 10.5303/PKAS.2017.32.1.135
  20. Yamagishi, M., Kaneda, H., Oyabu, S., Ishihara, D., Onaka, T., Shimonishi, T., and Suzuki, T., 2017, “Study of Co<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O Ice Abundance Ratios in Nearby Galaxies with the AKARINear-Infrared Spectroscopy,” PKAS, 32, 141–145 doi: 10.5303/PKAS.2017.32.1.141
  21. Wada, T., Egami, E., Fujishiro, N., Goto, T., Imanishi, M., Inami, H., Ishihara, D., Kaneda, H., Kohno, K., Koyama, Y., Matsuhara, H., Matsuura, S., Nagao, T., Ohya, Y., Onaka, T., Oyabu, S., Pearson, C., Sakon, I., Takeuchi, T., Tomita, K., Yamada, T., and Yamagishi, M., 2017, “A Cosmological PAH Survey by SPICA,” PKAS, 32, 317–319 doi: 10.5303/PKAS.2017.32.1.317
  22. Nakagawa, T., Shibai, H., Onaka, T., Kaneda, H., Matsuhara, H., Kawakatsu, Y., and Roelfsema, P., 2017, “The Next-Generation Infrared Space Mission SPICA Under the New Framework,” PKAS, 32, 331–335 doi: 10.5303/PKAS.2017.32.1.331
  23. Yamanaka, A., Kaneda, H., Yamagishi, M., Kondo, T., Kokusho, T., Tanaka, K., Hanaoka, M., Nakagawa, T., Kawada, M., Isobe, N., Arai, T., and Onaka, T., 2017, “Development of New Stitching Interferometry for the SPICA Telescope,” PKAS, 32, 363–365 doi: 10.5303/PKAS.2017.32.1.363
  24. Wu, R., 2017, “Physics revealed by broad-range CO ladders and fine-structure lines In M83,” PKAS, 32, 147–149 doi: 10.5303/PKAS.2017.32.1.147
- Kooistra, Robin, Kamp, Inga, Fukagawa, Misato, Menard, Francois, Momose, Munetake, Tsukagoshi, Takashi, Kudo, Tomoyuki, Kusakabe, Nobuhiko, Hashimoto, Jun, Abe, Lyu, Brandner, Wolfgang,

- Brandt, Timothy D., Carson, Joseph C., Egner, Sebastian E., Feldt, Markus, Goto, Miwa, Grady, Carol A., Guyon, Olivier, Hayano, Yutaka, Hayashi, Masahiko, Hayashi, Saeko S., Henning, Thomas, Hodapp, Klaus W., Ishii, Miki, Iye, Masanori, Janson, Markus, Kandori, Ryo, Knapp, Gillian R., Kuzuhara, Masayuki, Kwon, Jungmi, Matsuo, Taro, McElwain, Michael W., Miyama, Shoken, Morino, Jun-Ichi, Moro-Martin, Amaya, Nishimura, Tetsuo, Pyo, Tae-Soo, Serabyn, Eugene, Suenaga, Takuya, Suto, Hiroshi, Suzuki, Ryuji, Takahashi, Yasuhiro H., Takami, Michihiro, Takato, Naruhisa, Terada, Hiroshi, Thalmann, Christian, Tomono, Daigo, Turner, Edwin L., Watanabe, Makoto, Wisniewski, John, Yamada, Toru, Takami, Hideki, Usuda, Tomonori, Tamura, Motohide, Currie, Thayne, Akiyama, Eiji, Mayama, Satoshi, Follette, Katherine B., Nakagawa, Takao, 2017, “Radial decoupling of small and large dust grains in the transitional disk RX J1615.3-3255”, *A&A*, **597**, id.A132, 8 pp.
25. Liu, Hanyu Baobab, Vorobyov, Eduard I., Dong, Ruobing, Dunham, Michael M., Takami, Michihiro, Galvan-Madrid, Roberto, Hashimoto, Jun, Kospal, Agnes, Henning, Thomas, Tamura, Motohide, Rodriguez, Luis F., Hirano, Naomi, Hasegawa, Yasuhiro, Fukagawa, Misato, Carrasco-Gonzalez, Carlos, Tazzari, Marco. 2017, “A concordant scenario to explain FU Orionis from deep centimeter and millimeter interferometric observations”, *A&A*, **602**, id.A19, 10 pp.
26. Yang, Yi, Hashimoto, Jun, Hayashi, Saeko S., Tamura, Motohide, Mayama, Satoshi, Rafikov, Roman, Akiyama, Eiji, Carson, Joseph C., Janson, Markus, Kwon, Jungmi, de Leon, Jerome, Oh, Daehyeon, Takami, Michihiro, Tang, Ya-wen, Kudo, Tomoyuki, Kusakabe, Nobuhiko, Abe, Lyu, Brandner, Wolfgang, Brandt, Timothy D., Egner, Sebastian, Feldt, Markus, Goto, Miwa, Grady, Carol A., Guyon, Olivier, Hayano, Yutaka, Hayashi, Masahiko, Henning, Thomas, Hodapp, Klaus W., Ishii, Miki, Iye, Masanori, Kandori, Ryo, Knapp, Gillian R., Kuzuhara, Masayuki, Matsuo, Taro, McElwain, Michael W., Miyama, Shoken, Morino, Jun-Ichi, Moro-martin, Amaya, Nishimura, Tetsuo, Pyo, Tae-Soo, Serabyn, Eugene, Suenaga, Takuya, Suto, Hiroshi, Suzuki, Ryuji, Takahashi, Yasuhiro H., Takato, Naruhisa, Terada, Hiroshi, Thalmann, Christian, Turner, Edwin L., Watanabe, Makoto, Wisniewski, John, Yamada, Toru, Takami, Hideki, Usuda, Tomonori, 2017, “Near-infrared Imaging Polarimetry of Inner Region of GG Tau A Disk”, *AJ*, **153**, article id. 7, 9 pp.
27. Garcia, E. Victor, Currie, Thayne, Guyon, Olivier, Stassun, Keivan G., Jovanovic, Nemanja, Lozi, Julien, Kudo, Tomoyuki, Doughty, Danielle, Schlieder, Josh, Kwon, J., Uyama, T., Kuzuhara, M., Carson, J. C., Nakagawa, T., Hashimoto, J., Kusakabe, N., Abe, L., Brandner, W., Brandt, T. D., Feldt, M., Goto, M., Grady, C. A., Hayano, Y., Hayashi, M., Hayashi, S. S., Henning, T., Hodapp, K. W., Ishii, M., Iye, M., Janson, M., Kandori, R., Knapp, G. R., Matsuo, T., McElwain, M. W., Miyama, S., Morino, J.-I., Moro-Martin, A., Nishimura, T., Pyo, T.-S., Serabyn, E., Suenaga, T., Suto, H., Suzuki, R., Takahashi, Y. H., Takami, H., Takami, M., Takato, N., Terada, H., Thalmann, C., Turner, E. L., Watanabe, M., Wisniewski, J., Yamada, T., Usuda, T., Tamura, M., 2017, “SCEXAO and GPI Y JHBand Photometry and Integral Field Spectroscopy of the Young Brown Dwarf Companion to HD 1160”, *ApJ*, **834**, article id. 162, 14 pp.
28. Dong, Ruobing, van der Marel, Nienke, Hashimoto, Jun, Chiang, Eugene, Akiyama, Eiji, Liu, Hanyu Baobab, Muto, Takayuki, Knapp, Gillian R., Tsukagoshi, Takashi, Brown, Joanna, Bruderer, Simon, Koyamatsu, Shin, Kudo, Tomoyuki, Ohashi, Nagayoshi, Rich, Evan, Satoshi, Mayama, Takami, Michihiro, Wisniewski, John, Yang, Yi, Zhu, Zhaohuan, Tamura, Motohide, 2017, “The Sizes and Depletions of the Dust and Gas Cavities in the Transitional Disk J160421.7-213028”, *ApJ*, **836**, article id. 201, 15 pp.

29. Currie, Thayne, Guyon, Olivier, Tamura, Motohide, Kudo, Tomoyuki, Jovanovic, Nemanja, Lozi, Julien, Schlieder, Joshua E., Brandt, Timothy D., Kuhn, Jonas, Serabyn, Eugene, Janson, Markus, Carson, Joseph, Groff, Tyler, Kasdin, N. Jeremy, McElwain, Michael W., Singh, Garima, Uyama, Taichi, Kuzuhara, Masayuki, Akiyama, Eiji, Grady, Carol, Hayashi, Saeko, Knapp, Gillian, Kwon, Jung-mi, Oh, Daehyeon, Wisniewski, John, Sitko, Michael, Yang, Yi, 2017, “Subaru/SCEXAO First-light Direct Imaging of a Young Debris Disk around HD 36546”, *ApJ*, **836**, article id. L15, 6 pp.
30. Uyama, Taichi, Hashimoto, Jun, Kuzuhara, Masayuki, Mayama, Satoshi, Akiyama, Eiji, Currie, Thayne, Livingston, John, Kudo, Tomoyuki, Kusakabe, Nobuhiko, Abe, Lyu, Brandner, Wolfgang, Brandt, Timothy D., Carson, Joseph C., Egner, Sebastian, Feldt, Markus, Goto, Miwa, Grady, Carol A., Guyon, Olivier, Hayano, Yutaka, Hayashi, Masahiko, Hayashi, Saeko S., Henning, Thomas, Hodapp, Klaus W., Ishii, Miki, Iye, Masanori, Janson, Markus, Kandori, Ryo, Knapp, Gillian R., Kwon, Jungmi, Matsuo, Taro, McElwain, Michael W., Miyama, Shoken, Morino, Jun-Ichi, Moro-Martin, Amaya, Nishimura, Tetsuo, Pyo, Tae-Soo, Serabyn, Eugene, Suenaga, Takuya, Suto, Hiroshi, Suzuki, Ryuji, Takahashi, Yasuhiro H., Takami, Michihiro, Takato, Naruhisa, Terada, Hiroshi, Thalmann, Christian, Turner, Edwin L., Watanabe, Makoto, Wisniewski, John, Yamada, Toru, Takami, Hideki, Usuda, Tomonori, Tamura, Motohide, 2017, “The SEEDS High-Contrast Imaging Survey of Exoplanets Around Young Stellar Objects”, *AJ*, **153**, article id. 106, 27 pp.
31. Kim, Jaeyeong, Jeong, Woong-Seob, Pyo, Jeonghyun, Pak, Soojong, Park, Won-Kee, Kwon, Jungmi, Tamura, Motohide, 2017, “Near-infrared Polarimetric Study of the N159/N160 Star-forming Complex in the Large Magellanic Cloud”, *AJ*, **153**, article id. 126, 13 pp.
32. Long, Zachary C., Fernandes, Rachel B., Sitko, Michael, Wagner, Kevin, Muto, Takayuki, Hashimoto, Jun, Follette, Katherine, Grady, Carol A., Fukagawa, Misato, Hasegawa, Yasuhiro, Kluska, Jacques, Kraus, Stefan, Mayama, Satoshi, McElwain, Michael W., Oh, Daehyon, Tamura, Motohide, Uyama, Taichi, Wisniewski, John P., Yang, Yi, 2017, “The Shadow Knows: Using Shadows to Investigate the Structure of the Pretransitional Disk of HD 100453”, *ApJ*, **838**, article id. 62, 11 pp.
33. Gaidos, E.; Mann, A. W.; Rizzuto, A.; Nofi, L.; Mace, G.; Vanderburg, A.; Feiden, G.; Narita, N.; Takeda, Y.; Esposito, T. M.; De Rosa, R. J.; Ansdell, M.; Hirano, T.; Graham, J. R.; Kraus, A.; Jaffe, D., 2017, “Zodiacal exoplanets in time (ZEIT) - II. A ‘super-Earth’ orbiting a young K dwarf in the Pleiades Neighbourhood”, *MNRAS*, **464**, p.850-862
34. Smith, A. M. S.; Gandolfi, D.; Barragán, O.; Bowler, B.; Csizmadia, Sz.; Endl, M.; Fridlund, M. C. V.; Grziwa, S.; Guenther, E.; Hatzes, A. P.; Nowak, G.; Albrecht, S.; Alonso, R.; Cabrera, J.; Cochran, W. D.; Deeg, H. J.; Cusano, F.; Eigmuller, Ph.; Erikson, A.; Hidalgo, D.; Hirano, T.; Johnson, M. C.; Korth, J.; Mann, A.; Narita, N.; Nespral, D.; Palle, E.; Patzold, M.; Prieto-Arranz, J.; Rauer, H.; Ribas, I.; Tingley, B.; Wolthoff, V., “K2-99: a subgiant hosting a transiting warm Jupiter in an eccentric orbit and a long-period companion”, *MNRAS*, **464**, p.2708-2716.
35. Narita, Norio; Hirano, Teruyuki; Fukui, Akihiko; Hori, Yasunori; Dai, Fei; Yu, Liang; Livingston, John; Ryu, Tsuguru; Nowak, Grzegorz; Kuzuhara, Masayuki; Sato, Buni; Takeda, Yoichi; Albrecht, Simon; Kudo, Tomoyuki; Kusakabe, Nobuhiko; Palle, Enric; Ribas, Ignasi; Tamura, Motohide; Van Eylen, Vincent; Winn, Joshua N., 2017, “The K2-ESPRINT project. VI. K2-105 b, a hot Neptune around a metal-rich G-dwarf”, *PASJ*, **69**, 29.

36. Onitsuka, Masahiro; Fukui, Akihiko; Narita, Norio; Hirano, Teruyuki; Kusakabe, Nobuhiko; Ryu, Tsuguru; Tamura, Motohide, 2017, “Multi-color simultaneous photometry of the T-Tauri star with planetary candidate, CVSO 30”, PASJ, **69**, L2.
37. Nowak, Grzegorz; Palle, Enric; Gandolfi, Davide; Dai, Fei; Lanza, Antonino F.; Hirano, Teruyuki; Barragán, Oscar; Fukui, Akihiko; Bruntt, Hans; Endl, Michael; Cochran, William D.; Prada Moroni, Pier G.; Prieto-Arranz, Jorge; Kiilerich, Amanda; Nespral, David; Hatzes, Artie P.; Albrecht, Simon; Deeg, Hans; Winn, Joshua N.; Yu, Liang; Kuzuhara, Masayuki; Grziwa, Sascha; Smith, Alexis M. S.; Guenther, Eike W.; Van Eylen, Vincent; Csizmadia, Szilard; Fridlund, Malcolm; Cabrera, Juan; Eigmuller, Philipp; Erikson, Anders; Korth, Judith; Narita, Norio; Pitzold, Martin; Rauer, Heike; Ribas, Ignasi, 2017, “EPIC 219388192b—An Inhabitant of the Brown Dwarf Desert in the Ruprecht 147 Open Cluster”, AJ, **153**, article id. 131, 11 pp.
38. Sudoh, Takahiro; Totani, Tomonori; Makiya, Ryu; Nagashima, Masahiro, “Testing anthropic reasoning for the cosmological constant with a realistic galaxy formation model”, MNRAS, 464, 1563 (2017)
39. Hashimoto, T., Ouchi, M., Shimasaku, K., Schaerer, D., Nakajima, K., Shibuya, T., Ono, Y., Rauch, M., Goto, R. 2017, “Ly $\alpha$  emitters with very large Ly $\alpha$  equivalent widths,  $z_{EW0}(\text{Ly}\alpha) \sim 200 - 400 \text{ \AA}$ , at  $z \sim 2$ ”, MNRAS, 465, 1543-1562.
40. Hamidani, H., Takahashi, K., Umeda, H., and Okita, S., 2017, “Ideal engine durations for gamma-ray-burst-jet launch”, MNRAS 469, 2361–2379
41. Takahashi, K., Yoshida, T., Umeda, H., Sumiyoshi, K., and Yamada, S., 2017, “Systematic calculation of PISN explosion and nucleosynthesis”, JPS Conf. Proc. 14, 020205 (3pp.)
42. Yoshida, T. Suwa, Y., Umeda, H., Shibata, M., and Takahashi, K., 2017, “Explosive nucleosynthesis of ultra-stripped Type Ic supernovae”, JPS Conf. Proc. 14, 020501 (3pp.)
43. Urushibatai, T., Takahashi, K., Umeda, H., and Yoshida, T., 2017, “A progenitor model of SN 1987A; Spiral-in merger including rotational effects”, JPS Conf. Proc. 14, 020609 (3pp.)
44. Hamidani, H., Umeda, H., and Takahashi, K., 2017, “Failed Collapsar Jets to Explain Low Luminosity GRB Property”, JPS Conf. Proc. 14, 020613 (3pp.)
45. Fujii, M. S., Portegies Zwart, S. 2017, “Formation of young massive clusters from turbulent molecular clouds”, Formation, evolution, and survival of massive star clusters, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium, Volume 316, pp. 25-30
46. Hirai, Y., Ishimaru, Y., Saitoh, T. R., Fujii, M. S., Hidaka, J., Kajino, T., 2017, “Early chemodynamical evolution of dwarf galaxies deduced from enrichment of r-process elements”, MNRAS, 466, 2474
47. Bono, G., Braga, V. F., Ferraro, I., Fiorentino, G., Gilmozzi, R., Iannicola, G., Magurno, D., Matsumaga, N., Monelli, M., Rastello, S., 2017, “Massive stellar systems: observational challenges and perspectives in the E-ELT era”, IAUS, 316, 36–43

## 印刷中

1. Ishihara, D., Kondo, T., Kaneda, H., Suzuki, T., Nakamichi, K., Takaba, S., Kobayashi, H., Masuda, S., Ootsubo, T., Pyo, J., and Onaka, T., 2017, “A likely detection of a local interplanetary dust cloud passing near the Earth in the AKARI mid-infrared all-sky map,” *A&A*, in press
2. Okamoto, Y. K., Kataza, H., Honda, M., Yamashita, T., Fujiyoshi, T., Miyata, T., Sako, S., Fujiwara, F., Sakon, I., Fukagawa, M., Momose, M., and Onaka, T., 2017, “A circumstellar disk around HD 169142 in the mid-infrared (N-band),” *AJ* in press
3. Yoshida, T. Takahashi, K., Umeda, H., and Ishidoshiro, K., 2017, “Observations of presupernova neutrinos relating to the final evolution of massive stars,” *J. Phys: Conf. Ser.*, in press (3pp.)
4. Matsunaga, N., 2017, “Time-Series Surveys and Pulsating Stars: The Near-Infrared Perspective”, *EPJ Web of Conferences “22nd Los Alamos Stellar Pulsation Conference Series Meeting”*, in press (arXiv:1705.02547)
5. Matsunaga, N. on behalf of KISOGP team, 2017, “Variable stars in the northern Galactic plane from KISOGP”, *EPJ Web of Conferences “22nd Los Alamos Stellar Pulsation Conference Series Meeting”*, in press
6. Tanioka, S., Matsunaga, N., Fukue, K., Inno, L., Bono, G., Kobayashi, N., 2017, “New classical Cepheids in the inner part of the northern Galactic disk and their kinematics”, *ApJ*, in press (arXiv:1705.02571)
7. Matsunaga, N., Menzies, J. W., Feast, M. W., Whitelock, P. A., Onozato, H., Barway, S., Aydi, E., 2017, “Discovery of carbon-rich Miras in the Galactic bulge”, *MNRAS*, in press (arXiv:1705.05485)

## 1.6.2 和文論文および解説記事

1. 柴橋博資：道草の楽しみ，東京大学理学系研究科・理学部ニュース 第 48 巻 1 号（2016 年 5 月号），3
2. 「理科年表」2016，柴橋博資，田村元秀（天文部，分担執筆），松永 典之（暦部，分担執筆），丸善.
3. 「系外惑星の事典」2016，朝倉書店，井田 茂，田村 元秀 他（編集），高田 将郎（分担執筆）
4. 田村元秀 “SEEDS の 5 年間”，天文月報 2016 年 4 月
5. 田村元秀 “系外惑星の観測とアストロバイオロジー”，*Biophilia*（ビオフィリア），2016 年 10 月
6. 田村元秀 “パール・レッド・ドット”，遊星人，2016 年 12 月
7. 田村元秀 “アストロバイオロジー最前線 宇宙に生命を探す”，月刊星ナビ，2017 年 1 月
8. 成田憲保 “系外惑星研究の進展とこれからの展望”，*パリティ*，2017 年 1 月号
9. 左近 樹，尾中 敬，木村勇氣，木村誠二，中村正人，市村淳，稲富裕光，小川奈々子，大河内直彦，藪田ひかる，和田節子 2016，“QCC プロジェクト進捗報告～曝露実験試料の現状”，*JSASS-2016*，印刷中 (4pp.)

## 1.6.3 著書，訳書，編書

1. 「系外惑星の辞典」，井田茂・田村元秀・生駒大洋・関根康人 編著，朝倉書店

## 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 2016 年秋季年会, 愛媛大学 (2016/9/14/–9/16)

1. Aaron Bell, Takashi Onaka, Ronin Wu, et al.: An All-sky Look at the AME: Comparing the new AKARI/IRC Maps With IRAS and Planck Data, Q18a
2. 左近 樹, 尾中 敬, 他: 国際宇宙ステーション「きぼう」利用 簡易曝露実験装置 ExHAM を利用した炭素質ダストの宇宙環境曝露実験 (2), Q19a
3. 木村 智幸, 尾中 敬, 左近 樹, 他: AKARI を用いた YSO candidates の氷吸収の観測・解析, P127a
4. 古屋玲, 麻生有佑, 犬塚修一郎, 井上剛志, 岩崎一成, 大橋永芳, 尾中敬, 川端弘治, 権静美, 新永浩子, 田村元秀, 塚本祐介, 土井靖生, 富阪幸治, 中西裕之, 中村文隆, 林左絵子, 表泰秀, 松村雅文, Derek Ward-Thompson, BISTRO Consortium: 動き始めた BISTRO : JCMT 搭載サブミリ波偏波計 POL-2 を用いた星形成領域の網羅的観測の現状.
5. 鷗山太智, 橋本淳, 谷川享行, 田村元秀, 石塚将斗, Timothy D. Brandt: 質量降着を利用した非常に若い惑星の直接撮像探査.
6. 大宮正士, 佐藤文衛, 平野照幸, 葛原昌幸, 小谷隆行, 青木和光, 中島紀, 福井暁彦, 原川紘季, 成田憲保, 田村元秀, 比田井昌英, 西山正吾, IRD チーム: すばる IRD による M 型矮星周りの地球型惑星探索 III: 事前観測.
7. 平野照幸, 佐藤文衛, 福井暁彦, 竹田洋一, 工藤智幸, 鬼塚昌宏, 笠嗣瑠, 成田憲保, 葛原昌幸, 日下部展彦, 田村元秀, Enric Palle, Josh Winn, Ignasi Ribas, Simon Albrecht: K2-ESRPINT プロジェクトによるトランジット系外惑星探査: 特徴的な惑星系の報告と将来展望.
8. 石塚将斗, 小谷隆行, 西川淳, 田村元秀, 森貴宏, 小久保宰, 黒川隆志: IRD のためのモードスクランブラー試験.
9. 黒田真之佑, 村上尚史, 小谷隆行, 河原創, 山本広大, 松尾太郎, 馬場直志, 田村元秀: 京大岡山 3.8m 望遠鏡搭載に向けた高コントラスト装置 SPLINE の開発.
10. 赤岩夏海, 村上尚史, 西川淳, 田村元秀, 小室佑介, 馬場直志: 瞳再配置型光学系による位相マスクコロナグラフの実証実験 2.
11. 小室佑介, 村上尚史, 西川淳, 赤岩夏海, 馬場直志, 田村元秀: 広帯域コロナグラフ観測を目指した 3 層 8 分割位相マスクの特性評価.
12. 村上尚史, 田村元秀, 西川淳, Wesley A. Traub, Hong Tang, John T. Trauger, 住貴宏, 山田亨, WFIRST ワーキンググループ: WFIRST コロナグラフのための偏光補正デバイスの開発.
13. 成田憲保, 他: MuSCAT によるトランジット惑星観測: 運用 2 年目の観測成果と今後の展望, P240a
14. 川俣良太, 石垣真史, 嶋作一大, 大栗真宗, 大内正己 (東京大学): 重力レンズを利用した  $z \gtrsim 6$  の銀河のサイズ測定と得られる物理的描像, X16a
15. 日下部晴香, 嶋作一大: cosmic noon の小質量銀河の星形成活動とその性質, X32b

16. 梅田 秀之: 重力波源となるブラックホールのスピン進化と BZ 機構, Z229a
17. 吉田 敬, 高橋 亘, 梅田 秀之, 石徹白 晃治: Gd を入れた Super-Kamokande と Hyper-Kamiokande による超新星前兆ニュートリノの観測, K10a
18. 高橋 亘, 梅田 秀之, 吉田敬: スピンパラメータによる BH 連星形成シナリオの制限, Z204a
19. 漆畑 貴樹, 高橋 亘, 梅田 秀之, 吉田 敬: 恒星合体を基礎にした SN1987A の親星モデル; コアのヘリウム層と伴星の相互作用, N07a

### 1.7.2 日本天文学会 2017 年春季大会, 九州大学 (2017/3/15–3/18)

1. 高田 将郎: 赤色巨星の混合振動モードの再定式化と抑圧された双極子モード問題の考察, N26a
2. 左近 樹, 尾中 敬, 他: 国際宇宙ステーション「きぼう」利用 簡易曝露実験装置 ExHAM を利用した炭素質ダストの宇宙曝露実験 (3), Q06a
3. 木村 智幸, 左近 樹, 尾中 敬: 大質量星形成領域 S106 の未同定赤外 (UIR) バンドの観測, Q07a
4. Aaron Bell, Takashi Onaka, et al.: Looking at PAH Distribution and Anomalous Microwave Emission of the Lambda Orionis Region with AKARI, Q08a
5. 池内 綾人, 左近 樹, 尾中 敬, 他: 近赤外から遠赤外線広帯域観測に基づくヒクソン・コンパクト群構成銀河の活動度の調査, R13a
6. 尾中 敬, 左近 樹, 木村 智幸, 他: AKARI による星生成領域近赤外線氷吸収バンドの観測, P101a
7. Jin Zhang, Takashi Onaka, Itsuki Sakon, et al.: Analyses of the AKARI Phase 3 Prism Slitless Spectroscopic Data of the Large Magellanic Cloud, P102a
8. 左近 樹, 他: Mission Concept Studies for the 2020 Decadal Survey ; Origins Space Telescope, V227b
9. 馬場はるか, 田村元秀, 葛原昌幸, Herve Bouy: すばる望遠鏡広視野撮像カメラ HSC を用いたおうし座星形成領域における低質量天体探査.
10. 伊藤綾香, 田村元秀, 日下部展彦, 中島康, 岡村定矩: トラペジウムクラスターの赤外線長期撮像観測-2.
11. Z. Long, R. Fernandes, M. Sitko, K. Wagner, 武藤恭之, 橋本淳, K. Follette, C. Grady, 深川美里, 長谷川靖紘, 眞山聡, M. McElwain, D. Oh, 田村元秀, 鷗山太智, J. Wisniewski, Y. Yang: 遷移円盤天体 HD 100453 周囲の円盤の高解像度撮像観測から示唆される傾いた内側円盤の存在
12. 塚越崇, 百瀬宗武, 齋藤正雄, 川邊良平, 工藤智幸, 大橋永芳, 橋本淳, 北村良実, 田村元秀, S. Andrews, D. Wilner: ALMA 望遠鏡を用いた Sz 91 を取り巻く遷移段階円盤の詳細構造の解明.
13. 平野照幸, 佐藤文衛, 小谷隆行, 葛原昌幸, 大宮正士, 原川紘季, 福井暁彦, 成田憲保, 田村元秀, 黒川隆志, 西川淳, すばる/IRD チーム: すばる IRD の視線速度解析パイプラインと現実的な視線速度精度.
14. 成田憲保, 福井暁彦, 日下部展彦, 鬼塚昌宏, 笠嗣瑠, 平野照幸, 田村元秀, MuSCAT/MuSCAT2 チーム, ESPRINT チーム: MuSCAT によるトランジット惑星観測: 運用 2 年目の観測成果と今後の展望.
15. 鬼塚昌宏, 福井暁彦, 成田憲保, 平野照幸, 日下部展彦, 笠嗣瑠, 田村元秀: 多色同時測光による CVSO 30 のトランジット状減光の原因特定.

16. 笠嗣瑠, 川島由依, 福井暁彦, 成田憲保, 鬼塚昌宏, 生駒大洋, 田村元秀: Ks-band での WASP-12b のトランジット観測.
17. 小谷隆行, 周藤浩士, 西川淳, 上田暁俊, 大宮正士, 神戸栄治, 森野潤一, 寺田宏, 小久保英一郎, 鈴木竜二, 工藤智幸, 日下部展彦, 原川紘季, 林正彦, 福井暁彦, 小西美穂子, Oliver Guyon, 田村元秀, 成田憲保, 青木和光, 白田知史, 高遠徳尚, 早野裕, 高見英樹, 泉浦秀行, 堀安範, 橋本淳, 葛原昌幸, 馬場はるか, 細川晃, 石川裕之, 黒川隆志, 森貴宏, 小久保宰, 田中洋介, 柏木謙, 池田優二, 佐藤文衛, 玄田英典, 平野照幸, 藤井友香, 生駒大洋, 河原創, 石塚将斗, 町田正博, 松尾太郎, 長田哲也, 荻原正博, 比田井昌英, 西山正吾, 権静美, 呉大鉉, Don Hall, Klaus Hodapp, Shane Jacobson, IRD チーム: 地球型惑星検出のためのすばる赤外線ドップラー分光器: 12.
18. 葛原昌幸, 橋本淳, 日下部展彦, 大宮正士, 小西美穂子, 平野照幸, 小谷隆行, 西川淳, 黒川隆志, 小久保宰, 森貴宏, 田中洋介, 田村元秀, 石塚将斗, 上田暁俊, 細川晃, 工藤智幸, Jacobson Shane, Hodapp Klaus, IRD 装置チーム: 赤外線視線速度測定装置 IRD の性能検証: 検出器と視線速度安定性の評価.
19. 小久保宰 森貴宏, 黒川隆志, 田中洋介, 小谷隆行, 西川淳, 周藤浩士, 田村元秀: 近赤外ドップラー装置の偏光特性と偏波解消器の開発.
20. 山崎 翔太郎, 戸谷 友則, 他: 連星中性子星合体シミュレーションによる高速電波バーストのプロープ, W207a
21. 須藤 貴弘, 戸谷 友則, 真喜屋 龍, 長島 雅浩: 宇宙定数問題は人間原理で説明できるか?—銀河形成モデルによる検証, U04a
22. 川俣良太, 石垣真史, 嶋作一大, 大栗真宗, 大内正己 (東京大学): Completeness を補正した  $z \sim 6-7$  のサイズ-光度関係と光度関数への影響, X27b
23. 岡村拓, 嶋作一大, 川俣良太: Angular momentum evolution of disk galaxies at high redshift, X33a
24. 吉田 敬, 諏訪 雄大, 梅田 秀之, 柴田 大, 高橋 亘: ultra-stripped 超新星における爆発的要素合成, K09a

### 1.7.3 国際研究会

1. Shibahashi, H.: “The Blazhko RR Lyrae variables and phase modulation in binary systems”, in ‘Understanding the roles of rotation, pulsation and chemical peculiarities in the upper main sequence’, 11-16 September 2016, Lake District (UK)
2. Shibahashi, H.: “Finding invisible objects around early-type main-sequence stars from phase modulation of their pulsations ’, in ‘Chile-Japan Academic Forum 2016, Workshop 01 Astronomy’, 7-10 November 2016, Puerto Natales (Chile)
3. Shibahashi, H., Murphy, S. J., & Bedding, T. R.: “Finding binaries from phase modulation of pulsating stars with Kepler”, in ‘22nd Los Alamos Stellar Pulsation Conference Series Meeting’, Nov. 28 – Dec. 2, 2016, San Pedro de Atacama (Chile)
4. Shibahashi, H.: “The Blazhko RR Lyrae variables and phase modulation in binary systems”, in ‘22nd Los Alamos Stellar Pulsation Conference Series Meeting’, Nov. 28 ? Dec. 2, 2016, San Pedro de Atacama (Chile)

5. Calcaferro, L. M., Córscico, A. H., Camisassa, M. E., Althaus, L. G., & Shibahashi, H.: “Pulsational instability of high-luminosity H-rich pre-white dwarf stars”, in ‘22nd Los Alamos Stellar Pulsation Conference Series Meeting’, Nov. 28 ? Dec. 2, 2016, San Pedro de Atacama (Chile)
6. Takata, M.: “Physical formulation of the eigenfrequency condition of mixed modes of stellar oscillations”, in *Seismology of the Sun and the Distant Stars 2016*, Joint TASC2 & KASC9 Workshop – SPACEINN & HELAS8 Conference, Terceira-Acores, Portugal, 2016/07/11–15
7. Takata, M.: “Inference for the internal rotation profile of stars based on dipolar modes of oscillations”, in *Understanding the roles of rotation, pulsation and chemical peculiarities in the upper main sequence*, Lake District, UK, 2016/09/11–16
8. Shimonishi, T., Onaka, T., Kawamura, A., and Aikawa, Y. “ALMA Observations of a Hot Molecular Core in the Large Magellanic Cloud,” oral presentation, *Molecular Gas in Galactic Environments*, Charlottesville, U.S.A., 2016/4/4–7.
9. Shimonishi, T., Dartois, E., Onaka, T., and Boulanger, F. “Observations of water and methanol ices in the Large Magellanic Cloud,” oral presentation, *Water in the Universe: from Clouds to Oceans*, ESTEC, Noordwijk, The Netherlands, 2016/4/12-15
10. Onaka, T., “Science discussion updates in Japan,” oral presentation, *Safari Consortium Meeting*, Groningen, The Netherlands, 2016/4/12-15
11. Onaka, T., “AKARI mid-infrared all-sky survey: A New PAH emission map,” oral presentation *AME workshop 2016*, ESTEC, Noordwijk, The Netherlands, 2016/6/22-23
12. Bell, A. C., “AME and the AKARI All-sky Maps,” oral presentation, *AME workshop 2016*, ESTEC, Noordwijk, The Netherlands, 2016/6/22-23
13. Doney, K., Candian, A., Mori, T., Onaka, T., and Tielens, A. G. G. M. “The Infrared Detection of Deuterated PAHs in HII Regions,” poster presentation, *71st International Symposium on Molecular Spectroscopy*, Illinois, U.S.A., 2016/6/20-24
14. Kamizuka, T., Miyata, T., Sako, S., Ohsawa, R., Okada, K., Uchiyama, M. S., Mori, K., Yamaguchi, J., Asano, K., Uchiyama, M., Sakon, I., Onaka, T., Kataza, H., Hasegawa, S., Usui, F., Takato, Na., Aoki, Ts., Doi, M., Kato, N. M., Kitagawa, Y., Kobayakawa, Y., Kohno, K., Konishi, M., Minezaki, T., Morokuma, T., Motohara, K., Ohashi, Hi., Soyano, T., Takahashi, H., Tamura, Y., Tanabé, T., and Tanaka, M., “Development status of the mid-infrared two-field camera and spectrograph MIMIZUKU for the TAO 6.5-m Telescope,” poster presentation, *SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation*, 9908, Edinburg, U.K., 2016/6/26–7/1
15. Sakon, I., Kaneda, H., Oyabu, S., Ishihara, D., Wada, T., Fujishiro, N., “Sensitivity estimates for the SPICA mid-infrared instrument (SMI),” poster presentation, *SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation*, 9904, Edinburg, U.K., 2016/6/26–7/1
16. Sakon, I., Ikeda, Y., Nakagawa, H., Tokoro, M., Honda, M., Okamoto, Y. K., Kataza, H., Onaka, T., Chun, M. R., Richter, M. J., and Packham, C., “A trial production of a large format image slicer unit for a possible future mid-infrared instrument on the TMT,” poster presentation, *SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation*, 9912, Edinburg, U.K., 2016/6/26–7/1

17. Kimura, T., Onaka, T., Sakon, I., and Shimonishi, T. “Analysis of ice absorption features towards YSOs candidates using AKARI,” oral presentation, The 9th meeting on Cosmic Dust, Sendai, Japan, 2016/8/15-19
18. Wu, R., Onaka, T., Nakamura, T., Galliano, F., Le Petit, F., Bron, E., Usui, F., Sakon, I., Mori, T., Ishihara, D., and Okada, Y., “The origin of the broad  $22\ \mu\text{m}$  dust feature and its association with the molecular gas: a study of the PDR in the Great Nebula in Carina,” oral presentation, The 9th meeting on Cosmic Dust, Sendai, Japan, 2016/8/15-19
19. Shimonishi, T., Onaka, T., Kawamura, A., and Aikawa, Y., “Observations of a hot molecular core in a nearby low metallicity galaxy,” oral presentation, The 9th meeting on Cosmic Dust, Sendai, Japan, 2016/8/15-19
20. Bell, A. C., Onaka, T., Wu, R., Galliano, F., Ishihara, D., Kaneda, H., Doi, Y., Ootsubo, T., and Giard, M., “A look at Galactic dust emission via the AKARI all-sky surveys and the Planck anomalous microwave emission map,” oral presentation, The 9th meeting on Cosmic Dust, Sendai, Japan, 2016/8/15-19
21. Onaka, T., Mori, T., and Sakon, I., “Deuterated organic dust in space,” oral presentation, The 9th meeting on Cosmic Dust, Sendai, Japan, 2016/8/15-19
22. Ikeuchi, A., Sakon, I., Wu, R., Onaka, T., Usui, F., and Galliano, F., “Understanding the evolution of galaxies in HCG92 (Stephan’s Quintet) based on AKARI, Spitzer, and Herschel observations,” poster presentation, The 9th meeting on Cosmic Dust, Sendai, Japan, 2016/8/15-19
23. Kimura, T., Onaka, T., Sakon, I., & Shimonishi, T. “Analysis of Ice absorption features toward YSOs candidates using AKARI,” poster presentation, Workshop on Interstellar Matter 2016, 2016/10/19 – 21
24. Onaka, T., “AKARI results on PAH emission,” invited talk, The Past and Future of AstroPAH Research, Noordwijk, The Netherlands, 2016/10/30 – 11/4
25. Bell, Aaron, C., “Science Opportunities with the AKARI Mid and Far Infrared All-Sky Maps,” oral presentation, Chile-Japan Academic Forum 2016 2016/11/7 – 10
26. Onaka, T., “Dust in galaxies,” invited talk, workshop University of Tokyo/ENS, Paris, France, 2016/10/16 – 18
27. Wu, R., Onaka, T., Galliano, F., Usui, F., Mori, T., Sakon, I., Bell, A. C. and Ikeuchi, A., “Evolution of molecular gas and PAHs in interstellar regions: A study with Spitzer, Herschel, AKARI, and Planck, in the nearby universe,” oral presentation, Star Formation and Nearby Galaxies with JWST, Pasadena, U.S.A., 2017/18–20
28. Onaka, T., Nakamura, T., Sakon, I., Ohsawa, R., Wu, R., and Kaneda, H. “AKARI observations of mergers: PAH emission as a star-formation probe in tidal tails of galaxies,” poster presentation, Star Formation and Nearby Galaxies with JWST, Pasadena, U.S.A., 2017/18–20
29. Onaka, T. “SPICA SPFE updates and Star-formation updates,” oral presentation, SAFARI consortium meeting March 2017, Heidelberg, Germany 2017/3/1–3

30. Currie, Thayne M., Guyon, Olivier, Jovanovic, Nemanja, Lozi, Julien, Tamura, Motohide, Kudo, Tomoyuki, Uyama, Taichi, Garcia, Eugenio: “SEEDS: Direct Imaging of Exoplanets and Their Forming Disks with the Subaru Telescope (invited)” in AAS Meeting #229, id.303.04, 2017/01.
31. Norio Narita: “Introduction of Subaru IRD and Okayama MuSCAT”, in TESS Science Team Meeting, MIT, Cambridge, Massachusetts, USA 2016/05/19
32. Norio Narita: “MuSCAT and MuSCAT2 / Subaru IRD”, in TESS Science Team Meeting TFOP splinter session, MIT, Cambridge, Massachusetts, USA 2016/12/09
33. Norio Narita: “Subaru-TESS Synergy”, in Subaru Users’ Meeting FY2016, NAOJ, Mitaka, Japan, 2017/01/12
34. Norio Narita: “TRAPPIST-1 and Future Surveys of Habitable Transiting Earth-like Planets”, in AstroBiology Center, NINS International Workshop 2017, Hiroshima University, Hiroshima, Japan, 2017/03/23
35. Norio Narita, MuSCAT team: “MuSCAT and MuSCAT2 for Detection and Characterization of Transiting Exoplanets”, in Formation and Dynamical Evolution of Exoplanets, Aspen, Colorado, USA, 2017/03/27
36. Totani, T. “An Introduction of Department of Astronomy, the University of Tokyo”, Chile-Japan Academic Forum, Workshop 01: Astronomy and Related Technologies, Punta Arenas, Chile 2016/11/7–11
37. Yamasaki, S., Totani, T., & Kawanaka, N.: “A Blind Search for Prompt Gamma-ray Counterparts of Fast Radio Bursts,” 14th International Symposium on Nuclei in the Cosmos XIV, 新潟朱鷺メッセ, 2016/06/19–24
38. Yamasaki, S., Totani, T., Kiuchi, K., & Shibata, M.: “Probing the Origin of Fast Radio Bursts by Simulations of Binary Neutron Star Mergers,” Fast Radio Bursts: New Probes of Fundamental Physics and Cosmology, Aspen, 2017/02/11–18
39. Kawanaka, N.: “Astrophysical Electron-Positron Factories and their Spectral Features”, MACROS 2016, Pennsylvania State University, USA, 2016/6/20-22
40. Kawanaka, N.: “Prospects for the Discovery of Black Hole Binaries without Mass Accretion with Gaia”, IAU Symposium 324 ‘New Frontiers in Black Hole Astrophysics’, Cankarjev dom., Ljubljana, Slovenia, 2016/9/12-16
41. Kawamata, R: “The sizes of  $z \sim 6 - 9$  lensed galaxies from the Hubble Frontier Fields”: Chile-Japan Academic Forum at Patagonia 2016, Puerto Natales, Chile, 2016/11/07–10
42. Kawamata, R: “Size-luminosity relations at  $z = 6 - 9$  from HFF data and their implications for the fraction of undetected galaxies”: The 6th Subaru International Conference, Hiroshima, Japan, 2016/11/28–12/02
43. Kusakabe, H.: “Dark matter halo and stellar properties of extremely low-mass galaxies at  $z \sim 2$ ”: The 6th Subaru International Conference, International Conference Center Hiroshima, Hiroshima, Japan, 2016/11/28–12/02
44. Kusakabe, H: “Mass Assembly Efficiency of LAEs at  $z \sim 2$ : Stellar & Halo Properties”, SnowCLAW, Salt Lake City, U.S.A., 2017/03/19–24

45. Umeda, H., 2016, “Recent progress in supernova progenitor theories”, Revealing the history of the universe with underground particle and nuclear research 2016, Tokyo, Japan, 2016/5/11–13
46. Yoshida, T., Takahashi, K., Umeda, H., and Ishidoshiro, K., 2016, “Final evolution of massive stars observed by pre-supernova neutrinos”, Revealing the history of the universe with underground particle and nuclear research 2016, Tokyo, Japan, 2016/5/11–13
47. Yoshida, T., Suwa, Y., Umeda, H., Shibata, M., and Takahashi, K., 2016, “Explosive nucleosynthesis of ultra-stripped Type Ic supernovae”, Nuclei in the Cosmos XIV, Niigata, Japan, 2016/6/19–24
48. Takahashi, K., Yoshida, T., Umeda, H., Sumiyoshi, K., and Yamada, S., 2016, “Systematic calculation of PISN explosion and nucleosynthesis”, Nuclei in the Cosmos XIV, Niigata, Japan, 2016/6/19–24
49. Urushibata, T., Takahashi, K., Umeda, H., and Yoshida, T., 2016, “A Progenitor Model of SN 1987A; Spiral-in Merger Including Rotational Effects”, Nuclei in the Cosmos XIV, Niigata, Japan, 2016/6/19–24
50. Hamidani, H., Umeda, H., and Takahashi, K., 2016, “Failed Collapsar Jets to Explain Low Luminosity GRB Properties”, Nuclei in the Cosmos XIV, Niigata, Japan, 2016/6/19–24
51. Takahashi, K. “How very massive stars evolve?”, Many Riddles About CCSNe, Mitaka, Tokyo, Japan, 2016/06/27-07/01
52. Yoshida, T., Takahashi, K., Umeda, H., and Ishidoshiro, K., 2016, “Neutrino events from presupernova stars”, Many Riddles About Core-Collapse Supernovae: 1 Bethe and Beyond, Mitaka, Tokyo, Japan, 2016/6/27–7/1
53. Yoshida, T., Takahashi, K., Umeda, H., and Ishidoshiro, K., 2016, “Observations of presupernova neutrinos relating to the final evolution of massive stars”, Neutrino 2016, London, G.B., 2016/7/4–9
54. Yoshida, T., Umeda, H., Maeda, K., and Ishii T., 2016, “Luminous transients by mass ejection from very massive stars through pulsational pair-instability”, The Supernovae through the Ages Conference, Hangaroa, Chile, 2016/8/8–13
55. Yoshida, T., Suwa, Y., Umeda, H., Shibata, M., and Takahashi, K., 2016, “Explosive nucleosynthesis of ultra-stripped Type Ic supernovae”, NPCSM 2016, 2016/10/17–11/18
56. Matsunaga, N.: “Galactic Structure Based on Cepheids (Invited)”, ISSI-BJ Workshop on Astronomical Distance Determination in the Space Age, International Space Science Institute (China), 2016/5/23–27
57. Matsunaga, N.: “Miras Found in KWFC Intensive Survey of the Galactic Plane”, Cool Stars 19, 2016/6/6–10, Uppsala, Sweden
58. Matsunaga, N.: “Chemical and kinematic structure of the inner part of the Milky Way”, ULTIMATE-Subaru Seicne Workshop 2016, National Astronomical Observatory of Japan (Japan), 2016/6/16–17
59. Matsunaga, N.: “WINERED: atomic lines in late-type stars”, Workshop on near-IR high-resolution spectroscopy, The University of Tokyo (Japan), 2016/10/5–6
60. Matsunaga, N.: “Variable stars in the northern Galactic plane from KISO GP (Poster)”, 22nd Los Alamos Stellar Pulsation Conference Series meeting “wide-field variability surveys: a 21st-century perspective”, San Pedro de Atacama, Chile, 2016/11/28–12/2

61. Matsunaga, N.: “Time-Series Surveys and Pulsating Stars: The Near-Infrared Perspective (Invited Review)”, 22nd Los Alamos Stellar Pulsation Conference Series meeting “wide-field variability surveys: a 21st-century perspective”, 2016/11/28–12/2, San Pederro de Atacama, Chile
62. Matsunaga, N.: “Impact of the extinction law on the distribution of variable stars in the Milky Way”, Workshop on Studies on variable stars and extinction law in the Milky Way and nearby galaxies, The University of Tokyo, Japan, 2017/3/27-3/28
63. Jian, M.: “Line Depth Ratios in APOGEE H Band Spectra: the Metallicity Effect”, Workshop on Studies on variable stars and extinction law in the Milky Way and nearby galaxies, The University of Tokyo, Japan, 2017/3/27-3/28

#### 1.7.4 国内研究会

1. 尾中 敬: “AKARI による氷の観測,” 新学術領域「宇宙分子進化」全体集会北海道大学 低温科学研究所 2016/7/11-12
2. 左近 樹 “ダスト研究の温故知新,” 「赤外天文学温故知新」京都大学理学部宇宙物理学教室 2016/7/16-17
3. 左近 樹 “MICHI/IFU,” 面分光研究会 2016 – 面分光で解き明かす銀河の形成と進化国立天文台 2016/9/5
4. 左近 樹 “国際宇宙ステーションきぼう実験棟簡易曝露実験装置を用いたダストの宇宙環境曝露実験,” プレソーラー粒子から探る星間ダストの進化と太陽系の起源国立天文台 2016/9/5
5. 左近 樹 “QCC プロジェクト進捗報告～曝露実験試料の現状,” 第 60 回 宇宙科学技術連合講演会函館アリーナ, 函館 2016/10/6-9
6. 尾中 敬: “AKARI near-infrared spectroscopy of interstellar ices in Galactic star-forming regions,” 第 33 回 Grain Formation Workshop 志賀島, 福岡 2016/12/12-14
7. 左近 樹 “Infrared Properties of Circumstellar Dust: Laboratory Experiments and Space Exposure Experiments,” 第 33 回 Grain Formation Workshop 志賀島, 福岡
8. 尾中 敬, 河野 孝太郎, 山田 亨, 金田 英宏, 今西 昌俊, 江上 英一, 左近 樹, 長尾 透, 深川 美里, 松浦 美香子, 山本 智, 和田 武彦, 松原 英雄, 中川 貴雄, 芝井 広, SPICA team: “SPICA が目指すサイエンス” 第 17 回宇宙科学シンポジウム宇宙科学研究所, 相模原 2017/1/5-6
9. 左近 樹 “SPICA が目指すサイエンス SPICA が目指すサイエンス” 第 17 回宇宙科学シンポジウム宇宙科学研究所, 相模原 2017/1/5-6
10. 左近 樹 “赤外線観測および窒素を含有する 炭素質ダストの合成実験に基づく星間ダストの性質の研究”(招待講演) 「自然科学における階層と全体」シンポジウム名古屋ルーセントタワー 16F ビジネスサポートセンター 2016/10/6-9
11. 左近 樹 “星間ダストの形成及び進化過程の理解” シンポジウム「ダスト形成から惑星の多様性へ: 宇宙の物質進化における物理と化学のカップリング」小柴ホール、東京大学 2017/3/8-9
12. 田村 元秀: 「系外惑星に生命を探る観測: 現状と将来 (招待講演)」, 日本宇宙生物科学会シンポジウム, 愛知医科大学, 2016/10/16
13. 田村 元秀: 「アルマ望遠鏡の惑星形成に関する成果レビュー (招待講演)」, 国立天文台記者レクチャー, 一ツ橋講堂, 2016/12/02

14. 成田憲保: 「TESS とすばるによる連携観測のサイエンス」, 2020 年代のすばる望遠鏡と衛星計画のシナジー検討研究会, 国立天文台, 2016/04/22
15. 成田憲保: 「Research Strategy toward TESS Era」, 第 8 回系外惑星観測検討ワークショップ, 別府, 大分, 2016/08/09
16. 成田憲保: 「3.8m 望遠鏡可視高分散分光器による TESS 惑星候補星の観測」, 京大岡山 3.8m 望遠鏡時代における可視高分散分光天文学 II, 京都大学 (スカイブ接続参加), 2016/09/02
17. 成田憲保: 「MuSCAT の運用状況と 1 年目の観測成果」, 岡山ユーザーズミーティング, 国立天文台, 2016/09/07
18. 成田憲保: 「MuSCAT による TESS トランジット惑星候補の観測」, 岡山ユーザーズミーティング, 国立天文台, 2016/09/08
19. 成田憲保: 「すばるとケックの連携による TESS フォローアップ」, すばる-ケック連携のためのワークショップ, 国立天文台, 2017/01/13
20. Tomonori Totani, “Recent Topics on FRBs”, RIKEN-RESCEU Joint Seminar, 東京大学本郷キャンパス, 2016/7/25-27
21. 山崎 翔太郎, 戸谷 友則, 他, “Testing double neutron star merger model for FRBs with numerical-relativity hydrodynamical simulations,” RIKEN-RESCEU Joint Seminar, 東京大学本郷キャンパス, 2016/07/25-27
22. 戸谷友則, “Fast Radio Bursts の最近の進展と今後の展望”, 日本 SKA 合同サイエンス会議 「宇宙磁場: 銀河系内現象から大規模構造へ」 山形・蔵王, 2016/10/27-29
23. Tomonori Totani, “Fast Radio Bursts”, The extreme Universe viewed in very-high-energy gamma rays 2016, 千葉県柏市, 東京大学宇宙線研究所, 2016/12/16,
24. 戸谷友則, “銀河系中心からの 511 keV 電子陽電子対消滅ガンマ線”, 第 1 回 MeV ガンマ線天文学研究会, 京都大学吉田キャンパス, 2017/2/27-28
25. 須藤 貴弘: “銀河形成理論と、宇宙定数項問題の人間原理解釈”, 第 46 回 天文・天体物理若手 夏の学校, 長野県, 2016/07/28
26. 嶋作 一大: “HSC-SSP の概要と銀河サイエンス”, 第三回銀河進化研究会, 東北大学, 2016/6/1-3
27. 嶋作 一大: “HSC による high-z 銀河観測の現状と微細構造輝線観測に対する期待”, 銀河微細構造輝線勉強会, 大阪産業大学梅田サテライト, 2016/11/4-5
28. 嶋作 一大: “PASJ のメリット”, 2017 年春季年会, PASJ 特別セッション, 九州大学, 2017/3/15
29. 日下部晴香他: “Stellar population and dust properties of optically selected galaxies”, TMT forum 2016, ポスター発表, 2016/05/24-27, kyoto international community house, 京都
30. 日下部晴香他: “The Diverse Star-Forming Activities of Low-Mass Galaxies at Cosmic Noon”, 第 3 回銀河進化研究会, 口頭発表, 2016/06/1-3, 東北大学, 宮城
31. 日下部晴香他: “Extremely low-mass star-burst galaxies at  $z \sim 2.2$ ”, 第 46 回 天文・天体物理 若手夏の学校, 口頭発表, 2016/07/26-29, 信州・戸倉上山田温泉 ホテル圓山荘, 長野

32. 日下部晴香他: “LAE clustering & SED fitting”, Galaxy-IGM 研究会, 口頭発表, 2016/12/5–12/7, 信州大学, 長野
33. 入倉和志他: “コア” に注目した原始銀河団探査の試み”, 第 3 回銀河進化研究会, ポスター発表, 2016/06/1–03, 東北大学, 宮城
34. 吉田 敬: “プレソーラーグレインの同位体比からいかに超新星の元素合成を理解するか”, 第 5 回 DTA シンポジウム「プレソーラー粒子から探る星間ダスト進化と太陽系の起源」研究会国立天文台, 東京, 2016/9/26–27
35. 梅田 秀之: “急速降着による Supermassive star と Supermassive BH 形成”, 初代星・初代銀河研究会, 金沢歌劇座, 金沢, 2016/10/25–10/27
36. 高橋 亘: “Evolution and nucleosynthesis of massive first stars”, NAOJ 理論部合宿セミナー, 富山大学, 富山, 2016/11/14
37. 高橋 亘, 吉田 敬, 梅田 秀之: “PISN の系統的爆発・元素合成計算”, 第 29 回 理論懇シンポジウム, 東北大学, 仙台, 2016/12/21
38. 吉田 敬, 高橋 亘, 梅田 秀之, 石徹白 晃治: “超新星前兆ニュートリノの星の質量に対する依存性”, 新学術領域「地下素核研究」第 3 回超新星ニュートリノ研究会, 東北大学, 宮城, 2017/3/4–5
39. 藤本 空, 吉田 敬, 梅田 秀之, 高橋 亘: “電子陽電子対生成型超新星のニュートリノスペクトル”, 新学術領域「地下素核研究」第 3 回超新星ニュートリノ研究会, 東北大学, 宮城, 2017/3/4–5
40. 財前真理, 吉田 敬, 梅田 秀之: “2 次元超新星爆発での collective neutrino oscillation”, 新学術領域「地下素核研究」第 3 回超新星ニュートリノ研究会, 東北大学, 宮城, 2017/3/4–5
41. 藤井 通子 “The detection rates of gravitational waves from binary black holes in star clusters”, The 4th DTA Symposium “Compact stars and gravitational wave astronomy”, 国立天文台, 2016/5/13
42. 松永 典之: “KISOGP ミラ型変光星の分類と銀河系内の分布”, 2016 年度岡山 (光赤外) ユーザーズミーティング, 国立天文台, 2016/9/7–8
43. 松永 典之: “KISOGP”, 2016 年度木曾シュミットシンポジウム, 木曾観測所, 2016/7/5–6

### 1.7.5 その他の講演

1. Shibahashi, H.: “New Eyes to See Invisible Interiors of Stars”,  
 I. Stellar Structure and Asteroseismology, 2016/07/31  
 II. Helio- and Asteroseismology, 2016/08/01  
 III. Super-Nyquist Asteroseismology, 2016/08/02  
 4th Vietnam School of Astrophysics, Quy Nhon (Vietnam)
2. 柴橋博資: “夜空の星をじーっと見ると”, 2016/08/18, 東大理学部 高校生のための夏休み講座 2016
3. Shibahashi, H.: “Asteroseismology”,  
 I. Fundamentals of Asteroseismology, 2016/11/15  
 II. Study of stellar internal rotation became observational astronomy!, 2016/11/17  
 III. Seismic finding invisible objects around early-type main-sequence stars, 2016/11/21  
 European Southern Observatory, Santiago (Chile)

4. 柴橋博資：“星震学の進展”，東大天文学教室談話会，2017/03/07
5. 高田 将郎：“星震学の世界”，地感セミナー，東京工業大学理学院地球惑星科学系，2016/08/03
6. Bell, Aaron, C.: ”Space, Dust, and Spacedust,” Summer ICE seminar, Department of Chemistry, University of Tokyo, 2016/8/2
7. Bell, Aaron, C.: “AKARI All-sky IR Data and Anomalous Microwave Emission,” lunch talk at Suto Lab., Department of Physics, University of Tokyo, 2016/10/18
8. Bell, Aaron, C.: “AKARI and Anomalous Microwave Emission,” lunch talk, Saclay CNR, France, 2016/9/29
9. Bell, Aaron, C.: “An All-sky Look at the AME: Comparing the new AKARI/IRC Maps With IRAS and Planck Data,” group meeting, IRAP, Toulouse, France, 2016/10/13
10. 田村 元秀「Exoplanet Studies on the Subaru Telescope, and Steps toward Second “Earths” Imaging and the Role of ABC」宇宙科学研究所，2016/06/16
11. 田村 元秀「Astrobiology Center (ABC) of NINS」EANA, 2016/09/27
12. 田村 元秀「系外惑星を撮る」ぐんま天文台，2016/10/17
13. 田村 元秀「太陽系外惑星の世界～隣の星に第二の地球を探せ」広島市文化交流会館，2017/03/22
14. 戸谷友則：“FastSound プロジェクトの成果・FRB の最近の話題”，京都大学宇宙物理学教室 談話会，2016/4/13
15. 川中 宣太：“Neutrino Dominated Accretion Flows as a Central Engine of Gamma-Ray Bursts”，長瀧天体ビッグバン研究室セミナー，理化学研究所，2016/4/1
16. 川中 宣太：“GeV-TeV Cosmic Ray Electrons/Positrons from Astrophysical Sources”，ISAS Astrophysics Colloquium, 宇宙科学研究所，2016/4/28
17. 川中 宣太：“GeV-TeV Cosmic Ray Electrons/Positrons from Astrophysical Sources”，早稲田大学鳥居研究室セミナー，早稲田大学，2016/5/26
18. 嶋作一大：「銀河のABC」，文京区子ども科学カレッジ，2016/10/16
19. 川俣 良太：“Physical properties of  $z \sim 6-8$  lensed galaxies from the Hubble Frontier Fields Abell 2744 data”，Lunch seminar, IPMU, 2016/05/17
20. 高橋 亘：“Very or least massive star evolution” RIKEN Astrophysical Big Bang Seminars, 理化学研究所, 和光, 2016/05/20
21. 高橋 亘：“How very massive stars 'evolve?': evolution until SN explosion and BH formation' 基研セミナー，基礎物理学研究所，京都，2016/07/07
22. 高橋 亘：“電子捕獲型超新星爆発について”，東北大学コロキウム，東北大学，仙台，2017/01/15
23. 高橋 亘：“大質量星の進化と元素合成” 基研セミナー，基礎物理学研究所，京都，2016/03/03
24. 松永 典之：“Miras and other types of variable stars in the northern Galactic disk discovered in the KISO GP survey”，NAOC コロキウム，中国国家天文台（中国・北京），2016年5月9日

25. 松永 典之: “A lack of classical Cepheids in the inner part of the Galactic disk”, 談話会, コペルニクス宇宙センター (ポーランド・ワルシャワ), 2016年6月3日
26. 松永 典之: “近赤外線高分散分光スペクトルによる恒星物理量の測定”, HDS セミナー, 国立天文台, 2016年6月30日
27. 松永 典之: “A lack of young stars in the inner Galaxy”, Galaxy Coffee, MPIA (ドイツ・ハイデルベルグ), 2016年9月29日
28. 松永 典之: “革命機を迎えつつある天の川銀河の地図作り”, サイエンスカフェ オリオン, 八王子市, 2017年2月12日
29. 成田憲保: 「系外惑星の影を追う」, ぐんま天文台 連続講演会『系外惑星を探る』第3回, ぐんま天文台, 2016/11/20
30. 成田憲保: 「太陽系外惑星の多様な世界」, 朝日カルチャーセンター「惑星と衛星の世界」講座 第1回, 朝日カルチャーセンター横浜教室, 2017/01/07

## 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: “130 億光年彼方での一般相対性理論の検証”, 2016年5月11日, 東大 IPMU 他 共同発表
2. 下西 隆 (現東北大学・助教)、尾中 敬: “宇宙の氷で大マゼラン雲を探る～天の川銀河との違いが明らかに～” <http://www.sci.tohoku.ac.jp/news/20160301-7724.html> 2016/03/03
3. 下西 隆 (現東北大学・助教)、尾中 敬, 河村 晶子 (国立天文台), 相川 祐里 (筑波大学): “銀河系外ホットコアを初検出,” <http://www.tohoku.ac.jp/japanese/2016/09/press20160905-01.html> 2016/09/05
4. 田村元秀, Ryu 他、: “星をふらつかせる未知の天体は惑星? 恒星?”, [http://subarutelescope.org/Pressrelease/2016/09/07/j\\_index.html](http://subarutelescope.org/Pressrelease/2016/09/07/j_index.html) 2016年9月7日, 国立天文台 他 共同発表
5. 松永典之, 小林尚人, Michael Feast, Giuseppe Bono: 天の川の中心付近に若い星のすき間を発見 ～銀河の中心近くは少子化社会?～, 2017年8月2日, 東京大学, ケープタウン大学 (南アフリカ), ローマ大学 トルベルガータ校 (イタリア) 共同発表  
<https://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/press/2016/4971/>  
<https://www.ras.org.uk/news-and-press/2894-a-giant-stellar-void-in-the-milky-way>
6. 成田憲保: スーパーアースを探せ! 系外惑星探索, 2016年12月9日, JST サイエンスチャンネル  
<http://sciencechannel.jst.go.jp/M160001/detail/M160001009.html>
7. 成田憲保: 灼熱の海王星型惑星 K2-105b を発見 -第2の地球探しへの足がかり-, 2017年2月21日, 東京大学大学院理学系研究科 <https://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/press/2017/5270/>

### 1.8.2 受賞

1. 白井文彦, 尾中 敬他, “Asteroid Catalog Using AKARI: AKARI/IRC Mid-Infrared Survey,” 2015年度日本天文学会欧文研究論文報告賞を受賞 2016/03/03

### 1.8.3 他学科・専攻での講義

1. 柴橋: 現代科学史概論 II 学部・大学院共通冬学期 (理学部・理学系共通)
2. 柴橋: 先端光科学特論 V 大学院夏学期 (物理学専攻)

### 1.8.4 他学部での講義

### 1.8.5 他大学での講義

- 柴橋: Stellar Structure and Asteroseismology (ベトナム天体物理学サマースクール: 2016/07/31-08/02)
- 柴橋: Asteroseismology (欧州南天文台サンティアゴ: 2016/11/15,17,21)
- 田村 元秀: 宇宙生物学, 総合研究大学院大学

### 1.8.6 委員その他

- |    |     |  |
|----|-----|--|
| 柴橋 | 他機関 | 国際天文学連合 Comission G 科学組織委員<br>国際研究会 STARS2016 (2016.09.11-16; Lake District, UK) 科学組織委員<br>国際研究会 2nd BRITE Science Conference (2016.08.22-26; Innsbruck, Austria) 科学組織委員<br>日本天文学会欧文研究報告編集顧問         |
| 尾中 | 学内  | 天文学専攻 専攻長<br>教育推進・学術運営委員会委員<br>理学系学生支援室運営委員会委員<br>理学系研究科天文学教育研究センター運営委員<br>理学系研究科地殻化学実験施設運営委員  |
|    | 他機関 | (公財) 天文学振興財団理事<br>(公財) 宇宙科学振興会 宇宙科学奨励賞選考委員会委員<br>The Cosmic Wheel and the Legacy of the AKARI archive: from galaxies and stars to planets and life 科学組織委員会委員長<br>SPICA Project Scientist (JAXA/ISAS) |
| 田村 | 他機関 | 国立天文台・太陽系外惑星探査プロジェクト室長<br>自然科学研究機構・アストロバイオロジーセンター長<br>神戸大学・CPS 運営委員会委員   |
| 戸谷 | 学内  | 天文学専攻教育会議議長<br>総長補佐<br>理学系研究科企画室会議オブザーバー<br>理学系研究科キャリア支援室運営委員<br>理学系研究科 TAO 評価委員会委員<br>理学系研究科 教員採用可能数削減 WG   |
|    | 他機関 | 日本天文学会代議員<br>日本天文学会欧文研究報告編集委員<br>国立天文台 TMT 推進小委員会  |
| 嶋作 | 学内  | 日露学生交流プログラム運営委員会委員<br>技術委員会委員  |

	他機関	国立天文台・光赤外専門委員会委員 日本天文学会欧文研究報告・編集委員長
梅田	学内	理学系研究科教務委員 理学系研究科3号館運営委員 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
藤井	学内	理学系研究科図書委員 理学系研究科男女共同参画委員 理学系研究科国際交流委員会委員
左近	学内	環境安全管理室天文学専攻室員
	学会	日本天文学会年会実行委員
	他機関	The Origins Space Telescope International Ex-Officio Non-voting members, JAXA Liaison
松永	学内	理学系研究科ネットワーク委員 理学部オープンキャンパス実行委員
	他機関	国立天文台 岡山プログラム小委員会委員
成田	他機関	国立天文台・すばる小委員会委員 国立天文台・TMT ISDT-Exoplanet Convener 日本惑星科学会・遊星人編集委員

### 1.8.7 科研費等

柴橋	基盤研究 (C) [16K05288]	ケプラー宇宙望遠鏡と星震学手法による不可視連星大質量天体と褐色矮星及び惑星の探査
尾中	新学術領域研究 公募研究 [16H00934]	「あかり」近赤外線分光データに基づく氷の変性過程の研究 二国間交流事業 [フランスとの共同研究] 銀河、系外銀河中のガスとダスト進化の4つの赤外線衛星による研究
田村	基盤研究 [15H02063]	すばる望遠鏡における地球型惑星探査
戸谷	基盤研究 (C) [15K05018]	突発変動天体でさぐる初期宇宙 特別推進 (分担) [40197778] 高エネルギーガンマ線による極限宇宙の研究 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
嶋作	基盤研究 (C) [16K05286]	形成期の銀河の包括的な研究
梅田	基盤研究 (C) [26400220]	超巨大ブラックホールの種となる超巨大星の進化と運命の解明
	基盤研究 (C) (分担) [26400271]	超新星の観測と理論へ向けた大質量星進化データベースの開発
	新学術領域研究 (分担) [26104007]	近傍天体ニュートリノ包括的観測体制の構築と天体活動の研究
藤井	若手研究 (B) [26800108]	銀河円盤内での星団形成過程と星団のバリエーションの起源の解明
	基盤研究 (B) (分担) [15H03719]	GPU クラスタを用いた1億粒子シミュレーションによる惑星形成過程の解明
高田	基盤研究 (C) [26400219]	ロゼット・モードで探る恒星における振動と自転の相互作用の研究
左近	若手研究 (A) [16H05997]	星間ダストの物性理解への実験的及び観測的挑戦
	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	基盤研究 (B) [26287028]	近赤外線高分散分光観測による恒星組成解析の確立と銀河系研究への応用
	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

- 日本学術振興会 二国間交流事業 (共同研究, 日本-南アフリカ) 「変光天体で探る天の川銀河の研究」  
 国立天文台研究集会経費 「近赤外線高分散分光観測で探る恒星物理」  
 成田 基盤研究 (A) [25247026] 高精度近赤外 3 色同時トランジット観測によるスーパーアースの基本的性質の解明  
 吉田 基盤研究 (C) [26400271] 超新星の観測と理論へ向けた大質量星進化データベースの開発  
 北海道大学低温科学研究所共同利用研究 (分担) 核生成理論の検証と宇宙ダスト生成過程への応用  
 高橋 特別研究員奨励費 [26・06748] 自転運動を考慮した大質量星進化・超新星元素合成の網羅的計算  
 川俣 特別研究員奨励費 [28・01302] 重力レンズで探る形成初期の銀河の性質と進化

### 1.8.8 出張記録

- 柴橋 博資 2016/07/30-08/05, ベトナム, クイニョン, ベトナム天体物理学サマースクールにて講義  
 2016/09/04-09/23, イギリス, プレ斯顿及び湖水地方, 国際研究会 STARS2016 にて講演, 討論, 研究打ち合わせ (09/04-18)  
 フランス, モンペリエ, モンペリエ大学にて博士論文審査, 研究打ち合わせ (09/18-23)  
 2016/11/05-12/05, チリ, プンタアレナス及びプエルトナタレス, チリ日本学術フォーラムにて講演, 討論 (11/05-10),  
 プエルトウィリアムス, 生物多様性研究施設視察 (11/11-13), サンティアゴ, 欧州南天文台にて共同研究, 講義 (11/14-26),  
 サンペドロ・アタカマ, 恒星脈動国際研究会にて講演, 討論 (11/27-12/05)  
 尾中 敬 2016/4/11-17, Groningen, The Netherlands, Safari Consortium Meeting, oral presentation & discussion  
 2016/6/20 - 26, Leiden & Noordwijk, The Netherlands, AME workshop 2016, & M5 proposal briefing meeting, discussion & oral presentation  
 2016/7/14-18, Paris, France, SPICA international science advisory board meeting, presentation & discussion  
 2016/10/30 - 11/6, Noordwijk, The Netherlands, The Past and Future of AstroPAH Research, invited talk & session chair  
 2016/11/14 - 20, Paris, France, Workshop University of Tokyo/ENS, invited talk  
 2017/1/16 - 22, Pasadena, California, U.S.A., Star Formation and Nearby Galaxies with JWST, poster presentation  
 2017/2/28-3/5, Heidelberg, Germany SAFARI consortium meeting March 2017, Heidelberg, Germany, oral presentation, trilateral meeting  
 2017/3/26-31, Paris & Toulouse, France collaboration discussion  
 戸谷 友則 2016/4/13-14, 京都府京都市, 京都大学宇宙物理学教室で談話会  
 2016/6/17-18, 岐阜県高山市, スーパーカミオカンデ観測 20 周年記念シンポジウムに出席  
 2016/7/30-8/1, 京都府宇治市, 京都大学宇治キャンパス, 地学教育シンポジウムに出席  
 2016/10/27-29, 山形県山形市, 日本 SKA 合同サイエンス会議 「宇宙磁場:銀河系内現象から大規模構造へ」に参加  
 2016/12/16, 千葉県柏市, 東京大学宇宙線研究所, 研究会 The extreme Universe viewed in very-high-energy gamma rays 2016 に出席  
 2017/2/27-28, 京都大学吉田キャンパス, 第 1 回 MeV ガンマ線天文学研究会に参加  
 2017/3/15-18, 九州大学伊都キャンパス, 日本天文学会春季年会に参加

- 2017/2/20–24, Reunion Island, France, IAU Symposium 331 “SN 1987A, 30 years later” に参加
- 嶋作 一大 2016/6/13, 仙台市, 東北大学, 第三回銀河進化研究会, 議論  
 2016/6/19–26, オーストリア, ウィーン, ALMA 望遠鏡の観測提案の審査会議  
 2016/10/25–27, 木曾観測所, 「基礎天文学観測」の実習  
 2016/11/4–5, 大阪市, 大阪産業大学梅田サテライト, 銀河微細構造線研究会, 発表  
 2016/11/28–12/2, 広島市, 国際会議場, 第6回すばる国際会議, 議論  
 2016/12/5–7, 松本市, 信州大学, Galaxy-IGM 研究会, 議論  
 2017/3/14–18, 福岡市, 九州大学, 日本天文学会春季年会, 発表, 議論
- 梅田 秀之 2016/09/13–16, 愛媛, 愛媛大学, 日本天文学会秋季年会 参加  
 2016/10/25–27, 金沢, 金沢歌劇座, 初代星・初代銀河研究会 参加・講演  
 2017/2/8–10, 北海道, 北海道大学, 研究打ち合わせ  
 2017/3/4–5, 仙台市, 東北大学, 第3回超新星ニュートリノ研究会 参加  
 2017/3/7–8, 沼津市, 沼津工業高専, 研究議論
- 高田 将郎 2016/07/11–07/15, ポルトガル, テルセイラ島, 国際研究会 TASC2 & KASC9 にて発表  
 2016/09/11–09/16, 英国, 湖水地方, 国際研究会 Understanding the roles of rotation, pulsation and chemical peculiarities in the upper main sequence にて発表  
 2017/03/16–03/18, 九州大学, 日本天文学会春季年会にて講演
- 左近 樹 2016/4/11–16, Groningen, The Netherlands, Safari Consortium Meeting, discussion  
 2016/5/11–15, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, U.S.A., Far-IR Surveyor Science and Technology Definition Team meeting, presentation, discussion  
 2016/6/25–7/2, Edinburg International Conference Centre, Edinburg, U.K., SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation, poster presentations  
 2016/10/16 – 20, Mumbai & Hyderabad, India, TMT workshop, oral presentation  
 2016/11/1–5, Boulder, U.S.A., Origins Space Telescope Science and Technology Definition Team meeting, discussion  
 2016/11/6–9, Subrau Telescope, Hawaii, U.S.A., Open Time observations  
 2017/1/16 – 21, IUCAA, Pune, India, TMT 国際共同研究のためのデータ解析指導  
 2017/3/19–24, NASA Ames Research Center, Mountain View, & Caltech, Pasadena, U.S.A., OST/MICS Local meeting & OST STDT face-to-face meeting, presentation, discussion
- 松永 典之 2016/5/9–5/14, 中国国家天文台, 北京, 中国, 共同研究の打合せおよび Xinglong 天文台 85cm 望遠鏡での観測  
 2016/5/22–5/27, ISSI-BJ, 北京, 中国, 研究会「ISSI-BJ Workshop on Astronomical Distance Determination in the Space Age」  
 2016/6/1–6/4, コペルニクス宇宙センター, ワルシャワ, ポーランド, 共同研究打ち合わせ  
 2016/6/5–6/11, ウプサラ, スウェーデン, 研究会「Cool Stars 19」  
 2016/6/24–6/29, 国立天文台ハワイ観測所, ハワイ, 米国, すばる望遠鏡での共同利用観測  
 2016/7/10–7/22, 南ア天文台, ケープタウン, 南アフリカ, 74インチ望遠鏡での観測  
 2016/9/18–9/23, パリ天文台, パリ, フランス, 研究会「The Milky Way and its environment」  
 2016/9/24–9/26, ローマ大学トルベルガータ校, ローマ, イタリア, 共同研究打ち合わせ  
 2016/9/27–10/1, MPIA, ハイデルベルグ, ドイツ, 共同研究打ち合わせ  
 2016/11/28–12/2, サン・ペドロ・デ・アタカマ, チリ, 22nd Los Alamos Stellar Pulsation Conference Series Meeting
- 成田 憲保 2016/4/18–19, 岡山天体物理観測所, 共同利用観測

- 2016/4/21-22, 国立天文台, 2020 年代のすばる望遠鏡と衛星計画のシナジー検討研究会で講演  
 2016/4/26, 国立天文台, すばる小委員会に出席  
 2016/5/16-21, ボストン, TESS Science Team Meeting で講演  
 2016/5/24-26, 京都, TMT Science Forum で座長  
 2016/6/22, 国立天文台, すばる小委員会に出席  
 2016/7/26-31, シアトル, NExSS Exoplanet Biosignatures Workshop Without Walls に参加  
 2016/8/9-10, 大分, 第 8 回系外惑星観測検討ワークショップで座長・講演  
 2016/8/18-19, 岡山天体物理観測所, 共同利用観測  
 2016/9/7-8, 国立天文台, 岡山ユーザーズミーティングで座長・講演  
 2016/9/21, 国立天文台, すばる小委員会に出席  
 2016/9/26-28, 国立天文台, 光赤天連シンポジウムに参加  
 2016/9/29-30, 岡山天体物理観測所, 共同利用観測  
 2016/10/26, 国立天文台, すばる小委員会に出席  
 2016/11/24, 国立天文台, すばる小委員会に出席  
 2016/12/7-11, ボストン, TESS Science Team Meeting, TFOP Splinter session で講演  
 2016/12/13-19, テネリフェ, カナリア天体物理研究所で共同研究の打ち合わせ  
 2016/12/20 愛媛大学, すばる小委員会に出席  
 2017/1/10-13, 国立天文台, すばるユーザーズミーティングで講演  
 2017/1/14, 国立天文台, すばる-ケック連携のためのワークショップで講演  
 2017/1/20-23, 岡山天体物理観測所, 共同利用観測  
 2017/1/25, 国立天文台, すばる小委員会に出席  
 2017/2/8-9, 熱海, 第 9 回系外惑星観測検討ワークショップで座長・議論  
 2017/2/22, 国立天文台, すばる小委員会に出席  
 2017/3/16-17, 九州大学, 2017 年日本天文学会春季年会で講演  
 2017/3/21, 国立天文台, すばる小委員会に出席  
 2017/3/22-23, 広島大学, AstroBiology Center, NINS International Workshop 2017 で座長・講演  
 2017/3/26-4/3, アスペン, Formation and Dynamical Evolution of Exoplanets でポスター発表
- 川中 宣太 2016/6/19-24, Pennsylvania State University, 研究会 “MACROS 2016” 参加・講演  
 2016/6/13-15, 早稲田大学, CALET チーム内部ミーティング参加・講演  
 2016/8/8, 宇宙線研究所, 研究会「Sub-PeV ガンマ線による天体観測から迫る Knee 領域宇宙線の起源」参加  
 2016/9/11-17, Ljubljana, IAU Symposium 参加・講演
- Scarlet Saez Elgueta 2017/02/05-2/16, La Silla observatory, Chile, Observation at New Technology Telescope with WINERED
- Mingjie Jian 2017/02/05-2/26, SAAO, Sutherland, South Africa, Observation at Infrared Survey Facility
- 吉田 敬 2017/2/19-24, 北海道, 北海道大学, 研究打ち合わせ  
 2017/3/7-8, 沼津市, 沼津工業高専, 研究議論
- 高橋 亘 2016/05/20, 和光, 理化学研究所, セミナー発表  
 2016/06/19-24, 新潟, 朱鷺メッセ, Nuclei in the Cosmos 2016 参加・ポスター発表  
 2016/06/27-07/01, 三鷹, 国立天文台, Many Riddles About CCSNe, 参加・招待講演  
 2016/07/04-08, 京都・神戸出張  
 2016/07/06, 神戸, 計算科学研究機構, 講習会参加

- 2016/07/07, 京都, 京都大学, セミナー発表  
 2016/09/13–16, 愛媛, 愛媛大学, 日本天文学会秋季年会 参加・講演  
 2016/11/14–16, 富山, 富山大学, 国立天文台理論研究部合宿 参加・招待講演  
 2016/12/21–22, 仙台, 東北大学, 理論懇 参加・講演  
 2017/01/15, 仙台, 東北大学, セミナー発表  
 2017/01/16–17, 仙高出張  
 2017/03/02–18, 京都・神戸・福岡出張  
 2017/03/03, 京都, 京都大学, セミナー発表  
 2017/03/08, 神戸, 計算科学研究機構, 講習会参加  
 2017/03/15–18, 福岡, 九州大学, 天文学会春季年会 参加
- Bell, Aaron, C. 2016/6/20-27, Leiden & Noordwijk, The Netherlands, AME workshop 2016, discussion & oral presentation  
 2016/9/11 – 10/16, Saclay NRC, Paris & IRAP, Toulouse, France, collaboration & discussion  
 2016/11/5 – 16, Patagonia & Puerto Williams, Chile, Chile-Japan Forum 2016, oral presentation & bio-diversity tour
- 池内 綾人 2016/9/18–27, Saclay NRC, Paris, France, collaboration & discussion  
 木村智幸 2016/11/6 –10, Subrau Telescope, Hawaii, U.S.A., Open Time observations  
 山崎 翔太郎 2016/6/19–24, 新潟朱鷺メッセ, 14th International Symposium on Nuclei in the Cosmos XIV  
 にてポスター講演  
 2017/2/11–17, アメリカ, アスペン, Fast Radio Bursts: New Probes of Fundamental Physics and Cosmology で講演  
 2017/3/15–19, 九州大学, 日本天文学会春季年会で講演
- 須藤 貴弘 2016/07/26-29, 長野, 天文・天体物理若手夏の学校 で講演  
 2017/03/15-18, 福岡大学, 2017 年春季年会 で講演
- 川俣良太 2016/5/17, 千葉県柏市, IPMU, Lunch seminar  
 2016/7/26–29, 長野県千曲市, ホテル圓山荘, 2016 年度 第 46 回 天文・天体物理若手夏の学校  
 2016/9/14–16, 愛媛県松山市, 愛媛大学, 日本天文学会 2016 年秋季年会  
 2016/11/5–16, Puerto Natales, Chile, Chile-Japan Academic Forum at Patagonia 2016  
 2016/11/28–12/2, 広島県広島市, 広島国際会議場, The 6th Subaru International Conference  
 2017/3/15–18, 福岡県福岡市, 九州大学, 日本天文学会 2017 年春季年会
- 日下部晴香 2016/04/11-, 東京都三鷹市, 国立天文台, HSC-SSP データベース講習会, 講習会参加.  
 2016/05/24–27, 京都府京都市, kyoto international community house, TMT forum 2016, ポスター発表.  
 2016/06/1–3, 宮城県仙台市, 東北大学, 第三回銀河進化研究会, 口頭発表.  
 2016/07/26–29, 長野県千曲市, ホテル圓山荘, 2016 年度第 46 回天文・天体物理若手夏の学校, 口頭発表.  
 2016/08/5-, 東京都三鷹市, 国立天文台, galshop, セミナー参加.  
 2016/08/22-, 千葉県柏市, IPMU, HSC collaboration meeting (+high-z group meeting), 議論.  
 2016/9/14–16, 愛媛県松山市, 愛媛大学, 日本天文学会 2016 年秋季年会, ポスター発表.  
 2016/11/28–12/2, 広島県広島市, International Conference Center Hiroshima, The 6th Subaru International Conference, 口頭発表.  
 2016/12/5–12/7, 長野県松本市, 信州大学, Galaxy-IGM 研究会, 口頭発表.  
 2017/2/10, 大阪府大東市, 大阪産業大学, 共同研究者との議論, 議論.  
 2017/3/6, 東京都三鷹市, IoA, ALMA cy5 プロポーザル検討会, セミナー参加.

- 2017/3/14–18, 福岡県福岡市, 九州大学, 日本天文学会 2017 年春季年会, 議論.  
 2015/3/20–28, Salt Lake City, U.S.A., Snowbird, SnowCLAW, 口頭発表.  
 2017/3/31, 東京都三鷹市, IoA, A workshop on ALMA deep surveys and their synergies with HST and JWST, 議論.
- 入倉和志 2015/6/1–3, 宮城県仙台市, 東北大学, 第 3 回銀河進化研究会, ポスター発表.  
 2014/7/26–29, 長野県千曲市, ホテル圓山荘, 2016 年度第 46 回天文・天体物理若手夏の学校, 口頭発表.  
 2015/9/14–16, 愛媛県松山市, 愛媛大学, 日本天文学会 2016 年秋季年会
- Feng Chien-Chang 2016/11/29–30, 東京都三鷹市, 国立天文台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, 参加  
 2017/2/18–21, 東京都三鷹市, 国立天文台シミュレーションプロジェクト, 流体学校, 参加
- 財前 真理 2016/11/14, 京都市, 京都大学, NPCSM 2016, 参加  
 2017/03/07–08, 沼津市, 沼津工業高専, 研究議論

## 1.9 来訪者

氏名	所属	受入	期間	備考
O. M. Benomar	New York University, Abu Dahbi	柴橋・高田	2016.10.13 - 11.13	
D. W. Kurtz	University of Central Lancashire	柴橋	2017.02.27-03.30	
S. J. Murphy	University of Sydney	柴橋	2017.03.02-03.21	
V. Antoci	Aarhus University	柴橋	2017.03.17-03.30	
D. O. Gough	University of Cam- bridge	柴橋・高田	2017.03.13 - 04.13	
J.-B. Durrive	名古屋大学	高田	2017/03/29	
Chris Packham	University of Texas, San Antonio, U.S.A.	尾中, 左近	2016/6/12-8/15	TMT MICHI の共 同開発
Frédéric Galliano	Saclay	Wu, 尾中	2016/8/22 - 9/3	共同研究
Ronin Wu	Observatory of Paris	Wu, 尾中	2016/8/8-9/5	共同研究
	Observatory of Paris	Wu, 尾中	2016/11/21-25	共同研究
Mahadevappa ganathappa	Na- GITAM University, In- dia, 尾中	2016/11/9 - 27	共同研究	
柴田 大	京都大学	梅田	2016/10/2	研究議論
中村 航	福岡大学	梅田	2016/2/15	研究議論
J. Silverman	IPMU	嶋作	2016/11/2-15	共同研究
Carmen Barbosa	Martinez- 藤井	2016/6/25-7/8	共同研究	
Jeroen Bedorf	藤井	2016/10/11-14	共同研究	
柳田昭平	茨城大学	川中	2016/7/28	研究打ち合わせ
柳田昭平	茨城大学	川中	2016/9/27	研究打ち合わせ
Ranjan Gupta	Inter-University Cen- tre for Astron. and As- trophys., India	松永	2016/10/24-10/30	日印自然科学協力 事業【予備交流】
Harinder Singh	University of Delhi, In- dia	松永	2016/10/24-10/30	日印自然科学協力 事業【予備交流】
Giuseppe Bono	University of Rome Tor Vergata, Italy	松永	2016/10/4-10/7	共同研究
Norbert Przybilla	University of Inns- bruck, Austria	松永	2016/10/3-10/8	共同研究
Michael W. Feast	University of Cape Town, South Africa	松永	2016/10/24-10/30	二国間交流事業 【共同研究】
Lee Townsend	University of Cape Town, South Africa	松永	2016/10/24-10/30	二国間交流事業 【共同研究】
David Buckley	South African Astro- nomical Observatory, South Africa	松永	2016/10/24-10/30	二国間交流事業 【共同研究】
Sudhanshu Barway	South African Astro- nomical Observatory, South Africa	松永	2016/10/24-10/30	二国間交流事業 【共同研究】

## 1.10 教室談話会

回	月日	講演者 (所属)	題名
1586	2016/4/1	Ryan M. Lau (Cornell University)	Old Supernova Dust Factory Revealed at the Galactic Center with SOFIA/FORCAST
1587	2016/4/5	Ken Chen (NAOJ)	Cosmic Dawn : Physics of the First Stars, Supernovae, and Galaxies
1588	2016/4/12	Ken Wong (NAOJ)	Strong Gravitational Lensing as a Probe of Galaxy Evolution and Cosmology
1589	2016/4/26	堀田英之 (千葉大)	太陽内部のカオスから秩序だった磁場を生み出す機構の発見
1590	2016/5/2	野村英子 (東工大)	TW Hya まわりの原始惑星系円盤ガス・ダストの ALMA 観測
1591	2016/5/10	Toshio Fukushima (NAOJ)	Mosaic Tile Model to Compute Gravitational Field for Infinitely Thin Non Axisymmetric Objects and its Application to Preliminary Analysis of Gravitational Field of M74
1592	2016/5/31	成田憲保 (天文学教室)	TESS に向けた研究戦略
1593	2016/6/7	衣川智弥 (東大・宇宙線研)	初代星連星由来の連星ブラックホール重力波
1594	2016/6/14	Roland Diehl (Technical Univ Munich/MPA)	INTEGRAL legacy: cosmic gamma-ray line results
1595	2016/6/28	Carmen Martinez Barbosa (Leiden Observatory)	Tracing the journey of the Sun and the solar siblings through the Milky Way
1596	2016/7/5	山内茂雄 (奈良女子大)	天の川銀河に付随する拡散 X 線放射
1597	2016/7/14	Aleksander Schwarzenberg-Czerny (Nicolaus Copernicus Astronomical Center, Poland)	Astroseismology with BRITE nano-satellites
1598	2016/7/19	下西隆 (東北大)	Astrochemistry in low metallicity environments
1599	2016/7/26	田村陽一 (東大・天文センター)	高赤方偏移銀河の遠赤外線酸素輝線の観測
1600	2016/8/25	Itumeleng Monageng (South African Astronomical Observatory)	Kozai-Lidov mechanism in high mass X-ray binaries
1601	2016/9/21	高橋博之 (国立天文台)	相対論的輻射磁気流体シミュレーションで探るブラックホール降着円盤の活動性
1602	2016/9/27	Chris Done (Durham University)	Black holes: Einstein 's gravity and rocket science!
1603	2016/10/4	Norbert Przybilla (Innsbruck University)	Massive Stars in the Solar Neighbourhood
1604	2016/10/11	Amiel Sternberg (Tel Aviv University)	The Atomic-to-Molecular (HI-to-H <sub>2</sub> ) Transition in Galaxy Star-Forming Regions
1605	2016/10/18	田中雅臣 (国立天文台)	重力波天体からの電磁波放射
1606	2016/10/25	森井幹雄 (統計数理研)	機械学習の手法を用いた突発天体の選出
1607	2016/11/1	鈴木 建 (東大・総合文化研究科)	磁気駆動円盤風を考慮した原始惑星系円盤の進化
1608	2016/11/8	Mikako Matsuura (Cardiff University)	Herschel and ALMA findings of supernovae-dust, molecules and nuclear synthesis

1609	2016/11/15	John Silverman (Kavli IPMU)	Star formation, gas, and ISM conditions of high-z starbursts with ALMA
1610	2016/11/22	Kyle Mede (U Tokyo, Department of Astronomy)	Highlights from Scientific Projects and Opportunities Encountered Thanks to U-Tokyo
1611	2016/12/6	Dmitry Sokoloff (Moscow State University and IZMIRAN)	Small-scale magnetic fields in galactic dynamo
1612	2016/12/13	坂野正明 (Wise Babel Ltd.)	論文英語ことはじめ — 分かる。伝わる。訴える。
1613	2016/12/20	高梨直紘 (東京大学)	天文学はリーダー教育に役立つか？
1614	2017/1/24	亀田真吾 (立教大)	系外から見た地球と金星
1615	2017/2/21	佐藤裕史 (天文学専攻蜂巢研 D3)	二重白色矮星連星の合体と Ia 型超新星

---



## 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	研究者番号
事務室 (橋口 剛)	0422.34.5021	t-hashii@ioa.s.u-tokyo.ac.jp	
土居 守	0422.34.5026	doi@ioa.s.u-tokyo.ac.jp	00242090
吉井 讓	0422.34.5027	yoshii@ioa.s.u-tokyo.ac.jp	00158388
河野 孝太郎	0422.34.5029	kkohno@ioa.s.u-tokyo.ac.jp	80321587
田中 培生	0422.34.5037	mtanaka@ioa.s.u-tokyo.ac.jp	70188340
小林 尚人	0422.34.5032	naoto@ioa.s.u-tokyo.ac.jp	50280566
宮田 隆志	0422.34.5079	miyata@kiso.ioa.s.u-tokyo.ac.jp	90323500
本原 顕太郎	0422.34.5039	kmotohara@ioa.s.u-tokyo.ac.jp	90343102
田辺 俊彦	0422.34.5061	ttanabe@ioa.s.u-tokyo.ac.jp	90179812
峰崎 岳夫	0422.34.5063	minezaki@ioa.s.u-tokyo.ac.jp	60292835
酒向 重行	0422.34.5079	sako@ioa.s.u-tokyo.ac.jp	90533563
諸隈 智貴	0422.34.5049	tmorokuma@ioa.s.u-tokyo.ac.jp	10594674
田村 陽一	0422.34.5062	ytamura@ioa.s.u-tokyo.ac.jp	10608764
廿日出 文洋	0422.34.5245	hatsukade@ioa.s.u-tokyo.ac.jp	70719484
加藤 夏子	0422.34.5240	natsuko@ioa.s.u-tokyo.ac.jp	
木曾教員室	0422.34.5248		
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索と多波長追及観測。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 を使った銀河探索など観測計画の策定。
- 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。ALMA 建設への協力と参画。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 $\alpha$ 水素輝線(波長1.875 $\mu$ 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24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, センター長)
吉井	讓	(よしい ゆずる, 教授)
河野	孝太郎	(こうの こうたろう, 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)
宮田	隆志	(みやた たかし, 准教授)
本原	顕太郎	(もとはら けんたろう, 准教授)
田辺	俊彦	(たなべ としひこ, 助教)
峰崎	岳夫	(みねざき たけお, 助教)
酒向	重行	(さこう しげゆき, 助教)
諸隈	智貴	(もろくま ともき, 助教)
田村	陽一	(たむら よういち, 助教)
廿日出	文洋	(はつかで ぶんよう, 助教 2017.1-)
青木	勉	(あおき つとむ, 助手)*
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

小西	真広	(こにし まさひろ, 特任助教	2009.4 - 2017.3)
高橋	英則	(たかはし ひでのり, 特任助教	2011.4 - 2017.3)
上塚	貴史	(かみづか たかふみ, 特任研究員	2011.4 - 2017.3)
石井	峻	(いしい しゅん, 特任助教	2014.4 - 2016.9)
大澤	亮	(おおさわ りょう, 特任研究員	2015.4 - 2017.3)
山口	正輝	(やまぐち まさき, 特任研究員	2016.4 - 2017.3)
梅畑	豪紀	(うめはた ひでき, 日本学術振興会特別研究員 PD	2015.4 - 2016.9)
泉	拓磨	(いずみ たくま, 日本学術振興会特別研究員 PD	2016.10 - 2017.3)
三戸	洋之	(みと ひろゆき, 特任研究員	2000.4 - 2017.3)*
猿楽	祐樹	(さるがく ゆうき, 特任研究員	2015.4 - 2017.3)*

\*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.

### 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 - )

## 2.3 天文学教育研究センター運営委員会

第 13 期委員 (平成 28 年 4 月より 30 年 3 月まで) :

福田 裕穂	(理学系研究科研究科長 生物化学専攻, 平成 27 年 4 月より 29 年 3 月まで)
横山 順一	(ビッグバン宇宙国際研究センター)
尾中 敬	(天文)
戸谷 友則	(天文)
杉田 精司	(地球惑星)
林 正彦	(国立天文台台長)
吉井 讓	(天文センター, 平成 28 年 4 月より 29 年 3 月まで)
河野 孝太郎	(天文センター)
土居 守	(天文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 34855m<sup>2</sup> である.

建物 … 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. 三鷹東大敷地内に, 2 階建て 2138m<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup> 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), 60cm サブミリ波広域サーベイ望遠鏡 (国立天文台野辺山太陽・宇宙電波観測所構内及びチリのヨーロッパ南天天文台ラシヤ天文台構内にて使用中), 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. 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見直し (吉井, 峰崎, 諸隈, 小久保 充; 越田, 小林, 松岡 (国立天文台); 川口 (札幌医科大学); 鮫島 (京都産業大学); 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, 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, MAGNUM 距離測定法に基づいてハッブル定数を精度良く求めた (Yoshii et al. 2014).

そこでさらに遠方の活動銀河核の距離測定を行い膨脹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, すばる望遠鏡, 京都大学岡山 3.8m 望遠鏡による観測計画を検討している. これまで我々が研究をリードしてきたダストトラス放射の reverberation mapping だけでなく, 広幅輝線も対象に観測を実施予定であり,  $z \sim 0$  から  $\sim 7$  の広い範囲を reverberation mapping による活動銀河核距離測定のみでカバーできる. 2019 年から観測開始予定のすばる望遠鏡主焦点広視野分光器 (PFS) のすばる戦略観測の枠組みの中でも活動銀河核の分光モニター観測を行うべく具体的なターゲットを選定し, モニター観測パラメータを設定して reverberation mapping の成功率および測定精度を評価するシミュレーションを開始した. これにより効率的な観測戦略を検討する. また 2016 年 5 月および 10 月に開催された国際研究会において招待講演を行い, MAGNUM プロジェクトの結果を中心に reverberation mapping を使った活動銀河核の距離測定の進展について解説した.

ハレアカラ観測所での観測を終え国内で保管されていた MAGNUM 望遠鏡は米国アリゾナ大学マウントレモン観測所への移設が決まり, 本体一式をアリゾナ大学に輸送した. 将来 MAGNUM 望遠鏡が再び加わることで観測体制の強化と今後の研究の拡大が期待される.

2. Dust reverberation による距離測定法の Ia 型超新星による検証 (越田 (国立天文台); 吉井, 峰崎, 青木, 富田, 坂田, 菅原; 小林 (国立天文台); 塩谷, 菅沼 (JAXA); B. A. Peterson (Australian National University))  
我々は MAGNUM プロジェクトで測定された近傍セイファート銀河のダストトラスサイズを元に dust reverberation に基づく独自の宇宙論的距離の測定法を提案した (Yoshii et al. 2014). この結果を既に信頼性が確立されている距離測定法の結果と比較検討し, 精査することは新しい距離測定法を確立する上で重要である. そこで我々は宇宙論的距離の測定法として広く使われている Ia 型超新星を標準光源とする手法と比較した.

MAGNUM 望遠鏡によるモニター観測中に, 2 個の近傍セイファート銀河に Ia 型超新星が出現した (SN 2004bd in Mrk 744, SN 2008ec in NGC 7469). 我々はこれらの超新星の可視多波長変光曲線を取得し, Guy et al. (2007), Jha et al. (2007) らの標準的な解析手法に則ってそれぞれの銀河の距離を独立に求めた. dust reverberation によって求められた光度距離とこれら超新星による値を比較した結果, 両手法による光度距離補正係数  $g$  は  $1\sigma$  の範囲で一致し, その値は 10.6 であった. これにより dust reverberation による距離推定法は信頼度の高い手法であることが示された.

さらに, Yoshii et al. (2014) による距離測定の結果をもとに広幅輝線放射領域サイズと活動銀河核光度の相対的相関 (Watson et al. 2011) の校正を行った. Watson et al. (2011) では NGC 3227 のみによる距離校正であったが, MAGNUM と共通する 14 天体の距離を用いることでより正確な校正が可能となった. これにより reverberation mapping による距離測定は赤方偏移 0.3 まで拡張された. 今後の広幅輝線放射領域の reverberation mapping により, この範囲は赤方偏移 1.0 以上に拡張できるだろう.

以上結果をまとめた論文は *Astrophysical Journal Letters* に受理され出版予定である (Koshida et al. 2017, accepted for publication in the *Astrophysical Journal Letters*).

### 3. クェーサーの分光観測で探る宇宙の化学進化 (吉井; 鮫島 (京都産業大学))

昨年度に引き続き、赤方偏移 0.7 – 1.6 の SDSS クェーサー約 17,000 天体の解析を行った。その結果、(i) 従来、組成比の指標とされていた FeII/MgII 輝線強度比は密度に大きく依存しており、そのまま組成比と見なすことはできないことを発見、(ii) 密度依存性を補正した輝線強度の測定値を光電離シミュレーションと比較することで、クェーサー広輝線領域電離ガスの [Mg/Fe], [Fe/H] 組成比を導出する新たな方法を考案、(iii) その組成比導出法を SDSS クェーサーに適用することで、世界初となる赤方偏移 0.7 – 1.6 におけるクェーサー広輝線領域電離ガスの [Mg/Fe] 組成比の様子の導出、という成果を得た。以上の結果をまとめた論文は *The Astrophysical Journal* 誌に受理され、2017 年 1 月に出版された (Sameshima, Yoshii & Kawara, 2017, *ApJ*, 834, 203).

現在は、我々が新たに考案した組成比導出法を中、高赤方偏移天体に適用し、赤方偏移が 0 から 7 における [Mg/Fe] 組成比の進化を明らかにすることを目標に解析を進めている。中赤方偏移 ( $z = 2 - 5$ ) に関しては、VLT/X-SHOOTER が公開している 100 天体分のクェーサースペクトルデータを用いる他、NTT 望遠鏡に設置されている近赤外線高分散分光器 WINERED に観測提案を行った。高赤方偏移 ( $z > 5$ ) に関しては、まずはすばる望遠鏡で既に取得されているクェーサー約 20 天体分の解析を予定している。加えて、2018 年稼働予定の TAO 望遠鏡を用いた高赤方偏移クェーサーの観測計画についても、検討を進めている。

### 4. 重力レンズクェーサー MG 0414+0534 の摂動源からのサブミリ波放射の検出

(井上 (近畿大学); 峰崎; 松下 (ASSIA); 千葉 (東北大学))

CDM 構造形成モデルは矮小銀河スケールの質量をもつ天体が多数存在することを予想するが、銀河系近傍に観測されている矮小銀河は CDM モデル予想に比べて著しく少なく、銀河形成、構造形成理論上の大きな問題となっている。この問題を解決するひとつとして、可視光あるいは近赤外線の放射が非常に小さいため観測できていない暗黒矮小銀河が実は多数存在しているとする考えがある。これを明らかにするためには、可視光、近赤外線以外の手段で暗黒矮小銀河の存在を研究する必要がある。

そこで我々はこれまで重力レンズクェーサー像を詳細に調べることで、クェーサーから観測者までの視線上に存在する質量源による重力的摂動の影響を調査してきた。重力レンズクェーサー MG 0414+0534 もそのターゲットのひとつであり、中間赤外線による高空間分解能観測の結果など複数の研究により、そういった重力摂動源が存在すると考えられる有力な候補である (Minezaki et al. 2009, MacLeod et al. 2013)。これについて ALMA を用いて高空間分解能観測を行ったところ、重力レンズモデルより予想されていた重力摂動源の位置にサブミリ波の放射源を検出した。同じ位置にサブミリ波以外の電磁波の放射はこれまで全く検出されておらず、電磁波の放射を捉えたのは今回が初めてである。実はこの位置の周辺にある MG 0414+0534 クェーサー像については可視光および近赤外線、電波、X 線などで減光あるいは吸収の観測的特徴が報告されており、この重力摂動源によって引き起こされていると考えるのが自然である。これらを総合して、MG 0414+0534 の重力摂動源はダストの豊富な暗黒矮小銀河 (総質量  $\sim 10^9 M_{\odot}$ , ダスト質量  $\sim 10^7 M_{\odot}$ ) であると考えられる。

以上結果をまとめた論文は 2017 年 1 月に *Astrophysical Journal Letters* に掲載され (Inoue, Matsushita, Minezaki, & Chiba 2017, the *Astrophysical Journal Letters*, 835, L23, 6 pp.), また近畿大学と東京大学と共同でプレスリリースを行った。

### 5. 重力波電磁波対応天体の探査 (諸隈, 本原, 土居, 酒向, 大澤 亮, 山口 淳平, 田村, 安田; 吉田, 内海, 川端, 植村 (広島大学); 富永 (甲南大学); 田中, 古澤, 黒田, 仲田, 寺居, 柳澤 (国立天文台); 朝倉, 阿部, 村田 (名古屋大学); 伊藤, 齊藤, 河合, 谷津 (東京工業大学); 伊藤 (兵庫県立大学); 藤沢 (山口大学))

2015年に観測された2件の重力波の電磁波対応天体の探査観測を行った。1.05 m 木曾シュミット望遠鏡 KWFC を用いた観測については別途記載があるのでそちらを参照されたい(第3部)。特に、2件目の GW151226 に対しては、すばる望遠鏡 Hyper Suprime-Cam(HSC) を用いた  $0.5 \times 3$  晩の ToO 観測を行った (PI:吉田氏)。計  $63.5 \text{ deg}^2$  の領域に対して、 $i, z$  バンドでの観測を行い、数日のタイムスケールで暗くなり、かつ、 $i-z$  の赤い天体が、中性子星を含む合体現象からの電磁波放射のよい候補と考えられるが、そのような天体は見つからなかった。その後、GW151226 はブラックホール同士の連星合体であることが判明したが、このすばる望遠鏡 HSC での観測は、重力波が中性子星・中性子星合体であった場合に、重力波検出後数日以内であれば 200 kpc の距離まで、中性子星・ブラックホール合体であった場合は、重力波検出後 10 日程度でも 400 kpc の距離まで検出できていたと考えられ、HSC での観測は世界屈指の探査能力を持つことが示された。これらの結果を査読論文として PASJ に出版した (Yoshida et al., 2017, PASJ, 69, 9)。

#### 6. すばる望遠鏡 HSC を用いた HSC-SSP 突発天体サーベイ観測

(諸隈, 山口 淳平, 安田, 鈴木, Jiang, 加藤, 野本; 田中, 守屋, 古澤 (国立天文台); 富永 (甲南大学); Baklanov, Blinnikov(ITEP); Kuncarayakti(チリ大学); 長尾 (愛媛大学))

すばる望遠鏡 Hyper Suprime-Cam (HSC) を用いた戦略的観測が 2014 年 3 月に始まり、その一部として、2016 年 11 月から COSMOS 領域において突発天体サーベイ観測を行っている (2017 年 4 月に終了)。毎月、新月まわりの約 2 週間の期間中に  $g, r, i, z, y$  バンドそれぞれ 2 回程度の撮像観測を行い、2016 年 4 月以前に取得された参照画像と比較することで突発天体の発見、追観測を行った。計 52 回の観測から、1,000 天体以上の超新星候補天体を検出し、Ia 型超新星を用いた宇宙論研究のためのハッブル宇宙望遠鏡 WFC3 による近赤外線撮像観測、Gemini-South 望遠鏡 GMOS を用いたその他の突発天体 (超高光度超新星など) の撮像分光 ToO 観測などのフォローアップ観測も随時行った。現在、データ解析を進めている。

#### 7. クエーサー 3C 323.1 の紫外-可視域連続光スペクトル中の偏光成分の起源 (小久保 充)

Kishimoto et al. (2004) によって行われたクエーサー偏光分光サーベイ観測によって、静止系波長  $4000 \text{ \AA}$  以下の紫外波長域において偏光成分フラックスが急激に減少しているクエーサーが 5 天体発見された。彼らは観測された偏光成分フラックスの紫外域減少について、古くからブラックホール降着円盤モデルで予言されてきたが観測できていなかった、降着円盤内の輻射輸送効果によって生じる広がったバルマー吸収端に対応する特徴であると主張した。しかし、これらの偏光成分紫外域減少が確認されているクエーサーについて、紫外-可視域観測スペクトル中の降着円盤放射成分を抽出するまったく別の手法である光度変動成分スペクトルに着目すると、降着円盤放射スペクトルはスムーズな冪型であり、バルマー吸収端のような特徴は見られないことが指摘されている (Kokubo 2016, PASJ, 68, 52)。

我々はこれらのクエーサーの紫外-可視域連続光スペクトル中の偏光成分の起源を明らかにするため、Kishimoto et al. のクエーサーサンプルのうちの 1 天体 3C 323.1 について、過去の偏光観測の文献値を集め、偏光成分と無偏光成分の時間変動を調べた。その結果、3C 323.1 中の偏光フラックス成分は以下のような観測的特徴を持つことが分かった: (1) 偏光成分スペクトル中に見られる広い線幅の吸収構造は時間変動を示す; (2) 偏光フラックス成分と無偏光フラックス成分の時間変動は 1 年以下の時間スケールで同期している。これらの時間変動の観測的性質から、3C 323.1 の連続光無偏光成分は降着円盤放射そのものである一方で、偏光成分は、赤道面方向に放射された降着円盤放射光子が、その軌跡上に存在する何らかの時間変動する吸収体 (例えば円盤風) による吸収を受けた上で、赤道面上に存在する自由電子により我々の視線方向にトムソン散乱されてきたものであると示唆される。

#### 8. Isophote Shapes of Early-Type Galaxies in Massive Clusters at $z \sim 1$ and 0

(満田 和真, 土居, 諸隈, 鈴木, 安田 (東大); Saul Perlmutter (University of California Berkeley); Greg Aldering (E.O. Lawrence Berkeley National Lab); Joshua Meyers (Stanford University) )

楕円銀河やレンズ状銀河といった早期型銀河の力学状態 (回転で支えられているか、速度分散で支えられ

ているか) は、これらの銀河種族の形成史を理解するための手掛かりである。早期型銀河が力学状態を獲得した時期を観測的に制限するため、我々は早期型銀河の力学状態の間接的な指標となる等面輝度パラメータ  $a_4$  を赤方偏移  $z \sim 1$  と 0 で測定し比較した。サンプルについては、銀河団に属する分光赤方偏移が既知の早期型銀河サンプルを構築した。 $z \sim 1$  では *Hubble Space Telescope Cluster Supernova Survey* から 130 個、 $z \sim 0$  では *Sloan Digital Sky Survey* から 355 個の早期型銀河を抽出した。我々は高赤方偏移の銀河でも  $a_4$  を測定できるように表面測光の手法を開発し、 $z \sim 1$  と 0 両方のサンプルに適用した。結果として、星質量  $\log(M_*/M_\odot) \sim 11.5$  を界として大質量側は boxy な銀河 ( $a_4 \leq 0$ ) が、小質量側は disk な銀河 ( $a_4 > 0$ ) が主な種族となり、小質量側では有効半径が小さいほどより disk になる ( $a_4$  が大きくなる) という、 $a_4$  の銀河の星質量  $\odot$  有効半径に対する依存性を  $z \sim 1$  でも 0 でも同様に示した。また、disk 早期型銀河の割合を星質量ごとに Eddington バイアスを考慮して比較すると、 $z \sim 1$  から 0 で優位な変化はみられなかった。これらの結果から、早期型銀河の等面輝度の形状と、またそれと関係する力学状態は  $z > 1$  で確立され、 $z < 1$  では銀河の有効半径の進化があるにも関わらず、力学状態が変化していないことが示唆される。Disk 早期型銀河の割合に変化が見られないことから、 $z < 1$  での有効半径の進化の原因として、銀河の力学状態を大きく変えてしまうような同程度の質量の銀河との合体ではなく、小質量の銀河が外側に膠着するような静かな過程が有力視される (ApJ, 834, 109).

#### 9. Isophote Shapes of Early-Type Galaxies in Five CANDELS Fields at $z \sim 1$ (満田 和真, 土居 諸隈)

楕円銀河やレンズ状銀河といった早期型銀河の力学状態、すなわち回転が卓越しているか速度分散が卓越しているかは、早期型銀河の質量獲得史を理解するための手がかりである。我々は、早期型銀河の力学状態が確立された時期を調べるため、力学状態と関係のある等面輝度線の歪み ( $a_4$  パラメータ) を  $z \sim 1$  の一般的な環境下 (フィールド) に存在する早期型銀河について測定した。先行研究では銀河団環境において、 $z < 1$  では boxy 銀河と disk 銀河の個数比に変化が見られなかった。本研究では、3D-HST プロジェクトで公開されているデータを用い、 $z \sim 1$  の 5 つの CANDELS フィールドの早期型銀河サンプル 923 個について  $a_4$  パラメータを測定した。結果として、本サンプルには、銀河団環境で boxy な銀河が主な種族となる  $\log(M_*/M_\odot) > 11.5$  では 2 個の銀河が存在するのみで (どちらも disk)、サンプルが少ないため決定的な結論は得られなかった。一方、 $\log(M_*/M_\odot) < 11.5$  の比較的程質量の銀河については、 $z \sim 1$  のフィールドと銀河団環境で disk 銀河の割合はほぼ同じであり、環境効果は見られなかった。

#### 10. すばる Pa $\alpha$ 撮像で探る近傍 LIRG の空間分解された星形成活動

(北川 祐太郎, 本原; 小山, 兎玉, 美濃和 (国立天文台))

すばる望遠鏡の近赤外線分光撮像装置 IRCs をもちいて、赤方偏移  $z \sim 0.1$  の赤外線高光度銀河 (LIRG) の Pa $\alpha$  輝線狭帯域撮像観測を行った。Pa $\alpha$  は近赤外線 1.875 $\mu$ m にある水素輝線であり、可視域にある H $\alpha$  にくらべて星間ダスト減光が 1/5 と小さいため、ダストに埋もれた星形成の良いトレーサとなる。

本観測では補償光学 (AO188) を用いることにより、0.2'' FWHM という高い空間分解能のデータを 2 天体について得ることができた。これは、実距離で数百 pc に相当する。その結果、空間分解した星質量と星形成率面密度に強い相関が見られるとともに、近傍の普通の銀河の同一の星質量面密度の領域に比べて 10 倍近く星形成率面密度が高いことがわかった。星形成クランプだけでなく、クランプの間の領域でも同様に高いことから、LIRG では星形成面密度を高める何らかのプロセスが働いていることを示唆する。また、星形成クランプでの星形成面密度は  $\Sigma_{\text{SFR}} \sim 3 - 4 M_\odot/\text{yr}/\text{kpc}^2$  と近傍の HII 領域に比べて高く、 $z = 1 - 2$  の星形成銀河で見られる巨大クランプにも匹敵する値であった。このことから、今回観測した銀河はそのような遠方スターバースト銀河の、近傍宇宙でのアナログであると考えられる。

#### 11. ALMA deep survey on GOODS-S-JVLA field (河野, 田村, 廿日出, 梅畑, 石井, 泉 拓磨, 谷口 暁星, 山口 裕貴, 安藤 亮, 石田 剛, 菊地原, 嶋作, 日下部, 戸谷, 大内, 藤本, Wiphu Rujopakarn; Daniel Espada, 兎玉, 林, 小山, 松田, 中西, 諸隈 (NAOJ); Rob Ivison, Richard Ellis (ESO); 但木, Linda Tacconi (MPE); 五十嵐, Karina Caputi (U. Groningen); Wei-Hao Wang (ASIAA); Jim Dunlop (Edinburgh); 中井 (筑

波大); Min Yun, Grant Wilson (UMASS); David Hughes, Itziar Aretxaga (INAOE); George Rieke (U. Arizona); 他 ALMA-GOODS-S-JVLA deep survey team)

ALMA を用いて、GOODS-S 領域、特に JVLA で  $0.3\mu\text{Jy}$  ( $1\sigma$ ) というこれまでに最も深い波長 5cm での撮像観測が行われている 23 平方分領域において、波長 1.1mm 帯および 1.2mm 帯の 2 波長にわたる deep survey 計画を立案、ALMA cycle3 に提案し、採択された。提案した観測時間は 44.4 時間であり、これは、cycle 3 における ALMA 東アジア枠の約 1 割を占めている。これは、ALMA cycle1/cycle2 での SXDF 2 平方分 survey および SSA22 での 6 平方分 survey に基づくものであり、ALMA ではじめて見えてきた “faint submm population” の他波長対応天体を同定し、赤方偏移分布や星質量、隠された星形成活動とそこでの巨大ブラックホールの成長、クラスターリングなどを系統的に調査することを目的としている。2016 年 8 月から 9 月にかけて観測が実行され、2017 年 1 月から 2 月にかけてデータが届けられた。膨大な観測であるため、データ解析には膨大な時間を要しているが、廿日出が主導して解析を進め、まず連続波画像について、全てのデータを足し合わせた mosaic 画像の作成と、それをもとにした ALMA source catalogue の作成が進行中である。2016 年 3 月末には国内外における関連研究者を招いて研究会 (A workshop on ALMA deep surveys and their synergies with HST and JWST”) を行い、ALMA を使ったさまざまな deep survey の現状を俯瞰すると共に、廿日出が主導しているデータ解析の現状を踏まえ、今後、このデータをいかに活用し、どのようなサイエンスが展開できるか等について議論を行った。また、いよいよ初期科学運用にむけた観測提案の募集がはじまりつつある JWST との連携についても議論を行った。

#### 12. 10 pc resolution view of the low luminosity type-1 AGN in NGC 1097

(河野, 泉 拓磨; 高野 (日大); 中島 拓 (名古屋大); 濤崎 (上越教育大); 中井 (筑波大); 寺島 (愛媛大); 今西, 中西 (国立天文台); 土居 (宇宙研); 原田 ななせ, 松下 聡樹, Hsieh, P-Y. (ASIAA); Martin, S., (ESO); Fathi, K. (Stockholm); Sheth, K. (NASA); Davies, R. (MPE), 他 NGC1097 collaboration team)

1 型の低光度活動銀河核を持つ NGC 1097 (距離 14.4 Mpc) からの HCN (4-3), HCO<sup>+</sup> (4-3), CO (3-2) および  $\lambda 860\mu\text{m}$  連続波の ALMA による高解像度観測を行った。HCN および HCO<sup>+</sup> については  $0''.20 \times 0''.17$ , CO (3-2) および連続波については  $0''.15 \times 0''.13$  という空間分解能を達成し、10 パーセク・スケールでの高密度分子ガスの分布および運動情報をはじめ得ることができた。HCN(4-3) や HCO<sup>+</sup>(4-3) でトレースされる高密度分子ガス ( $n_{\text{H}_2} \sim 10^{5-6} \text{ cm}^{-3}$ ) の分布は、中心核から南北方向にそれぞれ  $0''.5$  (約 40pc) 程度離れたところに 2 つのピークを示し、中心核付近は (ガスは存在するが) 顕著なピークは伴わない。HCN (4-3)/HCO<sup>+</sup> (4-3) 輝線強度比は中心核の位置で  $1.45 \pm 0.47$ , 南北のピークでそれぞれ  $2.08 \pm 0.29$  および  $1.69 \pm 0.31$  であり、中心核から数 10 パーセク離れた位置で、むしろ上昇していることがわかった。これは、NGC 1068 で観測された状況とよく似ており、HCN 分子存在量の上昇が、中心核からの X 線放射によるもの (X 線乖離領域) ではなく、別のメカニズム (ショックの散逸による力学的な加熱) に起因することを示唆する。この他、CO (3-2) 輝線の位置速度図から、半径約 7pc 以内の力学的質量を求めたところ、 $4 \times 10^6 M_{\odot}$  程度しかなく、先行研究で示唆されている NGC 1097 中心の巨大ブラックホールの質量、 $(1.2 \pm 0.2) \times 10^8 M_{\odot}$  (Lewis & Eracleous 2006) とは大きく異なる可能性があること、一方で、もし NGC 1097 中心部で gas disk の inclination 角が外側からずれて (warping) face-on に近くなっているとすれば、この矛盾を説明できる可能性があることも指摘した。また、 $850\mu\text{m}$  連続波については、2014 年 8 月から 2015 年 7 月までの 3 回の観測において、2 mJy から 0.25 mJy まで、大きく変動していることを見いだした。変動のタイムスケールから、放射領域は少なくとも  $2 \times 10^{-5}$  pc 以下であり、 $10^8 M_{\odot}$  の巨大ブラックホールがあるとすれば、Schwarzschild 半径の 1,000 倍以内に相当することが分かった。観測された  $850\mu\text{m}$  連続波の最小値は、dust torus の質量の上限を与えるものとして、重要な意義を持つ。以上の結果は、2016 年 4 月の国際会議で発表した。その後、cycle 3 で泉 拓磨が取得した追加データもあわせて、複数の論文の出版準備が進められている。

#### 13. Swift/BAT で検出された NGC 7172 活動銀河核の ALMA による分子輝線観測

(河野, 廿日出, 泉 拓磨, 谷口 暁星, 安藤 亮, 石田 剛; 上田 (京都大); 寺島 (愛媛大); 市川 (NAOJ); 濤崎

(上越教育大); Gandhi, P. (Durham/ISAS))

Swift/BATによる高エネルギー全天探査で検出された「埋もれたAGN」の一つ、NGC 7172におけるCO (2-1), CS (5-4), および波長1mm帯連続波のALMAを使った観測を行った。約100pc分解能での観測により、CO (2-1) 輝線が1kpc以上に広がって分布している様子が高いS/N比で検出され、その3D cubeをtilted ring modelで3D fittingを行い力学的パラメータを導出したところ、gas diskのinclination角は75度程度であることが分かった。この銀河では、強いSiの吸収(9.7 $\mu$ m帯)が検出されており、この起源について、深く隠されたAGN周囲の掩蔽物質というよりは、母銀河のdiskがほぼedge-onであることにより、diskにおける星間物質の吸収を反映しているのではないかとの指摘がなされていたが、今回のALMAによる観測から、edge-on diskによる母銀河での吸収をみているという可能性は棄却することができた。実際、CO (2-1) 輝線から導出された、中心核方向の水素分子柱密度は $10^{23}$  cm $^{-2}$ を超えており、X線で観測された吸収柱密度と同等であることがわかった。次に、観測された分子ガスのsurface density、回転曲線および速度分散の情報から、中心核付近でのgas diskの重力不安定性(Toomre's  $Q$  parameter)を調べたところ、 $Q \sim 13 \gg 1$ であり、重力的に安定であることが示唆された。高密度分子ガスのトレーサーであるCS (5-4) 輝線が検出されなかったこととあわせ、中心核付近では爆発的星形成は起きていないと考えられるため、 $z$ 軸方向にフレアアップした吸収帯のトーラス構造を維持する機構としては、爆発的星形成以外のメカニズムを検討する必要がある。分子ガスの速度場から円運動成分を差し引いた残差を調べたところ、長さ0.9 kpc、速度+100 km s $^{-1}$ 、質量放出率としては $dM/dt = 1.8M_{\odot}$  yr $^{-1}$ 程度のmolecular outflowの存在が示唆された。今後、他の波長で見られるoutflowなども比較した上、論文にまとめていく予定である。

14. NGC 1068の中心領域における分子雲の物理的・化学的性質(河野, 泉 拓磨, 谷口 暁星, 田村; 濤崎(上越教育大); 原田(ASIAA); 江草(NAOJ); 田中 邦彦(慶應大); 高野(日大); 中島 拓(名古屋))  
活動銀河NGC 1068の中心4kpc領域を $^{13}\text{CO}$  (1-0),  $\text{C}^{18}\text{O}$  (1-0), CS (2-1), および $\text{CH}_3\text{OH}$  ( $J_K = 2_K - 1_K$ ) 輝線にて100 pc分解能で観測した。高品位な $^{13}\text{CO}$ の3D cubeから、clumpfindアルゴリズムを使って分子雲を同定したところ、 $S/N=8$ 以上というhigh significanceのGMCが187個検出され、NGC 1068のdiskにおけるstarburst領域での分子雲の質量関数がはじめて求められた。その質量関数の傾き $\gamma = -1.25 \pm 0.07$ は天の川銀河やM51, NGC300などの静かな星形成銀河のdisk領域における質量関数と比較して顕著にならぬであり、大質量側のGMCが系統的に多いことが示唆された。観測領域内では、 $\text{C}^{18}\text{O}$  (1-0) /  $^{13}\text{CO}$  (1-0) 輝線強度比は場所によらずほとんど一定値( $0.27 \pm 0.05$ )をとるが、 $\text{CH}_3\text{OH}$  ( $J_K = 2_K - 1_K$ ) /  $^{13}\text{CO}$  (1-0) 輝線強度比は顕著な変化を示した。特に、bar-end付近では小さく( $< 0.03$ )、spiral arm上では0.1-0.2であった。 $\text{CH}_3\text{OH}$  輝線が強く検出されるGMCは線幅が広い傾向を示すこととあわせ、メタノールの存在量がspiral arm上で期待されるショック(cloud-cloud衝突など)により増えていることが示唆される。この成果はTosaki, Kohno, Harada, Tanaka, Egusa et al., PASJ, 69, 18 (2017)として出版された。
15. ALMAによる $z = 7.2$ のライマンアルファ輝線銀河の遠赤外線[O III] 88  $\mu$ m 輝線検出(田村, 河野, 梅畑, 廿日出, 山口 裕貴, 澁谷, 吉田; 井上, 馬渡(大阪産業大); 松尾, 柏川, 家, 松田(NAOJ); 清水(大阪大); Zackrisson(Uppsara); 太田(Cambridge); 岡本(北海道大))  
宇宙再電離期における星形成銀河がもつ星間物質の物理状態や重元素量を推定することは、形成期の銀河を理解するだけでなく再電離のプロセスそのものを理解する上でも重要である。我々は、ALMAを用いて $z = 7.212$ のLy $\alpha$ 輝線銀河SXDF-NB1006-2を観測し、[O III] 88  $\mu$ mを検出することに成功した。酸素のアバundanceは、太陽の $\sim 1/10$ と推定される。一方で、連続波が検出されなかったことから、ダストが非常に少ないことが示唆される。また、[C II] 158  $\mu$ mも検出されなかったため、中性ガス(H I)の質量も非常に少ないと推定される。こうした星間物質の物理的性質は、大質量星が放射する電離光子が銀河間空間に逃げやすい状況をつくりだす。したがって、この銀河は再電離に寄与した電離光子源の典型かもしれない。(Inoue & Tamura et al. 2016, Science, 352, 1559)

16. ガンマ線バースト母銀河における分子ガス探査(廿日出, 田村, 河野; 太田 耕司 (京都大学); 中西 康一郎 (国立天文台); 橋本 哲也 (台湾国立清華大学); 遠藤 光 (デルフト工科大学))

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れている. GRB と星形成との関係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. GRB 母銀河における分子ガスの性質を探るため, これまで7つの母銀河において CO 輝線観測が行われており, GRB 母銀河は一般的な星形成銀河に比べて星形成効率 (星形成率/分子ガス質量) が高く, gas depletion timescale が短いという報告がなされていた. しかしサンプル数は少なく, さらなる観測が必須である.

我々は, ALMA (cycle 3) を用いて新たに10個の母銀河 ( $z = 0.1-2.5$ ) の CO 輝線観測を行った. サンプル数はこれまでの CO 輝線観測の中で最大で, 過去に観測された母銀河の総数を上回る. 観測の結果, 6個の母銀河 ( $z = 1-2$ ) で CO 輝線を検出することに成功した. これらの母銀河の星形成効率や gas depletion timescale は,  $z \sim 1-2$  の一般的な星形成銀河と矛盾しない値であることが分かった. これは, 過去の GRB 母銀河における CO 輝線観測結果とは異なる結果である. 今回の結果は, GRB が分子ガスの観点で一般的な星形成銀河で発生することを示し, GRB が星形成活動のバイアスの無いトレーサーとなり得ることを示唆する. なお, 本成果は, 文部科学省卓越研究員制度による支援を受けている.

17. 核周高密度ガス円盤と超巨大ブラックホールの共進化(泉 拓磨, 河野; 川勝 (呉高専))

銀河中心部には, 流入するガスの残存角運動量により, 100 pc 程度の大きさの高密度の核周円盤 (circumnuclear disk = CND) が形成されることが, 理論的にも観測的にも支持されている. 活動銀河核 (active galactic nucleus = AGN; 超巨大ブラックホールへの質量降着で輝く) を保有する銀河においては, この CND は, さらに内側へ降着するガスの供給源と予想され, 母銀河からブラックホールへ至る質量降着過程の包括的理解に欠かせない存在と言える. そこで, 我々は, 3 mm 帯の高密度ガストレーサーである HCN 分子輝線の高空間分解能データを, ALMA のアーカイブデータシステムや文献から広く収集して, CND スケールの分子ガスの性質と AGN 活動性の関連を調査した. まず, AGN 天体について導出された, HCN 光度から高密度ガス質量への変換係数を用いることで, サンプル天体について CND 質量を推定した. その結果, AGN 光度 (ブラックホールへの質量降着率を反映) と CND ガス質量の間に明確に相関関係があることを発見した. この相関関係は, ブラックホールの成長に関して, その周囲のガス円盤が重要な役割を担うことを示唆している. 一方, そのような相関は銀河規模に広がる分子ガス質量との間には全く見られなかった. これはブラックホール (銀河の100万分の1以下の空間スケール) の成長に寄与するのは, そのごく近傍のガスなのであり, 銀河規模のガスは物理的関連を持たないことを意味する. このような事象を観測的に示したのは本研究が初めてのことであり, 今後本格稼働を迎える ALMA を用いた AGN 研究の大きな潮流を作りうるものだと期待している. さらに, 単なる相関関係の提示に留まらず, 我々は CND スケールで重要な降着機構についても検討を進めた. ここでは, CND は分子ガスが豊富ゆえに, 活発な星形成も期待されることに注目した. 先行研究 (Kawakatu & Wada 2008, ApJ, 681, 73) で示された, 星形成活動とそれに続く超新星爆発で駆動される降着モデルを観測にあてはめ, モデル予想されるブラックホール降着率と実際の観測から推定されたブラックホール降着率を比較した. その結果, 適切に中心核近傍の質量のバランス (降着だけでなく, 実際には中心からのガスアウトフローも存在する) を考慮すると, これら2通りの値はよく整合した. 以上の成果は, The Astrophysical Journal にて出版された.

18. 高光度1型セイファート銀河 NGC 7469 における  $\lambda = 3$  mm 帯ラインサーベイ(泉 拓磨, 河野, 田村, 廿日出; D. Espada, 今西, 伊王野, 石附, 永井, 中西, 服部 (NAOJ); 高野 (日本大); 寺島 (愛媛大); 土居 (宇宙研); 濤崎 (上越教育大); 中井 (筑波大); 中島 (名古屋大); 野村 (東工大); 原田, P.-Y. Hsieh, 松下 (ASIAA); Sergio Martín, T. Wiklind (JAO); S. Aalto (Chalmers University of Technology); K. Fathi (Stockholm University); M. Krips (IRAM); D.S. Meier (New Mexico Institute of Mining and Technology); M.W.

Regan (STSI); E. Schinnerer (MPIA); K. Sheth (NRAO); J.L. Turner (UCLA))

銀河形成史の中でも重要な種族と考えられる、塵に埋もれた天体の熱源、すなわち、活動銀河核 (active galactic nucleus = AGN) か爆発的星形成 (Starburst = SB) かを判定する手法の構築を目指している。そのために、我々がこれまでの研究で見出した、特に、AGN 天体でサブミリ波帯 HCN 分子輝線強度の HCO<sup>+</sup> イオンや CS 分子の輝線強度に対する比が、SB 天体の場合に比べて高くなる現象 (submm-HCN enhancement) に注目している。この現象は、具体的には、HCN (4-3)/HCO<sup>+</sup> (4-3), HCN (4-3)/CS (7-6) というサブミリ波帯輝線強度比に関するものである。一方、その強度比増加の物理的要因はよく分かっていない。そこで、近傍高光度 AGN である NGC 7469 に対して、ALMA を用いたラインサーベイ観測を ALMA cycle1-2 を通じて実行した。観測したのは、多くの分子の回転基底遷移が集中する Band 3 (80-115 GHz) 帯である。このデータは、多遷移輝線解析を通じた HCN 輝線強度超過の原因解明に役立つのみならず、無バイアスなスペクトル情報を高空間分解能 (150 pc 程度) で提供することから、これまで知られていなかった AGN 環境に特徴的な分子輝線比や化学組成を明らかにすることも期待される。2016 年度は、cycle 1-2 にまたがって観測されたデータの取得と整約を進めた。すでに星形成銀河に比べて高い HCN (1-0)/HCO<sup>+</sup> (1-0) 比が確認できただけでなく、その化学的起源の解釈に際して重要となる CN 分子輝線 (CN + H<sub>2</sub> → HCN + H なる反応を期待している) も検出できている。2017 年度は引き続きこの結果をまとめて論文化する予定である。

19. すばる望遠鏡 HyperSuprime-Cam で発見された高赤方偏移低光度クエーサーの母銀河の星形成性質の探査 (泉 拓磨, 河野, 田村, 谷口 暁星, 山口 裕貴; 松岡, 長尾 (愛媛大); 柏川, 今西, A. Schulze, 伊王野, 中西, C.-H. Lee (国立天文台); 尾上 (総研大); J. Silverman (IPMU); 藤本, 播金 (東大宇宙線研); 岩澤 (愛媛大); 梅畑 (放送大); M. Strauss, J. Greene (Princeton University); 橋本 (National Taiwan Normal University); 鳥羽 (ASIAA); 後藤 (National Tsing Hua University); 五十嵐 創 (University of Groningen); 真喜屋 龍 (MPA))

すばる望遠鏡に搭載された HyperSuprime-Cam を用いた戦略的サーベイで得られた広域かつ深い撮像データから、続々と高赤方偏移 (特に  $z > 6$ ) のクエーサー天体が発見されつつある。8 m 級望遠鏡の集光力を活かし、これらのクエーサーは先行研究で発見されていたものに比べ、 $(g, r, i, z, y)$  のバンドにおいて数等級程度暗い (低光度クエーサーと呼ぶ)。こうした低光度クエーサーは、光度に対する観測バイアスを排除した初期宇宙の超巨大ブラックホールの成長現場を捉えていると期待される。そこで、低光度クエーサーの発掘ならびにその各種フォローアップを推進する研究グループ (Subaru High- $z$  Exploration of Low-Luminosity Quasars = SHELLQs) が、愛媛大の松岡良樹氏を中心として発足し、活動を続けている。われわれ東大天文センターグループは、SHELLQs クエーサーに対する ALMA を用いたサブミリ波フォローアップを担当している。2016 年度は、すでに出版された論文 (Matsuoka et al. 2016, ApJ, 828, 26) にリストされている SHELLQs クエーサーの中で比較的明るい天体 4 つを対象を絞り、ALMA cycle 4 へ [CII] 158  $\mu\text{m}$  輝線と同波長帯連続波の検出を目指した観測を提案した。母銀河の星形成に関する性質や、初期宇宙における超巨大ブラックホールと銀河の共進化の様子を探ることが大きな目標である。幸い観測提案は採択され、2016 年度末から続々とデータが届きつつある状況である。2017 年度はそのデータの解析を進め、特に明るい高赤方偏移クエーサーの母銀河との性質 (星形成率, ダスト質量, 等) の違いを調べながら論文化につなげる予定である。

20. ALMA で探る近傍スターバースト銀河 NGC253 中心部での多様な星形成活動とその加熱機構

(安藤 亮, 河野; 中西, 泉 (国立天文台); Martín (ESO/JAO); 原田 (台湾中央研究院); 高野 (日本大); 久野, 中井 (筑波大); 中島 (名古屋大); 菅井 (東京大 IPMU); 徂徠 (北海道大); 濤崎 (上越教育大); 松林 (国立天文台岡山天体物理観測所); 中島, 田村 (名古屋大))

多量の星間物質に覆われた系外銀河中心部での活発な星形成活動を直接捉える上では、ミリ波サブミリ波帯での連続波・分子輝線観測が強力な手法となる。しかし、従来の観測装置の分解能・感度では、個々の星形成領域を空間分解し、その活動性や化学組成を調べることは困難であった。本研究では、ALMA のサ

ブミリ波帯高分解能観測 (PI: 中西, ほか) により, 近傍スターバースト銀河 NGC 253 の中心 200 pc の領域について, 先行研究より 3 倍以上高い空間分解能 ( $0''.3$ ; 5 pc に相当) でのイメージングを行った. その結果, 850  $\mu\text{m}$  帯の連続波放射でトレースされる, ダストに覆われた 10 pc スケールの星形成領域 8 個が, 2 本の平行な列状に分布する姿を初めて分解できた. さらに, これら 8 個の星形成領域のスペクトルを解析・分子輝線を同定し, 領域ごとの詳細な物理的・化学的性質を追究した. 各領域の物理的性質は似通っており, サイズ ( $\sim 10$  pc) や連続波強度から導出されるダスト質量 ( $\sim 10^5 M_{\odot}$ ) が同規模であるほか, 検出された水素再結合線 (H26 $\alpha$ ) の強度から, 同程度の数の大質量星 (O5V 型星換算で  $\sim 10^2$  個) を内包していることが推定される. 対照的に, スペクトルの特徴や検出された分子の種類・輝線比等の化学的性質は, 僅か 10 pc 程度しか隔てていない領域ごとに大きく異なっている. いくつかの領域は典型的な HII 領域であり, 再結合線と限られた種類の分子輝線のみ検出できた. 一方で別の 1 領域では, CH<sub>3</sub>COOH 等複雑な有機分子を含む, 19 種もの分子からの 36 輝線が検出された. この豊かな化学組成に加え, SO<sub>2</sub> 分子の LTE 解析から, 分子ガスが高温 ( $\sim 90$  K) 環境にあることも明らかになり, 大質量星形成の現場であるホットコアが数 pc スケールで多数集積した領域 (giant hot core cluster) である可能性が示唆される. 以上の成果は, 論文 (Ando et al. 2017 submitted to ApJ) として現在投稿中である.

21. ALMA 無バイアスサーベイで検出された暗いサブミリ波銀河の多波長解析 (山口 裕貴, 田村, 河野, 石井, 泉 拓磨, 梅畑, 真喜屋; 川邊, Lee, 廿日出, 兒玉, 松田, 中西 (国立天文台); 矢部, W. Rujopakarn (Kavli IPMU); 五十嵐 (Groningen); 但木 (MPE); 太田 (京都大); I. Aretxaga, D. H. Hughes (INAOE); J. Dunlop, R. Ivison (Edinburgh); W.-H. Wang (ASIAA); G. W. Wilson, M. S. Yun (UMass))  
本研究では, ALMA を使った波 1.1 mm の連続波探査 (SXDF-UDS-CANDELS 領域; PI. K. Kohno) によって検出された, 5 つの ALMA 天体に対し, 多波解析をなした. 宇宙全体の星形成活動を理解するためには, 外線背景放射の部分を含めるとされる, 暗いサブミリ波銀河の性質を知ることが必要である. 検出された 5 天体のうち, 2 天体は単鏡望遠鏡 (AzTEC/ASTE) によって選択された明るいサブミリ波銀河であった. で, 残る 3 天体は ALMA によって新たにつかかった暗いサブミリ波銀河であった. 明るいサブミリ波銀河 2 天体を除いた, 3 天体の外線背景放射への寄与は,  $\sim 4.1$  Jy/deg<sup>2</sup> であり, 従来の明るいサブミリ波銀河の寄与と同程度である. 多波 SED 解析は 5 天体中 4 天体が星形成銀河のメインシーケンスに属していることを唆している. 残る 1 天体は可視光/近外線で常に暗く, 深い電波画像 (JVLA / 6 GHz) と組み合わせることで,  $z \sim 2-3$  のスターバースト銀河である可能性が分かった. これは ALMA によって単鏡のコンフュージョン限界以下かつ可視光/近外線の深探査では検出できない星形成銀河種族が分解できたことをしている. 本研究内容は投稿論文として, PASJ に掲載済みである.
22. 重力レンズ銀河団の ALMA データを用いた無バイアスサブミリ波輝線銀河探査 (山口 裕貴, 河野, 田村, 大栗, 泉 拓磨, 梅畑, 早津; 北山 (東邦大学); 江沢, 大島, 松尾, 松田 (国立天文台); 太田 (奈良女子大))  
近年の研究により, 宇宙の星形成率密度の進化が明らかになってきた. ところが, 高赤方偏移 ( $z > 3-4$ ) でのダストに覆われた星形成活動の役割や宇宙の星形成率密度が  $z = 2$  から  $z = 0$  にかけて減少する理由はまだ明らかになっていない. これらを明らかにするためには, 無バイアスなサブミリ波輝線銀河探査による, 輝線光度関数の制限が有用な手段である. 例えば, [CII] 158 $\mu\text{m}$  輝線はダストに覆われた星形成活動の指標になり, CO 回転遷移輝線は宇宙の分子ガス質量密度の進化という観点から, 宇宙の星形成率密度の変遷を探るために有用な輝線である. 近年, 無バイアスサブミリ波輝線銀河探査による輝線光度関数の制限は現実的なものになってきたが, ALMA によるスペクトラルスキャン観測 (周波数幅およそ数十 GHz 以上) での無バイアスサブミリ波輝線銀河探査は, 観測時間等のコストが高くなってしまいうという問題がある. そこで本研究では, 我々のグループによる 2 つの重力レンズ銀河団 (RXJ1347.5-1145, Abell S0592) の ALMA データに加え, ALMA アーカイブで公開されている重力レンズ銀河団のデータ (MACS J0416.1-2403, Abell 2744) を加えた 4 領域の ALMA データ (1 チューニングによる周波数幅およそ 8 GHz の観測; 観測波長およそ 1 mm, 見かけ上の広さおよそ 16 arcmin<sup>2</sup>) を用いて, サブミリ波輝線銀河光度関数の制限を行った. 本研究では, 周波数幅 60 MHz (およそ 66.7 km/s) と 100 MHz (お

よそ 111km/s) の 3 次元 S/N データキューブを作成し, CLUMPFIND を用いてサブミリ波輝線銀河探査を行った. 今回の探査では  $S/N > 5$  となる輝線天体は検出されなかったが, ピーク  $S/N = 4.5$  の輝線候補天体を 1 天体検出した. 重力レンズの増光により, CO(3-2), CO(4-3), CO(5-4), [CII] 158  $\mu\text{m}$  の輝線光度関数 (それぞれ  $z \sim 0.3, z \sim 0.7, z \sim 1.2, z \sim 6$ ) に対し, それぞれ  $< 10^{-3}-10^{-1} \text{ Mpc}^{-3} \text{ dex}^{-1}$  ( $L'_{\text{CO}} \sim 10^8-10^{10} \text{ K km s}^{-1} \text{ pc}^2$ ),  $< 10^{-3}-10^{-2} \text{ Mpc}^{-3} \text{ dex}^{-1}$  ( $L_{[\text{CII}]} \sim 10^8-10^{10} L_{\odot}$ ) の上限値を与えた. 本研究では, 重力レンズ銀河団の像高をより暗い範囲まで観測的に初めて制限することができた. 本研究内容は投稿論文として ApJ に投稿済みである.

### 23. SiO 複数輝線観測による近傍銀河 NGC1068 の中心部におけるショックの物理化学過程

(谷口 暁星, 河野, 田村, 泉; 高野 (日本大学); 中島 (名古屋大); 濤崎 (上越教育大))

これまでの単一鏡や干渉計の観測により, 活動銀河核 (AGN) をもつ銀河では HCN/HCO<sup>+</sup> の分子輝線強度比がスターバースト銀河に比べて高い値を持つことが知られている. その物理化学過程としては AGN からの X 線卓越領域 (XDR) の存在や, ジェット・アウトフローのショックによる力学的加熱などが考えられるが, どの寄与が卓越しているかは明らかとなっていない. そこで我々は, ALMA を使って近傍銀河 NGC1068 の中心部分に対して, ショックの良いトレーサー分子である SiO の複数回転遷移輝線の高空間分解能 ( $\sim 40 \text{ pc}$ ) 観測を行った. 前年度までの解析で, SiO の存在量が他の近傍銀河に対して顕著に増加しており, AGN からのアウトフローやジェットによる非等方的な強いショックの影響が見えていることが明らかになりつつあった. 一方, X 線卓越領域 (XDR) による SiO が卓越の可能性を棄却するための議論が十分に進められていなかったため, 卓越した SiO 分子の物理的起源について考察を進めた.

(1) 軟 X 線と SiO 輝線強度の空間分布の比較: Chandra による軟 X 線の強度の空間分布と, SiO (2-1) 輝線強度の空間分布とを比較した結果, SiO が卓越した AGN の東側のノット (E-knot) において軟 X 線の放射は存在するものの, E-knot 内での SiO (2-1) と軟 X 線の強度 (比) 間に相関は見られなかった. また, 軟 X 線の強度 (比) は領域内で 2 桁程度変化 (10-1000) するものの, SiO (2-1) の強度 (比) は大きく変化しなかった (0.4-0.6). (2) ショックモデルによる SiO 回転温度の解釈: 前年度までの解析では, SiO (2-1) と SiO (3-2) (以降 lower-J SiO) では低温 (5.4 K) かつ高柱密度 ( $2.6 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ ), SiO (5-4) と SiO (6-5) (以降 higher-J SiO) では高温 (30.2 K) かつ低柱密度 ( $5.1^{13} \text{ cm}^{-2}$ ) であることが明らかとなった. これを解釈するため, C-type のショックモデルによる, SiO 存在量と中性ガス温度のショックを受けてからの時間変化と解析結果とを比較した. モデルではショックを受けてから Si 原子が SiO 分子に変化するまでの時間の遅延が存在するため, ショックから  $10^1 - 10^3 \text{ yr}$  では高ガス温度かつ低 SiO 存在量であり,  $10^3 - 10^5 \text{ yr}$  では低ガス温度かつ高 SiO 存在量となる. このことから, lower-J SiO はショックを受けてから十分時間が経過したガスをトレースしており, 一方 higher-J SiO はショックを受けた時点のガスをトレースしている可能性が示唆される.

以上より, NGC 1068 の卓越した SiO の物理的起源は XDR よりもショックによる可能性が高いことが明らかになった. この成果は国際会議で口頭, ポスター発表を終え, 現在出版に向けて論文執筆中である.

### 24. 重力レンズ効果の高解像像復元アルゴリズム GLEAN の開発およびサブミリ波銀河 SDP.81 への適用

(石田 剛, 田村, 河野, 大栗, 廿日出)

既存の像復元アルゴリズムの多くは, 像平面上での多重像の対応を特定せずそれらをまとめて復元しているため, ソース平面上で異なる PSF が重なりあい, 結果位置決定精度が悪くなっている. その点を改善すべく, 2015 年の田村らによる論文では多重像の位置を数十個特定し, それらのフィットによって高解像度な像復元を実現している. ただし, この手法は多重像の同定を手作業で行なっており, 復元されるソースの数が限られる. そこで本研究では多重像の情報を用いた高解像度の像復元アルゴリズム (GLEAN) を考案した. この手法は電波干渉計の deconvolution 手法の CLEAN に着想を得ており, 観測された像の最も明るい点に対応するソース位置を計算, 多重像全てのモデル画像を出力し, 元の画像から減算することを繰り返すことで像復元を行なう. また, 像復元には既知の質量分布を用いる. このアルゴリズムを 2014

年に ALMA による長基線で観測された  $z = 3.042$  のサブミリ波銀河, SDP.81 に対して適用した. 用いたデータは 1.0 mm の連続波画像, CO と H<sub>2</sub>O の積分強度図であり, S/N の高い連続波画像については先行研究同様クランプ状の構造がよく再現され, CLEAN 的像復元機能が良好に働くことが確認できた. 一方で, CO と H<sub>2</sub>O に関しては S/N が悪く解像度も低いため, 像平面上でモデルの多重像の位置が観測されたものとずれる様子が散見された. したがって, CLEAN の次のステップである多重像フィットの実装も不可欠である.

25. SSA22 原始銀河団におけるアルマ深宇宙探査領域の開拓 (梅畑 (放送大学, 東京大学); 河野, 廿日出, 山口祐貴, 田村; 松田 有一, 中西一郎, 泉 拓磨, 伊王野 大介, 久保 真理子 (国立天文台))
- 宇宙の歴史は構造形成の歴史であり, 質量密度揺らぎの進化の結果として暗黒物質や目に見える物質 (バリオン) が蜘蛛の巣状の疎密を持つ宇宙大規模構造を成していると考えられている. 銀河が密度超過を示している原始銀河団は, 銀河形成と環境の関係を調べる上で最適の領域である. 本研究では赤方偏移 3.1 (115 億年前の宇宙) の宇宙大規模構造の心臓部についてのアルマ深宇宙探査を行った. この観測によって, 18 個のサブミリ波で明るく輝く, ダストに隠された活発な星形成活動を示す銀河 (サブミリ波銀河) を検出した. これまでにうち 12 個のサブミリ波銀河が実際に分光赤方偏移 3.1 であり, 間違いなく大規模構造内部に存在することも突き止められている. さらに X 線天文衛星チャンドラによる観測と照合し, その半分以上のサブミリ波銀河が X 線で明るい活動銀河核 (その熱源は中心の超大質量ブラックホールであるとされる) を持つことを発見した. サブミリ波銀河と活動銀河核の体積密度はどちらも同時代の平均的な値の数倍以上にも上る. これらの観測事実は, この時代の宇宙大規模構造の中心部において, 星形成活動と超大質量ブラックホールの成長が同時にかつ急速に進んでいることを初めて明らかにした. 本成果は Umehata et al. 2017b, ApJ, 835, 98 の中で報告されている.

## 2.5.2 銀河系および星間物質

1. 野辺山 45m 電波望遠鏡によるオリオン座 A 分子雲の多輝線広域観測 (石井; 中村, 川邊 (国立天文台); 島尻 (CEA/Saclay); 西, 浦沢 (新潟大); 小山田 (日本女子大))
- 野辺山 45m 望遠鏡を用いて <sup>12</sup>CO ( $J=1-0$ ), <sup>13</sup>CO ( $J=1-0$ ), C<sup>18</sup>O ( $J=1-0$ ), および N<sub>2</sub>H<sup>+</sup> ( $J=1-0$ ) 輝線による広域マッピング観測を推進した. 本研究は角分解能約 20" の高分解能 (0.04 pc @  $d=450$  pc) でオリオン座 A 分子雲の主要な領域を高感度でカバーする試みで, 近年開発された 4 ビーム 2SB 受信機 FOREST によって初めて可能となった. これにより, 巨大分子雲内の個々のフィラメントやクランプのサイズ, 質量, 速度分散といった基本的特性から統計的な議論が可能になるほか, 複数の輝線のデータをや他の望遠鏡で取得された異なる準位からの輝線のデータと組み合わせることで, 分子雲の物理状態の変化を調べることも可能となる. これにより, 周囲の OB 星が分子雲に及ぼす影響や, フィラメント内部での乱流状態の解析など, 分子雲そのものの進化に迫ることも期待できる. また, CARMA 干渉計のデータと結合することで, 最終的には角分解能約 6" でオリオン分子雲の全体像明らかにすることも目指している. 過去 2 年で取得したデータ間の強度較正方法を確立するとともに, これらを足し合わせ  $2^\circ \times 2^\circ$  に渡る広域マップを作成した. <sup>13</sup>CO ( $J=1-0$ ) のデータを用いて巨大分子雲の構造解析を行ったほか, C<sup>18</sup>O ( $J=1-0$ ), および N<sub>2</sub>H<sup>+</sup> ( $J=1-0$ ) のデータから分子雲コアの同定を進めた.
2. ALMA による M17SW 巨大分子雲の高分解能観測 (石井, 河野, 安藤 亮; 宮本, 金子, 荒井 (国立天文台); 中井, 永井 (筑波大学); 瀬田, Salak (関西学院大))
- M17SW はオリオン座 A 分子雲と並び, 典型的な銀河系内の大質量形成領域として知られる. とりわけ HII 領域と巨大分子雲が相互作用する様子を真横から観測できるため, HII 領域が分子ガスに及ぼす影響を調べるのに適している. 我々は HII 領域の膨張によるガスの掃き集め効果に着目し, それによって誘発される星形成の可能性を探るべく ALMA を用いて 80GHz 帯 (Band 3) の高密度ガス輝線 (H<sup>13</sup>CO<sup>+</sup> ( $J=1-0$ ), HCN ( $J=1-0$ ), HCO<sup>+</sup> ( $J=1-0$ )) の観測を行った. 20'  $\times$  20' の領域を 1.5" の空間分解能で観測し, 多くの

フィラメント構造とそこに存在する高密度コアを検出した。特に HII 領域との境界領域に沿って  $10^5 \text{ cm}^{-3}$  の高密度ガスが広がっていることを見出し、HII 領域の影響によるガスの圧縮と星形成の誘発を示唆する結果を得た。また、原始星からのアウトフロー等のショック領域をトレースすることが知られる SiO( $J=2-1$ ) 輝線の観測も同時に行い、分子雲の内部にアウトフローを伴う原始星の集団が存在することも初めて明らかにした。

### 2.5.3 恒星および系外惑星

#### 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

(田中, 高橋, 大澤 健太郎; 奥村 (日本スペースガード協会); 他 TAO プロジェクトグループ)

核崩壊型超新星の母天体である Wolf-Rayet 星 (WR), 高輝度青色変光星 (LBV), 黄色超巨星 (YHG), 赤色超巨星 (RSG) などの大質量星は銀河のエネルギーの多くを担い、また質量放出によって周辺の星間物質の形成や変成に対して、さらに次世代の星形成などに大きな影響を与えるという点で非常に重要な研究対象である。これら大質量星を含む銀河系内外の大質量星クラスターの形成・進化過程および年齢、さらにその空間分布や星間物質への寄与などの解明を目的として、チリ・アタカマのチャナントール山頂にある miniTAO 1m 望遠鏡の近赤外カメラ ANIR に搭載されている  $1.87\mu\text{m}$  及び  $2.07\mu\text{m}$  の狭帯域フィルターと  $K_s$  標準フィルターの撮像観測データを用いた研究を行っている。N187 は、通常地上からは検出が非常に困難な  $\text{Pa}\alpha$  輝線の他に HeII 輝線が検出でき、WN 型 WR 星, 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は 3 つのバンドから得られる 2 色図 (color-color diagram) が得られ、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  $K_s$  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。クラスター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相関があることを示唆する。

今年度は、これまでに引き続き mini-TAO/ANIR で観測を行った銀河中心領域, Westerlund1 クラスター, LMC, SMC などの観測結果を基に具体的なサイエンスの議論を進めた。銀河中心方向 3 領域 (Arches クラスター, Quintuplet クラスター, SgrA\* クラスター) ではほぼすべての既知の大質量星が検出されている他、減光の大きな或は非常に赤い天体が多数見つかった。もしこれらの天体が YSO である場合、寿命の短い大質量星からまさにこれから大質量星になるであろう天体が同じクラスターに共存することになる。これは大質量星がクラスター中で、どのように誕生し進化していくのかのシナリオの理解に鍵となるヒントを与える。また、ほぼ同じサブクラスの WN を含む銀河系大質量星クラスターである Arches cluster の観測データにおいて WN 星の  $1.87\mu\text{m}$  超過と WN 星の  $K_s$  等級の間に良い相関が得られた。質量放出量が多いほど He II 輝線が強くなり  $1.87\mu\text{m}$  におけるフラックス超過が大きくなる一方、質量放出量が多いほど制動放射が強くなり  $K_s$  等級で明るくなるため、上記のような相関が見られると考えられる。さらに系内大質量星形成クラスターの一つである Westerlund1 では、これまでのカタログにはない WR 星候補天体も見つかっており、我々の手法が大質量星検出のツールとして有効であることを示している。LMC や SMC は金属量が天の川銀河環境とは大きく異なっており (低金属量), 大質量星ひいてはクラスターの形成・進化にも違いがあることが考えられる。観測した複数の領域はクラスターの構成メンバーや進化段階に多様性があり、これらを系統的に調べることで形成環境の違いとその後の大質量星クラスターの進化へ議論が展開できる。

#### 2. CO 振動回転遷移輝線を用いたミラ型変光星の星周構造探査 (上塚; 高見 (国立天文台))

ミラ型変光星は宇宙におけるダストの主要な供給源の一つであり、ダスト形成過程やダスト供給率の時間変化を探る手段として、これらの天体の星周構造を直接的にとらえる方法が考えられる。この星周構造を、高い空間分解能、かつ低空間周波数成分まで観測する方法として、大型望遠鏡を用いた近赤外線 CO 振

動回転遷移輝線の高分散分光撮像観測が有効である。そこで本研究では、すばる望遠鏡搭載の AO188 および IRCs を用いて、ミラ型変光星の代表である *o* Cet および R Leo の観測を実施した。

本年度は特に *o* Cet の観測データを解釈するためにモデル解析を進めた。モデルはルーベン大学の Leen Decin 教授のグループが開発した GASTRoNOoM という非平衡輻射輸送計算コードで、本年の前半はこれの習得を進めた。後半はこれを利用し、我々の観測結果と先行研究の観測結果を説明するようなモデルの探索を行った。先行研究では星から二秒角以上の領域の CO プロファイルがとらえられており、その輝度を再現するにはシェル内部が中空である必要があると指摘していた。その予測が正しいかどうかを議論するには、より星近傍が観測できている我々の観測データが有効である。モデル解析を進めた結果、このような中空モデルでは我々の観測結果と先行研究の観測結果を説明することが難しく、乱流速度の空間分布を導入するなどする必要があったことがわかった。乱流速度の空間分布の導入は現在のコードでは実装されておらず、今後コードを改良し、さらなるモデル構築を進めることで、*o* Cet における質量放出史や星風加速機構を明らかにする。

### 3. ALMA を用いた W Hya 星周におけるダストの形成分子の詳細観測

(上塚; 瀧川 (京都大学); 橘 (北海道大学); 山村 (ISAS/JAXA))

赤色漸近巨星分枝星の質量放出は、星周で形成するダストに中心星の輻射があたり発生する輻射圧によって駆動されると考えられているが、この機構を働かせるためには輻射圧を受けやすいダストが十分に星に近い領域で形成できる必要がある。この点で、どのようなダストがどこで形成されるかを明らかにすることが非常に重要である。酸素過多星においては、現在もこのシナリオが有効かどうか議論的となっている。この問題を探るうえでは非常に高い空間分解能の観測が必要となる。そこで我々は、酸素過多の赤色漸近巨星分枝星で近傍に位置している W Hya という天体を ALMA で観測し、ダストの材料となる AIO および SiO 分子の分布を明らかにすることを目的とした観測を計画した。

この観測は 2015 年末に実行され、本年度はそのデータ解析とモデル解析、さらに論文化の作業を進めた。特に上塚はデータ解析の主担当となり、モデル解析・論文執筆作業についても大きく携わった。AIO 輝線のデータからは「AIO 分子が星近傍に集中し、かつ星近傍に局在するダストの分布とよく一致すること」「SiO 分子は非常に広く分布しており、シリケートの形成は不活性であること」などを明らかにすることができた。これらの結果については論文としてまとめ、現在投稿作業を進めている。

### 4. Photometric properties of intermediate redshift Type Ia Supernovae observed by SDSS-II Supernova Survey

(高梨 直紘, 土居, 安田 直樹, Kuncarayakti (チリ大学); 小西 功記 (ニコン); D.P. Schneider (Pennsylvania State 大); D.Cinabro(Wayne State 大); J.Marriner(Fermi National Accerelator Laboratory))

スローンデジタルスカイサーベイ II の超新星観測で得られた 328 個の Ia 型超新星の光度曲線を解析し、Ia 型超新星の色と明るさの関係を調べた。光度曲線の幅に対して最も明るい超新星群に比べどのくらい暗いかと最大光度での色を調べることにより、Ia 型超新星には少なくとも 2 種類の色が違うグループがあり、また減光の種類も 2 種類ある可能性が高いことを示した。特に色の赤い母銀河に出現した超新星は色が赤く暗い傾向があることも示した。これらの結果を MNRAS に出版した。

### 5. Early-phase multi-band observations of Type Ia supernovae (Jiang Ji-an, 土居, 茂山, 野本, 安田, 鈴木尚孝, 諸隈; 前田 (京大); 田中雅臣, 古澤, 宮崎 (国立天文台); 富永 (甲南大); Saurabh W. Jha (The State University of New Jersey); Željko Ivezić, Andrew J. Connolly, Peter Yoachim (U.Washington); P. Ruiz-Lapuente (Consejo Superior de Investigaciones Científicas); M. D. Stritzinger (Aarhus University); P. A. Mazzali (Liverpool John Moores University); Christopher Ashall, Jeremy Mould (Swinburne University of Technology); D. Baade (ESO); Lifan Wang(Texas A. M. University); F. Patat (Instituto de Astrofísica de Canarias); David Jones (Universidad de La Laguna) )

We focused on studying Type Ia Supernovae (SNe Ia) within a few days of the explosion with the

Subaru/HSC and other telescopes in 2016. The first observing run of a supernova project “the **M**ulti-band **S**ubaru **S**urvey for **E**arly-phase **S**Ne Ia” (**MUSSES**), has been successfully carried out in April–June, 2016. Finally, several early-phase SNe have been found successfully. In particular, we discovered one normal-brightness SN Ia, named as MUSSES1604D, within one day after the explosion. The Subaru/HSC observations indicate that MUSSES1604D shows very peculiar photometric behavior in the first few days after the explosion. Further analysis indicates that the peculiarities of MUSSES1604D are well in line with predictions of a specific explosion model: a SN triggered by the Helium detonation at the surface of a white dwarf. The discovery of MUSSES1604D not only provides robust evidence of a SN Ia explosion model for the first time but also suggests the existence of multiple explosion channels of SNe Ia. Our result will be published soon and this exciting finding will bring us new ideas in figuring out the long-standing issues of SNe Ia.

#### 6. M型矮星における炭素同位体組成比 $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ の予備的評価 (辻)

すばる IRCS による近赤外スペクトル (分解能  $R \approx 20000$ ) の解析から 48 個の M 型矮星における炭素同位体組成比  $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$  の推定を試みた。これまで M 型矮星における炭素同位体  $^{13}\text{C}$  の存在は明確には示されていなかったが、今回、 $^{13}\text{CO}(3,1)$  バンドにこれらが明確に同定されることを示した。しかしながら、我々の分解能では微弱な  $^{13}\text{CO}$  によるスペクトル線の精密な定量解析は難しく、 $^{12}\text{C}/^{13}\text{C} = 10, 25, 50, 100, 200$  を仮定した合成スペクトルと観測スペクトルの比較から  $\chi^2$  検定により  $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$  比の推定を行った。その結果、これら M 型矮星の  $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$  は、39 から下限値 200 の範囲に分布することが明らかとなった。 $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$  比が決められた 31 天体の平均値は  $87 \pm 21$ 、下限値しか求められない 17 天体を含めた平均値は  $127 \pm 41$  (下限値) である。この結果を銀河系の分子雲における  $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$  比 (例えば、太陽近傍の平均値は  $^{12}\text{C}/^{13}\text{C} \approx 70$ ) と比べると: 両者に於ける  $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$  比の分布はかなりよく似ており、特に  $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$  比が小さい ( $^{13}\text{C}$  が多い) ものでもその値はともに 40 程度で、一部の恒星に見られる  $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$  比が一桁であるような  $^{13}\text{C}$  過多のものは存在しない。しかし、過去の星間分子雲の  $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$  比を反映している M 型矮星の  $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$  比が、現在の星間分子雲のそれより多分大きい ( $^{13}\text{C}$  が少ない) ことは、 $^{13}\text{C}$  は銀河系の化学進化で増大したことを示すものであろう。また、M 型矮星においては、酸素 ( $^{16}\text{O}$ )/炭素 ( $^{12}\text{C}$ ) 組成比は金属量と極めてよい相関を示しで金属量の増大とともに減少するが、 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  比は金属量と全く相関を示さないことが明らかとなった。このことは、 $^{13}\text{C}$  の少なくとも一部は、恒星誕生時にすでに存在した  $^{12}\text{C}$  を材料として生成される (secondary element) のに対し、 $^{12}\text{C}$  及び  $^{16}\text{O}$  は恒星誕生時に存在した H 及び He を材料として生成される (primary element) ことを反映しているものと考えられる。

#### 7. M 型星の水分子の探査—分子光球の探求 (田辺, 本原, 松永, 館内 謙, 小西 (東京大学); 板 (東北大学))

赤外スペース天文台 ISO による観測で、辻らは高温の早期 M 型巨星  $\beta$  Peg (M2II) に  $2.7 \mu\text{m}$  帯水分子による吸収を見出した。恒星の標準光球モデルにおいては、3 原子分子である水分子はスペクトル型 M6 以降、大気温度 3000K 以下の星にしかその存在が予測されず、また、中間赤外域では水分子の輝線スペクトルが観測されたことにより、辻は、これが光球起源ではなく、光球の上層部に「暖かい分子の雲」が存在するとして「分子光球 MOLsphere」と名付けた。辻は他の ISO データの解析から、早期 M 型巨星、超巨星、さらには晩期 K 型巨星にも水分子の存在を明らかにした。その後 VLTi などによる赤外干渉計により、星の周りの広がった分子光球が直接とらえられ、多くの M 型の巨星、超巨星、ミラ型変光星、不規則変光星に分子光球の存在が明らかとなった。

恒星大気における水分子の観測は、地球大気の水の強い吸収のため、これまで地上からの観測は難しくもっぱら上空からの観測に限られてきた。しかし、miniTAO 1m 望遠鏡が建設されたチャナントール山山頂 5640m においては地球大気の水分子による  $1.9 \mu\text{m}$  波長帯 ( $\Omega$  バンド) の吸収が弱くなり、恒星大気の水分子の観測が可能となる。我々は miniTAO 1m 望遠鏡に搭載された近赤外線カメラ ANIR の Pa  $\alpha$  ( $\lambda = 1.8754 \mu\text{m}$ ,  $\Delta\lambda = 0.0079 \mu\text{m}$ ), Pa  $\alpha$ -off ( $\lambda = 1.910 \mu\text{m}$ ,  $\Delta\lambda = 0.033 \mu\text{m}$ ) の 2 つの狭帯域フィルター及び  $J$ ,  $H$ ,  $K_s$  を用い、これらのカラーから水分子の有無を明らかにすることができると考え、系統

的に M 型星を観測してきた。これまで大小マゼラン雲中の約 100 のスペクトル型の分かっている M 星巨星を観測し、水分子の有無の指標となる Pa  $\alpha$  等級  $-K_s$  等級, Pa  $\alpha$ -off 等級  $-K_s$  等級という 2 つのカラー (水インデックス) を導出した。図??に  $J-K_s$  カラー (光球の温度に対応) に対して Pa  $\alpha$ -off 等級  $-K_s$  水インデックスをプロットした。この図を解釈するために、恒星光球モデルスペクトル MARCS に ANIR のフィルター透過率を掛けあわせカラーを計算した。カラーの 0 点は同様の計算を Vega のモデルスペクトルに対して行い決定した。図の赤丸は、マゼラン雲に対応する金属量  $-0.5$ , 巨星に対応する  $\log g = 0.5$ , 光球温度 4000K - 3000K のモデルスペクトルでこれらカラーがどのように変わるかを示した。多くの星では水インデックスの値は小さく、光球モデルから計算される値とほぼ一致しているが、それらの一群とは有意に離れて水インデックスの値が大きく、光球起源ではない水の吸収を示す星が複数存在することが明らかになった。これらは分子光球を持つ星の候補といえる。しかし、全ての巨星に分子光球があるわけではなく、その存在は特別な星に限られているようで、その違いを明らかにすることが今後の課題である。

#### 2.5.4 太陽及び太陽系

1. Tomo-e Gozen 試験機による微光流星の観測 (大澤 亮, 酒向, 猿楽; 臼井 文彦 (神戸大学); 大坪貴文 (JAXA); 佐藤幹哉 (日本流星研究会); 藤原康徳 (総合研究大学院大学); 有松亘, 春日敏測, 渡部潤一 (国立天文台))

流星とは惑星間空間に存在するダストが地球大気に突入し発光する現象である。流星の可視光での光度は流星物質の質量のよい指標であり、流星の光度関数から惑星間ダストのサイズ分布を探ることができる。サイズ分布を包括的に理解するためには、光度関数をより暗い流星 ( $\sim 12$  等) まで延長する必要がある。この目標を達成するためには望遠鏡と広視野カメラを用いた動画観測が有効である。

東京大学大学院理学系研究科天文学教育研究センター附属木曾観測所では 105 cm シュミット望遠鏡に搭載する超広視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen の開発を進めている。Tomo-e Gozen は約 20 平方度の視野を 2 Hz で連続的に監視 (動画的観測) することが可能である。我々は 2015 年 12 月に試験機 (Tomo-e PM) を開発し性能評価を実施した。ここでは 2016 年 4 月 11, 14 日に実施した流星観測の結果を報告する。我々は 2 晩の観測で絶対等級にしておよそ 4-11 等の範囲の流星を合計 2220 件検出した。観測結果は  $N(<M) = 3.17^M \times 10^{-5.42}$  という光度関数によってよく説明され、これまでの観測的研究と整合することを確認した。

#### 2.5.5 望遠鏡, 観測機器, ソフトウェアの製作と開発

1. ASTE 望遠鏡搭載超伝導遷移端連続波カメラの開発 (田村, 石井, 泉 拓磨, 梅畑, 谷口 暁星, 山口 裕貴, 石田 剛, 河野; 大島, 竹腰, 泉, 荒井, 松尾, 川邊 (国立天文台); 鈴木, 村岡 (大阪府立大); Lee, A. (UC Berkeley); Dobbs, M. (McGill University); Mauskopf, P., Ade, P. (Cardiff University); 他 TES カメラ開発チーム)

銀河系から遠方銀河に渡る星形成とその歴史, および, 銀河団の動的進化についての理解を目指し, ミリ波サブミリ波多色連続波カメラの開発を 2007 年度より推進している。連続波カメラは 270 GHz (1.1 mm) 帯, 350 GHz (850  $\mu\text{m}$ ) 帯の 2 つのバンドで, 超電導遷移端検出器を用いた素子をそれぞれ 169, 271 ピクセル備え, ミリ波サブミリ波帯での広域撮像観測を行うことができる。昨年度末に実施したチリ北部の ASTE 望遠鏡への搭載作業および装置立ち上げ作業に引き続き, 4-7 月の 4ヶ月に渡って科学試験観測を行った。

科学運用で不可欠となるフラックス強度較正の解析に関しては, これまでの検討結果に基づいてカメラへの入射パワーに対する素子の応答を関係付けるとともに, 大気による減衰量の補正および線型性の評価を

行った。周波数多重化方式によって素子から読み出したデータは変調信号に対し同位相と逆位相を持つ2つの成分を持つ。これら2成分の混合の割合が素子毎に異なることが明らかとなったため、大気のティッピング観測データを用いてこれらを補正し、全ての素子からの出力を統一して取り扱う手法を考案した。そのうえで各素子の性能を評価するため、チューニング測定で得た抵抗値等のポロメータ特性も加味しつつ健全な応答を示す素子を抽出しデータベース化した。さらに可降水量の異なる様々な大気条件の下で行った惑星観測の結果から、ASTEサイトの典型的な大気の光学的厚み ( $\tau_{220GHz} = 0.02-0.15$ ) で多くの素子が十分な線形性を有すると確認した。一部の素子が示す非線形性に対しても強度較正の結果の利用することで入射パワーとの対応付けが可能なことを示した。

## 2. 超広帯域サブミリ波分光計 DESHIMA の開発

(石井, 田村, 河野; 遠藤, 唐津 (Delft University of Technology); 大島, 竹腰, 前川 (国立天文台野辺山); 中坪, 森, 藤田 (北大低温研); 堀込 (有限会社ゼロ); Baselmans, Yates, Baryshev (SRON) )

DESHIMA はダストに覆い隠された初期宇宙の星形成活動を明らかにし、宇宙における星形成史の解明に迫ることを可能にする次世代サブミリ波超広帯域分光計である。300–900 GHz という超広帯域に渡って、[CII] 輝線 (158  $\mu\text{m}$ ) を用いたサブミリ波銀河の分光赤方偏移測定 ( $df/f \sim 1000$ ) を可能とする他、CO 輝線や CI 輝線の複数の遷移を同時検出することでスペクトル線エネルギー分布 (SLED) から物理状態を明らかにするといった応用も期待されている。DESHIMA は最新の超伝導デバイス作成技術を駆使することで、超伝導フィルターバンクとマイクロ波力学インダクタンス検出器 (MKIDs) を1つのチップ上に形成し、従来の z-machine に対し優れた小型化と多素子集積化 (素子数  $\sim 5000$ ) を実現している。本研究では、開発の第1段階として、まずは2017年に300–400GHzを1ピクセルカバーする実証機 (Phase I) をASTE望遠鏡に搭載し、原理実証を行うことを目指している。DESHIMA の開発を主導する遠藤光助教 (デルフト工科大) 他オランダのグループとの連携をさらに強化しつつ共同研究を進めた。また、搭載予定であるASTE望遠鏡のマネージャやTESカメラ開発チームメンバーとの調整も重ね、2017年10月を初回の試験搭載時期とするともDESHIMAと望遠鏡とのインターフェース部分の準備を行った。6月には国立天文台チリ観測所より計画の提案に対する審査結果を受け取り、科学的意義や計画の将来性で高い評価を得た。7月にはオランダのグループと合同で現地調査を行い、搭載手法の検討と試験時のリスク要因の洗い出しを行った。光学系開発においては、連続波カメラとの同時搭載を見据えた設計からDESHIMA単体の試験搭載に特化したミスアライメントに強い広視野光学系へと変更した。設計をデルフト工科大で、製作を国内で行うこととし、製作を担当する北大低温研、国立天文台先端技術センターとの打ち合わせを重ねた。ソフトウェア関連では、国立天台三鷹にある望遠鏡システムシミュレーション環境下にDESHIMAソフトウェア開発環境を構築し、望遠鏡制御ソフトウェアとDESHIMAコントロールソフトウェアの同期および通信方法を整備した。

## 3. 周波数変調局部発振器を用いた新しいサブミリ波分光方式の開発: ASTE 望遠鏡での性能評価試験

(谷口 暁星, 田村, 河野; 高橋, 豊谷, 前川 (国立天文台); 堀込 (ゼロ); 酒井 (電通大))

我々は、ヘテロダイン受信機の局部発振器 (LO) の出力を周波数変調 (FM) することで単一鏡分光観測の感度を向上させる、新しいミリ波サブミリ波分光法 “FMLO” を開発している。本手法では従来のポジションスイッチ、周波数スイッチ観測におけるオフ点 (参照スペクトル) の取得が不要なため、観測効率の大幅な改善による感度の向上が可能である。これは、分光計出力を高周波 (10 Hz) で取得しつつ LO 出力を周波数変調させることで時間空間上で天体信号を高周波成分に変調し、低周波成分が卓越した  $1/f$  状の相関雑音を信号処理で分離することで実現する。また、ベースラインのうねりの低減、サイドバンド分離も同時に達成されるため、線幅の広い系外銀河の輝線探索やオフ点観測が難しい銀河面サーベイなどに絶大な威力が発揮されることが期待される。

今回我々は、FMLO 制御システムの ASTE への搭載、試験観測、および解析パイプラインの開発を行った。試験観測では、制御システムによる周波数変調–分光計出力間の時刻同期を 1 ms の精度で達成し、分光計チャンネル間での意図しない天体信号の漏れ込みが無視できるほど小さいことを確認した。これにより、

制御システム搭載後のファーストライトを達成した。また、解析パイプラインの開発では、周波数変調された時系列データの性質を積極的に利用することで、単一鏡分光観測の観測方程式を直接解いてゲイン推定を行う新しい強度校正手法を考案した。これにより、従来の相関雑音の反復推定だけでは実現されなかった、天体信号強度の“正しい”校正が可能になった。その上で、FMLOによる系内分子雲 Ori-KL の輝線観測をポジションスイッチ観測と比較することにより、周波数変調の速度と幅のパターンの最適化、FMLO観測によるオフ点不要なマッピング観測を実証した。この成果は国内、国際会議で口頭、ポスター発表を終え、現在出版に向けて論文執筆中である。

#### 4. 次世代大型サブミリ波単一鏡 Large Submillimeter Telescope (LST) 計画の検討

(河野, 田村, 石井; 川邊, 大島, 竹腰 (国立天文台) 他 LST working group)

ALMA時代において、相補的な discovery space を開拓すると共に、ALMAへの新たな観測天体供給も行うことができるミリ波サブミリ波帯での次世代サーベイ望遠鏡として、口径50m、主観測周波数70–420GHz帯、視野30分角以上を実現する Large Submillimeter Telescope (LST) 計画の検討を進めている。広い視野を活かし、最先端の超伝導検出器技術を駆使した大規模な多色カメラや超広帯域分光撮像カメラもしくは多天体分光器を搭載して、HerschelやSCUBA2などでの confusion limit を打破した、次世代の広視野 ( $> 100 \text{ deg}^2$ ) deep survey を実現するばかりでなく、[CII]/CO tomography (Tamura et al.) による RSD や大規模構造探査、ミリ波サブミリ波帯での時間変動天体探査や“Orphan GRB”探査、重力波対応天体同定などがはじめて本格的に実現できると期待される。アンテナの指向精度や鏡面精度、光学系など、LST50m鏡実現の上で鍵となる要素の検討を進め、結果を SPIE proceedings としてまとめた (Kawabe, Kohno, Tamura, et al. 2016, Proc. SPIE 9906, Ground-based and Airborne Telescopes VI, 990626)。

#### 5. 地上中間赤外線スロースキャン観測の開発 (大澤 亮, 宮田, 酒向, 上塚, 岡田 一志, 内山 允史, 毛利 清; 森井 幹雄, 池田 思朗 (統計数理研究所), 藤吉 拓哉 (ハワイ観測所))

地上からの中間赤外線観測では高速で変動する大気、望遠鏡による輻射、検出器の不安定性などを克服するために高速 (1 Hz) で視野を切り替えるチョッピング観測が用いられる。視野の切替には従来より副鏡 tip-tilt が用いられてきたが、TMTのような大型望遠鏡では副鏡のサイズが大きすぎるため副鏡 tip-tilt によるチョッピング観測は不可能である。我々はチョッピングの代わりに望遠鏡を  $0.1'' \text{ s}^{-1}$  程度の速度で動かしながらデータを取得する“スロースキャン観測”を開発した。スパースモデリングの分野で用いられる行列分解手法の一つである GoDec というアルゴリズムに天文データの処理に適した改変を加えることでスロースキャン観測によって得られたデータから画像を復元することが可能である。我々はすばる望遠鏡に搭載されている中間赤外線観測装置 COMICS を用いてスロースキャン観測を実施したところ、従来のチョッピング観測と同等以上の時間効率で観測ができることを示した。

#### 6. マイクロシャッタアレイの開発 (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。

本年度は両開き型のシャッタが  $4 \times 4$  並んだアレイデバイスを製造するとともに、それを制御するシステムを構築した。その結果、アドレッシングにより特定のシャッタの開閉を行うことに成功した。次年度は安定して動作するアレイデバイスの製造を目指して引き続き開発を行う予定である。

#### 7. 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))

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 (<0.5m/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 (>40GHz) 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まだない。

そこで我々は東京大学工学部の吉岡准教授の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の開発を進めている。本年度は、吉岡グループが開発した 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ファブリペロ共振器と組み合わせることにより、700-900nm の波長域で繰り返し周波数 45GHz のレーザーコムの試作に成功した。このシステムは、元となるチタンサファイアレーザーの繰り返し周波数が非常に高いのが特徴であり、これにより、システム全体がシンプルでありながら超広帯域・超高繰り返しを両立しつつ高い安定性を実現可能である。

次年度はこのシステムの小型安定化及び、実際に天文用高分散分光器に取り付けての波長校正及びその安定性の実証試験を行うことを目指している。

8. 可視面分光装置 Kyoto 3DII の新 CCD カメラ開発とそれを用いた観測 (満田 和真, 土居, 酒向; 美濃和, 早野 (国立天文台); 菅井, 下農 (IPMU); 松林, 服部, 鎌田, 尾崎 (国立天文台))

Kyoto 3DII は、すばる望遠鏡において 2016 年度まで PI 装置として共同利用に供されてきた観測装置である。すばる望遠鏡の補償光学装置 AO188 とともに用いられるため、可視域において補償光学付き面分光観測を行うことができ、この点で世界的にも類のない装置である。補償光学は長波長域でより良い性能を発揮するため、長波長側でのシステム効率が重要である。ところが、これまで Kyoto 3DII で用いられていた CCD は長波長側での量子効率が低く、補償光学が重要な波長域で十分な性能を発揮できていなかった。そこで、我々は長波長域での量子効率が以前と比べて 2 倍程度高い浜松ホトニクス社製の完全空乏型 CCD を用いたカメラシステムを新たに開発した。量子効率の向上に加え、フリッジが改善し、また、新規に導入した冷凍機と読み出し系によって読み出しノイズも  $3.2\text{-}3.4e^{-}$  と以前の半分程度に改善した。本カメラシステムは 2015 年 5 月に Kyoto 3DII 本体に搭載され、同年 9 月の試験観測で期待通りのシステム効率の向上が確認された。2015 年 9 月, 2016 年 2, 3 月, 2017 年 2 月に共同利用時間と観測所員時間による科学を実施し、近傍から低赤方偏移の銀河中心核や中赤方偏移の銀河の吸収線などの観測に成功した。

9. 小口径望遠鏡用可視補償光学試験装置の開発 (峰崎, 河野 志洋)

近年の技術進歩により、補償光学の主要コンポーネントである可変形鏡, 波面センサー, 制御計算機のいずれもについてそこそこの性能のものが安価な価格で市販されるようになってきた。そこでこういった製品を利用して小口径望遠鏡向けの安価な補償光学装置の開発を進めている。シーイングに優れたサイトの中小口径望遠鏡に可視補償光学装置を搭載すれば、ハッブル宇宙望遠鏡の観測装置や大口径望遠鏡に搭載されている近赤外線補償光学装置と同等の  $\sim 0.1 - 0.2$  arcsec に迫る角度分解能を達成でき、中小口径望遠鏡の豊富な観測時間, 柔軟な運用を活かした新しい研究の展開が期待できる。

我々はまず小口径望遠鏡での可視補償光学の機能と性能を評価するため試験装置を開発した。安価な可変形鏡, 波面センサーカメラ, 制御計算機を採用し、光学系のほとんどにカタログ品の部品を採用することで、製作費用を極めて安価におさえた。また本体を軽量かつコンパクトに仕上げ、各地の小望遠鏡に搭載して試験することを容易にしている。さらに本装置をまず広島大学東広島天文台かなた 1.5 m 望遠鏡に、次に兵庫県立大学西はりま天文台なゆた 2.0 m 望遠鏡に搭載して試験観測を行った。いずれの試験観測でも補償光学の機能が確かめられ、とくに観測条件が良好であったなゆた望遠鏡の試験観測においては星像 FWHM が  $\sim 1.0$  arcsec から  $\sim 0.4 - 0.5$  arcsec と 2 倍以上に改善された。詳細な波面データの解析により本装置の動作は制御モデルから予想される通りの性能を発揮していることがわかった。

今後は制御プログラムの改良を行いさらなる性能向上をはかるとともに、海外の観測適地にある小口径望遠鏡に搭載して試験観測を行うことを計画している。

## 10. SPICA 計画への貢献 (河野)

口径 2.5m 級の冷却鏡を搭載した次世代赤外線衛星 SPICA の実現のため、河野は日本側の Project Scientist 補佐として計画に貢献している。今年度は、ESA M5 提案のとりまとめに向け、国際サイエンスボード会議 (2016 年 5 月, 7 月) にプロジェクト側メンバーとして出席した他、ESA M5 提案の作成に貢献した。

## 11. ngVLA 計画検討への貢献 (河野)

米国における次世代大型地上電波干渉計 next generation VLA (ngVLA) の科学検討を行う ngVLA Science Advisory Council に国立天文台からの推薦を受けて参加している。ngVLA は周波数 1GHz 付近から 115GHz 帯までをカバーし、JVLA や ALMA band1-3 の約 10 倍の集光力を目指す装置である。SKA-low/mid とも相補的な関係である。これまでに発表された科学白書の再検討と新たな ngVLA science cases の策定に貢献した。

## 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た。

平成 28 年度は TAO 本格製作フェーズの四年目として、望遠鏡および付帯設備の設計製作を進めた。具体的には、望遠鏡主鏡支持機構、副鏡位置制御機構、主鏡セル、望遠鏡架台と制御システム、エンクロージャーの一部製作を行った。また、第三鏡位置制御機構、山頂設備およびアクセス道路の設計や輸送および現地作業計画の検討なども行った。

### TAO 計画全体進捗

1. TAO 計画の全体進捗 (吉井, 土居, 田中, 河野, 宮田, 本原, 田辺, 峰崎, 酒向, 諸隈, 田村, 小西, 高橋, 上塚, 加藤, 青木, 征矢野, 樽沢; 越田 (国立天文台))

TAO 計画は現在製作フェーズ四年目になり、各部の製作は佳境を迎えている。製作は基本的に各企業で行われるが、詳細な仕様の決定や進捗管理、企業間のインターフェースの調整などは TAO グループが中心となって携わっている。このためグループ内の担当者が一堂に会して情報交換を行い、各種の決定を行うための技術検討会を定期的に行っており、計 29 回開催した。こういった TAO 計画の進捗状況について、スコットランド・エジンバラで開催された SPIE 主催の国際研究会にて 9 件の口頭およびポスター発表を行った。

また 2016 年 6 月にはチリ北部アントファガスタ市においてアントファガスタ鉄道博物館とアントファガスタ大学との共催、北カトリカ大学の協力のもと、TAO 計画の展示会を開催した。同 11 月にはチリ最南端パタゴニア地方において東京大学、チリ大学、チリ・カトリカ大学共同主催の日本・チリ学術フォーラム 2016 を開催し、現地マガジャネス大学を会場として天文学、海洋生物学、アジア・ラテンアメリカ等の 12 分野のワークショップが行われた。このようにチリ国内のコミュニティとの関係も順調である。

2. TAO 望遠鏡本体等の検討 (吉井, 土居, 田中, 河野, 宮田, 本原, 田辺, 峰崎, 酒向, 諸隈, 田村, 小西, 高橋, 上塚, 加藤, 青木, 征矢野, 樽沢; 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ベントカセグレン焦点を 2ヶ所を備えることとしている。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、

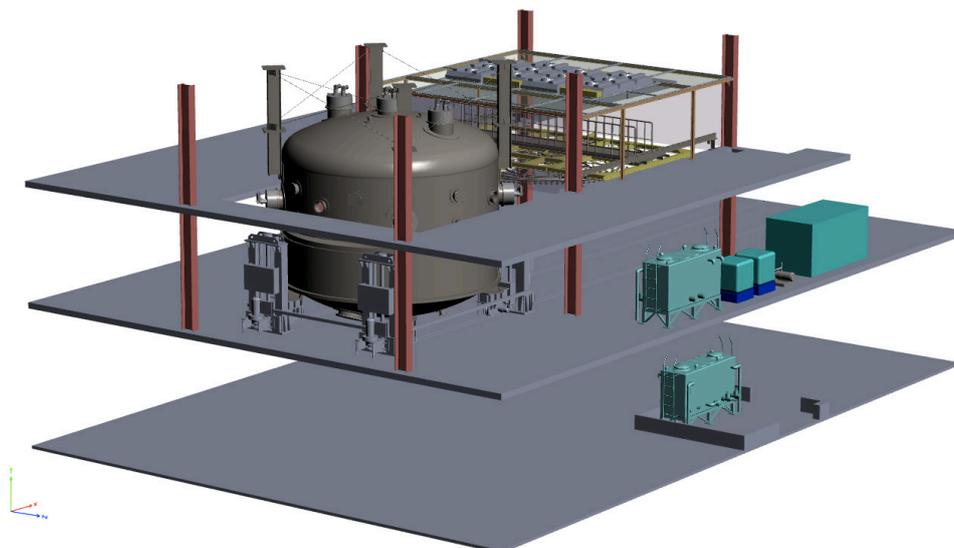


図 2.1: 観測運用棟内の蒸着設備の配置 CG 画像.

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  $\theta_{80} = 0.33$  arcsec, 半値全幅 FWHM = 0.22 arcsec 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スチュワート天文台リチャード・F・カリス・ミラーラボ (旧 SOML) が、望遠鏡鏡筒および架台を西村製作所が、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 京都虹工房が、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。

アリゾナ大学において、平成 28 年度は、TAO サイトにおける低気圧に対応した主鏡吊り上げ器具の製作、主鏡セル試験用のダミー主鏡の製作、スベア 10 個を含む計 114 個の空力アクチュエータの製作・較正が完了した。また、主鏡セル制御のための配管や熱制御用ボックスの詳細設計、付帯設備の検討、第三鏡支持回転機構の詳細設計などの開発が進んだ。

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。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備え、全高約 15 m (ピラーを含めず)、不動点高約 5.5 m (ナスミス床より)、総重量約 200 t の巨大な構造物が出来上がった。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する。補正にあたっては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測定された望遠鏡光学系の波面誤差を情報として利用する予定である。現在望遠鏡架台は兵庫県内の作業場にて組立・調整を進めており、静油圧軸受により巨大な方位軸架台を人力で動かすことが可能になるほど抵抗を小さくすることができている。能動光学制御のキーコンポーネントの一つである高速・高精度な副鏡位置制御機構についても完成間近であり、これらを統合して制御するシステムの開発も進行中である。巨大な観測装置を望遠鏡に搭載する際に必要な観測装置交換機構も完成した。また仮組調整で得られた経験をもとに、現地での組立手順、初期光学調整手順についても詳細な検討を開始した。今後も望遠鏡架台の組立・調整を進めるとともに関連装置との結合試験・総合試験を進めていく予定である。

3. TAO6.5m 望遠鏡蒸着装置 (吉井, 土居, 河野, 田中, 宮田, 本原, 田辺, 峰崎, 酒向, 諸隈, 田村, 小西, 高橋, 上塚, 加藤, 青木, 征矢野, 樽沢)

蒸着装置は、経年劣化による鏡面の反射膜を剥離・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。蒸着は望遠鏡ドームおよび併設された観測運用棟において以下の流れで行われる。尚、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、主鏡が主鏡セルに入ったままの状態で行われる。また望遠鏡ドームから蒸着エリアまでレールが敷かれており、直線平行のみの移動、つまり負荷のかかる上下方向の移動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が入った主鏡セルを迎えることになる。主鏡は望遠鏡ドーム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を行う。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行う。その後、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される。その後、蒸着に十分な真空度になった後、イオンディスチャージを経て、成膜作業となる。現在までの計画では第1期工事で望遠鏡組立(主鏡セルの移動および昇降)の際に、これまでに蒸着関係で製作されたの移動昇降台車が用いられる。主鏡セルはメインチャンバー下部の上に載せられた状態で望遠鏡への取り外しが行われるため、チャンバーが未製作の第1期ではその代わりとなる受け台が必要となる。今年度は、将来的な第3鏡の取り外し作業も考慮に入れた受け台の概念設計が行われ、これは2017年度に詳細設計の後、製作される予定となっている。さらに、第2期工事で建設が予定されている観測運用棟内の蒸着設備の配置についての詳細設計を行った。蒸着装置が組み込まれたメインチャンバーや洗浄装置、それらを制御するための制御装置、その他配管系、電気系や液体タンクやコンプレッサー類は機能的でスムーズに作業が進むように配置されている(図2.1)。蒸着装置に関する作業としては、主鏡全面に均一な成膜を行うためのフィラメントアレイの配置案、蒸着のための制御プログラム、プレウエットिंगされたフィラメント製作作業の最適化試験なども行われた。

4. TAO 山頂施設の設計と製作 (吉井, 土居, 田中, 河野, 宮田, 本原, 田辺, 峰崎, 酒向, 諸隈, 田村, 小西, 高橋, 上塚, 加藤, 青木, 征矢野, 樽沢)

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設計と製作を実施した。2016年10月にはエンクロージャの建設計画を具体化するために建設作業に関わるメンバがチャナントール山山頂を視察した。エンクロージャ上部は2016年11月から大阪府能勢町の三陽鉄工サービスにて仮組試験を実施した。2017年3月までに構造体の大部分の組み上げが完了し、ベースリング上を方位角回転駆動ができる状態にある。2017年度内にスリット、換気窓、断熱壁、クレーンを含む大部分の要素の仮組試験を完了させ、その後に解体を予定している。エンクロージャ下部と観測運用棟の設計はインテレクト社(JAG国際エナジー社から業務を継承)と共同で作業を進めた。また、山頂アクセス道路の拡張工事の設計をチリ・サンチアゴのエルアルバ社とインテレクト社の共同で進めた。2017年度内に道路拡張工事を実施する予定である。

## 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

(本原, 高橋, 小西, 北川 祐太郎, 寺尾 恭範, 大橋 宗史, 加藤, 吉井, 土居, 河野, 田中, 宮田, 酒向, 田辺, 峰崎, 諸隈, 田村, 上塚, 青木, 征矢野, 樽沢, 岡田 一志, 内山 允史, 毛利 清, 山口 淳平; 半田 (鹿児島大学); 越田 (国立天文台ハワイ観測所))

TAO 6.5m 望遠鏡が建設される南米チリ・アタカマ高地のチャナントール山(標高5,640 m)では赤外線観測の妨げとなる水蒸気が極めて少ないことが実証されており、これにより近赤外線波長域(0.9-2.5  $\mu\text{m}$ )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、我々は広視野に渡り近赤外線の2波長域の同時撮像、または全波長域を一度に多天体分光することができる観測装置

SWIMS (Simultaneous-color Wide-field Infrared Multi-object Spectrograph) の開発を進めている。また、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 2010 年度から進めている。

本年度は、光学系や検出器系、多天体分光系などの全てのコンポーネントを組み込んだ状態での冷却試験を 5 度行い、各部の性能評価とアップグレードを行った (詳細は各報告を参照)。また、国立天文台すばる望遠鏡を用いた試験観測の実施に向けてハワイ観測所によるレビューが行われた。本稿ではその経過について報告する。

(i) 2015/08/21 に行われた Acceptance Review では、装置の設計性能と期待されるサイエンス課題、そして開発の進捗・実現状況が審査された。我々は装置の観測性能を評価するコミッショニング観測とその後の共同利用観測時間によるサイエンス観測を合わせて提案したが、この review の結果、コミッショニングのみを今後の審査対象とし、サイエンス観測についてはコミッショニングの結果によって改めて審査の機会を設けることとなった。

(ii) 2016/10/21 にコミッショニング観測のための装置持ち込みを審査する Acceptance Delta Review が行われた。ここでは、改めて装置の設計性能と開発の最新状況を報告し、撮像・分光機能それぞれのコミッショニング項目を提案した。その結果、装置持ち込みが認められ、S18A 期・S18B 期のコミッショニング実施を目指すこととなった。但し、装置冷却性能が設計を満たしていないために結像性能・検出器性能が期待通り得られるかどうかという懸念については継続課題となった。

(iii) 2017/02/23 に日本での最後の審査となる Preship Review が行われ、継続課題の再審査と輸送後の山麓・山頂での作業計画が審査された。ハワイ観測所への輸送は認められたが、継続課題に関しては検出器冷却熱パスの増強と望遠鏡焦点面部への多層断熱材設置による冷却性能の改善を報告したが、観測性能の安定性として再度報告することとなった。また、多天体分光観測のためのスリットマスク製作と天体導入についても早急に検討と整備を始めるよう指摘を受けた。

8 月に装置をハワイ観測所へ輸送した後、山麓での組み上げ・確認試験を行い、10 月末に開かれる Subaru Time Allocation Committee においてコミッショニング観測の時期が決定される予定である。

## 2. 多天体分光ユニット MOSU の開発 (高橋, 小西, 本原, 加藤, 北川 祐太郎, 寺尾 恭範, 大橋 宗史)

前年度までに機械系の改修をほぼ終えた MOSU は、MOS マスクの直動部 (キャッチャー) 把持の際の角度や位置、カールセルへ収納する際の最適位置など、実観測運用に向けた最終調整を行った。マスクポケットへの安全な収納に関してはカールセルの回転精度が重要であり、今回の調整ではレーザーや CCD カメラを用いることで、 $<0.1$  度の精度で位置調整ができています。これにより IFU を含む総てのマスク交換が確実に行えるようになった。これらの操作は観測運用では linux 環境で行われるが、その制御系環境整備も終了している。

また、アタカマでの運用では塵や埃が多い環境であるため、直動部を機械的トラブルを防止する目的で専用のカバーも製作した。

## 3. SWIMS-IFU : SWIMS 用イメージライサー型近赤外面分光ユニットの開発 (北川 祐太郎, 山形 (理化学研究所), 本原, 森田 (東京電機大), 尾崎 (国立天文台), 高橋, 小西, 加藤, 寺尾 恭範, 大橋 宗史)

TAO 第一機装置である SWIMS に面分光機能を付加するため、イメージライサー方式を用いた面分光ユニット (IFU) を開発している。これは SWIMS の MOS ユニットに収納可能な IFU モジュールであり、広視野 ( $17'' \times 13''$ , すばる望遠鏡搭載時)、広波長帯 ( $0.9\text{--}2.5 \mu\text{m}$ ) で 3 次元情報 ( $x, y, \lambda$ ) を一度に取得できるという特徴を有している。MOS ユニットに収納し、MOS マスクと同様に取り扱えることから、一晩のうちに撮像・スリット分光・面分光の観測モードを自在に選択することが可能になる。2016 年度は以下の項目について開発をおこなった。

- (a) この IFU は 0.9–2.5  $\mu\text{m}$  の近赤外領域で使用されたため、モジュール全体を熱放射が十分に小さくなる冷却環境下 ( $< 120\text{K}$ ) におく必要がある。そこで IFU を構成するミラーアレイの母材は、構造体との熱収縮率の差異によるアライメント変化を防ぐために同じ金属材料による一体加工が望ましい。その一方で複雑形状を有するミラーアレイを金属で高精度 (表面粗さ  $< 5 \text{ nm rms}$ , 形状誤差  $< 0.1 \mu\text{m P-V}$ ) で加工することはチャレンジングな課題である。そこで我々は近年発展目覚ましい超精密切削加工技術に着目し、ミラーアレイの製作実験を進めている。実験はアルミニウム合金に無電解ニッケルリンめっきを施して、最後に超精密加工で鏡面仕上を行う。昨年度はスライスミラーをフラットエンドミル加工し、表面粗さが  $\sim 3 \text{ nm}$  と要求精度を十分満たす値が得られたものの、形状については加工機の並進軸と工具とのアライメント誤差に起因する緩やかな放物面形状になってしまっていた。この並進軸と工具の軸のアライメントを調整する手法を新たに開発し、目標通りの形状を達成することに成功した。
- (b) IFU 全体を支持する構造体の概念設計を進めた。特に、工作精度ですべてのミラーのアライメント精度を実現する構造および取り付け手法の検討を行い、最終的に実現可能な設計を得ることができた。

#### 4. TAO 6.5m 望遠鏡用近赤外線観測装置 SWIMS 用検出器システムの開発と評価

(寺尾 恭範, 本原, 小西, 高橋, 北川 祐太朗, 大橋 宗史, 加藤)

SWIMS は, Teledyne Scientific & Imaging, LLC (米国) の赤外線検出器 HAWAII-2RG (HgCdTe Astronomy Wide Area Infrared Imager with  $2\text{K} \times 2\text{K}$  resolution, Reference pixels and Guide mode; 以下 H2RG) を red, blue アームそれぞれの焦点面に 2 台ずつ, 計 4 台搭載する (最終的には各 4 台ずつの計 8 台)。本年度は H2RG を SWIMS デュワーに搭載して冷却駆動試験を行い, 検出器性能及び解析用画像生成システムの評価を行った。

(1) H2RG 同時駆動時のノイズパターン: 各アームに搭載された 2 台の H2RG を同時に駆動した場合, 単独駆動時には見られないノイズパターンが生じることが判明した (異なるアーム間では生じない)。これはピクセルからの出力電圧を後段の読み出し回路へ入力する際にバッファを行うことで解消し, 複数台同時駆動時にも単独駆動時と同等のノイズ性能を達成することが可能となった。

(2) H2RG の image persistence: 暗電流は理論的には検出器温度に強く依存するが, 実際に測定される H2RG の暗電流値には温度変化があまり見られない場合がある。これは, 光入射後に暗電流が増加する image persistence という現象であり, Smith et al. (2008) などで報告されている。SWIMS に搭載されている H2RG でもこの現象が確認され, 真の暗電流を測定するには persistence の影響に注意が必要である。現時点では暗電流測定時の persistence の効果を完全には除去できていないものの, 十分低い暗電流の値 ( $< 0.2 \text{ e}^-/\text{s}/\text{pix}$ ) が測定された。

(3) 解析用画像の生成システム: Teledyne から提供されている H2RG 制御用ソフトウェアは Fowler サンプリングで取得した画像から自動で解析用画像を生成する。SWIMS では今後の拡張性を考慮し, これと同様の画像を生成するシステムを Python で実装することとした。開発した解析用画像生成システムにより作られた画像は Teledyne のソフトウェアによって作られたものを良く再現することが確かめられた (カウント差  $10^{-6}$  ADU 以下)。Ramp サンプリングについては Teledyne のソフトウェアでは解析用画像が生成されないため, Ramp サンプリングを採用している他の装置の手法を参考にしつつ画像生成システムを開発する必要がある。

次年度はハワイにて劣化した検出器の交換作業を行い, 新たに搭載した検出器も含めて改めて性能を評価する。また, Ramp サンプリングの実装に向けてソフトウェアの開発を行う。

#### 5. SWIMS 光学系の評価 (大橋 宗史, 本原, 高橋, 小西, 加藤, 北川 祐太朗, 寺尾 恭範)

2015 年度において, 我々は SWIMS の実験室ファーストライトを行った。その結果を受け, 2016 年度は検出器の位置調整を行うことにより, blue/red arm 共に  $\text{FWHM} \leq 1.5 \text{ pixel}$  の結像性能が得られ, 実際の観測に耐えうることを確認した。

**TAO 6.5m 望遠鏡用中間赤外線観測装置 MIMIZUKU**

## 1. TAO 6.5m 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 亮, 岡田 一志, 内山 允史, 毛利 清, 山口 淳平, 吉井, 土居, 河野, 田中, 本原, 田辺, 峰崎, 諸隈, 田村, 青木, 征矢野, 樽沢, 加藤, 小西, 高橋, 北川 祐太朗, 寺尾 恭範, 大橋 宗史, 尾中, 左近, 浅野, 片坐 (ISAS/JAXA); 内山, 越田 (国立天文台); 半田 (鹿児島大学))

Mid-Infrared Multi-field Imager for gaZing at the UkNown Universe (MIMIZUKU) は TAO 6.5m 望遠鏡の第一期観測装置として開発している中間赤外線観測装置である。2–38  $\mu\text{m}$  という広い波長域の撮像・分光モニタリングを実現する装置で、多様な天体の時間変動現象や、宇宙に存在するダストの形成・変性・破壊現象の解明を目指すものである。現在は 2018 年度のすばる望遠鏡における試験観測を目指し、開発を進めている。近赤外線分光実装・Field Stacker・冷却チョッパー・検出器制御システムの開発については後述することとし、ここではその他の開発進捗について述べる。

昨年度までに MIMIZUKU の真空冷却系、および低温光学系の開発を完了したが、冷却駆動系 (フィルターホイール・スリットホイール・レンズ挿入機構) については設計修正、製作を進めていた。このうちのフィルターホイール全三台、およびスリットホイールについては開発を完了した。これらについては MIMIZUKU 本体へ搭載し、冷却駆動試験を行った。結果、おおむね良好な動作を確認することができた。レンズ挿入機構についても近日完成予定であり、完成し次第 MIMIZUKU 本体での動作試験を行う。

これと並行して進めていた遮光壁の設計修正・製作については、すべての部品の製造を完了することができた。これらは MIMIZUKU 光学系を利用したフィットチェックもクリアし、仕上げとなる塗装工程を現在進めている。これらについても近日完成予定であり、納入次第 MIMIZUKU への搭載を進める。

装置配線について、昨年度までに半分の開発を終えていたが、残る半分の製作をすべて完了することができた。現在はその実装を進めており、これも近日完成予定である。

以上はハードウェアの開発であるが、本年度もソフトウェアの開発を SWIMS 開発グループと共同で進めた。TAO 望遠鏡の観測制御システムはすばる望遠鏡の観測制御システム Gen2 と同様のシステムを採用予定である。すばる望遠鏡での試験観測もあるため、MIMIZUKU の制御ソフトウェアは Gen2 につながる必要がある。昨年度はその設計を完了したが、本年度はその実装を進めた。結果、冷却駆動系・Field Stacker の動作コマンドや検出器の撮像実行コマンドの実装を終え、観測制御システムからこれらを実行できることを確認した。来年度は望遠鏡制御とも絡む観測制御プログラムの実装を進める。

最後に、MIMIZUKU の開発進捗についてはイギリス・エディンバラにて行われた国際会議 SPIE にて発表を行い、集録が発行された。

## 2. TAO 6.5m 望遠鏡用中間赤外線観測装置 MIMIZUKU の近赤外線分光機能の実装

(上塚, 陳 家偉, 宮田; 長谷川 (ISAS/JAXA); 白井 (神戸大学); 高遠 (国立天文台); 池田, 猿楽 (京都産業大学); 森田 (東京電機大学); 海老塚 (理研))

TAO サイトでは 2.7  $\mu\text{m}$  帯に新たな大気の窓を得ることができ、この波長帯で観測ができれば、太陽系小天体に存在する含水鉱物のサーベイ観測が可能となる。我々は太陽系小天体の含水鉱物・氷の探査を通じた小惑星の熱史・地球の水の起源についての研究を進めるべく、MIMIZUKU に 2.7  $\mu\text{m}$  帯・KL バンドの分光機能を実装し、含水鉱物サーベイ観測を実現する計画を進めている。

昨年度までに設計を確定させ、必要な光学素子の製作を進めてきた。この設計に関しては、先述の MIMIZUKU に関する発表と合わせ、国際会議 SPIE にて発表を行った。本年度はさらに、製作を終えたグリズムに対する反射防止コーティングの適用を完了した。完成したグリズムの効率を京都産業大学の装置にて評価した結果、おおむね良好な効率であることを確認した。これらについては来年度、MIMIZUKU に搭載しての性能評価試験を実施する。

3. TAO 6.5m 望遠鏡用中間赤外線観測装置 MIMIZUKU の二視野合成機構 Field Stacker の開発  
(内山 允史, 宮田, 上塚, 酒向, 大澤 亮, 岡田 一志, 毛利 清, 山口 淳平)

Field Stacker とは MIMIZUKU 上部に設置される装置で、離れた 2 つの視野を合成する機能を持つ。これにより従来の地上中間赤外線観測では困難であった観測天体と参照星の同時観測が可能となり、視野内相対測光を行うことで精度の良い観測が実現できる。これまでの地上中間赤外線観測は測光誤差がおおよそ 10% と大きかったが、Field Stacker を搭載した MIMIZUKU の観測により、測光精度を飛躍的に改善した地上中間赤外線観測の実現を目指している。

昨年までに Field Stacker を搭載した MIMIZUKU が達成しうる測光精度を検討し、1% レベルの高精度な観測が可能であることを報告した。また、TAO 望遠鏡の視野で同時に観測できる参照星の個数(参照星密度)を全天で調査し、波長  $9\ \mu\text{m}$  の観測では全天の観測対象のうち 99.9% で、 $18\ \mu\text{m}$  では 59.6% で Field Stacker を用いた二視野同時観測が可能であることを明らかにし、多くの観測対象に有効であることを示した。本年度はこれらの結果について、7月にイギリス・エディンバラにて開かれた国際学会 SPIE で発表を行った。

MIMIZUKU は 2018 年にすばる望遠鏡を用いての試験観測を行う予定である。本年度はすばる望遠鏡搭載時の参照星密度について考察した(図 2.2)。TAO 望遠鏡の直径 25 分角の視野に比べて、すばる望遠鏡の視野は直径 6 分角と小さく、観測対象の近くに参照星が見つからない可能性が懸念されていた。しかしすばる望遠鏡の視野であっても、波長  $9\ \mu\text{m}$  の観測では全天の観測対象のうち 45.2% で、 $18\ \mu\text{m}$  では 3.6% で二視野同時観測を行えることが分かった。これは上記の TAO 搭載時の値より低いですが、観測対象を選べば十分な試験観測が可能であることを意味している。

本年度はさらに Field Stacker の基礎的な動作プログラムを開発した。Field Stacker には直動ステージ・回転ステージ・傾斜ステージ・昇降機構といった多くの駆動機構が備えられている。これらを観測制御システムから制御するために必要となるプログラムを開発し、それらの動作試験に成功した。2017 年度はこれを発展させ、望遠鏡制御とも連携させる必要のある 2 天体導入プログラムの開発を行い、2018 年度の観測にむけた準備を進める。

4. TAO 6.5m 望遠鏡用中間赤外線観測装置 MIMIZUKU の新冷却チョッパーの開発  
(毛利 清, 上塚, 宮田, 高橋, 酒向, 大澤 亮, 岡田 一志, 内山 允史; 本田(久留米大学); 大崎(東京大学); 軸屋(金沢大学); 片坐(ISAS/JAXA); Packham(UTSA))

地上中間赤外線観測では大気背景放射の変動が大きいため、これを取り除く技術が重要である。これまで望遠鏡の副鏡を傾ける副鏡チョッピングによってこの変動を取り除いていたが、大きな副鏡の高速駆動には限界がある。これの代替となる手法が装置内チョッピングであり、装置内に副鏡と共役な位置に鏡を設け、これを高速駆動するものである。この技術は TMT などの次世代大型望遠鏡や、TAO 望遠鏡のように副鏡が駆動できない望遠鏡に中間赤外線観測装置を搭載するうえで非常に重要な技術となる。特に中間赤外線観測では背景放射の増加を嫌うため、この装置内チョッピングを実現するチョッパーを低温環境で実現することが必要となる。このような装置を冷却チョッパーと呼んでおり、現在 MIMIZUKU 用にその開発を進めている。特に低温環境で求められる低発熱性を実現するために、超電導線材を用いた冷却チョッパーの開発をこれまで進めてきた。

昨年度までに MIMIZUKU 用のチョッパーの試作機を設計し、本年度はその製作と性能評価を行った。MIMIZUKU ではチョッパーを搭載する空間も限られており、小型のチョッパーが必要となった。一方で高速駆動の実現のためには出力も十分である必要があり、これらを両立させるには細い線材によるコイルの製作がカギとなる。超電導線材では細い線材の製作が難しいことが判明したが、現状可能な最も細い線材を用いてその製作を行い、その動作特性の評価試験を進めた。これと並行して高純度銅線を用いたチョッパーも製作し、動作特性・発熱特性の評価・比較を行った。その結果、発熱特性として超電導線材は確かに有効であるが、MIMIZUKU での動作要求を満たすためには臨界電流も不足していることが分かった。

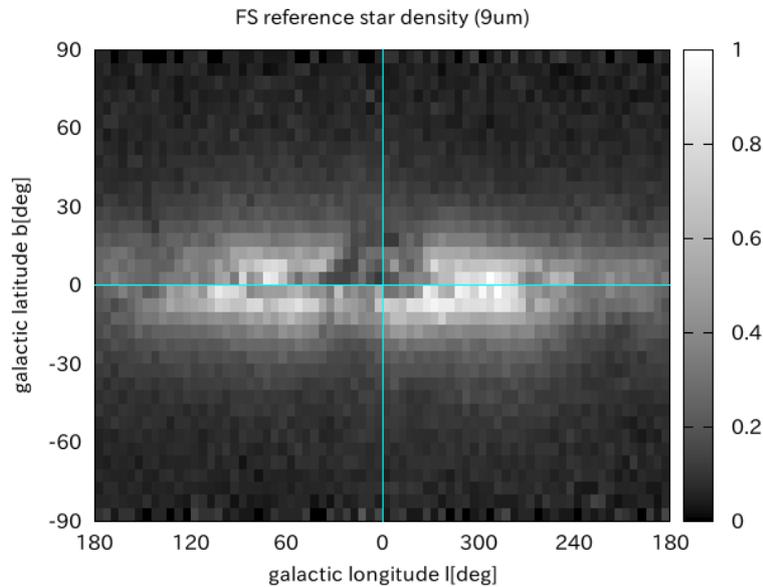


図 2.2: MIMIZUKU のすばる望遠鏡搭載時の参照星密度マップを示す. 値はすばる望遠鏡の 1 視野あたりの参照星密度を表している. 銀河面に近い領域には参照星が多く存在し, Field Stacker を用いた二視野同時観測が可能となる.

本開発についても国際会議 SPIE において発表を行い, さらに毛利 清の修士論文としてまとめた.

本年度までの開発はチョッパーのアクチュエータの開発に注力したが, 来年度はこれまでに得られた知見を元に, チョッパー全体の機械構造と制御の設計を進め, MIMIZUKU 搭載モデルの開発を目指す.

#### 5. TAO 6.5 m 望遠鏡用中間赤外線観測装置 MIMIZUKU の検出器システムの開発

(酒向, 岡田 一志, 山口 淳平, 大澤 亮, 宮田, 上塚, 内山 允史, 毛利 清)

MIMIZUKU は  $2\text{--}38\ \mu\text{m}$  の広い波長範囲を観測するために 3 種類の異なる検出器を搭載する. 波長  $2\text{--}5.3\ \mu\text{m}$  の NIR チャンネルには HAWAII-1RG (Teledyne Scientific & Imaging 社製), 波長  $6.8\text{--}26\ \mu\text{m}$  の MIR-S チャンネルには Aquarius (Raytheon 社製), 波長  $24\text{--}38\ \mu\text{m}$  の MIR-L チャンネルには MF128(SB) (DRS Technologies 社製) をそれぞれ用いる. これらを制御する検出器制御システムは miniTAO/MAX38, Kiso/KWFC 等の検出器制御システムをベースに開発しており, 三つの検出器を互いに独立駆動させながら, システムを共通化することで開発の簡略化を図っている. また, 先行する装置と大きく異なるのは低温エレクトロニクス存在である. 大型装置では配線距離の増加に伴って配線の寄生容量が増加するため, 中間赤外線で要求される高速読み出しに影響を与える. そこで我々は検出器から約 1 m 配線を伸ばした 20 K の低温環境に出力信号を中継して送り出すバッファ回路を設置し, 装置の性能を最大限発揮できるようにする. ここではこれらの開発の進捗について報告する.

HAWAII-1RG 検出器について, 本年度はまず試験用マルチプレクサの冷却駆動試験を実施した. その結果, マルチプレクサによる正常なピクセル情報の読み出し動作を確認し, CDS 読み出しノイズとして  $43e^-$  という値を確認した. これに引き続き本番用検出器を検出器筐体に搭載し, 実験用デューワーにおいて冷却動作試験を実施した. ここでは簡易的な機能試験として, 赤外線を検出器に入射させることで光に対して適切に応答していることを確認することができた.

来年度は, HAWAII-1RG, Aquarius 両検出器について MIMIZUKU 本体に搭載して検出器の駆動試験やシステムの性能評価を進め, 高速読み出しのための最適化をすすめる.

### 2.5.7 東京大学アタカマ 1m 望遠鏡

#### 1. 近傍 LIRG の空間分解された星形成活動

(大橋 宗史, 本原, 高橋, 小西, 加藤, 北川 祐太郎, 寺尾 恭範, 吉井, 小麥 (工学院大学))

赤外線高光度銀河 LIRG はその赤外光度が  $10^{11} - 10^{12} L_{\odot}$  に達する赤外で非常に明るく輝いている種族であり, そのパワーソースのひとつとしてダストに深く埋もれた爆発的な星形成活動が挙げられている. その星形成活動を支える物理的機構を調べるには, 銀河内の各領域で星形成率を算出するなど空間情報を知ることが有用な情報となる. しかしよく用いられる可視輝線や紫外連続光ではダストによる減光を激しく受け, ダストに深く埋もれた星形成領域の様子を知ることは非常に困難である. そこで我々は, mini TAO/ANIR で取得された, ダスト減光に強く, 高い空間分解能 ( $\leq 1\text{kpc}$  @  $d \sim 100\text{Mpc}$ ) を実現できる  $\text{Pa}\alpha$  ( $\lambda = 1.875\mu\text{m}$ ) の観測データの解析を進めている.

我々は約 40 の天体について星形成率面密度と星質量面密度の空間マップを作成した. その結果, LIRG においても空間分解された Star-Forming Main-Sequence (SFMS) の存在が明らかになった. さらに LIRG を interacting/isolated の 2 種族に分類した結果, interacting LIRG の SFMS は isolated LIRG の SFMS よりも SFR が高い側に offset していることが明らかになった. 現在, ガス面密度などの他の物理量への依存性や, 空間分解の違いによる SFMS の変化など, 詳細な解析を進めている.

## 2.6 論文及び出版物

### 2.6.1 英文報告

[2016]

・ Main journal

1. Abbott, B. P., ···, Doi, M., Morokuma, T., Motohara, K., et al. “Localization and Broadband Follow-up of the Gravitational-wave Transient GW150914”, 2016, ApJL 826, L13
2. Abbott, B. P., ···, Doi, M., Morokuma, T., Motohara, K., et al. “Supplement: ”Localization and Broadband Follow-up of the Gravitational-wave Transient GW150914” (2016, ApJL, 826, L13)”, 2016, ApJS 225, 8
3. Ando, R., Kohno, K., Tamura, Y., Izumi, T., Umehata, H., and Nagai, H., “New detections of Galactic molecular absorption systems toward ALMA calibrator sources”, 2016, PASJ 68, 6
4. Bell, A. C., Onaka, T., Doi, Y., Sakon, I., Usui, F., Sakon, I., Ishihara, D., Kaneda, H., Giard, M., Wu, R., Ohsawa, R., Mori-Ito, T., Hammonds, M., and Lee, H.-G., “Akari and Spinning Dust: Investigating the Nature of Anomalous Microwave Emission via Infrared Surveys”, 2017, PKAS 32, 97
5. Bono, G., Braga, V. F., Pietrinferni, A., Magurno, D., Dall’Ora, M., Fiorentino, G., Fukue, K., Inno, L., Marengo, M., Bergemann, M., Buonanno, R., da Silva, R., Fabrizio, M., Ferraro, I., Gilmozzi, R., Iannicola, G., Kausch, W., Kobayashi, N., Kovtyukh, V., Lemasle, B., Marconi, M., Marinoni, S., Marrese, P. M., Martínez-Vázquez, C. E., Matsunaga, N., Monelli, M., Neeley, J., Nonino, M., Proxauf, B., Przybilla, N., Romaniello, M., Salaris, M., Sneden, C., Stetson, P. B., Thévenin, F., Tsujimoto, T., Urbaneja, M., Valenti, E., and Zoccali, M.,  
“Classical Cepheids and RR Lyrae stars: similar, but not too much.”, 2016, MmSAI 87, 358
6. Chibueze, J. O., Miyahara, T., Omodaka, T., Ohta, T., Fujii, T., Tanaka, M., Motohara, K., and Makoto, M., “Near-infrared Observations of SiO Maser-emitting Asymptotic Giant Branch (AGB) Stars”, 2016, ApJ 817, 115
7. Hamano, S., Kobayashi, N., Kondo, S., Sameshima, H., Nakanishi, K., Ikeda, Y., Yasui, C., Mizumoto, M., Matsunaga, N., Fukue, K., Yamamoto, R., Izumi, N., Mito, H., Nakaoka, T., Kawanishi, T., Kitano, A., Otsubo, S., Kinoshita, M., and Kawakita, H.,  
“Near Infrared Diffuse Interstellar Bands Toward the Cygnus OB2 Association”, 2016, ApJ 821, 42
8. Hatsukade, B., Kohno, K., Umehata, H., Aretxaga, I., Caputi, K. I., Dunlop, J. S., Ikarashi, S., Iono, D., Ivison, R. J., Lee, M., Makiya, R., Matsuda, Y., Motohara, K., Nakanishi, K., Ohta, K., Tadaki, K.-i., Tamura, Y., Wang, W.-H., Wilson, G. W., Yamaguchi, Y., and Yun, M. S.,  
“SXDF-ALMA 2-arcmin<sup>2</sup> deep survey: 1.1-mm number counts”, 2016, PASJ 68, 36
9. Horiuchi, T., Misawa, T., Morokuma, T., Koyamada, S., Takahashi, K., and Wada, H.,  
“Optical variability properties of mini-BAL and NAL quasars”, 2016, PASJ 68, 48
10. Inoue, A. K., Tamura, Y., Matsuo, H., Mawatari, K., Shimizu, I., Shibuya, T., Ota, K., Yoshida, N., Zackrisson, E., Kashikawa, N., Kohno, K., Umehata, H., Hatsukade, B., Iye, M., Matsuda, T., Okamoto, T., and Yamaguchi, Y., “Detection of an oxygen emission line from a high redshift galaxy in the reionization epoch”, 2016, Science 352, 1559

11. Inoue, K. T., Minezaki, T., Matsushita, S., and Chiba, M., “ALMA imprint of intergalactic dark structures in the gravitational lens SDP.81”, 2016, MNRAS 457, 2936
12. Iono, D., Yun, M. S., Aretxaga, I., Hatsukade, B., Hughes, D., Ikarashi, S., Izumi, T., Kawabe, R., Kohno, K., Lee, M., Matsuda, Y., Nakanishi, K., Saito, T., Tamura, Y., Ueda, J., Umehata, H., Wilson, G., Michiyama, T., and Ando, M., “Clumpy and Extended Starbursts in the Brightest Unlensed Submillimeter Galaxies”, 2016, ApJL 829, L10
13. Ishiguro, M., Sarugaku, Y., Kuroda, D., Hanayama, H., Kim, Y., Kwon, Y. G., Maehara, H., Takahashi, J., Terai, T., Usui, F., Vaubaillon, J. J., Morokuma, T., Kobayashi, N., and Watanabe, J., “Detection of Remnant Dust Cloud Associated with the 2007 Outburst of 17P/Holmes”, 2016, ApJ 817, 77
14. Ishii, S., Seta, M., Nagai, M., Miyamoto, Y., Nakai, N., Nagasaki, T., Arai, H., Imada, H., Miyagawa, N., Maezawa, H., Maehashi, H., Bronfman, L., & Finger, R., “Large-scale CO ( $J = 4 - 3$ ) Mapping toward the Orion-A Giant Molecular Cloud”, 2016, PASJ, 68, 10
15. Izumi, T., Kawakatu, N., and Kohno, K., “Do Circumnuclear Dense Gas Disks Drive Mass Accretion onto Supermassive Black Holes?”, 2016, ApJ 827, 81
16. Izumi, T., Kohno, K., Aalto, S., Espada, D., Fathi, K., Harada, N., Hatsukade, B., Hsieh, P.-Y., Imanishi, M., Krips, M., Martín, S., Matsushita, S., Meier, D. S., Nakai, N., Nakanishi, K., Schinnerer, E., Sheth, K., Terashima, Y., and Turner, J. L., “Submillimeter-HCN Diagram for Energy Diagnostics in the Centers of Galaxies”, 2016, ApJ 818, 42
17. Izumi, T., Nakanishi, K., Imanishi, M., and Kohno, K., “ALMA observations of the submillimetre hydrogen recombination line from the type 2 active nucleus of NGC 1068”, 2016, MNRAS 459, 3629
18. Karim, M. T., Stassun, K. G., Briceño, C., Vivas, A. K., Raetz, S., Mateu, C., José Downes, J., Calvet, N., Hernández, J., Neuhäuser, R., Mugrauer, M., Takahashi, H., Tachihara, K., Chini, R., Cruz-Dias, G. A., Aarnio, A., James, D. J., and Hackstein, M., “The rotation period distributions of 4–10 Myr T Tauri stars in Orion OB1: New constraints on pre-main-sequence angular momentum evolution”, 2016, ApJ 152, 198
19. Kato, Y., Matsuda, Y., Smail, I., Swinbank, A. M., Hatsukade, B., Umehata, H., Tanaka, I., Saito, T., Iono, D., Tamura, Y., Kohno, K., Erb, D. K., Lehmer, B. D., Geach, J. E., Steidel, C. C., Alexander, D. M., Yamada, T., and Hayashino, T., “Herschel protocluster survey: A search for dusty star-forming galaxies in protoclusters at  $z = 2 - 3$ ”, 2016, MNRAS 460, 3861
20. Katsuda, S., Tanaka, M., Morokuma, T., Fesen, R., and Milisavljevic, D., “Constraining the Age and Distance of the Galactic Supernova Remnant G156.2+5.7 by H-alpha Expansion Measurements”, 2016, ApJ 826, 108
21. Keane, E. F., Johnston, S., Bhandari, S., Barr, E., Bhat, N. D. R., Burgay, M., Caleb, M., Flynn, C., Jameson, A., Kramer, M., Petroff, E., Possenti, A., van Straten, W., Bailes, M., Burke-Spolaor, S., Eatough, R. P., Stappers, B. W., Totani, T., Honma, M., Furusawa, H., Hattori, T., Morokuma, T., Niino, Y., Sugai, H., Terai, T., Tominaga, N., Yamasaki, S., Yasuda, N., Allen, R., Cooke, J., Jencson, J., Kasliwal, M. M., Kaplan, D. L., Tingay, S. J., Williams, A., Wayth, R., Chandra, P., Perrodin, D., Berezhina, M., Mickaliger, M., and Bassa, C., “The host galaxy of a fast radio burst”, 2016, Nature 530, 453

22. Kitayama, T., Ueda, S., Takakuwa, S., Tsutsumi, T., Komatsu, E., Akahori, T., Iono, D., Izumi, T., Kawabe, R., Kohno, K., Matsuo, H., Ota, N., Suto, Y., Takizawa, M., and Yoshikawa, K., “The Sunyaev-Zel’dovich effect at 5 $\nu$ : RX J1347.5-1145 imaged by ALMA”, 2016, PASJ 68, 88
23. Kokubo, M., “The relationship between variable and polarized optical spectral components of luminous type 1 non-blazar quasars”, 2016, PASJ 68, 52
24. Kuncarayakti, H., Maeda, K., Anderson, J. P., Hamuy, M., Nomoto, K., Galbany, L., and Doi, M., “Evolving into a remnant: optical observations of SN 1978K at three decades”, 2016, MNRAS 458, 2063
25. Matsunaga, N., Feast, M. W., Bono, G., Kobayashi, N., Inno, L., Nagayama, T., Nishiyama, S., Matsuoka, Y., and Nagata, T., “A lack of classical Cepheids in the inner part of the Galactic disc”, 2016, MNRAS 462, 414
26. Matsuoka, Y., Onoue, M., Kashikawa, N., Iwasawa, K., Strauss, M. A., Nagao, T., Imanishi, M., Niida, M., Toba, Y., Akiyama, M., Asami, N., Bosch, J., Foucaud, S., Furusawa, H., Goto, T., Gunn, J. E., Harikane, Y., Ikeda, H., Kawaguchi, T., Kikuta, S., Komiyama, Y., Lupton, R. H., Minezaki, T., Miyazaki, S., Morokuma, T., Murayama, H., Nishizawa, A. J., Ono, Y., Ouchi, M., Price, P. A., Sameshima, H., Silverman, J. D., Sugiyama, N., Tait, P. J., Takada, M., Takata, T., Tanaka, M., Tang, J.-J., and Utsumi, Y., “Subaru high- $z$  exploration of low-luminosity quasars (SHELLQs). I. Discovery of 15 quasars and bright galaxies at  $5.7 < z < 6.9$ ”, 2016, ApJ 828, 26
27. Morii, M., Ikeda, S., Tominaga, N., Tanaka, M., Morokuma, T., Ishiguro, K., Yamato, J., Ueda, N., Suzuki, N., Yasuda, N., and Yoshida, N., “Machine-learning selection of optical transients in the Subaru/Hyper Suprime-Cam survey”, 2016, PASJ 68, 104
28. Morokuma, T., Tanaka, M., Asakura, Y., Abe, F., Tristram, P. J., Utsumi, Y., Doi, M., Fujisawa, K., Itoh, R., Itoh, Y., Kawabata, K. S., Kawai, N., Kuroda, D., Matsubayashi, K., Motohara, K., Murata, K. L., Nagayama, T., Ohta, K., Saito, Y., Tamura, Y., Tominaga, N., Uemura, M., Yanagisawa, K., Yatsu, Y., and Yoshida, M., “J-GEM Follow-Up Observations to Search for an Optical Counterpart of The First Gravitational Wave Source GW150914”, 2016, PASJ 68, L9
29. Morokuma, T., Tominaga, N., Tanaka, M., Yasuda, N., Furusawa, H., Taniguchi, Y., Kato, T., Jiang, J.-a., Nagao, T., Kuncarayakti, H., Morokuma-Matsui, K., Ikeda, H., Blinnikov, S., Nomoto, K., Kokubo, M., and Doi, M., “An effective selection method for low-mass active black holes and first spectroscopic identification”, 2016, PASJ 68, 40
30. Muraoka, K., Takeda, M., Yanagitani, K., Kaneko, H., Nakanishi, K., Kuno, N., Sorai, K., Tosaki, T., and Kohno, K., “CO ( $J = 3 - 2$ ) on-the-fly mapping of the nearby spiral galaxies NGC 628 and NGC 7793: Spatially resolved CO ( $J = 3 - 2$ ) star-formation law”, 2016, PASJ 68, 18
31. Nakanishi, H. and Sofue, Y., “Three-dimensional distribution of the ISM in the Milky Way galaxy. III. The total neutral gas disk”, 2016, PASJ 68, 5
32. Noda, H., Minezaki, T., Watanabe, M., Kokubo, M., Kawaguchi, K., Itoh, R., Morihana, K., Saito, Y., Nakao, H., Imai, M., Moritani, Y., Takaki, K., Kawabata, M., Nakaoka, T., Uemura, M., Kawabata, K., Yoshida, M., Arai, A., Takagi, Y., Morokuma, T., Doi, M., Itoh, Y., Yamada, S., Nakazawa, K., Fukazawa, Y., and Makishima, K., “X-ray and Optical Correlation of Type I Seyfert NGC 3516 Studied with Suzaku and Japanese Ground-Based Telescopes”, 2016, ApJ 828, 78

33. Ohsawa, R., Onaka, O., Sakon, I., Mori, T. I., Kaneda, H., and Matsuura, M.,  
“Near-Infrared PAH Features in Galactic Planetary Nebulae”, 2017, PKAS 32, 87
34. Ohsawa, R., Onaka, T., Sakon, I., Matsuura, M., and Kaneda, H.,  
“AKARI/IRC Near-infrared Spectral Atlas of Galactic Planetary Nebulae”, 2016, AJ 151, 93
35. Ohsawa, R., Onaka, T., Sakon, I., Mori, T., Matsuura, M., Yamamura, I., and Kaneda, H.,  
“Near-infrared views of dust in planetary nebulae: AKARI/IRC NIR spectral atlas of Galactic PNe”,  
2016, JPhCS 728, 072010
36. Onaka, T., Mori, T. I., Ohsawa, R., Sakon, I., Bell, A. C., Hammonds, M., Shimonishi, T., Ishihara,  
D., Kaneda, H., Okada, Y., and Tanaka, M.,  
“Processing of Interstellar Medium as Divulged by Akari”, 2017, PKAS 32, 77
37. Raetz, St, Schmidt, T.O.B., Czesla, S., Klocová, T., Holmes, L., Errmann, R., Kitze, M., Fernández,  
M., Sota, A., Briceño, C., Hernández, J., Downes, J. J., Dimitrov, D.P., Kjurkchieva, D., Radeva, V.,  
Wu Z.-Y., Zhou X., Takahashi, H., Henych, T., Seeliger, M., Mugrauer, M., Adam, Ch., Marka, C.,  
Schmidt, J.G., Hohle, M.M., Ginski, Ch., Pribulla, T., Trepl, L., Moualla, M., Pawellek, N., Gelszinnis,  
J., Buder, S., Masda, S., Maciejewski, G., and Neuhäuser, R.,  
“YETI observations of the young transiting planet candidate CVSO 30 b”, 2016, MNRAS 460, 2834
38. Saito, Y., Imanishi, M., Minowa, Y., Morokuma, T., Kawaguchi, T., Sameshima, H., Minezaki, T., Oi,  
N., Nagao, T., Kawatatu, N., and Matsuoka, K., “Near-infrared spectroscopy of quasars at  $z \sim 3$  and  
estimates of their supermassive black hole masses”, 2016, PASJ 68, 1
39. Saito, T., Iono, D., Xu, C. K., Ueda, J., Nakanishi, K., Yun, M. S., Kaneko, H., Yamashita, T., Lee,  
M., Espada, D., Motohara, K., and Kawabe, R., “Spatially resolved radio-to-far-infrared SED of the  
luminous merger remnant NGC 1614 with ALMA and VLA”, 2016, PASJ 68, 20
40. Sakon, I., Sako, S., Onaka, T., Nozawa, T., Kimura, Y., Fujiyoshi, T., Shimonishi, T., Usui, F.,  
Takahashi, H., Ohsawa, R., Arai, A., Uemura, M., Nagayama, T., Koo, B.-C., and Kozasa, T.,  
“Carbon and silicate dust formation in V1280 Sco”, 2016, JPhCS 728, 062006
41. Sakon, I., Sako, S., Onaka, T., Nozawa, T., Kimura, Y., Fujiyoshi, T., Shimonishi, T., Usui, F.,  
Takahashi, H., Ohsawa, R., Arai, A., Uemura, M., Nagayama, T., Koo, B.-C., and Kozasa, T.,  
“Concurrent Formation of Carbon and Silicate Dust in Nova V1280 Sco”, 2016, ApJ 817, 145
42. Sano, K., Kawara, K., Matsuura, S., Kataza, H., Arai, T., and Matsuoka, Y.,  
“Measurements of Diffuse Sky Emission Components in High Galactic Latitudes at 3.5 and 4.9  $\mu\text{m}$   
Using Dirbe and WISE Data”, 2016, ApJ 818, 14
43. Sharma, S., Pandey, A. K., Borissova, J., Ojha, D. K., Ivanov, V. D., Ogura, K., Kobayashi, N.,  
Kurtev, R., Gopinathan, M., and Kesh Yadav, R.,  
“Structural Studies of Eight Bright Rimmed Clouds in the Southern Hemisphere”, 2016, AJ 151, 126
44. Shimamoto, S., Sakon, I., Onaka, T., Usui, F., Ootsubo, T., Doi, Y., Ohsawa, R., and Ishihara, D.,  
“Infrared Observations of Dust around Helium Nova V445 Puppis”, 2017, PKAS 32, 109
45. Sofue, Y., “Rotation curve decomposition for size-mass relations of bulge, disk, and dark halo compo-  
nents in spiral galaxies”, 2016, PASJ 68, 2

46. Sofue, Y. and Kataoka, J.,  
“CO-to-H<sub>2</sub> conversion factor of molecular clouds using X-ray shadows”, 2016, PASJ 68, L8
47. Sofue, Y. and Nakanishi, H., “Three-dimensional distribution of the ISM in the Milky Way Galaxy. IV. 3D molecular fraction and Galactic-scale H I-to-H<sub>2</sub> transition”, 2016, PASJ 68, 63
48. Sofue, Y., Habe, A., Kataoka, J., Totani, T., Inoue, Y., Nakashima, S., Matsui, H., and Akita, M.,  
“Galactic Centre hypershell model for the North Polar Spurs”, 2016, MNRAS 459, 108
49. Tanaka, M., Tominaga, N., Morokuma, T., Yasuda, N., Furusawa, H., Baklanov, P. V., Blinnikov, S. I., Moriya, T. J., Doi, M., Jiang, J.-a., Kato, T., Kikuchi, Y., Kuncarayakti, H., Nagao, T., Nomoto, K., and Taniguchi, Y., “Rapidly Rising Transients from the Subaru Hyper Suprime-Cam Transient Survey”, 2016, ApJ 819, 5
50. Tanaka, Y. T., Itoh, R., Uemura, M., Inoue, Y., Cheung, C. C., Watanabe, M., Kawabata, K. S., Fukazawa, Y., Yatsu, Y., Yoshii, T., Tachibana, Y., Fujiwara, T., Saito, Y., Kawai, N., Kimura, M., Isogai, K., Kato, T., Akitaya, H., Kawabata, M., Nakaoka, T., Shiki, K., Takaki, K., Yoshida, M., Imai, M., Gouda, S., Gouda, Y., Akimoto, H., Honda, S., Hosoya, K., Ikebe, A., Morihana, K., Ohshima, T., Takagi, Y., Takahashi, J., Watanabe, K., Kuroda, D., Morokuma, T., Murata, K., Nagayama, T., Nogami, D., Oasa, Y., and Sekiguchi, K.,  
“No Evidence of Intrinsic Optical/Near-infrared Linear Polarization for V404 Cygni during Its Bright Outburst in 2015: Broadband Modeling and Constraint on Jet Parameters”, 2016, ApJ 823, 35
51. Tanaka, M., Tominaga, N., Morokuma, T., Yasuda, N., Furusawa, H., Baklanov, P. V., Blinnikov, S. I., Moriya, T. J., Doi, M., Jiang, J.-a., Kato, T., Kikuchi, Y., Kuncarayakti, H., Nagao, T., Nomoto, K., and Taniguchi, Y., “Rapidly Rising Transients from the Subaru Hyper Suprime-Cam Transient Survey”, 2016, ApJ 819, 5
52. Tanveer Karim, M., Stassun, K. G., Briceno, C., Vivas, A. K., Raetz, S., Mateu, C., Downes, J. J., Calvet, N., Hernandez, J., Neuhauser, R., Mugrauer, M., Takahashi, H., Tachihara, K., Chini, R., Cruz-Dias, G. A., Aarnio, A., James, D. J., and Hackstein, M.,  
“The rotation period distributions of 4–10 Myr T Tauri stars in Orion OB1: New constraints on pre-main-sequence angular momentum evolution”, 2016, AJ 152, 198
53. Tsuji, T. and Nakajima, T.,  
“Near-infrared spectroscopy of M dwarfs. III. Carbon and oxygen abundances in late M dwarfs, including the dusty rapid rotator 2MASS J1835379+325954<sup>†</sup>”, 2016, PASJ 68, 13
54. Tsuji, T., “Near-infrared spectroscopy of M dwarfs. IV. A preliminary survey on the carbon isotopic ratio in M dwarfs”, 2016, PASJ, 68, 84
55. Wang, W.-H., Kohno, K., Hatsukade, B., Umehata, H., Aretxaga, I., Hughes, D., Caputi, K. I., Dunlop, J. S., Ikarashi, S., Iono, D., Ivison, R. J., Lee, M., Makiya, R., Matsuda, Y., Motohara, K., Nakanishi, K., Ohta, K., Tadaki, K.-i., Tamura, Y., Kodama, T., Rujopakarn, W., Wilson, G. W., Yamaguchi, Y., Yun, M. S., Coupon, J., Hsieh, B.-C., and Foucaud, S., “The SXDF-ALMA 2-arcmin<sup>2</sup> Deep Survey: Stacking Rest-frame Near-infrared Selected Objects”, 2016, ApJ 833, 195
56. Yadav, R. K., Pandey, A. K., Sharma, S., Ojha, D. K., Samal, M. R., Mallick, K. K., Jose, J., Ogura, K., Richichi, A., Irawati, P., Kobayashi, N., and Eswaraiah, C., “A multiwavelength investigation of the H II region S311: young stellar population and star formation”, 2016, MNRAS 461, 2502

57. Yamanaka, M., Maeda, K., Tanaka, M., Tominaga, N., Kawabata, K. S., Takaki, K., Kawabata, M., Nakaoka, T., Ueno, I., Akitaya, H., Nagayama, T., Takahashi, J., Honda, S., Omodaka, T., Miyanoshita, R., Nagao, T., Watanabe, M., Isogai, M., Arai, A., Itoh, R., Ui, T., Uemura, M., Yoshida, M., Hanayama, H., Kuroda, D., Ukita, N., Yanagisawa, K., Izumiura, H., Saito, Y., Masumoto, K., Ono, R., Noguchi, R., Matsumoto, K., Nogami, D., Morokuma, T., Oasa, Y., and Sekiguchi, K., “OISTER optical and near-infrared observations of the super-Chandrasekhar supernova candidate SN 2012dn: Dust emission from the circumstellar shell”, 2016, PASJ 68, 68
  58. Yasui, C., Kobayashi, N., Hamano, S., Kondo, S., Izumi, N., Saito, M., and Tokunaga, A. T., “Herbig Ae/Be Candidate Stars in the Innermost Galactic Disk: Quartet Cluster”, 2016, ApJ 817, 181
  59. Yasui, C., Kobayashi, N., Tokunaga, A. T., Saito, M., and Izumi, N., “Low-metallicity Young Clusters in the Outer Galaxy. I. Sh 2-207”, 2016, AJ 151, 50
  60. Yasui, C., Kobayashi, N., Saito, M., and Izumi, N., “Low-metallicity Young Clusters in the Outer Galaxy. II. Sh 2-208”, 2016, AJ 151, 115
  61. Yun, Y., Cho, S.-H., Imai, H., Kim, J., Asaki, Y., Chibueze, J. O., Choi, Y. K., Dodson, R., Kim, D.-J., Kusuno, K., Matsumoto, N., Min, C., Oyadomari, M., Rioja, M. J., Yoon, D.-H., Byun, D.-Y., Chung, H., Chung, M.-H., Hagiwara, Y., Han, M.-H., Han, S.-T., Hirota, T., Honma, M., Hwang, J.-W., Je, D.-H., Jike, T., Jung, D.-K., Jung, T., Kang, J.-H., Kang, J., Kang, Y.-W., Kan-ya, Y., Kanaguchi, M., Kawaguchi, N., Kim, B. G., Ryoung Kim, H., Kim, H.-G., Kim, J., Kim, K.-T., Kim, M., Kobayashi, H., Kono, Y., Kurayama, T., Lee, C., Lee, J., Lee, J. A., Lee, J.-W., Lee, S. H., Lee, S.-S., Lyo, A.-R., Minh, Y. C., Oh, C., Oh, S.-J., Oyama, T., Roh, D.-G., Sawada-Satoh, S., Shibata, K. M., Sohn, B. W., Song, M.-G., Tamura, Y., Wi, S.-O., and Yeom, J.-H., “SiO Masers around WX Psc Mapped with the KVN and VERA Array (KaVA)”, 2016, ApJ 822, 3
- Proceedings
1. Arasaki, T., Kobayashi, N., Ikeda, Y., Kondo, S., Sarugaku, Y., Kaji, S., and Kawakita, H., “VINROUGE: a very compact 2-5  $\mu\text{m}$  high-resolution spectrograph with germanium immersion grating”, 2016, SPIE 9908, 990875
  2. Gabányu, K. É., Frey, S., Paragi, Z., Tar, I., An, T., Tanaka, M., and Morokuma, T., “Zooming in on the peculiar radio-loud narrow-line Seyfert 1 galaxy, J1100+4421”, 2016, agnw.conf 97
  3. Hatsukade, B., Ohta, K., Kohno, K., Nakanishi, K., Tamura, Y., Endo, A., and Hashimoto, T., “Molecular Gas in the Host Galaxies of Long-Duration Gamma-Ray Bursts”, Eighth Huntsville Gamma-Ray Burst Symposium, LPI Contribution No. 1962, 4026
  4. Hatsukade, B., Ohta, K., Endo, A., Nakanishi, K., Tamura, Y., Hashimoto, T., and Kohno, K., “Gamma-ray bursts from dusty regions with little molecular gas”, 2016, Astronomy in Focus, IAU XXIX General Assembly, IAUFM 29, 274–275
  5. Ikeda, Y., Kobayashi, N., Kondo, S., Otsubo, S., Hamano, S., Sameshima, H., Yoshikawa, T., Fukue, K., Nakanishi, K., Kawanishi, T., Nakaoka, T., Kinoshita, M., Kitano, A., Asano, A., Takenaka, K., Watase, A., Mito, H., Yasui, C., Minami, A., Izumu, N., Yamamoto, R., Mizumoto, M., Arasaki, T., Arai, A., Matsunaga, N., and Kawakita, H., “High sensitivity, wide coverage, and high-resolution NIR non-cryogenic spectrograph, WINERED”, 2016, SPIE 9908, 99085Z

6. Kaji, S., Sarugaku, Y., Ikeda, Y., Nakanishi, K., Kobayashi, N., Kondo, S., Arasaki, T., and Kawakita, H., “Development of a cryogenic FTIR system for measuring very small attenuation coefficients of infrared materials”, 2016, SPIE 9912, 99125Z
7. Kamizuka, T., Miyata, T., Sako, S., Ohsawa, R., Okada, K., Uchiyama, M. S., Mori, K., Yamaguchi, J., Asano, K., Uchiyama, M., Sakon, I., Onaka, T., Kataza, H., Hasegawa, S., Usui, F., Takato, N., Aoki, T., Doi, M., Kato, N. M., Kitagawa, Y., Kobayakawa, Y., Kohno, K., Konishi, M., Minezaki, T., Morokuma, T., Motohara, K., Ohashi, H., Soyano, T., Takahashi, H., Tamura, Y., Tanabé, T., Tanaka, M., Tarusawa, K., Terao, Y., and Yoshii, Y., “Development status of the mid-infrared two-field camera and spectrograph MIMIZUKU for the TAO 6.5-m Telescope”, 2016, SPIE 9908, 99083W
8. Kitagawa, Y., Yamagata, Y., Morita, S.-y., Motohara, K., Ozaki, S., Takahashi, H., Konishi, M., Kato, N. M., Kobayakawa, Y., Terao, Y., and Ohashi, H., “Fabrication of a wide-field NIR integral field unit for SWIMS using ultra-precision cutting”, 2016, SPIE 9912, 991225
9. Kohno, K., Ando, R., Taniguchi, A., Izumi, T., and Tosaki, T., “High resolution ALMA observations of dense molecular medium in the central regions of active galaxies”, 2016, IAUS 315, 215
10. Kohno, K., Yamaguchi, Y., Tamura, Y., Tadaki, K., Hatsukade, B., Ikarashi, S., Caputi, K. I., Rujopakarn, W., Ivison, R. J., Dunlop, J. S., Motohara, K., Umehata, H., Yabe, K., Wang, W. H., Kodama, T., Koyama, Y., Hayashi, M., Matsuda, Y., Hughes, D., Aretxaga, I., Wilson, G. W., Yun, M. S., Ohta, K., Akiyama, M., Kawabe, R., Iono, D., Nakanishi, K., Lee, M., and Makiya, R., “SXDF-UDS-CANDELS-ALMA 1.5 arcmin<sup>2</sup> deep survey”, 2016, IAUS 319, 92
11. Konishi, M., Sako, S., Uchida, T., Araya, R., Kim, K., Yoshii, Y., Doi, M., Kohno, K., Miyata, T., Motohara, K., Tanaka, M., Minezaki, T., Morokuma, T., Tamura, Y., Tanabé, T., Kato, N., Kamizuka, T., Takahashi, H., Aoki, T., Soyano, T., and Tarusawa, K., “The University of Tokyo Atacama Observatory 6.5m Telescope: enclosure design and wind analysis”, 2016, SPIE 9906, 99062M
12. Mitsuda, K., Hashiba, Y., Minowa, Y., Hayano, Y., Sugai, H., Shimono, A., Matsubayashi, K., Hattori, T., Kamata, Y., Ozaki, S., Doi, M., and Sako, S., “CCD system upgrading of the Kyoto3DII and integral field spectroscopic observation with the new system”, 2016, SPIE 9908, 99082M
13. Mori, K., Miyata, T., Honda, M., Kamizuka, T., Takahashi, H., Sako, S., Ohsawa, R., Okada, K., Uchiyama, M. S., Kataza, H., Ohsaki, H., Hiroe, T., and Packham, C., “Development of superconducting voice coil motor of a cold chopper for MICHI”, 2016, SPIE 9912, 991218
14. Motohara, K., Konishi, M., Takahashi, H., Kato, N. M., Kitagawa, Y., Kobayakawa, Y., Terao, Y., Ohashi, H., Aoki, T., Doi, M., Kamizuka, T., Kohno, K., Minezaki, T., Miyata, T., Morokuma, T., Mori, K., Ohsawa, R., Okada, K., Sako, S., Soyano, T., Tamura, Y., Tanabé, T., Tanaka, M., Tarusawa, K., Uchiyama, M. S., Koshida, S., Asano, K., Tateuchi, K., Uchiyama, M., Todo, S., and Yoshii, Y., “NIR camera and spectrograph SWIMS for TAO 6.5m telescope: overview and development status”, 2016, SPIE 9908, 99083U
15. Nakamura, T., Miyata, T., Sako, S., Kamizuka, T., Asano, K., Uchiyama, M., and Okada, K., “A method for reducing atmospheric noise without chopping for ground-based mid-infrared observations”, 2016, SPIE 9908, 99082U
16. Ohsawa, R., Sako, S., Takahashi, H., Kikuchi, Y., Doi, M., Kobayashi, N., Aoki, T., Arimatsu, K., Ichiki, M., Ikeda, S., Ita, Y., Kasuga, T., Kawakita, H., Kokubo, M., Maehara, H., Matsunaga, N.,

- Mito, H., Mitsuda, K., Miyata, T., Mori, K., Mori, Y., Morii, M., Morokuma, T., Motohara, K., Nakada, Y., Okumura, S.-i., Onozato, H., Osawa, K., Sarugaku, Y., Sato, M., Shigeyama, T., Soyano, T., Tanaka, M., Taniguchi, Y., Tanikawa, A., Tarusawa, K., Tominaga, N., Totani, T., Urakawa, S., Usui, F., Watanabe, J., Yamaguchi, J., and Yoshikawa, M.,  
“Development of a real-time data processing system for a prototype of the Tomo-e Gozen wide field CMOS camera”, 2016, SPIE 9913, 991339
17. Okada, K., Sako, S., Miyata, T., Kamizuka, T., Ohsawa, R., Uchiyama, M. S., Mori, K., Yamaguchi, J., Asano, K., and Uchiyama, M.,  
“Array controller system with cryogenic pre-amplifiers for MIMIZUKU”, 2016, SPIE 9915, 991527
18. Otsubo, S., Ikeda, Y., Kobayashi, N., Sukegawa, T., Kondo, S., Hamano, S., Sameshima, H., Fukue, K., Yoshikawa, T., Nakanishi, K., Watase, A., Takenaka, K., Asano, A., Yasui, C., Matsunaga, N., and Kawakita, H., “First high-efficiency and high-resolution ( $R=80,000$ ) NIR spectroscopy with high-blazed Echelle grating: WINERED HIRES modes”, 2016, SPIE 9908, 990879
19. Saito, T., Iono, D., Ueda, J., Yun, M. S., Nakanishi, K., Sugai, H., Imanishi, M., Hagiwara, Y., Kaneko, H., Motohara, K., Espada, D., Yamashita, T., Lee, M., Michiyama, T., and Kawabe, R., “Molecular Gas Excitation and Chemistry in VV 114 and NGC 1614 with ALMA”, 2016, IAUS 315, E71
20. Sako, S., Osawa, R., Takahashi, H., Kikuchi, Y., Doi, M., Kobayashi, N., Aoki, T., Arimatsu, K., Ichiki, M., Ikeda, S., Ita, Y., Kasuga, T., Kawakita, H., Kokubo, M., Maehara, H., Matsunaga, N., Mito, H., Mitsuda, K., Miyata, T., Mori, K., Mori, Y., Morii, M., Morokuma, T., Motohara, K., Nakada, Y., Osawa, K., Okumura, S.-i., Onozato, H., Sarugaku, Y., Sato, M., Shigeyama, T., Soyano, T., Tanaka, M., Taniguchi, Y., Tanikawa, A., Tarusawa, K., Tominaga, N., Totani, T., Urakawa, S., Usui, F., Watanabe, J., Yamaguchi, J., and Yoshikawa, M., “Development of a prototype of the Tomo-e Gozen wide-field CMOS camera”, 2016, SPIE 9908, 99083P
21. Sarugaku, Y., Ikeda, Y., Kaji, S., Kobayashi, N., Sukegawa, T., Arasaki, T., Kondo, S., Nakanishi, K., Yasui, C., and Kawakita, H.,  
“Cryogenic performance of high-efficiency germanium immersion grating”, 2016, SPIE 9906, 990637
22. Takahashi, H., Yoshii, Y., Doi, M., Kohno, K., Miyata, T., Motohara, K., Tanaka, M., Minezaki, T., Morokuma, T., Sako, S., Tamura, Y., Tanabé, T., Konishi, M., Kamizuka, T., Kato, N., Aoki, T., Soyano, T., and Tarusawa, K., “The University of Tokyo Atacama Observatory 6.5m Telescope: design of mirror coating system and its performances”, 2016, SPIE 9906, 99064Q
23. Takigawa, A., Kamizuka, T., Tachibana, S., Yamamura, I.,  
“Formation of Circumstellar Dust Around an Oxygen-Rich AGB Star W Hya: AlO and SiO Observations with ALMA”, 2016, LPI Contributions, 1921, 6543
24. Terao, Y., Motohara, K., Konishi, M., Takahashi, H., Kato, N. M., Kitagawa, Y., Kobayakawa, Y., Ohashi, H., Tateuchi, K., and Todo, S., “NIR camera and spectrograph SWIMS for TAO 6.5m telescope: array control system and its performance”, 2016, SPIE 9915, 99151W
25. Uchiyama, M. S., Miyata, T., Kamizuka, T., Sako, S., Ohsawa, R., Okada, K., Mori, K., Yamaguchi, J., Asano, K., and Uchiyama, M., “Development of an optical device (Field Stacker) for achieving accurate photometry in ground-based mid-infrared observations”, 2016, SPIE 9912, 99125N

26. Watanabe, J., Yoshikawa, M., Urakawa, S., Usui, F., Ohsawa, R., Sako, S., and Arimatsu, K., “Development of Extremely Wide-Field CMOS Camera Tomo-e: Contribution to Small Solar System Objects”, 2016, 41st COSPAR Scientific Assembly, *cosp* 41, B0.4-77-16
27. Yoshii, Y., Doi, M., Kohno, K., Miyata, T., Motohara, K., Kawara, K., Tanaka, M., Minezaki, T., Sako, S., Morokuma, T., Tamura, Y., Tanabé, T., Takahashi, H., Konishi, M., Kamizuka, T., Kato, N., Aoki, T., Soyano, T., Tarusawa, K., Handa, T., Koshida, S., Bronfman, L., Ruiz, M. T., Hamuy, M., and Garay, G., “The University of Tokyo Atacama Observatory 6.5m telescope: project overview and current status”, 2016, SPIE 9906, 99060R

• Circulars & Telegrams

1. Morokuma, T., Tominaga, N., Tanaka, M., Suzuki, A., Serino, M., Sakamoto, T., and Maeda, K., “GRB 160206A: Kiso/KWFC optical observations.”, 2016, GRB Coordinates Network, Circular Service, 19008, 1
2. Morokuma, T. and Sarugaku, Y., “GRB 161129A: KWFC z-band photometry.”, 2016, GRB Coordinates Network, Circular Service, 20242, 1

[2017]

• Main journal

1. Hayashi, M., Kodama, T., Kohno, K., Yamaguchi, Y., Tadaki, K.-i., Hatsukade, B., Koyama, Y., Shimakawa, R., Tamura, Y., and Suzuki, T. L., “Evolutionary Phases of Gas-rich Galaxies in a Galaxy Cluster at  $z = 1.46$ ”, 2017, *ApJ* 841, L21
2. Hayatsu, N. H., Matsuda, Y., Umehata, H., Yoshida, N., Smail, I., Swinbank, A. M., Ivison, R., Kohno, K., Tamura, Y., Kubo, M., Iono, D., Hatsukade, B., Nakanishi, K., Kawabe, R., Nagao, T., Inoue, A. K., Takeuchi, T. T., Lee, M., Ao, Y., Fujimoto, S., Izumi, T., Yamaguchi, Y., Ikarashi, S., and Yamada, T., “ALMA deep field in SSA22: Blindly detected CO emitters and [C ii] emitter candidates”, 2017, *PASJ* 69, 45
3. Ikarashi, S., Ivison, R. J., Caputi, K. I., Nakanishi, K., Lagos, C. D. P., Ashby, M. L. N., Aretxaga, I., Dunlop, J. S., Hatsukade, B., Hughes, D. H., Iono, D., Izumi, T., Kawabe, R., Kohno, K., Motohara, K., Ohta, K., Tamura, Y., Umehata, H., Wilson, G. W., Yabe, K., and Yun, M. S., “Extremely Red Submillimeter Galaxies: New  $z \geq 4 - 6$  Candidates Discovered using ALMA and Jansky VLA”, 2017, *ApJ* 835, 286
4. Inoue, K. T., Matsushita, S., Minezaki, T., and Chiba, M., “Evidence for a Dusty Dark Dwarf Galaxy in the Quadruple Lens MG 0414+0534”, 2017, *ApJ* 835, L23
5. Kokubo, M., “Constraints on the optical polarization source in the luminous non-blazar quasar 3C 323.1 (PG 1545+210) from the photometric and polarimetric variability”, 2017, *MNRAS* 467, 3723
6. Matsuo, M., Nakanishi, H., Minamidani, T., Torii, K., Saito, M., Kuno, N., Sawada, T., Tosaki, T., Kobayashi, N., Yasui, C., Mito, H., Hasegawa, T., and Hirota, A., “Discovery of a distant molecular cloud in the extreme outer Galaxy with the Nobeyama 45 m telescope”, 2017, *PASJ* 69, L3
7. Mitsuda, K., Doi, M., Morokuma, T., Suzuki, N., Yasuda, N., Perlmutter, S., Aldering, G., and Meyers, J., “Isophote Shapes of Early-type Galaxies in Massive Clusters at  $z \sim 1$  and 0”, 2017, *ApJ* 834, 109

8. Morii, M., Ikeda, S., Sako, S., and Ohsawa, R., “Data Compression for the Tomo-e Gozen Using Low-rank Matrix Approximation”, 2017, ApJ 835, 1
9. Nakagawa, T., Shibai, H., Kaneda, H., Kohno, K., Matsuhara, H., Ogawa, H., Onaka, T., Roelfsema, P., and SPICA Team, “The Next-Generation Infrared Space Mission Spica: Project Updates”, 2017, PKAS 32, 331
10. Sameshima, H., Yoshii, Y., and Kawara, K., “Chemical Evolution of the Universe at  $0.7 < z < 1.6$  Derived from Abundance Diagnostics of the Broad-line Region of Quasars”, 2017, ApJ 834, 203
11. Saito, T., Iono, D., Espada, D., Nakanishi, K., Ueda, J., Sugai, H., Takano, S., Yun, M. S., Imanishi, M., Ohashi, S., Lee, M., Hagiwara, Y., Motohara, K., and Kawabe, R., “Merger-induced Shocks in the Nearby LIRG VV 114 through Methanol Observations with ALMA”, 2017, ApJ 834, 6
12. Saito, T., Iono, D., Xu, C. K., Sliwa, K., Ueda, J., Espada, D., Kaneko, H., König, S., Nakanishi, K., Lee, M., Yun, M. S., Aalto, S., Hibbard, J. E., Yamashita, T., Motohara, K., and Kawabe, R., “Spatially resolved CO SLED of the Luminous Merger Remnant NGC 1614 with ALMA”, 2017, ApJ 835, 174
13. Sharma, S., Pandey, A. K., Ojha, D. K., Bhatt, H., Ogura, K., Kobayashi, N., Yadav, R., and Pandey, J. C., “Stellar contents and star formation in the NGC 7538 region”, 2017, MNRAS 467, 2943
14. Sofue, Y. and Nakanishi, H., “Three-dimensional Aquila Rift: magnetized H I arch anchored by molecular complex”, 2017, MNRAS 464, 783
15. Sofue, Y., “Optical thickness, spin temperature and correction factor for the density of Galactic H I gas”, 2017, MNRAS 468, 4030
16. Sofue, Y., “Radial variations of the volume and surface star formation laws in the Galaxy”, 2017, MNRAS 469, 1647
17. Sofue, Y., “Rotation and mass in the Milky Way and spiral galaxies”, 2017, PASJ 69, R1
18. Sofue, Y. and Nakanishi, H., “Star formation law in the Milky Way”, 2017, PASJ 69, 19
19. Tadaki, K.-i., Genzel, R., Kodama, T., Wuyts, S., Wisnioski, E., Förster Schreiber, N. M., Burkert, A., Lang, P., Tacconi, L. J., Lutz, D., Belli, S., Davies, R. I., Hatsukade, B., Hayashi, M., Herrera-Camus, R., Ikarashi, S., Inoue, S., Kohno, K., Koyama, Y., Mendel, J. T., Nakanishi, K., Shimakawa, R., Suzuki, T. L., Tamura, Y., Tanaka, I., Übler, H., and Wilman, D. J., “Bulge-forming Galaxies with an Extended Rotating Disk at  $z \sim 2$ ”, 2017, ApJ 834, 135
20. Tadaki, K.-i., Kodama, T., Nelson, E. J., Belli, S., Förster Schreiber, N. M., Genzel, R., Hayashi, M., Herrera-Camus, R., Koyama, Y., Lang, P., Lutz, D., Shimakawa, R., Tacconi, L. J., Übler, H., Wisnioski, E., Wuyts, S., Hatsukade, B., Lippa, M., Nakanishi, K., Ikarashi, S., Kohno, K., Suzuki, T. L., Tamura, Y., and Tanaka, I., “Rotating Starburst Cores in Massive Galaxies at  $z = 2.5$ ”, 2017, ApJL 841, L25
21. Takekoshi, T., Minamidani, T., Komugi, S., Kohno, K., Tosaki, T., Sorai, K., Muller, E., Mizuno, N., Kawamura, A., Onishi, T., Fukui, Y., Ezawa, H., Oshima, T., Scott, K. S., Austermann, J. E., Matsuo, H., Aretxaga, I., Hughes, D. H., Kawabe, R., Wilson, G. W., and Yun, M. S., “The 1.1 mm Continuum Survey of the Small Magellanic Cloud: Physical Properties and Evolution of the Dust-selected Clouds”, 2017, ApJ 835, 55

22. Takanashi, N., Doi, M., Yasuda, N., Kuncarayakti, H., Konishi, K., Schneider, D. P., Cinabro, D., and Marinier, J., “Photometric properties of intermediate-redshift Type Ia supernovae observed by the Sloan Digital Sky Survey-II Supernova Survey”, 2017, MNRAS 465, 1274
23. Tosaki, T., Kohno, K., Harada, N., Tanaka, K., Egusa, F., Izumi, T., Takano, S., Nakajima, T., Taniguchi, A., and Tamura, Y., “A statistical study of giant molecular clouds traced by  $^{13}\text{CO}$ ,  $\text{C}^{18}\text{O}$ , CS, and  $\text{CH}_3\text{OH}$  in the disk of NGC 1068 based on ALMA observations”, 2017, PASJ 69, 18
24. Umehata, H., Matsuda, Y., Tamura, Y., Kohno, K., Smail, I., Ivison, R. J., Steidel, C. C., Chapman, S. C., Geach, J. E., Hayes, M., Nagao, T., Ao, Y., Kawabe, R., Yun, M. S., Hatsukade, B., Kubo, M., Kato, Y., Saito, T., Ikarashi, S., Nakanishi, K., Lee, M., Izumi, T., Mori, M., and Ouchi, M., “ALMA Reveals Strong [C II] Emission in a Galaxy Embedded in a Giant Ly $\alpha$  Blob at  $z = 3.1$ ”, 2017, ApJL 834, L16
25. Umehata, H., Tamura, Y., Kohno, K., Ivison, R. J., Smail, I., Hatsukade, B., Nakanishi, K., Kato, Y., Ikarashi, S., Matsuda, Y., Fujimoto, S., Iono, D., Lee, M., Steidel, C. C., Saito, T., Alexander, D. M., Yun, M. S., and Kubo, M., “ALMA Deep Field in SSA22: Source Catalog and Number Counts”, 2017, ApJ 835, 98
26. Wada, T., Egami, E., Fujishiro, N., Goto, T., Imanishi, M., Inami, H., Ishihara, D., Kaneda, H., Kohno, K., Koyama, Y., Matsuhara, H., Matsuura, S., Nagao, T., Ohyama, Y., Onaka, T., Oyabu, S., Pearson, C., Sakon, I., Takeuchi, T. T., Tomita, K., Yamada, T., and Yamagishi, M., “a Cosmological PAH Survey with SPICA”, 2017, PKAS 32, 317
27. Yamanaka, M., Nakaoka, T., Tanaka, M., Maeda, K., Honda, S., Hanayama, H., Morokuma, T., Imai, M., Kinugasa, K., Murata, K. L., Nishimori, T., Hashimoto, O., Gima, H., Hosoya, K., Ito, A., Karita, M., Kawabata, M., Morihana, K., Morikawa, Y., Murakami, K., Nagayama, T., Ono, T., Onozato, H., Sarugaku, Y., Sato, M., Suzuki, D., Takahashi, J., Takayama, M., Yaguchi, H., Akitaya, H., Asakura, Y., Kawabata, K. S., Kuroda, D., Nogami, D., Oasa, Y., Omodaka, T., Saito, Y., Sekiguchi, K., Tominaga, N., Uemura, M., and Watanabe, M., “Broad-lined Supernova 2016coi with a Helium Envelope”, 2017, ApJ 837, 1
28. Yoshida, M., Utsumi, Y., Tominaga, N., Morokuma, T., Tanaka, M., Asakura, Y., Matsubayashi, K., Ohta, K., Abe, F., Chimasu, S., Furusawa, H., Itoh, R., Itoh, Y., Kanda, Y., Kawabata, K. S., Kawabata, M., Koshida, S., Koshimoto, N., Kuroda, D., Moritani, Y., Motohara, K., Murata, K. L., Nagayama, T., Nakaoka, T., Nakata, F., Nishioka, T., Saito, Y., Terai, T., Tristram, P. J., Yanagisawa, K., Yasuda, N., Doi, M., Fujisawa, K., Kawachi, A., Kawai, N., Tamura, Y., Uemura, M., and Yatsu, Y., “J-GEM follow-up observations of the gravitational wave source GW151226\*”, 2017, PASJ 69, 9

• Proceedings

1. Izumi, N., Kobayashi, N., Yasui, C., Tokunaga, A. T., Saito, M., and Hamano, S., “Star-formation efficiency in the outer Galaxy”, 2017, IAUS 321, 31
2. Sameshima, H., Yoshii, Y., and Kawara, K., “Chemical Evolution of the Universe at  $0.7 < z < 1.6$  Derived from Abundance Diagnostics of Quasars”, 2017, nuco.conf, 010203
3. Yasui, C., Izumi, N., Saito, M., and Kobayashi, N., “A spatially-resolved study of initial mass function in the outer Galaxy”, 2017, IAUS 321, 34

・ Circulars & Telegrams

1. Saito, Y., Itoh, R., Tachibana, Y., Morita, K., Yoshii, Y. T., Ohuchi, H., Yano, Y., Ono, Y., Fujiwara, T., Harita, S., Muraki, Y., Saisho, K., Ozawa, Y., Yatsu, Y., and Kawai, N., “GRB 170202A: MITSuME Akeno Optical Observation.”, 2017, GRB Coordinates Network, Circular Service, 20585, 1

[in press]

・ Main journal

1. Koshida, S., Yoshii, Y., Kobayashi, Y., Minezaki, T., Enya, K., Suganuma, M., Tomita, H., Aoki, T., & Peterson, B. A., “Calibration of AGN Reverberation Distance Measurements”, 2017, ApJ, in press.
2. Sofue, Y., “Giant HI Hole inside the 3-kpc Ring and the North Polar Spur - The Galactic Crater -”, 2017, PASJ, in press,

投稿中のもの

・ Main journal

1. Ando, R., Nakanishi, K., Kohno, K., Izumi, T., Martín, S., Harada, N., Takano, S., Kuno, N., Nakai, N., Sugai, H., Sorai, K., Tosaki, T., Matsubayashi, K., Nakajima, T., and Tamura, Y., “Diverse nuclear star-forming activities in the heart of NGC 253 resolved with ten-pc scale ALMA images”, 2016, submitted to ApJ
2. Yamaguchi, Y., Kohno, K., Oguri, M., Ezawa, H., Hayatsu, H., N., Kitayama, T., Matsuo, Y., Matsuda, H., Ohshima, T., Ota, N., Izumi, T., and Umehata, H., “Blind millimeter line emitter search using ALMA data toward gravitational lensing clusters”, 2017, submitted to ApJ
3. Yamaguchi, M. S., Yano, T., and Gouda, N., “Uncovering the identities of compact objects in high-mass X-ray binaries and gamma-ray binaries by astrometric measurements”, 2017, submitted to MNRAS

## 2.6.2 和文報告

・ 集録

1. 大澤 亮, 酒向 重行, 浦川 聖太郎, 奥村 真一郎, 吉川 真, Tomo-e Gozen 開発チーム, 「東京大学木曾観測所超広視野 CMOS カメラ Tomo-e Gozen による動画サーベイ計画」, 2017, 「シンポジウム: 天体の地球衝突問題にどう取り組むか」集録

## 2.6.3 著書, 訳書, 編書

1. 井田 茂, 田村 元秀, 生駒 大洋, 関根 康人, 山口 正輝, 他 68 名 : 2016 年, 「系外惑星の事典」, 朝倉書店, ISBN 978-4-254-15021-6 C3544

## 2.7 学会, 研究会における発表

### 2.7.1 日本天文学会 2016 秋季年会, 愛媛大学 (2016/09/14 – 09/16)

1. P128a : 泉 奈都子, 安井 千香子 (国立天文台), 小林 尚人 (東京大学), 濱野 哲史 (京都産業大学), 齋藤 正雄 (国立天文台/総合研究大学院大学), 「銀河系外縁部における星生成効率」
2. P129a : 安井 千香子, 泉 奈都子, 齋藤 正雄 (国立天文台), 小林 尚人 (東京大学), 「銀河系外縁部における低金属量星生成領域 II. Sh 2-208 の近赤外深撮像」
3. P205a : 山口 正輝 (東京大学), 松尾 太郎 (大阪大学), 「アストロメトリ法と直接撮像法の二重検出による惑星質量決定」
4. Q20a : 濱野 哲史, 河北 秀世, 竹中 慶一, 池田 優二, 近藤 莊平, 鮫島 寛明, 福江 慧, 新井 彰, 大坪 翔悟, 渡瀬 彩華 (京都産業大学), 小林 尚人, 松永 典之, 水本 岬希 (東京大学), 安井 千香子, 泉 奈都子 (国立天文台), 「近赤外線高分散分光器 WINERED による微弱な DIB の探査」
5. R04a : 安藤 亮, 河野 孝太郎, 田村 陽一, 泉 拓磨, 谷口 暁星 (東京大学), 中西 康一郎 (国立天文台), 原田 ななせ (台湾中央研究院), 高野 秀路 (日本大学), 中島 拓 (名古屋大学), 徂徠 和夫 (北海道大学), 中井 直正, 久野 成夫 (筑波大学), 菅井 肇 (東京大学), 松林 和也 (京都大学), 「5pc 分解能で見た近傍星形成銀河 NGC253 中心部の星形成活動の多様性」
6. R24a : 石田 剛, 田村 陽一, 河野 孝太郎 (東京大学), 大栗 真宗 (東京大学), 廿日出 文洋 (国立天文台), 松田 有一 (国立天文台), 林 将央 (国立天文台), 「重力レンズ効果を受けた銀河の像復元アルゴリズム (GLEAN) の開発 (1): CLEAN 的像復元機能の実装」
7. S15a : 小久保 充 (東京大学), 「クエーサー紫外-可視域スペクトル中の偏光成分と変光成分の関係」
8. S18b : 泉 拓磨, 河野 孝太郎 (東京大学), 中西 康一郎, 今西 昌俊 (国立天文台), 「ALMA を用いたサブミリ波帯水素再結合線観測による活動銀河核広輝線 領域の探査可能性の検討」
9. S21b : 諸隈 智貴 (東京大学), 富永 望 (甲南大学), 田中 雅臣 (国立天文台), 安田 直樹, 野本 憲一 (Kavli IPMU), 古澤 久徳, 諸隈 佳菜, 池田 浩之 (国立天文台), 谷口 由貴, 加藤 貴弘, Ji-an Jiang, 小久保 充, 土居 守 (東京大学), 長尾 透 (愛媛大学) Hanindyo Kuncarayakti (Millennium Institute of Astrophysics), Sergei Blinnikov (Institute for Theoretical and Experimental Physics), 「可視光短時間光度変動を用いた低質量銀河中心ブラックホール探査」
10. V125a : 田村 陽一 (東京大学), 大島 泰, 竹腰 達哉, 大田原 一成, 川邊 良平, 泉 奈都子, 齋藤 智樹, 浅山 信一郎, 奥田 武志, 鎌崎 剛, 芦田川 京子, 松居 隆之, 前川 淳, 荒井 均, 廣田 晶彦, 松尾 宏, 南谷 哲宏, 宮本 祐介, 金子 紘之, 諸隈 佳菜 (国立天文台), 石井 峻, 河野 孝太郎, 泉 拓磨, 谷口 暁星, 梅畑 豪紀, Minju Lee, 山口 裕貴, 安藤 亮, 山口 正行, 石田 剛 (東京大学), 村岡 和幸, 鈴木 駿汰 (大阪府立大学), 濤崎 智佳 (上越教育大学), 小麥 真也 (工学院大学), ほか TES ボロメータカメラ科学評価チーム, 「ASTE 搭載用多色連続波カメラの開発: (6) 科学評価活動」
11. V126b : 石井 峻, 山口 正行, 泉 拓磨, 田村 陽一, 河野 孝太郎 (東京大学), 大島 泰, 竹腰 達哉, 大田原 一成, 荒井 均, 前川 淳, 岩下 浩幸, 佐藤 立博, 廣田 晶彦, 南谷 哲宏, 松尾 宏, 川邊 良平 (国立天文台), 鈴木 駿汰, 村岡 和幸 (大阪府立大学), 中坪 俊一, 森 章一, 香内 晃, 徂徠 和夫 (北海道大学), 「ASTE 搭載用多色連続波カメラの開発: (8) フラックス強度校正」

12. V127b : 大田原 一成, 竹腰 達哉, 大島 泰, 上水 和典, 伊藤 哲也, 藤井 泰範, 荒井 均, 廣田 晶彦, 岩下 浩幸, 前川 淳, 松尾 宏, 川邊 良平 (国立天文台), 山口 正行, 泉 拓磨, 石井 峻, 田村 陽一, 河野 孝太郎 (東京大学), 中坪 俊一, 森 章一, 香内 晃, 徂徠 和夫 (北海道大学), 鈴木 駿汰, 村岡 和幸 (大阪府立大学), 「ASTE 搭載用多色連続波カメラの開発: (9) キャリブレーション装置の開発」
13. V128b : 山口 正行 (東京大学, 国立天文台), 大島 泰, 竹腰 達哉, 廣田 晶彦, 大田原 一成, 荒井 均, 前川 淳, 岩下 浩幸, 佐藤 立博, 南谷 哲宏, 松尾 宏, 川邊 良平 (国立天文台), 鈴木 駿汰, 村岡 和幸 (大阪府立大学), 中坪 俊一, 森 章一, 香内 晃, 徂徠 和夫 (北海道大学), 泉 拓磨, 田村 陽一, 石井 峻, 河野 孝太郎 (東京大学), 「ASTE 望遠鏡多色連続波カメラの開発 (10): スキャンパターンの最適化と評価」
14. X18a : 鈴木 駿汰, 村岡 和幸 (大阪府立大学), 大島 泰, 竹腰 達哉, 廣田 晶彦, 大田原 一成, 上水 和典, 伊藤 哲也, 荒井 均, 藤井 泰範, 岩下 浩幸, 前川 淳, 松尾 宏, 川邊 良平 (国立天文台), 山口 正行, 泉 拓磨, 田村 陽一, 石井 峻, 河野 孝太郎 (東京大学), 中坪 俊一, 森 章一, 香内 晃, 徂徠 和夫 (北海道大学), 「ASTE 搭載用多色連続波カメラの開発: (11) 読み出し回路の改良」
15. V207a : 毛利 清, 宮田 隆志, 上塚 貴史, 高橋 英則, 酒向 重行, 大澤 亮, 岡田 一志, 内山 允史, 山口 淳平, 大崎 博之, 広江 貴 (東京大学), 本田 充彦 (久留米大学), 片ざ宏一 (ISAS/JAXA), Chris Packham (UTSA), 「TMT/MICHI 冷却チョッピングに用いる超伝導ボイスコイルモーターの性能評価」
16. V220b : 酒向 重行, 大澤 亮, 高橋 英則, 一木 真, 土居 守, 小林 尚人, 本原 顕太郎, 宮田 隆志, 諸隈 智貴, 小久保 充, 満田 和真, 谷口 由貴, 青木 勉, 征矢野 隆夫, 樽沢 賢一, 猿楽 祐樹, 森 由貴, 三戸 洋之, 中田 好一, 戸谷 友則, 松永 典之, 茂山 俊和, 谷川 衝 (東京大学), 白井 文彦 (神戸大学), 渡部 潤一, 田中 雅臣, 前原 裕之, 有松 亘, (国立天文台), 吉川 真 (ISAS/JAXA), 富永 望 (甲南大学), 板 由房, 小野里 宏樹 (東北大学), 春日 敏測 (千葉工業大学), 奥村 真一郎, 浦川 聖太郎 (日本スペースガード協会), 佐藤 幹哉 (かわさき宙と緑の科学館), 河北 秀世 (京都産業大学), 池田 思朗, 森井 幹雄 (統計数理研究所), 「木曾超広視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen 実機の開発 - 基本設計」
17. V221b : 一木 真, 酒向 重行, 大澤 亮, 高橋 英則, 土居 守, 小林 尚人, 本原 顕太郎, 宮田 隆志, 諸隈 智貴, 小久保 充, 満田 和真, 谷口 由貴, 山口 淳平, 毛利 清, 大澤 健太郎, 青木 勉, 征矢野 隆夫, 樽沢 賢一, 猿楽 祐樹, 森 由貴, 三戸 洋之, 中田 好一, 戸谷 友則, 松永 典之, 茂山 俊和, 谷川 衝 (東京大学), 白井 文彦 (神戸大学), 渡部 潤一, 田中 雅臣, 前原 裕之, 有松 亘 (国立天文台), 吉川 真 (ISAS/JAXA), 富永 望 (甲南大学), 板 由房, 小野里 宏樹 (東北大学), 春日 敏測 (千葉工業大学), 奥村 真一郎, 浦川 聖太郎 (日本スペースガード協会), 佐藤 幹哉 (かわさき宙と緑の科学館), 河北 秀世 (京都産業大学), 池田 思朗, 森井 幹雄 (統計数理研究所), 「木曾超広視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen 試験機による高頻度測光 の評価」
18. v222a : 木曾超広視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen 試験機の機械系の開発高橋 英則, 酒向 重行, 大澤 亮, 一木 真, 土居 守, 小林 尚人, 本原 顕太郎, 宮田 隆志, 諸隈 智貴, 小久保 充, 満田 和真, 谷口 由貴, 山口 淳平, 毛利 清, 大澤 健太郎, 青木 勉, 征矢野 隆夫, 樽沢 賢一, 猿楽 祐樹, 森 由貴, 三戸 洋之, 中田 好一, 戸谷 友則, 松永 典之, 茂山 俊和, 谷川 衝 (東京大学), 白井 文彦 (神戸大学), 渡部 潤一, 田中 雅臣, 前原 裕之, 有松 亘, (国立天文台), 吉川 真 (ISAS/JAXA), 富永 望 (甲南大学), 板 由房, 小野里 宏樹 (東北大学), 春日 敏測 (千葉工業大学), 奥村 真一郎, 浦川 聖太郎 (日本スペースガード協会), 佐藤 幹哉 (かわさき宙と緑の科学館), 河北 秀世 (京都産業大学), 池田 思朗, 森井 幹雄 (統計数理研究所), 「木曾超広視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen 試験機の機械系の開発」
19. V223a : 大橋 宗史, 本原 顕太郎, 小西 真広, 高橋 英則, 加藤 夏子, 北川 祐太郎, 小早川 大, 寺尾 恭範 (東京大学), 山室 智康 (オプトクラフト), 「近赤外線観測装置 SWIMS の低温結像性能評価」

20. X01a: Pa  $\alpha$  輝線で探る近傍 LIRG の空間分解された星形成活動北川 祐太郎 (東京大学), 小山 佑世 (国立天文台), 本原 顕太郎 (東京大学), 田中 壺, 児玉 忠恭, 美濃 和陽典, 林 将央 (国立天文台), 但木 謙一 (MPE), 鈴木 智子, 嶋川 里澄, 山元 萌黄 (総研大),  
「Pa  $\alpha$  輝線で探る近傍 LIRG の空間分解された星形成活動」
21. X18a: 山口 裕貴, 田村 陽一, 河野 孝太郎 (東京大学),  
「SXDF-ALMA 2 arcmin<sup>2</sup> Deep Survey のデータを用いた無バイアスミリ波分子輝線銀河探索」
22. X34a: 梅畑 豪紀, 田村 陽一, 河野 孝太郎 (東京大学), 廿日出 文洋 (国立天文台), ADF22 team,  
「ALMA Deep Field in SSA22: The survey description and source catalogue」
23. X45a: 伊王野 大介, 中西 康一郎, 松田 有一 (国立天文台 / 総研大), Min S. Yun, Grant Wilson (UMass), David Hughes, Itziar Aretxaga (INAOE), 植田 準子 (CfA), 河野 孝太郎, 田村 陽一, 梅畑 豪紀, 齊藤 俊貴, 泉 拓磨, 李 民主 (東京大学), 川辺 良平, 廿日出 文洋 (国立天文台), 五十嵐 創 (Groningen), 道山 知成, 安藤 未彩希 (総研大), 「Central Structure of the Brightest Unlensed Submillimeter Galaxies」
24. X47a: 満田 和真, 土居 守, 諸隈 智貴, 鈴木 尚孝, 安田 直樹 (東京大学), Saul Perlmutter (University of California), Greg Aldering (Lawrence Berkeley National Lab.), Joshua Meyers (Stanford University), 「 $z \sim 1$  と 0 の銀河団における早期型銀河の等面輝度形状について」
25. Z116a: 大澤 亮, 酒向 重行 (東京大学), 池田 思朗, 森井 幹雄 (統計数理研究所), 高橋 英則, 一木 真, 山口 淳平, 小林 尚人, 土居 守, 本原 顕太郎, 宮田 隆志, 諸隈 智貴, 青木 勉, 征矢野 隆夫, 樽沢 賢一, 三戸 洋之, 中田 好一, 谷口 由貴, 小久保 充, 満田 和真, 猿楽 祐樹, 松永 典之, 谷川 衝 (東京大学), 白井 文彦 (神戸大学), 田中 雅臣, 有松 亘, 渡部 潤一, 前原 裕之 (国立天文台), 吉川 真 (ISAS/JAXA), 富永 望 (甲南大学), 板 由房, 小野里 宏樹 (東北大学), 春日 敏測 (千葉工業大学), 奥村 一郎, 浦川 太郎 (日本スペースガード協会), 佐藤 幹哉 (かわさき宙と緑の科学館), 河北 秀世 (京都産業大学),  
「Tomo-e Gozen が拓く広視野動画観測による天文学」
26. Z219a: 諸隈 智貴 (東京大学), 田中 雅臣 (国立天文台), 朝倉 悠一郎, 阿部 文雄 (名古屋大学), Paul Tristram (Mt. John 天文台), 内海 洋輔 (広島大学), 土居 守, 本原 顕太郎, 田村 陽一, 酒向 重行, 大澤 亮 (東京大学), 藤沢 健太 (山口大学), 伊藤 亮介, 植村 誠, 川端 弘治, 吉田 道利 (広島大学), 伊藤 洋一 (兵庫県立大学), 河合 誠之, 齊藤 嘉彦, 谷津 陽一 (東京工業大学), 黒田 大介, 柳澤 顕史 (国立天文台), 松林 和也, 太田 耕司 (京都大学), 村田 勝寛 (名古屋大学), 永山 貴宏 (鹿児島大学), 富永 望 (甲南大学), 「J-GEM による LIGO 重力波源に対する電磁波フォローアップ観測」

### 2.7.2 日本天文学会 2017 年春季年会, 九州大学, (2017/03/15 – 03/18)

1. K03b: 小久保 充 (東京大学), 諸隈 智貴 (東京大学), 富永 望 (甲南大学), 田中 雅臣 (国立天文台), KISS メンバー,  
「Kiso Supernova Survey (KISS) で発見された特異な II<sub>n</sub> 型超新星 KISS15s の可視光測光分光追観測」
2. R19b: 大橋 宗史, 本原 顕太郎, 小西 真広, 高橋 英則, 館内 謙, 北川 祐太郎, 寺尾 恭範, 加藤 夏子, 吉井 讓 (東京大学), 小麥 真也 (工学院大学), 「近傍 LIRG の星形成活動」
3. S17b: 谷口 由貴, 諸隈 智貴, 土居 守 (東京大学), 「低質量超巨大ブラックホールの可視光度変動」
4. S25b: 小久保 充 (東京大学),  
「クエーサー 3C 323.1 の紫外-可視域連続光スペクトル中の偏光成分の起源」

5. V106b : 酒井 剛 (電気通信大), 川邊 良平 (NAOJ), 田中 邦彦 (慶応大), 田村 陽一, 河野 孝太郎 (東大), 大島 泰, 廿日出 文洋, 野口 卓, 高橋 敏一 (NAOJ),  
「LMT50m 鏡用 2mm 受信機システムと爆発的星形成銀河, 巨大ブラックホールの研究 III: 開発進捗」
6. V132a : 日本天文学会 2017 年春季年会 V132a 谷口 暁星, 田村 陽一, 河野 孝太郎 (東京大学), 豊谷 仁男, 高橋 茂, 前川 淳, (国立天文台), 堀込 治 (富士通 / ゼロ), 酒井 剛 (電通大), 「周波数変調局部発振器による新しいミリ波サブミリ波分光法: V. ASTE への FMLO システムの搭載・試験観測」
7. V133a : 遠藤 光, 唐津 謙一, David Thoen, Nuri van Marrewijk, Ozan Yurduseven, Sjoerd Bosma, Nuria Llombart (TU Delft), Vignesh Murugesan, Juan Bueno, Stephen Yates, Jochem Baselmans (SRON), Paul van der Werf (Leiden University), 成瀬 雅人 (埼玉大学), 富田 望, 谷口 暁星, 田村 陽一, 河野 孝太郎 (東京大学), 石井 峻, 前川 淳, 竹腰 達哉, 川邊 良平, 大島 泰 (国立天文台),  
「DESHIMA : 超伝導オンチップ・フィルタバンクを用いたサブミリ波超広帯域分光器の研究開発」
8. V134a : 大島 泰, 竹腰 達哉, 大田原 一成, 泉 奈都子, 石井 峻, 荒井 均, 廣田 晶彦, 南谷 哲宏, 岩下 浩幸, 前川 淳, 上水 和典, 伊藤 哲也, 藤井 泰範, 斎藤 智樹, 宮本 祐介, 金子 紘之, 諸隈 佳菜, 松尾 宏, 川邊 良平 (国立天文台), 山口 正行, 泉 拓磨, 谷口 暁星, 梅畑 豪紀, Minju Lee, 山口 裕貴, 安藤 亮, 石田 剛, 田村 陽一, 河野 孝太郎 (東京大), 中坪 俊一, 森 章一, 香内 晃, 徂徠 和夫 (北海道大), 鈴木 駿汰, 村岡 和幸 (大阪府立大), 濤崎 智佳 (上越教育大), 小麥 真也 (工学院大), ほか TES ボロメータカメラ科学評価チーム, 「ASTE 搭載用多色連続波カメラの開発: (12) プロジェクト進捗」
9. V135a : 竹腰 達哉, 大島 泰, 大田原 一成, 泉 奈都子, 石井 峻, 荒井 均, 廣田 晶彦, 南谷 哲宏, 岩下 浩幸, 前川 淳, 上水 和典, 伊藤 哲也, 藤井 泰範, 斎藤 智樹, 宮本 祐介, 金子 紘之, 諸隈 佳菜, 松尾 宏, 川邊 良平 (国立天文台), 山口 正行, 泉 拓磨, 谷口 暁星, 梅畑 豪紀, Minju Lee, 山口 裕貴, 安藤 亮, 石田 剛, 田村 陽一, 河野 孝太郎 (東京大), 中坪 俊一, 森 章一, 香内 晃, 徂徠 和夫 (北海道大), 鈴木 駿汰, 村岡 和幸 (大阪府立大), 濤崎 智佳 (上越教育大), 小麥 真也 (工学院大), ほか TES ボロメータカメラ科学評価チーム, 「ASTE 搭載用多色連続波カメラの開発: (13) 光学系の評価」
10. V136a : 大田原 一成, 石井 峻, 大島 泰, 竹腰 達哉, 泉 奈都子, 上水 和典, 伊藤 哲也, 藤井 泰範, 荒井 均, 廣田 晶彦, 南谷 哲宏, 岩下 浩幸, 前川 淳, 斎藤 智樹, 宮本 祐介, 金子 紘之, 諸隈 佳菜, 松尾 宏, 川邊 良平 (国立天文台), 山口 正行, 泉 拓磨, 谷口 暁星, 梅畑 豪紀, Minju Lee, 山口 裕貴, 安藤 亮, 石田 剛, 田村 陽一, 河野 孝太郎 (東京大), 中坪 俊一, 森 章一, 香内 晃, 徂徠 和夫 (北海道大), 鈴木 駿汰, 村岡 和幸 (大阪府立大), 濤崎 智佳 (上越教育大), 小麥 真也 (工学院大), ほか TES ボロメータカメラ科学評価チーム, 「ASTE 搭載用多色連続波カメラの開発: (14) キャリブレーション」
11. V137a : 泉 奈都子, 大島 泰, 竹腰 達哉, 大田原 一成, 石井 峻, 荒井 均, 廣田 晶彦, 南谷 哲宏, 岩下 浩幸, 前川 淳, 上水 和典, 伊藤 哲也, 藤井 泰範, 斎藤 智樹, 宮本 祐介, 金子 紘之, 諸隈 佳菜, 松尾 宏, 川邊 良平 (国立天文台), 山口 正行, 泉 拓磨, 谷口 暁星, 梅畑 豪紀, Minju Lee, 山口 裕貴, 安藤 亮, 石田 剛, 田村 陽一, 河野 孝太郎 (東京大), 中坪 俊一, 森 章一, 香内 晃, 徂徠 和夫 (北海道大), 鈴木 駿汰, 村岡 和幸 (大阪府立大), 濤崎 智佳 (上越教育大), 小麥 真也 (工学院大), ほか TES ボロメータカメラ科学評価チーム, 「ASTE 搭載用多色連続波カメラの開発: (15) 科学データ解析」
12. V207a : 大坪 翔悟, 近藤 莊平 (1), 池田 優二 (1,2), 小林 尚人 (3), 渡瀬 彩華, 福江 慧, 新井 彰 (1), 吉川 智裕 (4), 濱野 哲史, 鮫島 寛明, 竹中 慶一, 村井 太一, 坂本 匡子, 河北 秀世 (1), Giuseppe Bono(5), 松永 典之 (3), WINERED グループ (1: 京都産業大学, 2: Photocoding, 3: 東京大学, 4: Edechs, 5: University of Roma Tor Vergata), 「近赤外高分散分光器 WINERED:NTT 搭載時における総合性能の評価」

13. V208a : 大澤 亮, 宮田 隆志, 酒向 重行, 上塚 貴史, 岡田 一志, 毛利 清, 内山 允史, 山口 淳平 (東京大学), 池田 思朗, 森井 幹雄 (統計数理研究所), 藤吉 拓哉 (国立天文台ハワイ観測所),  
「地上中間赤外線スロースキャン観測の提案」
14. V216b : 酒向 重行, 大澤 亮, 高橋 英則, 一木 真, 土居 守, 小林 尚人, 本原 顕太郎, 宮田 隆志, 諸隈 智貴, 小久保 充, 満田 和真, 谷口 由貴, 青木 勉, 征矢野 隆夫, 樽沢 賢一, 猿楽 祐樹, 森 由貴, 三戸 洋之, 中田 好一, 戸谷 友則, 松永 典之, 茂山 俊和, 谷川 衝 (東京大学), 白井 文彦 (神戸大学), 渡部 潤一, 田中 雅臣, 前原 裕之, 有松 亘, (国立天文台), 吉川 真 (ISAS/JAXA), 富永 望 (甲南大学), 板 由房, 小野里 宏樹 (東北大学), 春日 敏測 (千葉工業大学), 奥村 真一郎, 浦川 聖太郎 (日本スペースガード協会), 佐藤 幹哉 (かわさき宙と緑の科学館), 河北 秀世 (京都産業大学), 池田 思朗, 森井 幹雄 (統計数理研究所),  
「木曾超広視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen 実機の開発 – 要素試験と詳細設計」
15. V217a : 一木 真, 酒向 重行, 大澤 亮, 高橋 英則, 土居 守, 小林 尚人, 本原 顕太郎, 宮田 隆志, 諸隈 智貴, 小久保 充, 満田 和真, 谷口 由貴, 青木 勉, 征矢野 隆夫, 樽沢 賢一, 猿楽 祐樹, 森 由貴, 三戸 洋之, 中田 好一, 戸谷 友則, 松永 典之, 茂山 俊和, 谷川 衝 (東京大学), 白井 文彦 (神戸大学), 渡部 潤一, 田中 雅臣, 前原 裕之, 有松 亘 (国立天文台), 吉川 真 (ISAS/JAXA), 富永 望 (甲南大学), 板 由房, 小野里 宏樹 (東北大学), 春日 敏測 (千葉工業大学), 奥村 真一郎, 浦川 聖太郎 (日本スペースガード協会), 佐藤 幹哉 (かわさき宙と緑の科学館), 河北 秀世 (京都産業大学), 池田 思朗, 森井 幹雄 (統計数理研究所),  
「木曾超広視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen の即時データ解析とデータ管理」
16. V246a : 吉井 讓, 土居 守, 河野 孝太郎, 田中 培生, 宮田 隆志, 本原 顕太郎, 田辺 俊彦, 峰崎 岳夫, 酒向 重行, 諸隈 智貴, 田村 陽一, 青木 勉, 征矢野 隆夫, 樽沢 賢一, 加藤 夏子, 小西 真広, 上塚 貴史, 高橋 英則 (東京大学), 越田 進太郎 (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 TAO6.5m 望遠鏡プロジェクトの進捗状況」
17. V247a : 寺尾 恭範, 本原 顕太郎, 小西 真広, 高橋 英則, 北川 祐太郎, 大橋 宗史, 加藤 夏子 (東京大学),  
「近赤外線 2 色同時多天体分光撮像装置 SWIMS の検出器駆動システムの開発と評価」
18. V248a : 内山 允史, 宮田 隆志, 酒向 重行, 上塚 貴史, 大澤 亮, 岡田 一志, 毛利 清, 山口 淳平, 尾中 敬, 左近 樹, 吉井 讓, 土居 守, 河野 孝太郎, 田中 培生, 本原 顕太郎, 田辺 俊彦, 峰崎 岳夫, 諸隈 智貴, 田村 陽一, 青木 勉, 征矢野 隆夫, 樽沢 賢一, 加藤 夏子, 高橋 英則, 小西 真広, 北川 祐太郎, 寺尾 恭範, 大橋 宗史 (東京大学), 片ざ 宏一 (JAXA), 半田 利弘 (鹿児島大学), 越田 進太郎 (国立天文台),  
「中間赤外線観測装置 MIMIZUKU の開発状況と試験観測計画」
19. V249a : 山口 淳平, 宮田 隆志, 酒向 重行, 上塚 貴史, 大澤 亮, 岡田 一志, 内山 允史, 毛利 清 (東京大学),  
「中間赤外線観測装置 MIMIZUKU 用 5  $\mu\text{m}$ -cutoff HAWAII-1RG 検出器の駆動試験」
20. V250a : 毛利 清, 宮田 隆志, 上塚 貴史, 高橋 英則, 酒向 重行, 大澤 亮, 岡田 一志, 内山 允史, 山口 淳平, 大崎 博之, 広江 貴 (東京大学), 本田 充彦 (久留米大学), 片ざ 宏一 (ISAS/JAXA), Chris Packham (UTSA), 「次世代中間赤外線装置における低温チョッピング実現に向けた超伝導リニアモーターの開発」
21. W120a : 山口 正輝 (東京大学), 「位置天文衛星 Gaia で発見できるブラックホール連星の数」
22. X03b : 北川 祐太郎, 本原 顕太郎 (東京大学), 小山 佑世, 児玉 忠恭, 美濃和 陽典 (国立天文台),  
「高空間分解 Pa  $\alpha$  輝線撮像で探る近傍 clumpy 銀河の星形成活動」
23. X07a : 廿日出 文洋 (国立天文台), 太田 耕司 (京都大学), 河野 孝太郎, 田村 陽一 (東京大学), 中西 康一郎 (国立天文台), 橋本 哲也 (台湾国立清華大学), 遠藤 光 (デルフト工科大学),  
「ガンマ線バースト母銀河における分子ガス探査」

24. X09b : 山口 裕貴, 河野 孝太郎, 田村 陽一, 大栗 真宗, 泉 拓磨 (東京大学), 北山 哲 (東邦大学), 江澤 元, 大島 泰, 松尾 宏 (国立天文台), 太田 直美 (奈良女子大学),  
「重力レンズ銀河団の ALMA データを用いた CO 光度関数の制限」
25. X28b : 満田 和真, 土居 守, 諸隈 智貴 (東京大学),  
「 $z \sim 1$  のフィールドにおける早期型銀河の等面輝度形状について」
26. X40a : 安井 千香子, 泉 奈都子, 斎藤 正雄 (国立天文台), 小林 尚人 (東京大学),  
「低金属量下における初期質量関数の導出 I: Sh 2-127」

### 2.7.3 精密工学会 2017 年度春季大会, 慶應義塾大学, (2017/03/13–15)

1. I19 : 段 昊, 森田 晋也, 山形 豊, 細島 拓也, 竹田 真宏, 本原 顕太郎, 北川 祐太郎,  
「リアルタイム位置キャプチャシステムを用いた超精密加工機の 3 軸同時制御軌跡の精度検証」

### 2.7.4 国際研究会

1. Kohno, K. : “Ten parsec scale view of dense molecular medium in the active galaxy NGC 1097” (contributed), 2016/4/4–7, “Molecular Gas in Galactic Environments”, Charlottesville, VA, USA
2. Izumi, T. : “ALMA Observations of Circumnuclear Feeding and Feedback in Nearby Seyfert Galaxies”, 2016/4/4–7, “Molecular Gas in Galactic Environments”, Charlottesville, VA, USA
3. Taniguchi, A., Kohno, K., Tamura, Y., Takano, S., Nakajima, T., Tosaki, T., Harada, N., Izumi, T., Umehata, H., Aladro, R., Espada, D., Krips, M., Martín, S., Meier, D., Schinnerer, E., Turner, J., Hatsukade, B., Kato, Y., Kawabe, R., Lee, M., Nakanishi, K., Aalto, S., Martín-Pintado, J., Viti, S., and García-Burillo, S. : “SiO Multi-transition Observations & Analyses toward the Strongly-shocked Dense Gas in the Center of NGC 1068”, 2016/4/4–7, “Molecular Gas in Galactic Environments”, Charlottesville, VA, USA
4. Ando, R., Kohno, K., Tamura, Y., Izumi, T., Taniguchi, A., Nakanishi, K., Nagai, H., Harada, N., Takano, S., Nakajima, T., Tosaki, T., Umehata, H., Sorai, K., Nakai, N., Kuno, N., Sugai, H., & Matsubayashi, K. : “Molecular absorption and emission lines as the powerful probes of heating mechanisms of interstellar gas: from diffuse gases to starbursts”, 2016/4/4–7, “Molecular Gas in Galactic Environments”, Charlottesville, VA, USA
5. Kamizuka, T., MIMIZUKU/TAO Team, Cryo-chopper Team : “Future Infrared Instruments MIMIZUKU and MICHI”, 2016/5/23, “MICHI Workshop”, Kyoto University, JAPAN
6. Minezaki, T. : “Extragalactic distances based on AGN dust reverberation”, 2016/5/23–27, an invited speaker of the Workshop “Astronomical Distance Determination in the Space Age”, Beijing, China
7. Yamaguchi, M. S. : “Distances and Orbital Motions of X-ray and Gamma-ray Binaries from High-precision Astronomy”, 2016/5/23–27, “Astronomical Distance Determination in the Space Age”, Beijing, China
8. Moriya S., Tamamitsu M., Kitagawa Y., Nakagawa K., Yamagata Y., Hirosaki R., Oishi Y., Motohara K., Goda K. : “Fabrication process of slicing mirror for hyperspectral imaging and its performance evaluation”, 2016/5/30–6/3, euspen’s 16th International Conference & Exhibition, University of Nottingham/East Midlands Conference Centre, UK

9. Ohsawa, R., Sako, S., Kikuchi, Y., Doi, M., Motohara, K., Morokuma, T., Kobayashi, N., Tominaga, N., Tanaka, M., Tomo-e Gozen Project Team : “Development of Extreme Wide-Field CMOS Camera Tomo-e Contribution to Gravitational Wave/EM Counterparts Search”, 2016/6/15–18, “Gravitational Wave Physics and Astronomy Workshop (GWPAW) 2016”, Cape Cod, USA
10. Kohno, K. : “Roles of ULTIMATE-Subaru in the ALMA era” (invited), 2016/6/16-17, ULTIMATE-Subaru science workshop 2016, NAOJ, Mitaka, Japan
11. Motohara, K., Konishi, M., Takahashi, H., Kato, N. M., Kitagawa, Y., Kobayakawa, Y., Terao, Y., Ohashi, H., Aoki, T., Doi, M., Kamizuka, T., Kohno, K., Minezaki, T., Miyata, T., Morokuma, T., Mori, K., Ohsawa, R., Okada, K., Sako, S., Soyano, T., Tamura, Y., Tanabé, T., Tanaka, M., Tarusawa, K., Uchiyama, M. S., Koshida, S., Asano, K., Tateuchi, K., Uchiyama, M., Todo, S., and Yoshii, Y. : “NIR camera and spectrograph SWIMS for TAO 6.5m telescope: overview and development status”, 2016/6/26-7/1, SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation, Edinburgh International Conference Centre, UK
12. Konishi, M. : “The University of Tokyo Atacama Observatory 6.5m Telescope: enclosure design and wind analysis”, 2016/6/26–7/1, SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation, Edinburgh International Conference Centre, UK
13. Kamizuka, T., Miyata, T., Sako, S., Ohsawa, R., Okada, K., Uchiyama, M. S., Mori, K., Yamaguchi, J., Asano, K., Uchiyama, M., Sakon, I., Onaka, T., Kataza, H., Hasegawa, S., Usui, F., Takato, N., Aoki, T., Doi, M., Kato, N. M., Kitagawa, Y., Kobayakawa, Y., Kohno, K., Konishi, M., Minezaki, T., Morokuma, T., Motohara, K., Ohashi, H., Soyano, T., Takahashi, H., Tamura, Y., Tanabé, T., Tanaka, M., Tarusawa, K., Terao, Y. Yoshii, Y. : “Development status of the mid-infrared two-field camera and spectrograph MIMIZUKU for the TAO 6.5-m Telescope”, 2016/6/26–7/1, SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation, Edinburgh International Conference Centre, UK
14. Ohsawa, R., Sako, S., Takahashi, H., Kikuchi, Y., Doi, M., Kobayashi, N., Aoki, T., Arimatsu, K., Ichiki, M., Ikeda, S., Ita, Y., Kasuga, T., Kawakita, H., Kokubo, M., Maehara, H., Matsunaga, N., Mito, H., Mitsuda, K., Miyata, T., Mori, K., Mori, Y., Morii, M., Morokuma, T., Nakda, Y., Okumura, S., Onozato, H., Osawa, K., Sarugaku, Y., Sato, M., Shigeyama, T., Soyano, T., Tanaka, M., Taniguchi, Y., Tanikawa, A., Tarusawa, K., Tominaga, N., Totani, T., Urakawa, S., Usui, F., Watanabe, J., Yamaguchi, J., and Yoshikawa, M. : “Development of a real-time data processing system for a prototype of the Tomo-e Gozen wide field CMOS camera”, 2016/6/26–7/1, SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation, Edinburgh International Conference Centre, UK
15. Terao, Y., Motohara, K., Konishi, M., Takahashi, H., Kato, N. M., Kitagawa, Y., Kobayakawa, Y., Ohashi, H., Tateuchi, K., and Todo, S. : “NIR camera and spectrograph SWIMS for TAO 6.5m telescope: array control system and its performance”, 2016/6/26–7/1, SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation, Edinburgh International Conference Centre, UK
16. Kitagawa, Y., Yamagata, Y., Morita, S.-y., Motohara, K., Ozaki, S., Takahashi, H., Konishi, M., Kato, N. M., Kobayakawa, Y., Terao, Y., and Ohashi, H. : “Fabrication of a wide-field NIR integral field unit for SWIMS using ultra-precision cutting”, 2016/6/26–7/1, SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation, Edinburgh International Conference Centre, UK
17. K. Mitsuda, Y. Hashiba, Y. Minowa, Y. Hayano, H. Sugai, A. Shimono, K. Matsubayashi, T. Hattori, Y. Kamata, S. Ozaki, M. Doi, S. Sako : “CCD system upgrading of the Kyoto3DII and integral field

- spectroscopic observation with the new system”, 2016/6/26–7/1, “Proceeding of SPIE, Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy V”, Edinburg, United Kingdom
18. Kamizuka, T., Miyata, T., Hasegawa, S., Usui, F., Takato, N :  
“Exploring Hydrous Materials on Asteroids with TAO/MIMIZUKU”,  
2016/7/4-6, “Planetary Science and Space Exploration”, Tohoku University, JAPAN
  19. Kitagawa Y., Koyama Y., Motohara K. :  
“PARADISES: Pa- Alpha Resolved Activity and Dynamics of Infrared Selected Extreme Starbursts”,  
2016/7/11–15, “Discs in Galaxies”, ESO Headquarters, German
  20. Taniguchi, A., Tamura, T., Kohno, K., Maekawa, J., Kuno, N., Horigome, O., and Sakai, T. :  
“Spectroscopy with frequency modulation local oscillator (FMLO): current status”, 2016/7/20–21,  
“NRO-ALMA Science/Development Workshop 2016”, Nobeyama Radio Observatory, Japan
  21. Taniguchi, A., Tamura, Y., Kohno, K., Umehata, H., Iono, D., Hatsukade, B., Saito, T., and Kato, Y. :  
“Potential of a new CASA pipeline for NRO 45m high-z data”, 2016/7/20–21, “NRO-ALMA  
Science/Development Workshop 2016”, Nobeyama Radio Observatory, Japan
  22. Yamaguchi, Y., Tamura, Y., Kohno, Y. :  
“SXDF-ALMA 2 arcmin<sup>2</sup> deep survey: Millimeter line-emitter search”, 2016/7/20–21, “NRO-ALMA  
Science/Development Workshop 2016”, Nobeyama Radio Observatory, Japan
  23. Kohno, K., Tamura, Y., Ishii, S., Kawabe, R., Oshima, T., Takekoshi, T., and LST working group  
: “The Large Submillimeter Telescope: Science drivers and conceptual design study” (contributed,  
poster), 2016/7/25–29, Star formation in different environments, Quy Nhon, Vietnam
  24. Kohno, K. and SXDF-ALMA collaboration : “SXDF-UDS-CANDELS-ALMA 2 arcmin<sup>2</sup> deep survey”  
(contributed, poster), 2016/7/25–29, Star formation in different environments, Quy Nhon, Vietnam
  25. Kohno, K. :  
“Millimeter/Submillimeter galaxy surveys using ALMA and future facilities” (invited), 2016/7/31–8/2,  
Astronomy Development in Vietnam: Challenges and Opportunities, Quy Nhon, Vietnam
  26. Yamaguchi, M. S. : “Identification of compact objects in gamma-ray binaries through high-precision  
astrometry”, 2016/8/18, “Mini-Workshop on gamma-ray binaries”, Kavli IPMU, Japan
  27. Morokuma T. : “Report from Transient WG”,  
2016/8/23–25, HSC Collaboration Meeting, Kavli-IPMU The University of Tokyo, Japan
  28. Ando, R., Kohno, K., Tamura, Y., Izumi, T., Taniguchi, A., Nakanishi, K., Harada, N., Takano, S.,  
Nakajima, T., Tosaki, T., Sorai, K., Nakai, N., Kuno, N., Sugai, H., & Matsubayashi, K. :  
“Five parsec view of the diverse starburst activities in the heart of NGC 253”,  
2016/9/20–23, “Half a Decade of ALMA: Cosmic Dawns Transformed”, Indian Wells, CA, USA
  29. Taniguchi, A., Kohno, K., Tamura, Y., Izumi, T., Ando, R., Takano, S., Nakajima, T., Harada, N.,  
Nakanishi, K., Martín, S., and Aladro, R. : “ALMA Study of the shocked gas property around the  
nucleus of NGC 1068 by the observations of multi-transition SiO lines”,  
2016/9/20–23, “Half a Decade of ALMA: Cosmic Dawns Transformed”, Indian Wells, CA, USA

30. Yamaguchi, Y., Tamura, Y., Kohno, K., Aretxaga, I., Dunlop, J., S., Hatsukade, B., Hughes, D., Ikarashi, S., Ishii, S., Ivison, R., J., Izumi, T., Kawabe R., Kodama, T., Lee, M., Makiya, R., Matsuda, Y., Nakanishi, K., Ohta, K., Rujopakarn, W., Tadaki, K., Umehata, H., Wang, W., Wilson, G., W., Yabe, K., and Yun, M., S. : “SXDF-ALMA 2 arcmin<sup>2</sup> Deep Survey: Characterizing of ALMA-Detected Continuum Sources and Millimeter line-Emitter Search”, 2016/9/20–23, “Half a Decade of ALMA: Cosmic Dawns Transformed”, Indian Wells, CA, USA
31. Hideki Umehata : “ALMA Deep Field in SSA22”, 2016/9/20–23, “Half a Decade of ALMA: Cosmic Dawns Transformed”, Indian Wells, CA, USA
32. Kokubo, M. : “The relationship between variable and polarized optical spectral components of luminous type 1 non-blazar quasars”, 2016/9/22-24, “East-Asia AGN Workshop 2016”, Seoul, Korea
33. Ohsawa, R., Sako, S., Takahashi, H., Ichiki, M., Motohara, K., Miyata, T., Morokuma, T., Aoki, T., Soyano, T., Tarusawa, K., Sarugaku, Y., Mori, Y., Mito, H., Nakada, Y., Kokubo, M., Mitsuda, K., Taniguchi, Y., Doi, M., Kobayashi, N., Watanabe, J., Urakawa, S., Okumura, S., and Yoshikawa, M. : “Development of the Kiso Extremely Wide-Field CMOS Camera: Tomo-e Gozen— Investigation of Space Debris with Wide-Field Movie Observations”, 2016/10/18–20, the 7th Space Debris Workshop, Tokyo, Japan
34. Minezaki, T. : “Dust Reverberation of AGNs and Its Cosmological application”, 2016/10/24–26, an invited speaker of the Workshop “AGN Reverberation Mapping: the pc Scale Garden of Massive Black Holes”, Lijiang, China
35. Izumi, T. : “Do Circumnuclear Dense Gas Disks Drive Mass Accretion onto SMBHs?”, 2016/11/3–5, “JWST Nearby AGN Science Discussion”, Madrid, Spain
36. Motohara, K. and TAO project team : “The University of Tokyo Atacama Observatory Project”, 2016/11/10, Chile-Japan Patagonia Forum 2016, Costaustralis Hotel, Chile
37. Motohara, K. Konishi, M., Takahashi, H., Kato, N. M., Kitagawa, Y., Kobayakawa, Y., Terao, Y., Ohashi, H., Aoki, T., Doi, M., Kamizuka, T., Kohno, K., Minezaki, T., Miyata, T., Morokuma, T., Mori, K., Ohsawa, R., Okada, K., Sako, S., Soyano, T., Tamura, Y., Tanabé, T., Tanaka, M., Tarusawa, K., Uchiyama, M. S., Koshida, S., Asano, K., Tateuchi, K., Uchiyama, M., Todo, S., and Yoshii, Y. : “SWIMS : New PI-Type Simultaneous color Wide-Field Imager/MOS on Subaru”, 2016/11/28–12/2, The 6th Subaru International Conference, International Conference Center Hiroshima Peace Memorial Park, Japan
38. Izumi, T. : “Medium-scale cold molecular gas studies in nearby AGNs”, 2016/12/7–9, “ALMA Workshop Extensive CO survey of nearby galaxies with ACA”, Tokyo, Japan
39. Yamaguchi, M. S. : “Identification of compact objects in X-ray/gamma-ray binaries and the exploration of long-period exoplanets by high-precision astrometry”, 2016/12/8, “Gaia-JASMINE Joint Meeting”, NAOJ, Japan
40. Motohara, K. : “Local Starburst Probed by Paschen- $\alpha$  Emission Line”, 2016/12/15, Australia-Japan workshop on collaborative science, NAOJ Mitaka, Japan
41. Taniguchi, A., Tamura, Y., Kohno, K., Tatamitani, Y., Takahashi, S., Maekawa, J., Horigome, O., and Sakai, T. : “A new off-point-less method for (sub)mm spectroscopy with FMLO: V. commissioning

- and evaluation of the FMLO on the ASTE”,  
2016/12/19–20, “ALMA/NRO/ASTE/Mopra Users Meeting 2016”, Mitaka, Japan
42. Yamaguchi, Y., Kohno, K., Tamura, Y., Oguri, M., Izumi, T., Kitayama, T., Ezawa, H., Ohshima, T., Matsuo H., Ohta N. :  
“Constraint on CO luminosity functions using ALMA data of gravitational lensing clusters”,  
2016/12/19–20, “ALMA/NRO/ASTE/Mopra Users Meeting 2016”, Mitaka, Japan
43. Kamizuka, T., Miyata, T., Sako, S., Ohsawa, R., Okada, K., Uchiyama, M. S., Mori, K., Yamaguchi, J., Onaka, T., Sakon, I., Kataza, H., Yoshii, Y., TAO Project Team :  
“Infrared Two-field Camera and Spectrograph MIMIZUKU: Current Status and commissioning Plan on Subaru”, 2017/1/10–12, “Subaru Users’ Meeting FY2016”, NAOJ, JAPAN
44. Kohno, K. : “Molecular line observations of galaxies near and far using ALMA Band 1” (invited),  
2017/1/16–20, ALMA Band 1 Science Workshop, ASIAA, Taipei, Taiwan
45. Yamaguchi, Y., Kohno, K., Tamura, Y. :  
“A blind CO line-emitter search using ALMA data toward gravitational lensing clusters”, 2017/3/10–12, “East-Asian ALMA Science Workshop 2016”, National Tsing Hua University, Hsinchu, Taiwan
46. T. Ishida, Y. Tamura, K. Kotaro, M. Oguri, B. Hatsukade, Y. Matsuda, M. Hayashi :  
“A New Algorithm of Source Plane Reconstruction and Resolved Star-Formation Properties of a Highly Lensed Submillimeter Galaxy”, 2017/3/10–12, “East-Asian ALMA Science Workshop 2016”, National Tsing Hua University, Hsinchu, Taiwan
47. Izumi, T. : “ALMA investigation of circumnuclear-scale AGN feeding and obscuration”, 2017/3/10–12, “East-Asian ALMA Science Workshop 2016”, National Tsing Hua University, Hsinchu, Taiwan
48. Hatsukade B. : “Submillimeter Sources Revealed with ALMA Deep Surveys”, 2017/3/10–12, “East-Asian ALMA Science Workshop 2016”, National Tsing Hua University, Hsinchu, Taiwan
49. Hatsukade B. : “ALMA observations of GOODS-S/HUDF”,  
2017/3/31–4/1, “A workshop on ALMA deep surveys and their synergies with HST and JWST”,  
Institute of Astronomy, University of Tokyo, Japan

### 2.7.5 国内研究会

1. 小久保 充 : 「1 型クエーサー可視域放射の変光と偏光」,  
2016/6/1–3, 銀河進化研究会 2016, 東北大学青葉山キャンパス青葉サイエンスホール, 仙台
2. 北川 祐太朗 : 「Pa $\alpha$  で探る近傍 LIRG の空間分解された星形成活動」  
2016/6/1–3, 銀河進化研究会 2016, 東北大学青葉山キャンパス青葉サイエンスホール, 仙台
3. K.Mitsuda, M. Doi, T. Morokuma, N. Suzuki, N. Yasuda, S. Perlmutter, G. Aldering, J. Meyers :  
「 $z \sim 1$  と 0 の銀河団における早期型銀河の等面輝度形状について」,  
2016/6/1–3, 銀河進化研究会 2016, 東北大学青葉山キャンパス青葉サイエンスホール, 仙台
4. 山口 裕貴 : 「SXDF-ALMA 2 arcmin<sup>2</sup> Deep Survey: The Properties of Faint SMGs and Their Contribution to the IR EBL」,  
2016/6/1–3, 銀河進化研究会 2016, 東北大学青葉山キャンパス青葉サイエンスホール, 仙台

5. Motohara K. : 「Probing Galaxy Formation with Paschen- $\alpha$ 」 ,  
2016/06/17, ULTIMATE Subaru Workshop, NAOJ, Mitaka, Japan
6. 大橋 宗史 : 「天文観測用近赤外線分光カメラ SWIMS の低温光学系結像評価」 ,  
2016/06/23-24, 第 41 回光学シンポジウム, 東京大学生産技術研究所
7. 高橋 : 「木曾超高視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen 試験機の機械系の開発」 ,  
2016/7/5-6, 木曾シュミットシンポジウム 2016, 長野県木曾町
8. 大澤 亮 : 「Tomo-e Gozen プロジェクト : 「Tomo-e Gozen 試験機による微光流星の観測」」 ,  
2016/7/5-6, 木曾シュミットシンポジウム 2016, 長野県木曾町
9. 小久保 充 : 「クエーサーの可視域スペクトル中の偏光成分と変光成分の関係」 ,  
2016/7/5-6, 木曾シュミットシンポジウム 2016, 長野県木曾町
10. 満田 和真 : 「見された特異な II<sub>n</sub> 型超新星 KISS15s の測光分光追観測」 ,  
2016/7/5-6, 木曾シュミットシンポジウム 2016, 長野県木曾町
11. 石田 剛 : 「重力レンズ効果の像復元アルゴリズム (GLEAN) の開発とサブミリ波銀河 SDP.81 への適用  
および星形成活動の解析」 , 2016/7/26-29, 第 46 回天文・天体物理若手夏の学校, ホテル圓山荘, 長野
12. 安藤 亮 : 「ALMA で探る近傍スターバースト銀河 NGC 253 中心部での多様な星形成活動と加熱機構」 ,  
2016/7/26-29, 第 46 回天文・天体物理若手夏の学校, ホテル圓山荘, 長野
13. 大橋 宗史 : 「近赤外線分光カメラ SWIMS の低温光学系結像評価」 ,  
2016/7/26-29, 第 46 回天文・天体物理若手夏の学校, ホテル圓山荘, 長野
14. Motohara, K. : 「Current Status of the Wide Field CMOS Imager Tomo-e Gozen Camera」 ,  
2016/07/30, 新学術領域重力波隔月研究会, 広島大学
15. 北川 祐太朗 : 「イメージスライサー型近赤外 IFU の開発 - SWIMS-IFU-」 ,  
2016/9/5-6, 面分光研究会 2016 -面分光で解き明かす銀河の形成と進化-, 国立天文台三鷹
16. K. Mitsuda, Y. Hashiba, Y. Minowa, Y. Hayano, H. Sugai, A. Shimono, K. Matsubayashi, T. Hattori,  
Y. Kamata, S. Ozaki, M. Doi, S. Sako : 「可視面分光装置 Kyoto 3DII の CCD システムアップグレード,  
および新システムを用いた面分光観測について」 ,  
2016/9/5-6, 面分光研究会 2016 -面分光で解き明かす銀河の形成と進化-, 国立天文台三鷹
17. 泉 拓磨 : 「ALMA investigation on starburst-induced Mass Accretion onto SMBHs」 ,  
2016/10/19, Galshop, 国立天文台三鷹
18. 泉 拓磨 : 「Subaru High-z Exploration of Low-Luminosity Quasars (SHELLQs): [CII] Observations」 ,  
2016/11/4-5, 銀河微細構造線研究会, 大阪産業大
19. 山口 裕貴 : 「遠赤外線微細構造輝線を用いた銀河の金属量診断」 ,  
2016/11/4-5, 銀河微細構造線研究会, 大阪産業大
20. Kitagawa, Y. : 「Spatially resolved dusty star forming regions within a local LIRG」 ,  
2016/11/18, 近傍銀河の分子ガスの大規模撮像観測が拓く星間物質と星生成の研究に関する新展開 (COM-  
ING 2016), 国立天文台三鷹
21. 峰崎 : 「小望遠鏡用補償光学試験装置の開発」 ,  
2016/11/24-25, 第 6 回可視赤外線観測装置技術ワークショップ, 国立天文台三鷹 (招待講演)

22. 大澤 亮, 宮田, 酒向, 上塚, 岡田 一志, 毛利 清, 内山 允史, 山口 淳平, 池田 思朗, 森井 幹雄, 藤吉 拓哉 : 「地上中間赤外線 スロースキャン観測」 ,  
2016/11/24-25, 第 6 回 可視赤外線観測装置技術ワークショップ, 国立天文台
23. 北川 祐太朗 : 「SWIMS における面分光ユニットの開発」 ,  
2016/11/24-25, 第 6 回 可視赤外線観測装置技術ワークショップ, 国立天文台三鷹
24. 満田 和真, 土居 守, 酒向 重行, 橋場 康人, 小久保 充, 美濃和 陽典, 早野 裕, 菅井 肇, 下農 淳司, 松林 和也, 服部 亮, 鎌田 有紀子, 尾崎 忍夫 : 「小型スターリング冷凍機を用いた可視 CCD カメラの開発」 ,  
2016/11/24-25, 第 6 回 可視赤外線観測装置技術ワークショップ, 国立天文台三鷹
25. 寺尾 恭範 : 「近赤外線 2 色同時多天体分光撮像装置 SWIMS の検出器性能評価」 ,  
2016/11/24-25, 第 6 回 可視赤外線観測装置技術ワークショップ, 国立天文台三鷹
26. 大橋 宗史 : 「近赤外線分光撮像装置 SWIMS の低温結像性能評価」 ,  
2016/11/24-25, 第 6 回 可視赤外線観測装置技術ワークショップ, 国立天文台三鷹
27. 山口 正輝 : 「位置天文観測衛星 Gaia によって見つかるブラックホール連星の数」 ,  
2016/11/30-12/2, 高エネルギー宇宙物理学研究会 2016, 青山学院大学
28. 泉 拓磨 : 「ALMA observations of cold molecular gas in the brightest cluster core galaxies with luminous AGNs」 ,  
2016/12/5, Galshop “Resolved views of galaxy formation and evolution”, NAOJ, Mitaka, Japan
29. Kohno, K. : 「Resolved CO observations of local and distant galaxies using ALMA」 ,  
2016/12/5, Galshop “Resolved views of galaxy formation and evolution”, NAOJ, Mitaka, Japan
30. 泉 拓磨 : 「Subaru High-z Exploration of Low-Luminosity Quasars (SHELLQs): [CII] Observations」 ,  
2016/12/9-10, 超巨大ブラックホール研究連絡会 第 4 回ワークショップ, 東大天文センター
31. 上塚, TAO/MIMIZUKU チーム, MIMIZUKU 近赤外線分光チーム : 「Hydrous silicate survey program with TAO/MIMIZUKU」 ,  
2016/12/12-14, 第 33 回 Grain Formation Workshop, 休暇村 志賀島
32. Ohsawa, R. : 「Size Distribution of the Interplanetary Dust Particles Measured by Meteor Observations」 , 2016/12/12-14, 第 33 回 Grain Formation Workshop, 休暇村 志賀島
33. 山口 正輝 : 「位置天文観測衛星 Gaia によって見つかるブラックホール連星の数」 ,  
2016/12/20-22, 第 29 回理論懇シンポジウム, 東北大学
34. Motohara, K. : 「Optical to Infrared Follow-up Facilities for GW Events at the University of Tokyo」 ,  
2016/12/26-28, 新学術領域「重力波天体の多様な観測による宇宙物理学の新展開」第 5 回領域シンポジウム, 京都大学基礎物理学研究所
35. 山口 正輝 : 「位置天文観測衛星 Gaia によって見つかるブラックホール連星の数」 ,  
2017/1/7-9, 新学術領域「重力波天体」A05 班合宿, 湖邸滋びわこクラブ
36. Motohara, K., 「Development Status of NIR Camera/MOS Spectrograph SWIMS」 ,  
2017/1/10-12, 2016 年度すばるユーザーズミーティング, 国立天文台三鷹
37. Jiang Ji-an, 「Deep Multi-Band Early-Phase Type Ia Supernova Survey with Subaru/Hyper Superime-Cam」 , 2017/1/10-12, Subaru User ' s Meeting FY2016, 国立天文台三鷹

38. Jiang Ji-an, 「Hunting for Young Type Ia Supernovae in Subaru/HSC Era」, 2017/1/16–27, 「大規模サーベイ時代における突発天体現象研究の新展開」, 京都大学パナソニック国際交流ホール, 京都
39. 峰崎: 「小口径望遠鏡用可視補償光学試験装置の開発」, 2017/1/21, 第42回京都大学 3.8 m 望遠鏡計画望遠鏡および観測装置会議, キャンパスプラザ京都
40. 大澤 亮: 「木曾超広視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen によるサーベイデータとデータ解析フロー」, 2017/2/20–22, 木曾広視野サーベイと京都 3.8m 即時分光によるタイムドメイン天文学の推進, 京都大学理学研究科 6 号館, 京都
41. Jiang Ji-an, 「Stepping into the New Era for Early-phase Type Ia Supernova Survey」, 2017/2/20–22, 木曾広視野サーベイと京都 3.8m 即時分光によるタイムドメイン天文学の推進, 京都大学理学研究科 6 号館, 京都
42. 泉 拓磨: 「活動銀河中心核 来し方行く末 10 年 ver.」 (招待講演), 2017/2/22–23, H28 年度 宇宙電波懇談会シンポジウム, 国立天文台三鷹
43. 河野: 「データとプロジェクトの大洪水時代」に考える (電波) 天文学の今後 (招待講演), 2017/2/22–23, H28 年度 宇宙電波懇談会シンポジウム, 国立天文台三鷹
44. 河野: 「Next generation VLA 報告」, 2017/2/22–23, H28 年度 宇宙電波懇談会シンポジウム, 国立天文台三鷹
45. 大澤 亮: 「東京大学木曾観測所超広視野 CMOS カメラ Tomo-e Gozen による動画サーベイ計画」, 2017/2/27–28, シンポジウム「天体の地球衝突問題にどう取り組むか」, 一橋講堂
46. 谷口 暁星: 「FMLO: 周波数変調局部発振器によるオフ点不要の新しいミリ波サブミリ波分光法」, 2017/02/27–28, 第 17 回ミリ波サブミリ波受信機ワークショップ/第 3 回理研-NICT 合同 THz ワークショップ, 通信情報研究機構 (小金井)
47. 河野: 「大型サブミリ波望遠鏡 (LST) 計画とミリ波サブミリ波天文学の将来展望」, 2017/02/27–28, 第 17 回ミリ波サブミリ波受信機ワークショップ/第 3 回理研-NICT 合同 THz ワークショップ, 通信情報研究機構 (小金井)
48. 峰崎, 河野 志洋: 「小口径望遠鏡用可視補償光学試験装置の開発」, 2017/3/13, 第 9 回補償光学研究開発のための情報交換会, 東京大学天文学教育研究センター三鷹キャンパス
49. 河野 志洋, 峰崎: 「小口径望遠鏡用可視補償光学試験装置の性能評価」, 2017/3/13, 第 9 回補償光学研究開発のための情報交換会, 東京大学天文学教育研究センター三鷹キャンパス
50. 泉 拓磨: 「ALMA Band 3 survey toward the luminous Seyfert galaxy NGC 7469」, 2017/3/14, U/LIRG セミナー, 国立天文台三鷹
51. 諸隈: 「可視広視野突発天体サーベイ」, 2017/03/23–24, 「重力波天文学時代における広視野電磁波観測と多様な時間スケールを持つ突発天体現象」, 山口大学

### 2.7.6 その他の講演 (談話会等)

1. 山口 正輝: 「位置天文観測による長周期惑星と星質量ブラックホールの探査」, 2016/4/14, 東大天文センター談話会, 東京大学天文センター

2. Motohara, K. : 「The University of Tokyo Atacama Observatory Project」, 2016/04/21, Lunch Seminar, Teledyne Imaging Sensors, Camarillo, CA, USA
3. Kazuma Mitsuda : 「Isophote Shapes of Early-Type Galaxies in Massive Clusters at  $z \sim 1$  and 0」, 2016/05/10, Subaru Seminars, Subaru Telescope Hilo Office, Hawaii, USA
4. Kazuma Mitsuda : 「Isophote Shapes of Early-Type Galaxies in Massive Clusters at  $z \sim 1$  and 0」, 2016/6/23, 大阪大学ミニセミナー, 大阪大学
5. Kohno K. : 「Deep Surveys using ALMA and The Large Submillimeter Telescope (LST)」, 2016/7/4, CEA Saclay, seminar, France
6. 山口 正輝 : 「ガンマ線連星の観測と理論模型」, 2016/11/02, 物理学セミナー, 弘前大学
7. 河野 : 「ALMA を使った銀河探査の現状と今後の展望」, 2016/12/7, 名古屋大学物理学教室談話会, 名古屋
8. Kohno K. : 「Deep galaxy surveys using ALMA」, 2016/12/14, 宇宙科学研究所談話会, 相模原
9. 河野 : 「ALMA を使った銀河探査の現状と今後の展望」, 2017/2/9, 京都産業大学物理学専攻談話会, 京都
10. Hatsukade B. : 「New 2-mm (Band-4) Receiver ("B4R") for LMT」, 2017/03/23, INAOE seminar, Instituto Nacional de Astrofisica, Optica y Electronica, Mexico

### 2.7.7 研究会の主催

1. “面分光研究会 2016 一面分光で解き明かす銀河の形成と進化”, 世話人 (北川, 本原, 尾崎, 兎玉, 川口), 2016/9/5-6, 東京大学天文学教育研究センター講義室
2. “Chile-Japan Patagonia Forum 2016 : Astronomy and Astronomical Instrumentation (Workshop 01)”, 世話人 (Motohara K., Infante L., Vanzi L., Bronfman L.), 2016/11/8-10, First Floor Auditorium of Costaustralis Hotel, Puerto Natales, Chile
3. “第7回光赤外線天文学大学間連携ワークショップ”, 世話人 (野上, 渡辺, 大朝, 諸隈, 齊藤, 村田, 高橋, 黒田, 植村, 永山, 泉浦, 関口), 2016/11/21-22, 京都大学・理学研究科6号館3階301
4. “第6回可視赤外線観測装置技術ワークショップ”, 世話人 (本原, 宮田, 高橋, 菅井, 森谷, 高見, 尾崎, 岡田, 早野, 岩田, 高遠, 栗田, 秋山, 坂野井, 市川, 吉田, 海老塚, 片坐, 和田), 2016/11/24-25, 国立天文台三鷹大セミナー室
5. “超巨大ブラックホール研究連絡会 第4回ワークショップ”, 世話人 (河野, 梅村, 長尾, 大向, 冨永), 2016/12/9-10, 東京大学天文学教育研究センター講義室
6. “木曾広視野サーベイと京都3.8m即時分光によるタイムドメイン天文学の推進”, 世話人 (諸隈, 酒向, 大澤 亮, 太田, 泉浦, 前田, 野上, 松林), 2017/2/20-22, 京都大学・理学研究科6号館3階301
7. “第9回補償光学研究開発のための情報交換会”, 世話人 (峰崎; 大屋 (国立天文台)), 2017/3/13, 東京大学天文学教育研究センター講義室

8. “A workshop on ALMA deep surveys and their synergies with HST and JWST”, SOC (Kohno, Tamura, Ouchi, Motohara, Shimasaku, Totani, Nagao, Ohta, Ueda, Kodama, Matsuda, Taniguchi, Nakai, Yamada), 2016/3/31-4/1, Lecture room, IoA, U. Tokyo

## 2.8 広報普及活動・社会貢献

### 2.8.1 特別公開

自然科学研究機構国立天文台、本センター、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 2016”は、“重力波が拓く天文学”というメインテーマで、10月21日(金)、22日(土)の2日間にわたって開催された。

1日目の10月21日(金)は16:00に開場、16:15-17:00に上塚が講師となり、“TAO/MIMIZUKUで探る宇宙の物質の起源”という題目で講演会を実施した。その他研究活動を紹介するポスター展示を、説明員は付けずに自由に見てもらった。平日であったにも関わらず、また短時間ながら多くの方が来場した。

2日目の10月22日(土)は10:00-17:00に下記の内容で開催した。

- 講演会: “トモエゴゼンが木曾の空に観る宇宙” (講師: 酒向)
- 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
  - チャナントールサイトのジオラマ
  - TAO 模型
  - スタッフ・院生紹介ムービー
  - 記念撮影パネル
  - ミニ講演会
    - \* “自然哲学と天文学の歴史” (講師: 一木 真)
    - \* “重力レンズで見る宇宙” (講師: 石田 剛)
    - \* “望遠鏡の作り方” (講師: 大橋 宗史)
    - \* “重い星の終末期の姿” (講師: 大澤 健太郎)
    - \* “天文学者が見る宇宙 ~ 研究者は何を見ている? ~” (講師: 山口 淳平)

講演会については、情報システムチームのご協力により、1日目の上塚および2日目の酒向の講演会について初のネット中継を実施した。講会議室をメイン会場、会議室をサブ会場として用意し、サブ会場ではネット中継の映像を上映した。メイン会場は両講演とも満席で立ち見が出るほど盛況であった。YouTubeでの生中継のアクセス数は両講演とも30-40超であった。講演の映像はYouTubeの理学部チャンネルにて引き続き配信され、公開日後も多くの方に視聴されている。

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、真空デシケーターを用いた高地低圧環境の再現（「アタカマ・シミュレーター」）に加え、初の試みとしてスマートフォンと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。また、一昨年前にも実施したTAO実験棟ツアーも行った。実験棟の内部を公開し、近赤外撮像分光装置SWIMSおよび中間赤外観測装置MIMIZUKUの実物を見せながら、プロジェクトの紹介を行った。ツアーは定員制とし、参加者にはシリアルナンバーをつけた“ツアー修了証”を配布した。計5回のツアーを実施し、100名近くの方に参加いただいた。今回公開した観測装置SWIMSおよびMIMIZUKUは、国立天文台・すばる望遠鏡（米国）、さらにチリ・アタカマへとその活躍の場を移すため、三鷹での一般への公開はこれが最後となる。

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、模型による重力レンズ効果のデモンストレーションやスライドショーも行った。

木曾観測所の展示では、例年実施している写真乾板や実際の天体写真の展示に加え、今年度は木曾観測所の新装置“トモエゴゼン”の由来となった巴御前のゆるキャラ“巴ちゃん”を招いた。中庭で巴ちゃんとジャンケンをし、景品として木曾の天体写真ポストカードをプレゼントするという企画を行い賑わいをみせた。

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）に加え、初の試みとして、3Dプリンタで制作したTAO模型の展示、NHKの「プロフェッショナル」アプリを利用したスタッフと院生紹介ムービー上映、顔を入れて記念撮影できる銀河のパネル展示を用意し、例年以上に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、田中・峰崎が回答者として参加した。本センターへの来場者数は、2日間で2091名を記録した（1日目：118名、2日目：1973名）。

## 2.8.2 高校生のための東京大学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高校生のための東京大学オープンキャンパス2016が、例年通り8月初週の3,4日の2日間で開催された。本センターは4日に出席し、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。展示は、本センター独自のプロジェクトであるTAOに関係した光赤外線天文学から「世界最高標高にある天文台～TAO計画～」、ASTEを中心とした電波天文学から「電波で聞く銀河と星のうぶ声」というテーマでポスターや模型等の展示、解説員による研究成果の説明やデモンストレーションを行った。TAOブースではこれまでのTAO開発の歴史、miniTAOサイトやチリ・アタカマでの活動の様子をポスターで紹介したほか、チャナントール山頂の低圧状態を体感できる「アタカマ・シミュレータ」も例年同様に設置し、高地での環境の違いを体感してもらった。また例年好評のチャナントール山周辺のアタカマ高地を再現した約2m四方のジオラマも展示した。電波ブースでは、電波天文学の基礎から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。さらに、附属の木曾観測所からも「高校生のための天文学体験合宿「銀河学校」に参加しよう」として銀河学校の活動報告があった。銀河学校に参加した生徒の成果として木星の衛星の観測の結果についてのポスター発表もあった。

オープンキャンパス全体の参加者は例年と同様高校生を主として若い世代が中心であり、理学部への来場者数は2日間合計で7,321名という報告があった。これは前年度の1.5倍であり、若い世代を中心として研究への興味の大きさがうかがえる数字となった。

またこのイベントにおいて、本センターや研究成果の詳細紹介のために2016年度に刷新された本センターのリーフレット（2.8.4章）の配布も行った。

## 2.8.3 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平成28年度も全



図 2.3: (左): リーフレット表側. (右): リーフレット内側.

国で開催され、本センターは法政大学主催の元、2016年8月7日(日)法政大学小金井キャンパス講堂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<sup>1</sup>。講師として東京大学・国立天文台の安東正樹氏、国立天文台の小林行泰氏を迎え、それぞれ「重力波とブラックホール、そして宇宙」、「宇宙の大きさを測る」というタイトルで講演が行われた。約200名の来場者で会場はほぼ満席となり、一般の方の天文学・宇宙への興味の大きさをうかがい知ることができた。また、講演後に行った、本センターの土居守を交えての質問コーナーも盛況であった。

#### 2.8.4 天文学教育研究センター新リーフレット

ここ数年でTAOの建設や観測装置の開発、電波グループの進展、トモエゴゼンを中心とした木曾観測所の最新の活動、さらに各サイエンスグループの研究が進んだこともあり、現実的な状況・最新の成果を内外に紹介すべく、2010年以来更新されていなかった本センターリーフレットの改訂を行った。

本センターは三鷹本部を中心として、長野県・木曾観測所、そしてチリ・アタカマ観測所とその活動の場を世界へと展開しており、表側はそれをイメージするデザインとした(図2.3)。具体的には活動紹介としては、観測・開発分野として「木曾観測所」、「TAOプロジェクト」、「ASTE/ALMAプロジェクト」、サイエンスの研究として「クエーサーで探る宇宙考古学」、「爆発直後の超新星の探査」、「パッセン $\alpha$ 輝線による輝線B型星(Be型星)の研究」、「赤外線で探る大質量星の進化」、「銀河系の果てを探る」という5つの研究テーマについて詳細が紹介されている(内側)。

このリーフレットは、特別公開など本センターへの見学者や本センターへの進学を希望する学生への配布をはじめ、研究会等の機会を利用して国内研究機関への配布を行っている。

#### 2.8.5 普及講演

1. 宮田：「最新望遠鏡が見開く宇宙、ガリレオから東京大学アタカマ天文台まで」、2016/7/17、ギャラクシティ(足立区)
2. 大澤 亮：「天文学における広視野カメラの歴史と未来 — 東京大学木曾観測所から臨む宇宙」、2016/10/15、第836回天文学普及講演会、国立科学博物館
3. 上塚：「TAO/MIMIZUKUで探る宇宙の物質の起源」、2016/10/21、東京大学天文学教育研究センター

<sup>1</sup>[http://www.asj.or.jp/tanabata/2016/list.pl?lid=568841505\\_13ucaNQk4c6o6\\_14TbtcYEgwXx6&mode=detail&pid=P13](http://www.asj.or.jp/tanabata/2016/list.pl?lid=568841505_13ucaNQk4c6o6_14TbtcYEgwXx6&mode=detail&pid=P13), <http://a-science.ws.hosei.ac.jp/news/七夕講演会が開かれました-2/>

4. 石田 剛：「重力レンズで見る宇宙」, 2016/10/22, 東京大学天文学教育研究センター
5. 宮田：「ギャラクシティ星空学校」講師, 2016/11/5-6, 木曾観測所 (長野県木曾町)

### 2.8.6 普及活動

1. 石田 剛：国立天文台定例観望会における解説, 2016/6/10, 国立天文台
2. 大澤 亮：木曾観測所「星の教室」講師, 2016/10/8-9, 東京大学木曾観測所

### 2.8.7 プレスリリース

1. 井上 開輝, 峰崎：「世界初！アルマ望遠鏡で暗黒矮小銀河の光をとらえる – 謎に包まれた暗黒矮小銀河の正体解明への第一歩 –」 2017/2/9, web サイトにて近畿大学との共同プレスリリース

### 2.8.8 雑誌等取材記事

1. 峰崎：「TAO ってどんな望遠鏡?」, 星ナビ 2016 年 12 月号

## 2.9 天文センター談話会

回	月日	講演者 (所属)	題目
第 283 回	2016/04/14	山口 正輝 (天文センター)	位置天文観測による, 長周期系外惑星および星質量ブラックホールの探査
第 284 回	2016/06/02	下条圭美 (国立天文台チリ観測所)	ALMA で探る太陽大気
第 285 回	2016/06/23	前澤 裕之 (大阪府立大学)	SPART 望遠鏡の紹介と, 他測器による最近の太陽系惑星観測の動向
第 286 回	2016/07/07	野村 英子 (東京工業大学)	TW Hya まわりの原始惑星系円盤ガス・ダストの ALMA 観測
第 287 回	2016/07/11	唐津 謙一 (TU Delft)	DESHIMA の近況報告と実験室での性能評価
第 288 回	2016/07/21	勝田 哲 (中央大学)	超新星残骸に伴う非放射性衝撃波 ( $H\alpha$ フィラメント) の可視光観測
第 289 回	2016/08/25	Nguyen Luong Quang (NAOJ/EACOA Fellow)	The star formation law of ministarburst molecular cloud complex
第 290 回	2016/09/08	大須賀 健 (国立天文台)	ブラックホール降着円盤とジェットの物理; 最近のシミュレーション結果と今後の課題
第 291 回	2016/09/29	中村 卓史 (京都大学)	a-LIGO と a-Virgo は O2 で何を新たに発見するだろうか?
第 292 回	2016/10/06	今田 大皓 (宇宙科学研究所)	幾何光学で物理光学を肩代わりできるのか – GRASP なしでつくる広視野電波望遠鏡 –
第 293 回	2016/10/27	鈴木 建 (東京大学 総合文化研究科)	Evolution of Protoplanetary Discs with Magnetically Driven Disc Winds 磁気駆動円盤風を考慮した原始惑星系円盤の進化

第 294 回	2016/12/15	坂野 正明 (ワイズバベル (英文校閲・日英翻訳))	論文英語ことはじめ — 分かる. 伝わる. 訴える.
第 295 回	2016/12/22	青木 和光 (国立天文台)	宇宙のリチウムの諸問題
第 296 回	2017/01/05	福島 登志夫 (国立天文台)	モザイク・タイルモデルによる渦巻銀河 M74 の重力場に関する一考察
第 297 回	2017/01/12	井上 茂樹 (東京大学/IPMU)	円盤銀河の力学不安定性
第 298 回	2017/01/26	Andreas Schulze (EACOA fellow/NAOJ)	Black hole growth and black hole - galaxy co-evolution
第 299 回	2017/02/14	大野 良人 (東北大学/Laboratoire d'Astrophysique de Marseille)	広視野補償光学のためのトモグラフィー波面再構成

## 2.10 その他の活動

### 2.10.1 講義等 (学部)

土居, 河野, 田中, 小林, 宮田, 本原, 田辺, 峰崎, 酒向, 田村, 諸隈, 石井 土居・宮田	1,2 年	全学自由研究ゼミナール (夏学期)
田村	天文学科 3 年	天体観測学 (夏学期)
田辺	天文学科 3 年	天体物理学演習 II (夏学期)
土居, 河野, 田中, 小林, 宮田, 本原, 峰崎, 酒向, 諸隈, 田村, 石井	天文学科 3 年	天文学ゼミナール (冬学期)
河野, 本原	天文学科 3 年	基礎天文学観測 I・II (夏冬学期)
	天文学科 4 年	星間物理学 II (夏学期)

### 2.10.2 講義等 (大学院)

河野	大学院	理学クラスター講義 (夏学期)
吉井	大学院	銀河天文学特論 II (冬学期, 集中講義)

### 2.10.3 講義等 (他大学)

河野	名古屋大学	学部学生	集中講義「銀河における星間物質とその進化」
河野	京都産業大学	修士 1,2 年	集中講義「銀河における星間物質とその進化」
廿日出	山梨大学	全学	「天文学への誘い」
上塚	工学院大学	学部 1 年	物理学演習

## 2.10.4 各種委員

吉井	国立天文台	光・赤外線天文学研究教育大学間連携協議会委員
吉井	足立区教育委員会	事業企画委員会委員
土居	日本天文学会	代議員
土居	国立天文台	運営会議委員
土居	国立天文台	すばる望遠鏡小委員会副委員長
土居	広島大学	宇宙科学センター客員教授
土居	東京大学	国際センター副センター長
土居	東京大学	国際センター USTEP (全学交換留学) オフィス長
土居	東京大学	グローバルキャンパス推進室室員 (学生交流部門)
土居	東京大学	ビッグバンセンター運営委員会委員
河野	日本学術会議	電気電子工学委員会 URSI 分科会 電波天文学小委員会 委員
河野	国立天文台	東アジア ALMA 科学諮問委員会 (EASAC) member
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
河野	国立天文台	先端技術専門委員会 委員
河野	国立天文台	周波数保護小委員会 委員
河野	宇宙電波懇談会	運営委員会 委員
河野	NRAO	ngVLA Science Advisory Council, member
河野	IRAM	Program Committee, member
田中	国立天文台	理科年表編集委員
田中	東京大学理学部	広報委員会 委員
宮田	国立天文台	光赤外専門委員
宮田	国立天文台	すばる小委員会委員
宮田	光学赤外線天文連絡会	運営委員
本原	東京大学	理学系研究科技術委員会委員
本原	国立天文台	東アジア ALMA 科学諮問委員会 (EASAC) 委員
本原	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
本原	国立天文台	光赤外専門委員会委員
本原	JAXA/SAS	SPICA 観測系アドバイザーボード委員
本原	SPIE Conference	Astronomical Telescopes + Instrumentation / Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy VI 組織委員
本原	ALMA	ALMA Proposal Review Panel 委員
田辺	国立天文台	図書委員会オブザーバー
峰崎	国立天文台	国立天文台ネットワーク委員会オブザーバー
峰崎	東京大学	理学系研究科ネットワーク委員
諸隈	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 企画運営委員会
諸隈	日本天文学会	天文月報 編集委員
諸隈	日本天文学会	日本天文学会年会実行委員会 委員
田村	東京大学	世界展開力強化事業 (中南米) 3 研究科合同ファカルティ委員会 委員
田村	東京大学	世界展開力強化事業 (中南米) 理学系研究科小委員会 委員
田村	日本天文学会	ネットワーク委員会 委員
田村	国立天文台	野辺山宇宙電波観測所プログラム小委員会 委員
田村	国立天文台	チリ観測所外部審査委員会 オブザーバー
廿日出	東京大学	世界展開力強化事業 (中南米) 3 研究科合同ファカルティ委員会 委員

## 2.10.5 科研費等

土居 (代表者)	科研費新学術領域研究 (課題番号 15H00774), (2015–2016) 第 2 年度, 1,600 千円 課題名: 可視光同時撮像による重力波天体の同定と出現環境の研究
土居 (代表者)	科学研究費基盤 (B) (課題番号 26287029), (2014–2016) 第 3 年度, 2,700 千円 課題名: 狭帯域多色撮像による超新星出現環境の研究
土居 (代表者)	科研費新学術領域研究 (課題番号 16H01087), (2016–2017) 第 1 年度, 800 千円 課題名: Ia 型超新星の早期多色測光による親星の研究
土居 (分担者)	科学研究費基盤 (S) (課題番号 16 H 06341), (2016–2020) 第 1 年度, 17,000 千円 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
河野 (代表者)	科研費基盤研究 (A) (課題番号 25247019), (2013–2016) 第 4 年度, 8,000 千円 課題名: 超伝導共振器を使ったオンチップ型低分散超広帯域サブミリ波分光計の実証
宮田 (代表者)	科学研究費基盤 (A) (課題番号 25247017), (2013–2016) 第 4 年度, 5,700 千円 課題名: 二視野同時観測による中間赤外線時間軸天文学の開拓
本原 (代表者)	科研費基盤研究 (A) (課題番号 15H02062), (2015–2019) 第 2 年度, 6,200 千円 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
本原 (分担者)	科研費新学術領域研究 (課題番号 24103003), (2012–2016) 第 5 年度, 5,070 千円 課題名: 計画研究 A02 天体重力波の光学赤外線対応現象の探索
峰崎 (分担者)	科研費基盤研究 (A) (課題番号 16H02162), (2016–2019) 第 1 年度, 300 千円 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
酒向 (代表者)	科研費若手研究 (A), (課題番号 25707009), (2013–2016) 第 4 年度, 2,200 千円 課題名: シリカで探る地球型惑星の巨大衝突の痕跡
諸隈 (代表者)	科研費基盤研究 (A) (課題番号 16H02158), (2016–2019) 第 1 年度, 8,700 千円 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
諸隈 (代表者)	科研費新学術領域研究 (課題番号 16H01088), (2016–2018) 第 1 年度, 800 千円 課題名: 時間変動を用いた低質量ブラックホール探査
諸隈 (分担者)	科研費基盤研究 (A) (課題番号 15H02075), (2015–2018) 第 2 年度, 7,800 千円 課題名: 大規模サーベイ観測による時間軸天文学のフロンティアの開拓
田村 (分担者)	基盤研究 A, (課題番号 15H02073), (2015–2018) 第 2 年度, 6,890 千円 課題名: 高感度 2 ミリ帯分光観測による隠された爆発的星形成と巨大ブラックホールの研究
廿日出 (代表者)	科研費若手研究 (B), (課題番号 15K17616), (2015–2017) 第 3 年度, 700 千円 課題名: 分子ガスおよびダストの観測によるガンマ線バースト発生環境の解明
小西 (代表者)	科研費若手研究 (B) (課題番号 15K17599), (2014–2016) 第 3 年度, 3,100 千円 課題名: 数値風況解析によるドーム風況制御システムの開発と実証的研究
上塚 (分担者)	科研費基盤研究 (C) (課題番号 15K05277), (2015–2020) 第 2 年度, 4,940 千円 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
高橋 (代表者)	科研費基盤研究 (C), (課題番号 25400226), (2013–2015) 第 4 年度 (繰り越し), 2,460 千円 課題名: 近赤外ファブル・ペロー分光器の開発と大質量星のスペクトル同定観測
梅畑 豪紀 (代表者)	科研費研究活動スタート支援, (課題番号 16H06713), (2015–2016) 第 2 年度, 1,200 千円 課題名: サブミリ波観測で探る爆発的星形成銀河及び大質量ブラックホールの形成環境
泉 拓磨 (代表者)	科研費特別研究員奨励費 (DC1) (課題番号 26–8410), (2014–2016) 第 3 年度, 600 千円 課題名: 銀河進化解明に向けたミリ波サブミリ波帯分子分光観測による銀河の熱源診断法の開発
北川 祐太郎 (代表者)	科研費特別研究員奨励費 (DC1) (課題番号 26–6780), (2014–2016) 第 3 年度, 1,000 千円 課題名: 近赤外面分光ユニットの開発と、それを用いた銀河形成・進化機構の解明
小久保 充 (代表者)	科研費特別研究員奨励費 (DC1) (課題番号 15J10324), (2015–2016) 第 2 年度, 800 千円 課題名: 銀河中心核の光度変動観測による超巨大ブラックホール周辺構造の解明
谷口 暁星 (代表者)	科研費特別研究員奨励費 (DC1) (課題番号 15J05101), (2015–2017) 第 2 年度, 1,100 千円 課題名: ALMA で探る AGN フィードバックの物理化学過程: SiO 分子を使った新診断手法
山口 裕貴 (代表者)	科研費特別研究員奨励費 (DC1) (課題番号 16J02047), (2016–2018) 第 1 年度, 1,000 千円 課題名: ALMA により見えてきた新しい星形成銀河種族の多波長解析と星形成史の研究

## 2.10.6 PI 共同利用時間

諸隈	Gemini-South 望遠鏡, S16B (September 2016), Fast Turnaround Spectroscopic Identification of a Low-Mass Active Black Hole Gemini-South 望遠鏡, S17A (January 2017), Fast Turnaround Spectroscopic Identification of a Low-Mass Active Black Hole
梅畑	ALMA cycle 4 MOLECULAR GAS MAPPING OF THE NODE WITHIN THE COSMIC WEB AT $Z = 3$ ALMA cycle 4 CONFUSION-FREE MAPPING OF THE NODE WITHIN THE COSMIC WEB AT $Z = 3$
石田 剛	ALMA cycle 4 Resolved Dynamics of a Lensed Submillimeter Galaxy with [CII] Emission to $<100$ pc at $z \sim 3$
泉 拓磨	ALMA cycle 4 Dynamical flow processes of a torus: testing a radiation-driven fountain model in Circinus ALMA cycle 4 Probing the star forming nature and co-evolutionary relations of low-luminosity quasars at $z \gtrsim 6$ ALMA cycle 4 On the submm nature of the low-luminosity BAL quasars at $z \sim 6 - 7$ discovered by Subaru/HyperSuprime-Cam
小久保 充	西はりま天文台なゆた望遠鏡, 2016 年 4 月 6 日-7 日, 「クエーサー可視域スペクトル中の偏光成分と変光成分の関係」 西はりま天文台なゆた望遠鏡, 2016 年 9 月 26 日-30 日, 「クエーサー可視域スペクトル中の偏光成分と変光成分の関係」 Apatch-point Observatory 3.5m telescope, 2016 年 10 月 3 日 「Follow-up high resolution spectroscopy for a 1988Z-like type II in supernova KISS15s」 木曾シュミット望遠鏡, 2016 年 4 月-2017 年 3 月 「Radio-quiet クエーサーの可視域スペクトル中の偏光成分と変光成分の関係」
満田 和真	西はりま天文台なゆた望遠鏡, 2016/9/26-30 「[SII], [SIII] 狭帯域撮像観測を用いた近傍星形成銀河の電離パラメータの測定」
Jiang Ji-an	8.2-m Subaru telescope, 2016/4/5-4/6, 「Deep Multi-band Imaging Survey for Very Early Phase Type Ia Supernovae」 1.05-m Kiso Schmidt telescope, 2016/10/1-10/6, 「A Young Type Ia Supernova Survey with KWFC」 1.05-m Kiso Schmidt telescope, 2016/10/24-11/7, 「A Young Type Ia Supernova Survey with KWFC」 1.05-m Kiso Schmidt telescope, 2016/11/24-12/6, 「A Young Type Ia Supernova Survey with KWFC」

### 2.10.7 国外出張

#### 1. 吉井 :

2016/05/29–06/05, チリ大学, チリ外務省 (サンチアゴ/チリ), TAO 計画に関する情報収集

2016/7/24–31, チリ大学, チリ科学技術省 (サンチャゴ/チリ), 赤外線天文学研究推進に関する情報収集

2016/09/18–22, アリゾナ大学 (ツーソン/米国), 大型望遠鏡光学系設備製作に関する情報収集

2016/10/09–20, ALMA オフィス & サンペドロ市役所 (カラマ & サンペドロ・デ・アタカマ/チリ), にて赤外線天文学研究推進に関する打合せ

#### 2. 土居 :

2016/04/18–24, チリ大学 & TAO 山麓施設 (サンチアゴ & サンペドロ・デ・アタカマ/チリ), TAO プロジェクトに関する情報収集

2016/10/09–17, ALMA オフィス & コーネル大学 (サンペドロ・デ・アタカマ/チリ & 米国), TAO プロジェクトに関する情報収集

2016/11/02–17, マガジャネス大学 (パタゴニア/チリ), 日本チリ学術フォーラム 2016 参加

2017/03/21–26 チリ大学 (サンチャゴ/チリ), 世界展開力事業 (中南米) に関する情報収集

#### 3. 河野 :

2016/04/03–07, Omni Charlottesville Hotel

2016/04/18–23, Institut de Radioastronomie Millimétrique (グラナダ/スペイン)

2016/6/27–07/05, クイニョン (ホーチミン/ベトナム), 国際会議 SFDE2016 参加および Astronomy Development in Vietnam

2016/07/13–17, パリ天文台 (パリ/フランス)

2016/09/26–30, ソウル (韓国), 研究会「EAMA10」に参加

2016/11/05–09, Max Planck Institute for extraterrestrial Physics

2017/01/15–20, ASIAA Auditorium

2017/03/14–19, ALMA 合同観測所

2017/03/25–29, マックス・プランク地球外物理学研究所 (ドイツ)

#### 4. 小林 :

2016/08/09–16, ESO La Silla 天文台 (チリ)

2016/11/13–11/20, ARIES 研究所 (インド), 日印協力に基づくサイエンス, 観測装置, 天体観測, データ解析

2017/01/04–14, ESO La Silla 天文台 (チリ)

2017/01/31–02/16, ESO La Silla 天文台 (チリ)

#### 5. 宮田 :

2016/06/25–30, エジンバラ国際会議センター (エジンバラ/英国), SPIE Astronomical Telescope and Instrumentation 出席, 発表

2016/10/14–21, サンペドロ市 (TAO 山麓施設, TAO サイト), TAO 計画アタカマ研究棟, 山頂サイト視察等

#### 6. 本原 :

2016/04/20–23, Teledyne Scientific Imaging (米国), SWIMS 検出器に関する技術情報収集

2016/06/19–07/02, Hilton Danube Waterfront Hotel (Vienna, Austria) & エジンバラ国際会議センター (エジンバラ/英国), ALMA プロポーザル審査 & SPIE Astronomical Telescope and Instrumentation 出席, 発表

2016/11/05-16, マガジャネス大学 (パタゴニア/チリ), 日本チリ学術フォーラム 2016 参加

2017/03/25-29, マックス・プランク地球外物理学研究所 (ドイツ)

7. 峰崎 :

2016/05/23-25, International SpaceScience Institute (中国), 「ISSI-BJ Workshop on Astronomical Distance Determination」

2016/09/18-22, アリゾナ大学 (ツーソン/米国), 大型望遠鏡光学系設備製作に関する情報収集

2016/10/24-27, Institute of high Energy Physics (中国), 研究会「AGN Reverberation Mapping: the pc Scale Garden」

2017/01/06-18, Magellan Baade Telescope (ラスカンパナス/チリ), マゼラン望遠鏡蒸着作業見学, 情報収集

8. 酒向 :

2016/06/26-30, エジンバラ国際会議センター (エジンバラ/英国), SPIE Astronomical Telescope and Instrumentation 出席, 発表

2016/10/08-16, カラマ, サンペドロ・デ・アタカマ (チリ), TAO サイトにおける観測装置試験作業

9. 諸隈 :

2016/04/03-08, 国立天文台・ハワイ観測所 (ヒロ/米国), すばる望遠鏡共同利用観測

2016/06/27-30, アリゾナ大学 (ツーソン), 望遠鏡主鏡支持機構他に関する打ち合わせ他

2016/10/08-20, カラマ, サンペドロ・デ・アタカマ (チリ), TAO サイトにおける観測装置試験作業

2016/11/03-13, アリゾナ大学 (ツーソン/米国) & マガジャネス大学 (パタゴニア/チリ), 望遠鏡主鏡支持機構他に関する打ち合わせ & 日本チリ学術フォーラム 2016 参加

2017/02/06-10, NASA/Goddard Space Flight Center (メリーランド/米国), WFIRST Formulation Science Working Group 会議参加

10. 田村 :

2016/04/25-05/13, サンペドロデアタカマ市, TAO 山麓施設, ASTE サイト (サンペドロ・デ・アタカマ/チリ), ASTE 望遠鏡サブミリ波カメラの搭載・試験

2016/08/14-09/11, サンペドロデアタカマ市, TAO 山麓施設, ASTE サイト (サンペドロ・デ・アタカマ/チリ), ASTE 望遠鏡周波数変調局発信機システムの搭載・試験

2016/11/05-14, マガジャネス大学 (パタゴニア/チリ), 日本チリ学術フォーラム 2016 参加

2017/03/20-25, INAOE (メキシコ), LMT 受信機インターフェースに関する研究打合せ

11. 廿日出 :

2017/03/09-13, 国立清華大学 (台湾), EAST-ASIA ALMA workshop への参加

2017/03/20-25, INAOE (メキシコ), LMT 受信機インターフェースに関する研究打合せ

12. 小西 :

2016/06/25-30, エジンバラ国際会議センター (エジンバラ/英国), SPIE Astronomical Telescope and Instrumentation 出席, 発表

2016/10/08-20, カラマ, サンペドロ・デ・アタカマ (チリ), TAO サイトにおける観測装置試験作業

2017/03/20-24, 国立天文台・ハワイ観測所 (ヒロ/米国), SWIMS 受入調査, ソフトウェア打ち合わせ, 蒸着関連打ち合わせ

13. 石井 :

2016/07/22-08/02, ASTE サイト (サンペドロ・デ・アタカマ/チリ), ASTE 望遠鏡 DESHIMA の搭載・試験

14. 上塚 :  
2016/06/15–07/01, ルーベン (ベルギー) & エジンバラ国際会議センター (エジンバラ/英国), 研究打合せ & SPIE Astronomical Telescope and Instrumentation 出席, 発表
15. 高橋 :  
2016/05/27–06/08, アントファガスタ文化センター (アントファガスタ/チリ), TAO プロジェクト展示会, 日本文化ワークショップ  
2016/06/27–07/02, エジンバラ国際会議センター (エジンバラ/英国), SPIE Astronomical Telescope and Instrumentation 出席, 発表  
2016/10/08–20, カラマ, サンペドロ・デ・アタカマ (チリ), TAO サイトにおける観測装置試験作業  
2017/01/06–18, Magellan Baade Telescope (ラスカンパナス/チリ), マゼラン望遠鏡蒸着作業見学, 情報収集  
2017/03/20–24, 国立天文台・ハワイ観測所 (ヒロ/米国), SWIMS 受入調査, ソフトウェア打ち合わせ, 蒸着関連打ち合わせ
16. 大澤 亮 :  
2016/06/14–20, マサチューセッツ工科大学 (ボストン/米国), GWPAW2016 に参加及び研究発表  
2016/06/25–07/03, エジンバラ国際会議センター (エジンバラ/英国), SPIE Astronomical Telescope and Instrumentation 出席, 発表
17. 猿楽 :  
2016/06/25–07/03, エジンバラ国際会議センター (エジンバラ/英国), SPIE Astronomical Telescope and Instrumentation 出席, 発表  
2016/10/15–10/23, Pasadena Convention Center (パサデナ/米国), 国際会議 DPS meeting に参加
18. 山口 正輝 :  
2016/05/22–28 国際宇宙科学センター (中国), 天体距離決定に関する国際研究集会に参加, 口頭発表
19. 梅畑 :  
2016/06/26–07/02, カリフォルニア工科大学 (米国), 高赤方偏移銀河の観測的研究に関する研究打合せ
20. 岡田 一志 :  
2016/06/25–30, エジンバラ国際会議センター (エジンバラ/英国), SPIE Astronomical Telescope and Instrumentation 出席, 発表
21. 小久保 充 :  
2016/09/21–24, Seoul International University (韓国), EAST-ASIA AGN workshop への参加
22. 北川 祐太郎 :  
2016/06/25–07/04, エジンバラ国際会議センター (エジンバラ/英国), SPIE Astronomical Telescope and Instrumentation 出席, 発表  
2016/07/10–16, ミュンヘン (ドイツ), 研究会 (“ Discs in Galaxies ”) での研究成果発表
23. 泉 拓磨 :  
2016/04/02–09, シャーロットビル (アメリカ), 国際研究会参加・研究発表  
2016/11/02–06 Real Observatorio de Madrid (スペイン), 国際研究会 (JWST nearby AGN science discussion. Kick-off)  
2017/03/09–13, 国立清華大学 (台湾), EAST-ASIA ALMA workshop への参加

24. 谷口 暁星 :  
2016/04/03–09, Charlottesville (米国), 研究会 (Molecular Gas in Galactic Environments) への参加・発表  
2016/08/14–09/16, San Pedro de Atacama (チリ), ASTE における FMLO 装置開発および試験観測  
2016/09/19–24, Indian Wells (米国), 研究会 (Half a Decade of ALMA: Cosmic Dawns Transformed) への参加・発表  
2016/09/25–28, Delft (オランダ), ASTE に搭載する新規観測装置 DESHIMA に関する打ち合わせ
25. 満田 和真:  
2016/05/09–05/16, 国立天文台ハワイ観測所 (ハワイ/アメリカ合衆国), FOCAS 共同利用観測  
2016/06/25–07/04, エジンバラ国際会議場 (エジンバラ/イギリス), SPIE 参加  
2017/01/29–02/12, 国立天文台ハワイ観測所 (ハワイ/アメリカ合衆国), Kyoto3DII 共同利用観測, 所員時間観測
26. 内山 允史 :  
2016/06/23–07/03, エジンバラ国際会議センター (エジンバラ/英国), SPIE Astronomical Telescope and Instrumentation 出席, 発表  
2016/11/06–10 国立天文台・ハワイ観測所 (ヒロ/米国), すばる/COMICS による観測
27. 山口 裕貴 :  
2016/09/19–26, Indian Wells (パームスプリングス/米国), 研究会 (Half a Decade of ALMA: Cosmic Dawns Transformed) への参加・発表  
2017/03/09–14, 国立清華大学 (台湾), EAST-ASIA ALMA workshop への参加
28. Jiang Jian :  
2016/04/02–11, 国立天文台・ハワイ観測所 (ヒロ/米国), Ia 型超新星の早期観測直後のデータ解析  
2016/08/01–16, チリ大学 & Hotel Hangaroa (サンチャゴ & イースター島/チリ), Supernova is In Da House Workshop & 超新星の研究会 (The Supernovae Through the Ages Conference)
29. 安藤 亮 :  
2016/04/03–09, Charlottesville (米国), 研究会 (Molecular Gas in Galactic Environments) への参加・発表  
2016/09/19–26, Indian Wells (パームスプリングス/米国), 研究会 (Half a Decade of ALMA: Cosmic Dawns Transformed) への参加・発表
30. 寺尾 恭範 :  
2016/6/25–7/04, エジンバラ国際会議センター (エジンバラ/英国), SPIE Astronomical Telescope and Instrumentation 出席, 発表
31. 谷口 由貴 :  
2016/09/11–16, 国立天文台・ハワイ観測所 (ヒロ/米国), すばる望遠鏡共同利用観測
32. 石田 剛 :  
2017/03/09–23, 国立清華大学 (台湾) & ハワイ JCMT (ヒロ/米国), EAST-ASIA ALMA workshop への参加 & JCMT SCUBA-2 を用いた観測, およびデータ解析
33. 大橋 宗史 :  
2016/12/03–12/11, Gemini Observatory (Hilo/USA), TMT Future Leader Workshop 参加

## 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
宮田 隆志	tmiyata@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
青木 勉	aoki@kiso.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
三戸 洋之	mito@kiso.ioa.s.u-tokyo.ac.jp
猿楽 祐樹	sarugaku@kiso.ioa.s.u-tokyo.ac.jp
森 由貴	moriyuki@kiso.ioa.s.u-tokyo.ac.jp
武居 里枝	takei@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

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。

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4月1日、東京大学は独立法人となった。これに伴い、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、自己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。このような状況の変化に対応して木曾観測所は(1)共同観測を軸とする観測的天文学の研究、(2)他大学学生の実習を含めた学生教育、(3)社会との教育連携を活動の3本柱としている。以下には研究、教育、社会連携について順に述べる。

### (1) 共同観測を軸とする観測的天文学の研究

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。この運営方針は東京天文台の改組、東京大学の法人化を通じても堅持された。

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最新の固体撮像素子技術を導入し、現在では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なっている。木曾観測所共同利用に応募した観測課題は所内に設けられた課題検討委員会で審査され、緊急性の高い研究に対しては重点的な時間配分を実施し、迅速な観測が行われるように努めている。木曾観測所では、全国共同利用として所内所外を問わず3ヵ月毎に一般研究課題を募集している。採択された課題に対し、観測所の日程と調整した上で「共同研究予定表」を作成し、それに従って研究教育活動を進めている。2016年度は継続も含めて合計18件の共同研究課題を採択した。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」を開催している。今年度は、2016年7月5-6日の2日間にわたり、木曾観測所に於いて実施した。

### (2) 他大学学生の実習を含めた学生教育

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年生全員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、三重大学の4大学の学生31名が夏季に、また甲南大学の学生5名が冬季に行った。

### (3) 社会との教育連携

最先端の研究の成果を社会に還元することは、広い意味での教育活動として大学に課された重要な任務である。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」の3本の事業が行なわれてきた。また、2004年からは「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。第20回「銀河学校」も、恒例通りに2017年3月28-31日に実施された。文部科学省のSSH事業に採択された2高校を含む4高校が「星の教室」の課題研究を行った。

木曾観測所は43年の長きにわたり上記のような3本柱を堅実に続けてきたが、東京大学東京天文台から国立天文台ならびに東大天文センターへの改組、そして全国の国立大学の法人化などを通じて、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。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、旧来の運営は本年度（2016年度）をもって終了し、次年度からは以下のような変化のもとに運営体制を一新することとなった。

(1) 全国共同利用観測の終了・大学間共同研究への移行。

全国共同利用の役割はそのために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は終了し、木曾という優れたサイトとシュミット望遠鏡という広視野に強みを持った特殊な望遠鏡を活かし、東大独自の研究ならびに装置開発のために専用望遠鏡的に集中して使用することとした。ただし、全国の天文学者には東大との共同研究はオープンにし、自由に参加していただく「大学間共同研究」の形態をとることとした。

(2) 大学教育

東大の天文教育はもとより、全国の大学の貴重な天文教育施設としての価値は全く変化していないので、共同利用終了後も観測所の最も大切な役割として大学実習の受け入れは続ける。

(3) 地元連携ならびに社会還元

観測所では一般向けのアウトリーチを天文業界の中でも率先して行ってきたが、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を果たした。今後は新たなアウトリーチを開発することはせず新規活動自体は縮小し、地元長野県の教育関係機関の依頼に応じて「地元連携」ならびに「社会還元」としてのアウトリーチの実施、また銀河学校のような「伝統行事」としてしっかり継続して行くこととした。また大学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行ってきた。そのために必要な県や地元町村との連携を、新たに協議会を立ち上げることで公式に整理し、効率的に進める計画をすすめている。

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年さまざまな努力を行ってきたが、とくに観測の完全自動化はその大きなステップであり、それをほぼ完成させた今、来年度（2017年度）から運営体制を大きく変化させることとなった。

## 3.2 木曾観測所の活動

### 3.2.1 開発

#### 木曾広視野 CCD カメラ (KWFC) の開発

木曾広視野カメラ (KWFC) は 8 枚の 2048×4096 ピクセル CCD をモザイク配置し、2.2 度 × 2.2 度の視野をカバーする広視野カメラである。共同利用観測装置として広視野を活かした超新星、晩期型星、AGN、太陽系内天体等の観測に用いられている。今年度は新規の開発を実施せず、機能の維持に徹した。2017 年 2 月にフィルタ交換機構のロボットアームの 6 軸目モーターの故障が発生したが、部品交換により短期に復旧した。その他は目立ったトラブルは発生せず 1 年を通じて安定に運用された。木曾観測所の共同利用の終了に伴い、KWFC は 2017 年度以降は共同研究ベースの観測に用いられる。

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

シュミット望遠鏡の視野 ( $\phi 9$  度) を CMOS センサで覆う超広視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen の開発を行った。Tomo-e は、常温 CMOS センサを採用することでカメラ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する。これにより、最大 2Hz の超広視野高速観測 (20 平方度) を世界で初めて実現する。2016 年 4 月には、昨年度に開発した Tomo-e 試験機を用いた試験観測を実施した。その後、年度の前半は熱試験用ブレッドボードモデルを製作して Tomo-e 実機を想定した熱試験を実施した。この試験結果をもとに Tomo-e 実機の放熱経路やヒートシンク等の熱設計を進めた。年度の中盤から Tomo-e 実機概念設計を進め、カメラ筐体を 4 分割 (Q1, Q2, Q3, Q4) する案が採用された。年度の後半には Q1 の試験機である Q0 の筐体の製作を実施し、設計通りの製作精度を達成していることを確認した。また、Tomo-e を制御する計算機、データ解析用計算機の整備とソフトウエアの開発も実施した。以下に今年度に行った Tomo-e の開発の詳細をまとめる。

- Tomo-e 試験機の第 3 回試験観測の実施

Tomo-e 試験機の第 3 回試験観測を実施した (酒向, 大澤, 高橋, 土居, 小林, 本原, 諸隈, 宮田, 青木, 征矢野, 樽沢, 猿楽, 中田, 森, 満田和真, 一木真; Tomo-e Gozen 開発チーム)。Tomo-e 試験機の 3 回目となる試験観測を、2016 年 3 月 29 日から 4 月 14 日まで実施した。短時間発光現象をターゲットとし、全期間に渡って地球の影の方向を 2fps で観測した。観測の約 1/3 は三鷹より遠隔で実施した。この観測期間に X 線天文衛星「ひとみ」の地上追跡観測とグリズムを用いた低分散分光動画観測も実施した。

- Tomo-e 試験機による X 線天文衛星「ひとみ」の地上追跡観測

Tomo-e 試験機による X 線天文衛星「ひとみ」の地上追跡観測を行った (酒向, 大澤, 高橋, 土居, 小林, 本原, 諸隈, 宮田, 青木, 征矢野, 樽沢, 猿楽, 中田, 森, 満田和真, 一木真; Tomo-e Gozen 開発チーム)。宇宙航空研究開発機構 (JAXA) の依頼を受け、X 線天文衛星「ひとみ」の地上追跡観測を実施した。JAXA から「ひとみ」の位置情報の提供を受けながら、Tomo-e 試験機を用いて気象条件の悪い低高度の観測を続けた結果、2016 年 3 月 31 日の夕方に「ひとみ」の光跡の検出に成功した。この観測で得られた光度曲線を解析したところ、周期 5.22 秒で定期的に光度変化していることが明らかとなった。この結果を含む複数の証拠から、JAXA は「ひとみ」が異常な高速回転運動に入っており復旧不能と結論づけた。

- Tomo-e Gozen 筐体の製作

Tomo-e Gozen 筐体の製作を行った (高橋, 酒向, 大澤, 土居, 小林, 本原, 諸隈, 宮田, 青木, 征矢野, 樽沢, 猿楽, 中田, 森, 満田和真, 一木真; Tomo-e Gozen 開発チーム)。現在、CMOS センサ 84 個搭載のフルモデル (FM) 製作に向けて開発が進んでいる。今年度はまず、前年度までの Tomo-e Gozen 試験機 (PM) の製作工程やシュミット望遠鏡に搭載した状態での観測の結果を受けての改良・改善点の洗い出しが行

われた。その結果、試験機のプロトタイプ設計はほぼそのまま次モデルへと踏襲できるが、軽量化やハンドリングのしやすさなど改善する余地があることがわかっている。また FM になると無視出来ないほどの熱が発生する。別途製作した熱モデルを用いた熱試験も行われ、最終的に排熱フィンを採用し、熱浴（実際は望遠鏡本体）と熱コンタクトを大きく取ることで排熱が可能であることを確認した。さらに試験機でも採用された焦点面高さ調整機構（Height Adjustment Plate : HAP）が今回も採用されているが、Q シリーズのセンサーはシュミット望遠鏡の焦点面に対応した3次元曲面配置が必要である。そのため、センサーの場所に応じて固有の形状を持つことになるため、Q0 ベースプレートの加工後3次元測定を行い、その形状を反映させた HAP も製作した（Q0 用4個）。

上記のような検討を経て設計・製作が進められた Q シリーズは、ベースプレートは基本型として試験機から大きな変更はないものの、内梁を残した削り出しによる筐体の軽量・コンパクト化がされている他、配線や組立、フィルター窓の組み込みの際のハンドリングの良さなどを考慮したアイデアが盛り込まれている。特筆すべきは全体が4分割されており、各々独立なカメラとして使用することができることである。それらを焦点面で組み合わせることで、最終的な Tomo-e Gozen FM が完成する。2017 年度夏には Q シリーズ 1/4 モデルでのシュミット望遠鏡での試験観測を行い、実運用の確認をするとともに、さらなる改善点を探る予定である。

- Tomo-e Gozen データ取得・解析システムの設計と開発

Tomo-e Gozen データ取得・解析システムの設計と開発を行った（大澤、酒向、高橋、土居、小林、本原、諸隈、宮田、青木、征矢野、樽沢、猿楽、中田、森、満田和真、一木真；Tomo-e Gozen 開発チーム）。東京大学木曾観測所が開発する次世代超広視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen は 84 枚の CMOS センサを用いて約  $20 \text{ deg}^2$  の領域を最大 2Hz で読み出す能力を有する。Tomo-e Gozen のデータレートは最大で 760 MB/s に達し、既存の観測装置を大きく上回るカメラとなる。我々はこのデータを迅速に処理するための計算機システムを設計し、必要な機器を購入した。データ取得・解析システムは主にデータ取得システム・バッファ用ストレージシステム・データ解析システムの3つのモジュールから構成される。すべてのモジュールは木曾観測所ドーム内に整備した計算機室に配備され、解析済みのデータが本館に配置するストレージに蓄積される。それぞれのモジュールで動作するソフトウェアシステムの実装が進行中である。

- Tomo-e Gozen に向けた望遠鏡・ドームの高速化と安定化

Tomo-e Gozen に向けた望遠鏡・ドームの高速化と安定化を行った（猿楽、青木、樽沢、征矢野、森、酒向）。Tomo-e では数秒の露光で次々に視野をスイッチする機敏な観測が計画されている。このような観測の効率を見積もるために、シュミット望遠鏡に同架されている案内望遠鏡に監視カメラ用 CMOS センサを搭載し、トルクモーターの有無や駆動条件を変えながら望遠鏡駆動の静定時間を測定した。結果、0.5 度の視野移動の際は（Tomo-e のディザ観測を想定）、望遠鏡は約 3 秒間で目標姿勢に達するが、その後に振動や遅延が発生し、最終的に静定までに 8 秒前後が必要であることがわかった。今後、振動や遅延の原因を特定する試験を実施し、問題解決を改善することで高速化を実現する計画である。ドームの回転はこれまでリレー接点による電氣的、機械的な負荷が高い駆動制御がなされていた。これを改善するために、制御部にインバーターを導入する改修を実施した。結果、電力の平滑化、駆動の円滑化、回転の高速化を実現した。既存の望遠鏡制御ソフトのドキュメント化と整理を行うことで、制御の無駄時間を特定し、ソフト的に望遠鏡駆動を高速化する試みを実施した。

- Tomo-e Gozen に向けた観測所インフラの整備

Tomo-e Gozen に向けた観測所インフラの整備を行った（征矢野、青木、樽沢、猿楽、森、酒向）。Tomo-e Gozen では大型の計算機をドームと本館に設置する予定である。そのために、ドーム1階のベーキング室と増感暗室の床壁を補修し、エアコン、200V 電源を設置して計算機室として整備した。同様に本館の計算機室にもエアコン、200V 電源、ケーブルラックを設置した。Tomo-e Gozen の膨大なデータをやりとり

するために、観測所内のネットワークの高速化を実施した。ドームと本館の間にシングルモードファイバを埋設し、両建物を 10Gbps で接続した。また、計算機室と観測室、実験室などの間の基幹ネットワークも 10Gbps に更新した。その他の部屋は順次 1Gbps で接続できるように整備を進めている。外部インターネットとの接続は 2017 年 2 月に NTT フレッツ光の契約速度を 1Gbps に更新した。

### 望遠鏡及びドーム駆動の安定性向上

2013 年 6-8 月の整備期間に行ったシュミット望遠鏡制御系の大改修で、位置表示精度やポインティングスピードの向上等が図られた。この事により、今まで原因を特定できていなかった、ポインティングの精度や安定性、星像流れ等の問題に幾つかの改良を加える事ができた。また、新しい制御系に対応したドーム駆動を行えるよう、ドーム駆動系の改良も行った。その他、ここ数年継続している望遠鏡指向精度調査について、以下に詳細をまとめる（青木、征矢野、樽沢）。

- 望遠鏡駆動アンプ調整

駆動ギア系の遊びによる像流れについては、前年度行ったトルクモータの活用とその調整で解消され、安定した星像が得られている。しかし、DEC 軸駆動モータアンプが過負荷で停止する事象が時折みられた。事象の解析や適正な駆動アンプパラメータ等の検討を行い、メーカ設定値を調整して現行の観測仕様に適合するパラメータにし、RA 軸も合わせて変更した。以後、モータアンプの過負荷エラーは発生していない。

- 望遠鏡大クラッチ固定

観測時のポインティングエラー（指令位置と指向位置との差）を作図し、翌朝に所員にメール配信するシステムを 2014 年から運用している。この作図データの解析から、エラーに明らかな飛びがある事が発見された。量は数日間で数 10arcsec 程度と少ないものの、以前発生した駆動軸とウォームホイールを固定するクラッチ機構（大型電磁クラッチ）の滑る事象と同様のため、クラッチの固定箇所を増やして強化した。強化の際、以前設置した固定板を調べたところ、固定しているビスと板との間に移動した形跡がみられた。対策後、経過追跡を行っているが、同様な症状は出ておらず、クラッチの滑りは治まったと考えている。

- 望遠鏡指向精度調査

前述のポインティングエラー図に基づき、整備期間以降の変化を継続調査している。現在までで判明した事は、エラーに長周期のドリフトがあり、その量は半年で、RA 軸が約 1000arcsec、DEC 軸が約 50arcsec ある事が判った。また、一日では望遠鏡の姿勢により、RA 軸が約 100arcsec、DEC 軸が約 20arcsec のエラーある。日毎のシフトが含まれるが、一日単内での相対差は安定している。以上の解析から、一つの可能性として、制御系改修後に行ったポインティングアナリシスを望遠鏡の駆動系調整が不完全のまま行い、パラメータが最適化されていない事が考えられる。当面、定期的に原点出しを行って運用していくか、パラメータの再設定を行うかは、観測計画を検討して判断したい。今後もポインティング精度向上のため、継続して調査及び調整を行う予定である。

- ドーム駆動モータのインバータ制御化

シュミット制御系改修後、望遠鏡のポインティングスピードが改善され、観測効率が向上した。しかし、ドームはスピードアップした望遠鏡に追随して作動するため、モーターが頻繁に ON/OFF する。ドームモータの駆動制御は、旧式の ON/OFF 制御のため、モータ始動時に発生する過電流のため、サーマルリレーが加熱して落ち、動作不能になるトラブルが発生するようになった。これを改善するため、駆動モータのインバータ制御化を 8 月に行った。以後、トラブルは発生していない。現在のドームスピードは、以前同様の 90 度/分（60Hz）で駆動しているが、集電装置や位置読み機構の安全性をみてスピードアップを図りたい。

### 3.2.2 共同利用研究

様々な目的の観測を KWFC で効率よく行うために、通常観測課題 (N)、モニタリング観測課題 (M)、ToO 観測課題 (T)、大学実習課題 (E)、観測を行わない研究課題 (R)、大規模観測課題 (L)、観測所観測時間 (O) の 7 種類のカテゴリに研究課題を分類し、四半期毎に新規・継続両方の課題を募集している。平成 28 年度採択の共同研究は合計 18 課題であった。内訳は以下のとおりである。

カテゴリ	課題数	研究代表者の所属	課題数
通常観測 (N)	7 課題	東大・天文センター	6 課題
モニタリング (M)	3 課題	他大学, その他	12 課題
ToO (T)	1 課題		
大学実習 (E)	4 課題		
観測を行わない 研究課題 (R)	1 課題		
大規模観測 (L)	2 課題		

## 平成 28 年度一般研究課題 申請一覧

課題番号	カテゴリ	課題名	代表者	所属機関
A0601	N	多色撮像観測による近傍銀河 HII 領域の SED 研究	西浦 慎悟	東京学芸大学
P0021	N	若い散開星団における変光星の測光観測	小倉 勝男	国学院大学
P0029	N	A Young Type Ia Supernova Survey with the Kiso Wide Field Camera	Jian Jiang	東京大学 (天セ)
P0032	N	分子雲周辺のダストの光学的特性の研究	土橋 一仁	東京学芸大学
P0033	N	近傍渦巻銀河の多色深撮像	諸隈 佳菜	国立天文台
P0034	N	低質量超巨大ブラックホールの光度変動タイムスケール	谷口 由貴	東京大学 (天セ)
P0035	N	彗星のプラズマテールの時間変動の撮像	八木 雅文	国立天文台
P0009	M	近傍活動銀河核の可視 X 線同時モニター観測	峰崎 岳夫	東京大学 (天セ)
P0020	M	M31 における古典新星の UBV 測光サーベイ	前原 裕之	国立天文台
P0023	M	Radio-quiet クエーサーの可視域スペクトル中の偏光成分と変光成分の関係	小久保 充	東京大学 (天セ)
P0036	T	KWFC による IceCube ニュートリノイベントの即時フォローアップ観測	田中 康之	広島大学
E0401	E	教員養成系大学学生に対する観測実習と そのためのカリキュラム教材の開発	山縣 朋彦	文教大学
E0402	E	天文学観測による天文学教育の実践と教材開発	浜部 勝	日本女子大学
E0403	E	105cm シュミット望遠鏡を用いた理科教育実践 と観測データ教材化の試み	西浦 慎悟	東京学芸大学
E1103	E	KWFC・Tomo-e 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
P0030	R	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
P0001	L	KWFC 銀河面変光天体探査 (KISOGP)	松永 典之	東京大学
P0002	L, T	木曾超新星探査 (KISS)	諸隈 智貴	東京大学 (天セ)

## 共同利用研究報告

## 1. KWFC 銀河面変光天体探査 (KISOGP) (P0001)

松永典之 (東京大学・天文学教室), 小林尚人, 猿楽祐樹, 三戸洋之, 青木勉, 征矢野隆夫, 樽沢賢一 (東京大学・木曾観測所), 酒向重行, 諸隈智貴, 土居守, 中田好一 (東京大学・天文センター), 前原裕之, 浮田信治, 柳澤顕史 (国立天文台), 福江慧, 新井彰 (京都産業大学), 板由房, 小野里宏樹, 花上拓海 (東北大学), 岩崎仁美 (仙台市天文台), 山下智志 (鹿児島大学), 泉奈都子, 岩田生, 田中雅臣 (国立天文台), 坂本強 (日本スペースガード協会), 山本遼 (東京大学・天文センター)

KISOGP(KWFC Intensive Survey of the Galactic Plane) は, 銀河面に存在する未開拓の多数の変光星を包括的に探査するサーベイである. 木曾の名を冠する変光星のカタログを作るとともに, 脈動変光星を用いて銀河系の構造, とくに未知の outer Galaxy 領域を明らかにすることが目的である. Gaia 衛星や VISTA・OGLE 両望遠鏡などでの観測が進む中, 未開の北半球銀河面の変光星をいち早く探し出し, 分光観測まで含めた総合的なプログラムとして銀河系の構造と進化についての研究を進める.

平成 24 年度から木曾観測所大規模プログラムのひとつとして観測を開始した KISOGP は, 320 平方度という広い範囲の北半球銀河面に対して, I バンドで 17 等級 (S/N が 30) という深さでのサーベイを行ってきた. 平成 28 年度には, 各領域 5~10 回程度の観測を行うことが出来た. これまでの約 5 年間で当初の計画を超えて, 各領域について最小でも 40 回以上, 多い場合には 100 回以上の反復観測データを得た.

これまでに, 783 個のミラ型変光星, 約 100 個の古典的セフィド変光星などの他, 1000 個以上の食連星 (候補天体) を発見した. これらの 8 割以上は変光星として未報告の天体である. 2MASS 近赤外線カタログを用いた予備的な解析では, これらのミラやセフィドは, 距離が数~15kpc (星間減光量は 5~15 等級程度) に分布している (平成 27 年度年次報告参照). これらの天体については, 光赤外での測光・

分光追観測 (国立天文台岡山観測所, 西はりま天文台, 鹿児島大学や中国 Xinglong 天文台など) や野辺山 45m 電波望遠鏡での観測を行い, 多色情報の取得 (星間減光と距離の精度のよい見積りに重要) や視線速度と化学組成の測定を進めている. これらの観測・研究を行うため, イタリア (G. Bono 氏ら) や中国 (R. de Grijs 氏ら) のグループも含め, 国内外での共同研究グループを組織している.

## 2. Kiso Supernova Survey (P0002)

諸隈智貴 (東京大学), 富永望 (甲南大学), 田中雅臣 (国立天文台), 他 KISS メンバー

超新星爆発の瞬間であるショックブレイクアウトの可視光での初検出を主目的として, 世界的にも珍しい超高頻度 (1 時間間隔) 観測による超新星サーベイを 2012 年 4 月に開始し, 2015 年 9 月をもってサーベイ観測を終了した. その後, 2018 年からの Tomo-e Gozen カメラを用いた全天高頻度超新星探査の検討を進めた.

2016 年度は, 光赤外線大学間連携においてモニター観測を行った radio-loud AGN KISS14k (Tanaka et al. 2014, ApJ, 793, 26L) のデータ解析を行い, 論文化を進めた<sup>1</sup>. 通常の AGN や blazar に見られる, 明るくなると青くなる傾向がこの天体には見られず, 30 倍以上の光度変動の間, 観測系で可視から近赤外におけるスペクトルの傾きがほとんど変化しないことがわかった. また, 大学間連携観測とは別途行ったすばる望遠鏡 Hyper Suprime-Cam や Gemini-North 望遠鏡 GMOS での撮像・分光観測により, [OIII] 輝線の空間的な広がりがほとんどないこと, 2.7 秒角離れた暗い銀河が同じ redshift である証拠がないことがわかり, 合体・衝突が現在の AGN 活動性を励起している可能性は低いことがわかった.

また, 同天体に対して行った European VLBI Network (EVN) における 1.7 GHz, 5 GHz での観測データの解析を進めた. VLBI 観測による高空間分解能データにおいても, ほぼ点源であり, 広がった成分はほとんど検出されなかった. また, brightness temperature がそれほど高くない ( $\sim 10^{10}$  K) ことから, 相対論的ジェットが視線方向からはややずれた方向 ( $> 26$  deg) に出ているのではないかという示唆が得られた<sup>2</sup>.

## 3. 近傍活動銀河核の可視 X 線同時モニター観測 (P0009)

峰崎岳夫, 小久保充, 土居守, 諸隈智貴 (東京大学・天文センター), 野田博文 (東北大学), 牧島一夫 (理化学研究所), 中澤知洋 (東京大学・物理学専攻), 渡辺誠 (岡山理科大学), 中尾光 (北海道大学)

活動銀河核は銀河中心部から X 線～電波まで広い波長範囲にわたり強力なエネルギーを放射する天体現象である. その放射は, 超巨大ブラックホールへの質量降着がエネルギー源であるとされるが, 降着流の状態は長年論争が続いている. X 線研究においては相対論的スペクトルの存在が仮定され, ソフト状態の降着円盤が事象の地平線に到達して, コンパクトな X 線源が円盤を照らす「ランプポストモデル」が提案されることが多い. 一方でエディントン比が 1% を下回る天体も珍しくなく, そういった状況ではホットな降着流が卓越するハード状態の方が自然な場合も多い.

我々は 2013-2014 年に近傍活動銀河核 NGC3516 の可視 X 線同時モニター観測を実施し, エディントン比が 1% を下回る状況において可視フラックスの時間変動が X 線フラックスのそれに対して約 2 日の遅延を示していることを確認した. 通常のランプポストモデルで解釈すると約 2 日の遅延からは非常に大きいエディントン比が期待され, 観測を説明することが困難である. そこで我々は全く新しい描像として, 標準降着円盤がブラックホール近傍に達することなく途中で消失しており, その内側にホットな降着流が形成されるとするモデルを提案した.

この事例が示すように活動銀河核の X 線と可視のフラックス時間変動の相関解析は, その放射機構を探るうえで極めて有用な観測手法である. 実際, 同様な観測事例が少しずつ増えつつあり, X 線可視遅延

<sup>1</sup>2017 年 5 月 6 日に PASJ に投稿した (Morokuma et al. 2017).

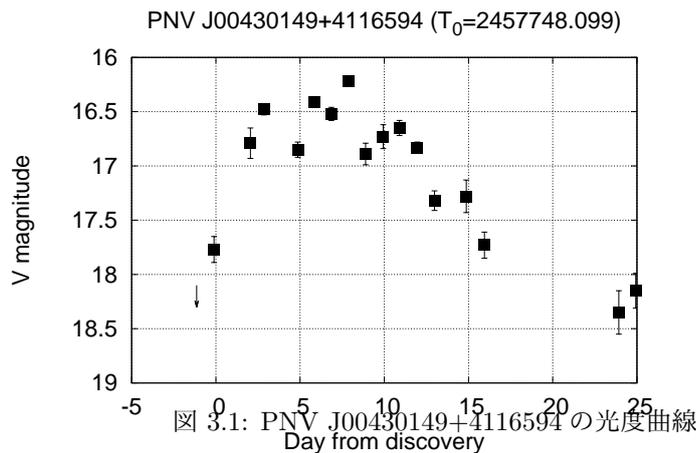
<sup>2</sup>2017 年 4 月 19 日に MNRAS へ投稿した (Gabányi et al. 2017).

時間について同様な傾向が複数の研究者によって報告され、その解釈のためランプポストモデル、我々のモデル以外のモデルも提案されている。今後の高精度観測と総合的解釈による研究の進展が期待される。

#### 4. M31 における古典新星の UB<sub>V</sub> 測光サーベイ (P0020)

前原裕之 (国立天文台)

2016 年度は 2016 年 10 月から 2017 年 2 月 15 日まで計 84 夜、V-band による M31 中の古典新星のサーベイ観測を行なった。この期間中に出現した M31 中の古典新星 14 個のうち、中心核のごく近傍に出現した 3 個の新星を除き（中心核近傍の新星は木曾のシーイングでは周辺の銀河の成分に埋もれてしまい、測光データを得ることが難しい）、11 個の M31 中の古典新星について、発見直後の V-band のデータを得ることができた。しかしながら、減光過程を十分カバーする光度曲線が得られたのは 3 天体にとどまった。また、PNV J00420668+4105113, PNV J00422133+4112018 については減光過程の B および u' のデータも得られたが、当初目的としていた減光過程の色の変化を追跡するのに十分なデータを得ることができなかった。



この他に、M31 中の回帰新星である M31N 2008-12a に関して、2016 年度も増光の早期検出を目的としたモニター観測を行った。しかしながら、12 月に起きた増光の時期は悪天候のためデータが得られず、木曾のデータは直前の上限値を与えるにとどまった。この天体の観測結果に関しては Darnley 氏を中心に論文をまとめつつあるところである。なお、この天体に関して 2015 年度に行った観測結果を含む論文が出版された (Darnley et al. 2016)。この天体の増光間隔として約 1 年の周期のほか、その半分の周期の可能性も指摘されていたが、2016 年 1-3 月期に行った観測などから、半年周期の場合の増光は検出されず、この天体の増光間隔が 1 年であることが観測的に明らかになった。

#### 5. 若い散開星団における変光星の測光観測 (P0021)

小倉勝男 (國學院大学), Anil Pandey, Saurabh Sahrma, Sneh Lata (ARIES, インド), 小林尚人 (東京大学・天文センター)

2016 年度には 12 月前半に 4 夜と同後半に 3 夜、合計 7 夜の割当を受けた。なお、観測に際してはインド側からの来日・来所はなかった。

目的とする観測は、通夜あるいはそれに近い長時間にわたる断続的ないし連続的なVバンド（そして一部はIバンドも）の撮像データのセットを、数週間程度（および1年程度も）の間隔をおいて複数取得する、というものである。今シーズンの観測ではやや時間が短い（半夜強）もののほぼ十分な長時間データがIC1848について4セット、 $\alpha$  Per 星団について2セット、それぞれ得られた。

これで一昨年度のこの課題のスタート以来、IC1805とIC1848については短期（日単位）・中期（月単位）・長期（年単位）のいずれのデータも十分に得られた事になる。他にNGC654・h& $\chi$  Per・ $\alpha$  Per 星団については短期のみのデータが得られている。

しかし使用したKWFCは画素数2K×4KのCCDチップ8枚を使用している事もあって、この観測データは膨大であり、しかもチップ毎の感度が等しくはないので、その整約は非常に複雑である。加えてARIESにおいては3.6m望遠鏡が完成を見たばかり（2016年3月31日に完成式）で、共同研究者の主力がその立ち上げにお忙殺されている面もあって、一昨年度および昨年度取得のデータも含めて整約・解析がようやく始まろうとしている段階である。

なお、2013年度までの研究課題「若い散開星団の広域測光観測」(C9605)で最後に取得してやはり膨大なデータゆえに論文化が遅れていたAuriga Bubbleについては、完成間近である。

## 6. Radio-quiet クエーサーの可視域スペクトル中の偏光成分と変光成分の関係 (P0023)

小久保充 (東京大学・天文センター)

岸本ら (Kishimoto et al. 2004, MNRAS, 354, 1065) によって行われたクエーサー偏光分光サーベイ観測によって、静止系波長4000Å以下の波長域において偏光成分フラックスが急激に減少しているクエーサーが数天体発見された。岸本らは観測された偏光成分フラックスの減少について、古くからブラックホール降着円盤モデルで予言されてきたが観測できていなかった、降着円盤内の輻射輸送効果によって生じる広がったバルマー吸収端に対応する特徴であると主張した。

一方、クエーサー紫外-可視域観測スペクトル中の降着円盤放射成分を抽出するまったく別の手法として、クエーサーの光度変動成分スペクトルに着目することができる。クエーサー光度変動についての先行研究では、光度変動成分スペクトルとして抽出される降着円盤放射のスペクトル形は一般的に非常に青く、紫外波長域でも減少が見られないことが知られている (e.g., Kokubo et al. 2014, ApJ, 783, 1, 46)。

では、岸本らの観測で偏光成分フラックスの紫外域減少を示していたクエーサーについて、光度変動成分スペクトルの形状はどのようなになっているだろうか。我々は、岸本らによって偏光分光スペクトルが撮られているクエーサー4天体 (4C09.72, 3C323.1, Ton 202, B2 1208+32; 3C95 については別途解析中) に対して、木曾シュミット望遠鏡/KWFCを用いた  $u, g, r, i, z$  の5バンドのモニタリング観測 (2015年4月-2016年2月) を実施し、光度変動成分スペクトルを抽出したうえで、偏光成分スペクトルとの比較を行った。その結果、これら4天体のクエーサーについて、偏光成分スペクトルと光度変動成分スペクトルは全く異なる形状を持っている、つまり光度変動成分は他の一般的なクエーサーと同様に非常に青い冪乗スペクトル的な紫外-可視域スペクトル形状を持つことがわかった (図3.2参照)。

本観測で明らかになった偏光成分と光度変動成分との間のスペクトル形状の不一致は、我々が想定しているクエーサー放射の偏光、光度変動を生み出すメカニズムに関する解釈の何処かに誤りがあることを明確に示している。スペクトル形状不一致の原因として、(1) 偏光成分スペクトルの紫外域減少は降着円盤放射のバルマー吸収端を見ているのではなく、まったく別の偏光メカニズムに由来している、あるいは(2) 光度変動成分は降着円盤全体からの放射を反映しておらず、クエーサー光度変動は降着円盤内縁部の変動のみに由来する現象である、という可能性を考えることができる (Kokubo 2016, PASJ, 68, 52)。

さらに、本研究で観測したクエーサーのうちの1天体 (3C323.1) について、偏光観測のアーカイブデータを集めることで、クエーサー中の偏光源の観測的制限を得ることを試みた。その結果、偏光成分スペクトルの紫外域減少は、散乱体と降着円盤の間の空間に存在する中性物質 (円盤風、あるいは降着円盤表面大気) による吸収を受けた結果生じているというシナリオ (上述の(1)) がもっともらしいという観測的示

峻を得た。本研究の内容は、Kokubo 2017 (MNRAS, 467, 3723) として発表するとともに、博士論文として東京大学に提出されている。

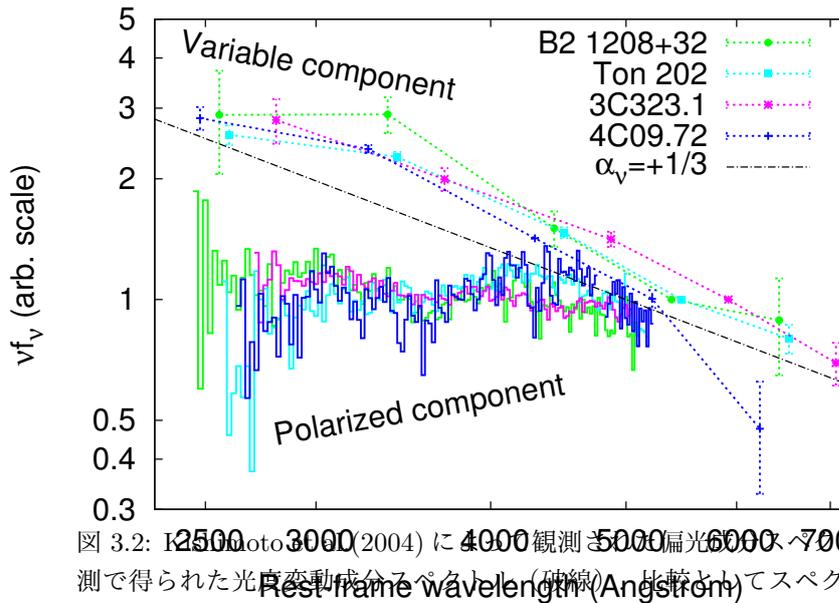


図 3.2: Kotoyoshiki (2004) に観測された変光スペクトル (実線) と、本観測で得られた光度変動成分スペクトル (点線) 比較としてスペクトル指数  $1/3$  の冪乗スペクトルも示している。

## 7. A Young Type Ia Supernova Survey with the Kiso Wide Field Camera (P0029) JIANG Jian, 土居守, 諸隈智貴 (東京大学・天文センター)

Although a tremendous amount of Type Ia Supernovae (SNe Ia) have been discovered in recent years, our understanding of SNe Ia, especially for their progenitor system and explosion mechanism is still limited. As photometric information of SNe Ia within 5 days after explosions (so-called the early-phase Type Ia Supernovae, ESNe Ia) plays an important role in figuring out such essential issues in SNe Ia study, systematically investigating ESNe Ia through the ESNe Ia survey is a promising approach.

As ESNe Ia are fainter than peak by more than 2.5 magnitude, statistically investigating ESNe Ia haven't been well conducted so far. However, considering the great scientific importance of ESNe as well as the prominent survey capability of the KWFC, we designed an ESNe-targeted survey project with KWFC, so-called "the Survey with KWFC for Young Supernovae" (SKYS) in Oct. and Nov. 2016. In about 20-night observations (usable night fraction is less than  $\sim 30\%$ ), we discovered 5 SN candidates based on their photometric behaviors. Unfortunately, no early-phase SN has been discovered due to the limited observing time (a part of time has been used for targets of a master course student for finishing her master thesis) and the poor weather condition.

## 8. シュミット乾板のデジタル化とその公開 (P0030) 中嶋浩一 (一橋大学), 宮内良子 (国立天文台)

2015年度より「シュミット乾板のデジタル化とその公開」のプロジェクトを開始し、2016年度も継続中である。これまでに、リストに記載された7040枚の乾板の内、700番目までの604枚（イメージ不良乾板などを除く）、およびKUGプロジェクトで撮影した232枚、計834枚のデジタル化を達成した。

2016年度はこれらのデジタル化作業の経過報告を、木曾観測所のwebホームページに掲載した。URLは次の通り：<http://www.ioa.s.u-tokyo.ac.jp/kisohp/RESEARCH/PlateArchive/>  
 なお、デジタル化データは、TIFFファイルで乾板1枚あたり約240MBになるので、データのwebでの公開はまだ実現されていない。

#### 9. 分子雲周辺のダストの光学的特性の研究 (P0032)

土橋一仁, 下井倉ともみ, 西浦慎悟 (東京学芸大学), 上原隼 (桐朋中学・高等学校), 遠藤修弘, 吉田悠人, 平原純一 (東京学芸大学)

本研究の目的は、分子雲周辺でのダストの光学的性質の変化を赤化曲線の変化として観測的に描き出すことである。最近我々は、2MASS点源カタログより作成した近赤外線の色超過E(JH)およびE(HKs)の比を解析することにより、散開星団IC5146に付随する分子雲内外でダストの光学的性質が変化している証拠を得た。ダストモデルによる計算値と比較すると、分子雲内部のE(JH)/E(HKs)比は炭素とケイ素からなるサブミクロンサイズのダストで説明できるが、分子雲外部の特異なE(JH)/E(HKs)比を説明できるダスト（おそらく超微粒子）は今のところ未同定のままである。分子雲内外でのこの色超過の比の変化は、おそらくマンツルの形成や衝突合体によるダストの成長を反映しているものと考えられる。しかし、2MASSがカバーしている近赤外線の波長帯だけでは、この変化を十分捉えることは容易ではない。そこで我々は、太陽系近傍の分子雲に対して木曾105cmシュミット望遠鏡+KWFCによる撮像観測を行い、分子雲周辺の赤化曲線を可視光帯で描き出すことを計画した。

観測は2016年5月から2017年3月までの期間に合計四十数夜行い、へびつかい座、おうし座、オリオン座、いっかくじゅう座などの分子雲に対して、BVRIの4バンドの撮像データを取得した。最終的には、これらの分子雲の多波長色超過マップを作成し、ダストのモデル計算との比較を行い、分子雲周辺でのダストの光学的特性（粒径分布や組成）の変化を証拠づけたい。

色超過マップを作成するためには、撮像データから星を検出して等級と座標を調べ、これらを記載した星のリストを分子雲毎に作成しなければならない。これを実現するために、これまでに下記の(1)~(4)の作業を行なった。

(1)KWFCの8枚のCCDの中には、カウント値が大きくなるとリニアリティーに問題が発生するものがある（特に7番のCCD）。悪天候時にドームフラット用のランプを利用して較正用のデータを取得し、ピクセル毎のリニアリティーの補正を行うためのプログラム開発に取り組んだ。

(2)KWFCの画像データから星を検出し、開口測光およびPSF測光を行うためのプログラム開発に取り組んだ。

(3)検出した星の赤道座標を測定するため、2MASS点源カタログを利用してKWFCのFITSヘッダーを修正するためのプログラム開発に取り組んだ。

(4)得られた星の機械等級を標準システムでの等級に変換するためのシステム変換係数を定める作業に取り組んだ。

上記のうち、(1)~(3)についてはプログラム開発を完了し、2017年3月末までに取得した全データの処理を終えた。(4)については、解析方法はほぼ確立しつつあるものの、天気（減光係数）が安定している夜のデータがやや不足しているため、まだ解析作業の途中にある。可能であれば、この作業を完了させるための追加の観測時間（快晴の暗夜）を頂ければ助かる。

#### 10. 近傍渦巻銀河の多色深撮像 (P0033)

諸隈佳菜 (国立天文台), 諸隈智貴 (東京大学・天文センター)

紫外線衛星 GALEX の大規模な近傍銀河サーベイ観測により, 近傍銀河のおよそ 30% が, 一般的に可視光で定義される銀河星円盤の範囲 (R25) よりも外側に, 紫外線で明るく広がった構造を持つことが明らかになった (通称 Extended ultraviolet disks, XUV disks, Thilker et al. 2005; 2007). XUV disks を始めとした銀河外縁部は以下の観点から極めて重要な観測対象である: (1) 低ガス密度・低金属量環境下での星形成, (2) 近くの銀河円盤形成現場, (3) 過去の相互作用史を残す.

一方, 可視光での銀河外縁部研究は, 主にスターカウントによるものが多く, 対象は天の川銀河やアンドロメダ銀河に限られていた (e.g., Ibata et al. 2001). ところが近年, 比較的小さな口径の望遠鏡や, Dragonfly と呼ばれる市販のカメラ+レンズを使用した近傍銀河の広視野・長時間観測 (数 10 時間超) により, 銀河外縁部の星質量面密度 (面輝度) の動径分布・サブストラクチャーの多様性などが明らかになりつつある (e.g., van Dokkum et al. 2014). 面輝度は距離に寄らないため, 空間分解能が十分であれば, 基本的にどの距離にある天体でも同様の手法で, 面輝度分布を調べることができる. しかし, この手法で銀河外縁部の面輝度分布が調べられているのは, これまで数天体しかなく, 様々な質量・形態・環境の銀河を対象とした系統的な研究は行われていない. そこで我々は, 木曾の暗い空・KWFC の広視野を利用して, 近傍 XUV disks (Thilker et al. 2009) の系統的な銀河外縁部深探索を行なっている.

#### 11. 低質量超巨大ブラックホールの光度変動タイムスケール (P0034)

谷口由貴, 諸隈智貴, 土居守 (東京大学・天文センター)

活動銀河核からの紫外・可視放射は, その降着円盤を起源としており, その光度の時間変動が降着円盤における何らかの不安定性によるものとすれば, その時間スケールは降着円盤の物理スケールに依存すると考えられる. つまり, 相対論的ジェットの影響を除けば, 小さなブラックホールほどより早い光度変動を示す (大きなブラックホールは早い光度変動は示さない) ことが予想される.

そこで, 我々は, 木曾シュミット望遠鏡と KWFC を用いて, SDSS データによりすでに同定されている低質量ブラックホールを持つ活動銀河核 (AGN) 20 天体に対して, 1 時間以下の時間間隔でのモニター観測を行った. 2012 年 4 月より行った超新星ショック・ブレイクアウト探査 (KISS) のデータに加えて, 特に, 低質量の天体または母銀河成分の寄与が相対的に小さいと考えられる天体に対して 2016 年 12 月, 2017 年 1 月にデータの追加取得 (PI: 谷口) を行った. 観測した 20 天体に対して, 光度変動の構造関数を作成したところ, うち 9 天体が同じ視野内の星と比較して有意な変動を示していることがわかった. また, 特に, 1 日以下の短い時間スケールで, クエーサーより大きな変動を示すことがわかり, この手法が探査に有効であることがわかった. これらの結果を谷口の修士論文としてまとめた.

## 12. 彗星のプラズマテールの時間変動の撮像 (P0035)

八木雅文 (国立天文台), 猿楽祐樹 (東京大学・木曾観測所), 小宮山裕 (国立天文台), 幸田仁 (ニューヨーク州立大学), 古荘玲子 (都留文科大学), 寺居剛, 藤原英明, 渡部潤一 (国立天文台)

地球に近づく ( $\Delta/\sin(\alpha) < 0.3au$ ) 彗星のプラズマテールを数分間隔で撮像することで、尾の中のイオンの構造の移動・変化を解析することを目指す観測であったのだが、対象となる2つの彗星、45P と 41P は、今回の観測期間中にはいずれもプラズマテールを発生させておらず、当初目的は完全に失敗に終わった。彗星の尾の発達の予測は難しいと再確認した。

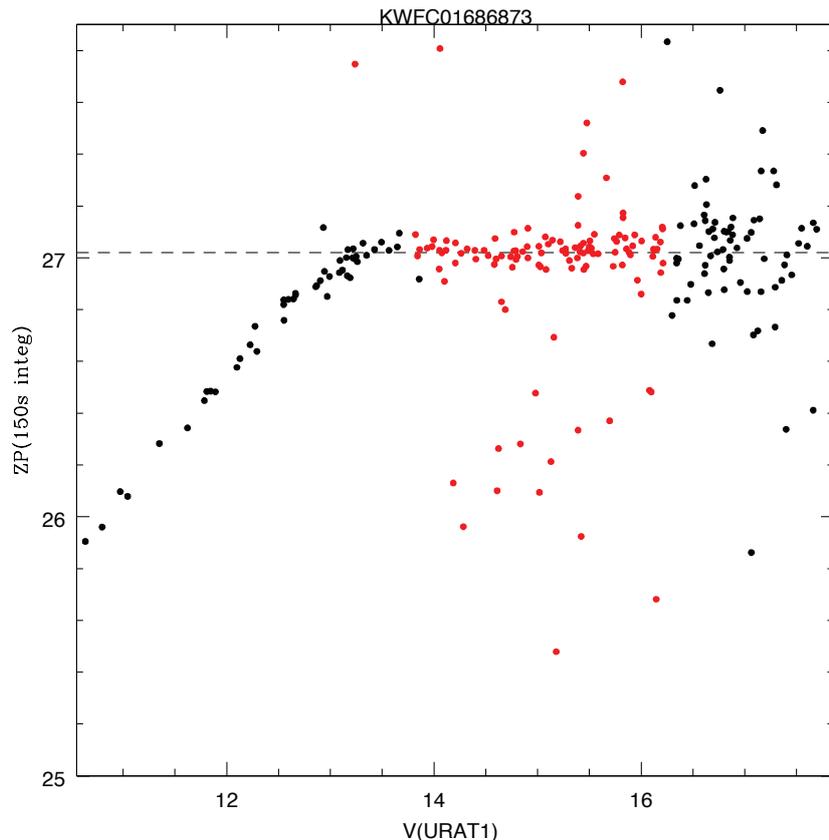


図 3.3: 零点較正の例. 150 秒積分. 赤の等級範囲の星の median を零点とした. color term はまだ入れてないが、0.1 等レベルでは較正ができていると考えられる.

しかしながら、2-3 分露出での非恒星追尾での観測を行うことはできている。コマ周辺の時間変化に何か現象が見えるかなど、解析を今後行なっていきたい。また、45P 観測時 (2 月) には装置トラブルで V 単色しか取得できなかったのだが、41P 観測時 (3 月) には、B,V,R,I での撮像も数回行っており、彗星の色に関する基礎的なデータも得られている。

現時点では観測完了からまだ半月のため、解析はそれほど進んではないが、41P については、コアを撮像した 1 チップ (chip3) を解析して、星がある程度あれば、astrometry.net を用いて WCS を張ることが出来、それを元に、V-band は URAC1 と比較することで、零点較正を行うことができることを確認できた。また、この位置較正結果と HORIZONS の ephemeris を元に彗星の位置を当該チップ上で求めて、概ね正しく較正ができていることも目視では確認できている。

この他、今回の観測を通じ、KWFC には広いカウントレンジに渡って光量に対する非線形性が発生している恐れがあること、曇天時に星像が非軸対称に広がる場合があること、また非恒星追尾の際に命令した量と望遠鏡の移動量が一致しないこと、などが発見できた。

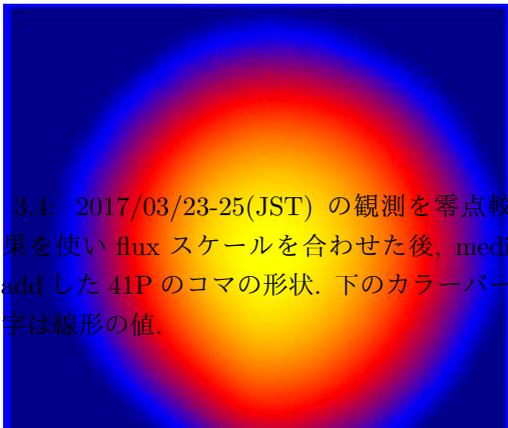


図 3.4: 2017/03/23-25(JST) の観測を零点較正結果を使い flux スケールを合わせた後、median coadd した 41P のコマの形状. 下のカラーバーの数字は線形の値.

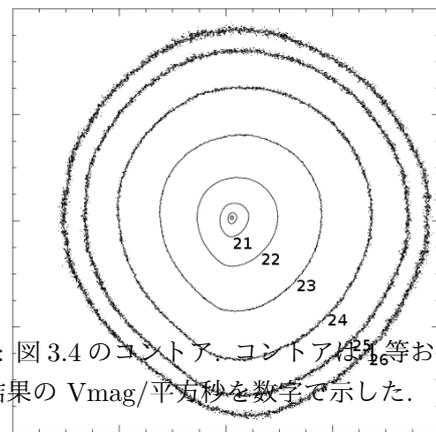


図 3.5: 図 3.4 のコントア. コントアは 1.6 等おきで、較正結果の Vmag/平方秒を数字で示した.

13. KWFC による IceCube ニュートリノイベントの即時フォローアップ観測 (P0036)

田中康之 (広島大学), 諸隈智貴 (東京大学・天文センター), 田中雅臣 (国立天文台), 富永望 (甲南大学), 内海洋輔 (広島大学), 村瀬孔大 (ペンシルバニア州立大学), 井上芳幸 (JAXA), 吉田滋 (千葉大学), Shiu-Hang Lee (京都大学), 長瀧重博 (理化学研究所), 伊藤亮介 (東京工業大学)

南極の氷河を用いたニュートリノ実験 IceCube は宇宙起源の sub-PeV~PeV ニュートリノを検出している。2016 年 4 月から、IceCube チームは宇宙起源ニュートリノの可能性が高いイベントを自動解析で検出すると、その位置情報を即座に GCN アラートとして配信するようになった。なお、IceCube ニュートリノの到来方向の誤差円半径は 1 度程度と比較的大きいため、KWFC のような広視野カメラがフォローアップ観測には不可欠となっている。2017 年 3 月に、IceCube アラート (GCN/AMON Notice, IceCube-170321A) が出たため、木曾 KWFC とともに、明野 MITSUME 望遠鏡、広島のかなた望遠鏡を用いてフォローアップ観測を行い、ニュートリノ放射天体の可視光対応天体の探索を行った。現在詳細な解析を行っている途中である。

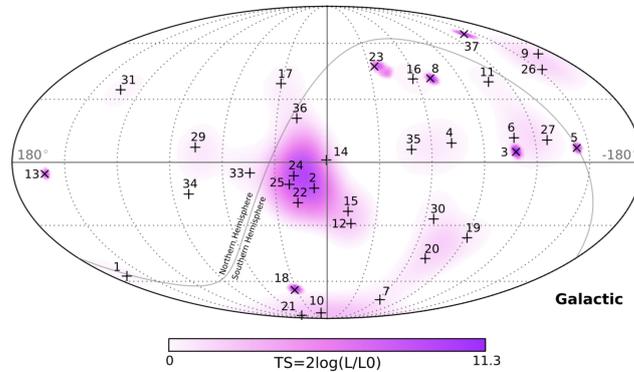


図 3.6: IceCube の 3 年間のデータから得られた天体起源ニュートリノ事象の到来方向。銀河座標で示されている (taken from Aartsen *et al.*, PRL, 2014)

#### 14. 近傍銀河周辺部の矮小銀河探査 (A0103)

西浦慎悟, 根本明宗 (東京学芸大学), 中田好一 (東京大学・天文センター), 伊藤信成 (三重大学), 塩谷泰広 (愛媛大学), 富田晃彦 (和歌山大学), 八木雅文 (国立天文台)

銀河団に属する銀河については, 銀河数密度が高い環境には楕円銀河や S0 銀河が, 反対に低い環境には渦巻銀河や不規則銀河が多く分布することが知られている (Dressler 1980, ApJ, 236, 351). 矮小銀河についても, 矮小楕円/楕円体銀河が銀河団銀河光度関数の faint-end を, 矮小不規則銀河が孤立環境の銀河光度関数の faint-end を担っている (Binggeli *et al.* 1988, ARA&A, 26, 509). これらは矮小銀河の形態や星形成活動性が, その環境から何らかの影響を受けていることを示しているが, その詳細な物理過程は依然として解明されていない. また, 局所銀河群の矮小銀河についても, その形態や星形成活動性が M31 や銀河系からの距離に依存するという観測やシミュレーションに基づいた報告 (van den Bergh 1994, ApJ, 428, 617; Ikuta *et al.* 2003, Ap&SS, 284, 589; Pasetto *et al.* 2003, A&A, 405, 931) がなされている一方で, そのような傾向は無いが非常に弱いという指摘 (Mateo 1998, ARA&A, 36, 435) もあり, 統一した見解は得られていない.

我々は, 矮小銀河の星形成活動性への, 親銀河の影響を検証するべく, 近傍に存在する孤立銀河 (もしくは極めてプアな銀河群に属する銀河) 周辺領域の可視光 V および Ic 広視野深撮像観測を行った. 撮像観測は 2005 年までに M74 (NGC628), NGC3521, NGC6946 を中心とした約 3 度角 × 1 度角, IC342 を中心とした約 5 度角 × 1 度角を, V バンドで露光時間 90min, Ic バンドで露光時間 60min で行った.

画像解析には IRAF を, 天体の検出と測光には SExtractor を用いた. さらに矮小銀河候補を, 1) SExtractor の  $0 < \text{CLASS\_STAR} < 0.1$ , 2) 中心集中度, 3) 等級, 4) V - Ic カラー, 5) 眼視による確認, という条件によって抽出した. また, 矮小銀河の見かけのサイズが小さいこととシーイング・サイズが比較的大きいことから, 矮小楕円/楕円体銀河と矮小不規則銀河の判別を, 眼視による形態確認ではなく, V - Ic = 0.8 mag をスレッショルドとした可視光カラーによって行った (西浦ほか, 2005, 木曾シュミットシンポジウム 2005).

図 3.7 に、4 つの孤立銀河領域で検出された矮小銀河に対して、親銀河からの距離をその可視半径 ( $R_{25}$ ) で規格化し、銀河数面密度を矮小楕円/楕円体銀河 ( $dE/dSph$ ) と矮小不規則銀河 ( $dI$ ) に分けて示した。また、矮小銀河中の矮小不規則銀河の割合の変化を実線で示した。この結果、4 つの近傍孤立銀河領域のいずれにおいても、局所銀河群に主張されているような、親銀河 ( $M31$  または銀河系) の近くには矮小楕円/楕円体銀河が多く分布し、距離が遠くなるにつれて矮小不規則銀河に遷移していく、という傾向は全く見られなかった。

局所銀河群矮小銀河の形態や星形成活動性への影響は、局所銀河群全体の質量または  $M31$  や銀河系の質量による大きな重力ポテンシャルによるものと考えられている。これに対して、今回の我々のサンプルの全ては、ほぼ孤立環境に存在する晩期型渦巻銀河である。このため、環境全体もしくは銀河そのものの質量は、局所銀河群や  $M31$ ・銀河系に比して小さい。そのために重力ポテンシャルの矮小銀河への影響は極めて小さく、その影響が顕在化し難い状態にあると考えられる。

ただし、本研究における大きな問題点として、矮小銀河の同定方法が挙げられる。根本 (2015, 東京学芸大学卒業論文) では、本研究と同じ  $M74$  の観測データを用いて同様の研究を行ない、 $M74$  の潮汐半径の範囲で、 $M74$  からの距離が大きくなるにつれて矮小楕円/楕円体銀河から矮小不規則銀河への遷移が見られるという報告がなされた。この違いは、矮小銀河と同定した条件の違いによるものであろう。今後は、より合理的な矮小銀河の同定条件を模索・導入し、その結果を確認する必要がある。

本研究は、学術振興会科学研究費補助金 16K12750(代表者：西浦慎悟)、26350193(代表者：伊藤信成) の支援を受けて実施している、心から感謝申し上げたい。

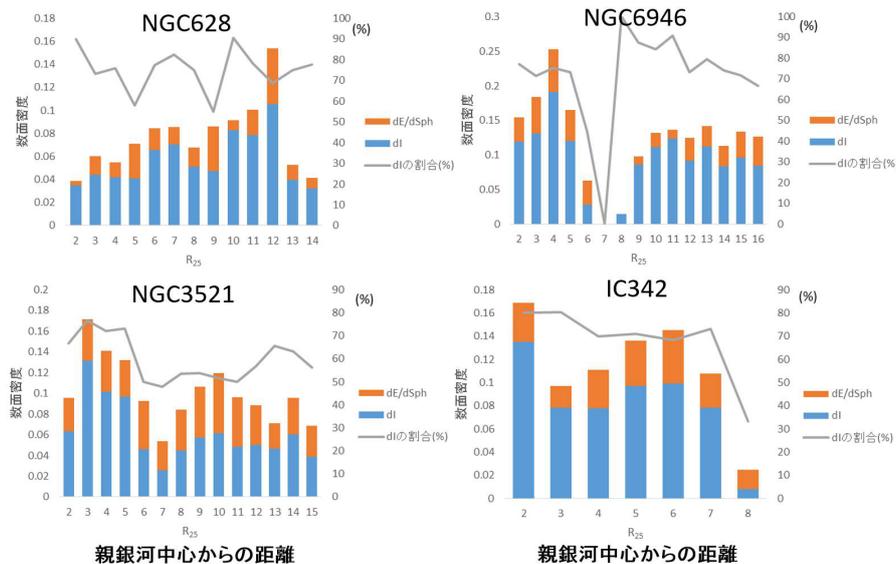


図 3.7: NGC628, NGC3521, NGC6946, IC342 領域に対する、親銀河中心部からの距離 (親銀河の可視半径  $R_{25}$  で規格化) と検出された矮小楕円/楕円体銀河と矮小不規則銀河の表面数密度 (棒グラフ), および、矮小不規則銀河の割合 (実線)。

## 15. 多色撮像観測による近傍銀河 HII 領域の SED 研究 (A0601)

西浦慎悟 (東京学芸大学), 富田晃彦 (和歌山大学), 濤崎智佳 (上越教育大学), 伊藤信成 (三重大学), 土橋一仁 (東京学芸大学)

木曾シンポジウム 2016 における観測装置の KWFC から Tomo-e Gozen への移項を受け, 近傍渦巻銀河の狭帯域撮像観測のサンプルの見直しと観測のペースアップを図った。また, 併せて, [SII] $\lambda\lambda 6716, 6731$  輝線に対応した狭帯域 N6750 フィルターによる分光測光標準星 BD+33°2642 と近傍渦巻銀河 M101, NGC925, NGC2403, NGC4236, NGC4414 などの撮像観測を行った。分光測光標準星 BD+33°2642 の N6750 撮像観測は, KWFC のチップ毎に行っており, これから, それぞれのチップにおける等級較正の精度確認を行う。

また年度末には, 新規に H $\beta$  輝線に対応した狭帯域 N4873 フィルターの設計と作成を行った。N4873 フィルターは朝日分光製であり, 木曾 105cm シュミット鏡の主焦点 (F3.1) において, 中心波長  $\lambda_c = 487.3\text{nm}$ , 透過率最大波長  $\lambda_{\text{max}} = 487.9\text{nm}$ , 最大透過率  $T_{\text{max}} = 96.2\%$ , 帯域 (相対的な透過率が 50%以上となる波長)=481.9nm - 492.7nm, 半値幅 = 10.8nm となる (朝日分光において平行光で測定された実測値を波長シフトさせたもの)。この帯域においては, 後退速度  $\sim 300\text{km/s} \sim 2500\text{km/s}$ , 回転速度  $350\text{km/s}$  の銀河内 (傾き角は任意) に存在する, 内部運動  $30\text{km/s}$  の HII 領域から放射される H $\beta$  輝線を捉えることが可能である。またこの帯域は, 隣接する [OIII] $\lambda\lambda 4959, 5007$  輝線に対応した N5013 フィルターの帯域に対して, 相対的な透過率 50%以上で互いに干渉しないことを確認した。

本研究は, 学術振興会科学研究費補助金 16K12750(代表者: 西浦慎悟), 26350193(代表者: 伊藤信成) の支援を受けて実施している, 心から感謝申し上げたい。

## 16. 教員養成系学生に対する観測実習とそのためのカリキュラム教材の開発 (E0401)

山縣朋彦 (文教大学)

2016 年度の文教大学教育学部学生に対する木曾観測所での観測解析実習は, 8月8日から8月11日の3泊4日で行った。初日の到着直後は, シュミット望遠鏡のドームや観測所内部の見学を行った。実習は三重大学, 日本女子大学, 東京学芸大学と合同で行った。文教大学の参加学生は6名であった。なお, そのうちの1名は文教大学の卒業生で, 現役の小学校教員であった。

実習は, 2KCCD, KWFC の生データから Iraf を使って, 通常の処理方法に従って整約し, 3色合成によって, カラー写真を作り, それらをもとに, 測光, 解析等を行った。

## 17. 天文学観測による天文学教育の実践と教材開発 (E0402)

濱部勝 (日本女子大学)

本年度は, 2016年8月8日から11日にかけて, 木曾観測所において, 東京学芸大学, 文教大学, 三重大学のグループと共に実習を行った。日本女子大学からの参加者は4年生1名, 3年生4名, 教員1名のあわせて6名であった。天候条件はあまり良くなかったので観測実習はほとんど行わなかったが, 時折の晴れ間に銀河を見ることができて学生たちは満足できたようだった。

シュミット望遠鏡を使っての観測実習はできなかったが, IRAF および SPIRAL を用いての CCD 観測データの処理や解析の実習はおこなえた。その経験は, 卒業研究において大変有効であった。

本年度の卒業研究としては, 4年生の一人が, アーカイブから得た KWFC のデータ整約と処理を行いアンドロメダ銀河のカラー写真の作成を試みた。8つの CCD 素子の大半に銀河が写っているために背景光の処理が難しかったが, 概ね手法は確立できたといえる。他の2人の学生は, 大学の施設と小型直視分光器を使用して明るい恒星のスペクトルの撮影と, 波長感度補正を試みた。新しいカメラの波長較正がやや難しく, 思うような結果が得られず, 課題が残った。

## 18. 105cm シュミット望遠鏡を用いた理科教育実践と観測データ教材化の試み (E0403)

西浦慎悟, 土橋一仁 (東京学芸大学)

2016年8月8日-11日に行った文教大学・三重大学・日本女子大学・東京学芸大学の4大学による天体観測解析実習では、天候に恵まれ、多くの教材用データを得ることが出来た。これに続く9月末の観測時間と併せて、1) 小惑星探索のための黄道帯の広帯域 V および Rc バンドの時系列撮像データ、2) 1) に関連して、小惑星のタイプ分類のための広帯域 B, V, Rc, および Ic 撮像データ、3) HR 図作成を目的とした散開星団 M39, NGC6633, h-Per, および X-Per, 球状星団 M15 および M56 の全 6 星団の広帯域 B, V, Rc, Ic 撮像データ、4) 3) に関連して、RR Lyr 型星探索のための球状星団 M15 と M56 の広帯域 V バンドの時系列撮像データ、5) 超新星残骸 Cygnus Loop 東領域および西領域の広帯域 B, V, Rc, および Ic 撮像データと狭帯域 N5013, N6590, および N6750 撮像データ、6) 渦巻銀河 M31(および伴銀河の M32 と M110), M101, NGC7331 の広帯域 B, V, Rc, および Ic 撮像データ、7) 銀河団 Abell 2151, Abell 2197, Abell 2666 の広帯域 B, V, Rc 撮像データ、が得られた。

実際の天体観測解析実習では、上記観測データの一部を用いており、小惑星探索とその距離分布、散開星団や球状星団の HR 図作成、球状星団の RR Lyr 型変光星の探索、渦巻銀河と楕円銀河の性質比較、銀河団銀河の形態密度関係、などを行い、それぞれが天文学に関連した学習を行う上で、教材として有効なことを確認できた。ただし、眼視による銀河の形態分類(楕円・レンズ状銀河と渦巻銀河の判別)は、実習参加者には難しい作業過程であり、今後は眼視による形態分類の代わりに色による判別などで試行したい。

今後、得られたデータを教材として整理し、まとめる予定である。

また、前年度に報告した4度対物プリズムと2kCCDを用いた恒星の対物分光データの教材化については、その一部を、東京学芸大学紀要(自然科学系)において西浦ほか(2016, 東京学芸大学紀要・自然科学系, 68, pp. 73-82)として発表した。

なお、本研究は、学術振興会科学研究費補助金 16K12750(代表者: 西浦慎悟), 26350193(代表者: 伊藤信成)の支援を受けて実施している、心から感謝申し上げたい。

## 19. KWFC・Tomo-e 突発天体・変動天体観測に向けた甲南大学観測実習 (E1103)

富永望(甲南大学), 諸隈智貴(東京大学・天文センター)

甲南大学理工学部物理学科の3年生3名4年生2名(うち1名TA)の合計5名に参加してもらい、KWFC および Tomo-e を用いた突発天体・変動天体観測へ向けて、これまで彼らが触れたことのない天体望遠鏡を用いた観測研究の一端を経験してもらった。今年度は4晩の観測で共同利用観測との共同であった。比較的天候に恵まれ、KWFC を用いた観測を行うことができた。また昼間および最終日前日の夜にはデータ解析を行うにあたっての基礎知識の座学、およびデータ解析を行った。実際に自分たちで取得したデータに対して、生データから通常の一次処理、astrometry, 複数露出のスタック、観測した星雲や銀河の3色合成を行った。また、この際 visibility や finding chart を基に観測する天体を自ら選択するといった経験を積んだ。今回の観測を通して、学生たちは天文学の研究に欠かせない天体観測・データ解析の実感をつかみ、自分で観測した画像を自分で解析するという喜びを知ったと考えられる。2016年度、実習に参加した学生のうち4年生はそれぞれ北海道大学大学院、北陸先端北陸先端科学技術大学院大学に進学し、海洋、機械学習について研究を行う予定であり、本実習で学んだ天体観測データから天体情報を取り出すためにはそのデータ取得方法に基づいた解析が必要であるという事実は彼らの今後の大学院での研究生活を進めるにあたって有意義であったといえる。また、3年生は卒業研究で原始惑星系円盤での惑星移動、一般相対論に基づいたブラックホールシャドウなどの理論計算・数値計算を行う予定であり、それぞれ他大学大学院に進学する希望を持っている。これらの学生についても天体がどのように観測されるかを学んだことは、今後彼らが計算する天体について、その観測手法などを検討するための重要な土台

となると考えられる。

### 3.2.3 重力波電磁波対応天体追観測

木曾観測所では、現行カメラの KWFC (視野 4.8 平方度) を用いて、重力波電磁波対応天体のフォローアップ観測を行っている。KWFC の観測は、広島大学・吉田道利氏を PI とする、日本における重力波の電磁波対応天体フォローアップ観測グループ J-GEM の活動の一環として行われている。将来的には、開発中の Tomo-e Gozen (視野 20 平方度, 第 3.2.1 章参照) を用いた、より広域のサーベイを行う予定である。

J-GEM は、LIGO-Virgo collaboration との MoU を 2014 年 4 月に結び、2017 年 3 月 31 日時点で東京大学・木曾観測所関係者からは土居守、本原顕太郎、酒向重行、大澤亮、諸隈智貴の 5 名が参加している。また、学外では、田中雅臣氏 (国立天文台)、富永望氏 (甲南大学) の 2 名がフォローアップ観測システム開発に大きく貢献している。

#### LIGO Observing Run 1 (O1) における観測

Advanced LIGO の 2 つの干渉計 (米国ハンフォード、リヴィングストン) を用いた最初の観測ラン (O1) が 2015 年 9 月から 2016 年 1 月 12 日まで行われた。当初、O1 は 2015 年 9 月 18 日から開始される予定であったが、下記 GW150914 の検出により、エンジニアリングランから継続的に O1 観測が行われることになった。下記 2 件の重力波検出アラートに対して行ったフォローアップ観測において、対応天体の候補を発見することはできなかったが、いずれも後に、強い電磁波放射の期待されないブラックホール連星の合体であったことが明らかになった。

- **GW150914**

2015 年 9 月 14 日 09 時 50 分 45 秒 (UTC) に検出された GW150914 は、人類初の重力波の直接検出として 2016 年 2 月に発表された。GW150914 は、最終的な解析によると、 $36^{+5}_{-4}$  太陽質量のブラックホールと  $29^{+4}_{-4}$  太陽質量のブラックホールとの合体であり、その光度距離は  $410^{+160}_{-180}$  Mpc と見積もられた。

その存在確率領域 (90%以上) は 590 平方度と広く、その大部分が南天に位置しており、北天から観測可能だったわずかな領域も太陽方向に近く、木曾観測所では、アラート (2015 年 9 月 16 日) を受けた 2 日後の 2015 年 9 月 19 日の夜明け直前に *i* バンドで 24 平方度にわたって観測を行った。この KWFC による観測と名古屋大学によるニュージーランド 61cm B&C 望遠鏡 Tripole5 による近傍銀河観測とを合わせて、GW150914 に対する J-GEM フォローアップ観測論文を PASJ において出版した (Morokuma et al. 2016, PASJ, 68, 9L)。

- **GW151226**

2 件目の重力波検出となった GW151226 は、2015 年 12 月 26 日 03 時 38 分 53 秒 (UTC) に検出された。最終的な解析によると、 $14.2^{+8.3}_{-3.7}$  太陽質量のブラックホールと  $7.5^{+2.3}_{-2.3}$  太陽質量のブラックホールとの合体であり、その光度距離は  $440^{+180}_{-190}$  Mpc と見積もられた。

KWFC では、存在確率領域 (90%以上) 約 1,400 平方度に対して、 $986.5 \text{ deg}^2$  の観測を *i* バンドにて行った。他の J-GEM 望遠鏡での観測と合わせ、PASJ において論文を出版した (Yoshida et al. 2017, PASJ, 69, 9)。

### LIGO Observing Run 2 (O2) における観測

2016年11月に、Advanced LIGOの2回目の観測ランが開始された。木曾観測所では、O1同様、KWFCを用いたToO観測を行っている。そのための準備として、アラート受信後の自動ToO観測開始、引き算処理のためのSDSSテンプレート準備等の作業を進めている。

### 3.2.4 所員の研究活動

#### 1. シュミット望遠鏡を用いた共同利用研究

木曾観測所所員が参加している共同利用研究には次のようなものがある。

- P0001: 「KWFC 銀河面探査 (KISOGP)」 松永典之 (東京大学) 他
- P0002: 「木曾超新星探査 (KISS)」 諸隈智貴 (東京大学) 他
- P0009: 「近傍活動銀河核の可視 X 線同時モニター観測」 峰崎岳夫 (東京大学) 他
- P0021: 「若い散開星団における変光星の測光観測」 小倉勝男 (国学院大学) 他
- P0029: 「A Young Type Ia Supernova Survey with the Kiso Wide Field Camera」 Jian Jiang (東京大学) 他
- P0033: 「近傍渦巻銀河の多色深撮像」 諸隈佳菜 (国立天文台) 他
- P0034: 「低質量超巨大ブラックホールの光度変動タイムスケール」 谷口由貴 (東京大学) 他
- P0035: 「彗星のプラズマテールの時間変動の撮像」 八木雅文 (国立天文台) 他
- P0036: 「KWFCによるIceCubeニュートリノイベントの即時フォローアップ観測」 田中康之 (広島大学) 他

#### 2. 彗星ダストの最大径と太陽系形成プロセスの関係

猿楽祐樹 (東京大学・木曾観測所), 石黒正晃 (ソウル国立大学), 上野宗孝, 臼井文彦 (神戸大学)

ダストから微惑星を経て惑星へと至る過程において、 $\mu\text{m}$  サイズから  $\text{km}$  サイズの天体に成長するプロセスには様々な問題 (ダスト落下, 衝突破壊など) があることが、数値シミュレーションによる研究から指摘されている。彗星はちょうどその問題を乗り越えた段階の数  $\text{km}$  サイズの微惑星の生き残りであり、組成や構造には太陽系形成初期の情報が残されていると考えられている。彗星に含まれるダストの最大径は、微惑星の成長プロセスや彗星の形成場所に制約を与えるパラメータになる可能性があると考え、木曾シュミット望遠鏡を用いてサーベイした彗星ダストトレイルの面輝度分布から、個々の彗星から放出されているダストの最大径を推定し (図 3.8)、その結果について考察を進めている。ダストトレイルの観測には、Spitzer による彗星核近傍の深い観測や、全天サーベイ型の赤外線衛星による彗星軌道の広範囲の観測もある。しかし、ダストの最大径の推定においては、前者は観測範囲が狭く、後者は観測好機にある彗星に限られるといった問題があり、約 10 年にわたって様々な彗星の軌道に沿って数~数十度角の領域をサーベイした木曾のデータが非常に有効となっている。ダストの大きさだけでなく、構造も重要な情報をもつ。ダストトレイルを形成するような大きいダストが地球大気に突入すると流星として観測されるが、そのライトカーブは流星体の構造を反映している可能性がある。この点を Tomo-e Gozen による流星観測で開拓することも検討している。

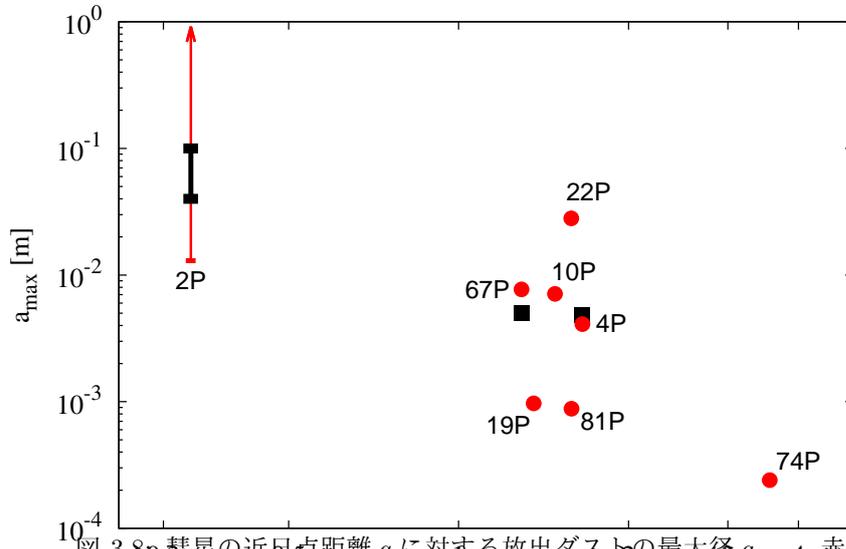


図 3.80 彗星の近日点距離  $q$  に対する放出ダストの最大径  $a_{max}$ . 赤色のプロットは木曾で行ったダストトレイルサーベイの面輝度分布から求めた値. 黒色のプロットは猿楽や石黒らによる彗星ダスト雲の形状の詳細なモデル計算と観測との比較から得た値. 図中の数字は周期彗星の番号を示す. 19P, 81P, 67P は探査機によって観測された彗星で, 特に 67P はランデブー観測によって詳細なデータが得られている.

### 3. 赤外線用高分散光学素子イメージンググレーティングの開発

猿楽祐樹 (東京大学・木曾観測所), 池田優二 (フォトコーディング/京都産業大学), 小林尚人 (東京大学・木曾観測所), 河北秀世, 加地紗由美 (京都産業大学), 助川隆, 杉山成 (キャノン株式会社), 中西賢之, 近藤荘平 (京都産業大学), 安井千香子 (国立天文台), 中川貴雄, 片ざ宏一 (JAXA)

中間赤外線波長域において, TMT の集光力を生かした高感度の高分散分光観測やスペースからの高分散分光観測の実現を目指して, 赤外線用イメージンググレーティングの開発を進めている. イメージンググレーティングとは高屈折率な媒質の表面に溝形状を刻線した回折格子のことで, 小型ながらも高い波長分解能を持つ分光器実現のキーとなるデバイスである. これまでの R&D で, CdZnTe や Ge を材料として, 理論限界の回折効率を達成する溝形状の実現に成功しており, 現在, 天文観測での実用化に向けて, コーティング (入射面の反射防止膜, 回折面の反射膜) を施したイメージンググレーティングの評価を進めている. Ge を材料とした IG はコーティングまで完成し, 実際の使用環境となる低温において, デザイン通りの高い回折効率をもつことを世界で初めて実証した. また, 高効率なイメージンググレーティングの実現には, 高い透過性 (吸収係数  $< 0.01 \text{ cm}^{-1}$ ) を持つ材料が必要であり, その基本的なデータとなる様々な赤外線透過材料の吸収係数の精密な測定も行っている. 本来の目的は高透過帯の特定であるが, CdZnTe について, これまでの方法 (赤外顕微鏡) で確認できなかったサイズの凝結物を, 我々の精密な測定で得られた常温での吸収係数スペクトルから定量的に評価し, その結果を物理の論文としてまとめ, Journal of Electronic Materials にて出版した.

### 3.2.5 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

[2016]

1. Hamano, S.; Kobayashi, N.; Kondo, S.; Sameshima, H.; Nakanishi, K.; Ikeda, Y.; Yasui, C.; Mizumoto, M.; Matsunaga, N.; Fukue, K.; Yamamoto, R.; Izumi, N.; Mito, H.; Nakaoka, T.; Kawanishi, T.; Kitano, A.; Otsubo, S.; Kinoshita, M.; Kawakita, H.  
“Near Infrared Diffuse Interstellar Bands Toward the Cygnus OB2 Association”  
*The Astrophysical Journal*, Volume 821, Issue 1, article id. 42, 12 pp. (04/2016)
2. Tanaka, Y. T.; Itoh, R.; Uemura, M.; Inoue, Y.; Cheung, C. C.; Watanabe, M.; Kawabata, K. S.; Fukazawa, Y.; Yatsu, Y.; Yoshii, T.; Tachibana, Y.; Fujiwara, T.; Saito, Y.; Kawai, N.; Kimura, M.; Isogai, K.; Kato, T.; Akitaya, H.; Kawabata, M.; Nakaoka, T.; Shiki, K.; Takaki, K.; Yoshida, M.; Imai, M.; Gouda, S.; Gouda, Y.; Akimoto, H.; Honda, S.; Hosoya, K.; Ikebe, A.; Morihana, K.; Ohshima, T.; Takagi, Y.; Takahashi, J.; Watanabe, K.; Kuroda, D.; Morokuma, T.; Murata, K.; Nagayama, T.; Nogami, D.; Oasa, Y.; Sekiguchi, K.  
“No Evidence of Intrinsic Optical/Near-infrared Linear Polarization for V404 Cygni during Its Bright Outburst in 2015: Broadband Modeling and Constraint on Jet Parameters”  
*The Astrophysical Journal*, Volume 823, Issue 1, article id. 35, 8 pp. (05/2016)
3. Sharma, S.; Pandey, A. K.; Borissova, J.; Ojha, D. K.; Ivanov, V. D.; Ogura, K.; Kobayashi, N.; Kurtev, R.; Gopinathan, M.; Kesh Y., R.  
“Structural Studies of Eight Bright Rimmed Clouds in the Southern Hemisphere”  
*The Astronomical Journal*, Volume 151, Issue 5, article id. 126, 26 pp. (05/2016)
4. Yasui, C.; Kobayashi, N.; Saito, M.; Izumi, N.  
“Low-metallicity Young Clusters in the Outer Galaxy. II. Sh 2-208”  
*The Astronomical Journal*, Volume 151, Issue 5, article id. 115, 14 pp. (05/2016)
5. Morokuma, T.; Tominaga, N.; Tanaka, M.; Yasuda, N.; Furusawa, H.; Taniguchi, Y.; Kato, T.; Jiang, J.; Nagao, T.; Kuncarayakti, H.; Morokuma-Matsui, K.; Ikeda, H.; Blinnikov, S.; Nomoto, K.; Kokubo, M.; Doi, M.  
“An effective selection method for low-mass active black holes and first spectroscopic identification”  
*Publications of the Astronomical Society of Japan*, Volume 68, Issue 3, id.40 10 pp. (06/2016)
6. Abbott, B. P.; Doi, M.; Morokuma, T.; and 1574 coauthors  
“Localization and Broadband Follow-up of the Gravitational-wave Transient GW150914”  
*The Astrophysical Journal Letters*, Volume 826, Issue 1, article id. L13, 8 pp. (07/2016)
7. Abbott, B. P.; Doi, M.; Morokuma, T.; and 1574 coauthors  
“Localization and Broadband Follow-up of the Gravitational-wave Transient GW150914”  
*The Astrophysical Journal Supplement Series*, Volume 225, Issue 1, article id. 8, 15 pp. (07/2016)

8. Sakon, I.; Sako, S.; Oanaka, T.; Nozawa, T.; Kimura, Y.; Fujiyoshi, T.; Shimonishi, T.; Usui, F.; Takahashi, H.; Ohsawa, R.; Arai, A.; Uemura, M.; Nagayama, T.; Koo, B.-C.; Kozasa, T.  
“Carbon and silicate dust formation in V1280 Sco”  
*Journal of Physics: Conference Series*, Volume 728, Issue 6, article id. 062006 (07/2016)
9. Morokuma, T.; Tanaka, M.; Asakura, Y.; Abe, F.; Tristram, P. J.; Utsumi, Y.; Doi, M.; Fujisawa, K.; Itoh, R.; Itoh, Y.; Kawabata, K. S.; Kawai, N.; Kuroda, D.; Matsubayashi, K.; Motohara, K.; Murata, K. L.; Nagayama, T.; Ohta, K.; Saito, Y.; Tamura, Y.; Tominaga, N.; Uemura, M.; Yanagisawa, K.; Yatsu, Y.; Yoshida, M.  
“J-GEM follow-up observations to search for an optical counterpart of the first gravitational wave source GW150914”  
*Publications of the Astronomical Society of Japan*, Volume 68, Issue 4, id.L9 6 pp. (08/2016)
10. Horiuchi, T.; Misawa, T.; Morokuma, T.; Koyamada, S.; Takahashi, K.; Wada, H.  
“Optical Variability Properties of Mini-BAL and NAL Quasars”  
*Publications of the Astronomical Society of Japan*, Volume 68, Issue 4, id.48 19 pp. (08/2016)
11. Kokubo, M.  
“The relationship between variable and polarized optical spectral components of luminous type 1 non-blazar quasars”  
*Publications of the Astronomical Society of Japan*, Volume 68, Issue 4, id.52 13 pp. (08/2016)
12. Katsuda, S.; Tanaka, M.; Morokuma, T.; Fesen, R.; Milisavljevic, D.  
“Constraining the Age and Distance of the Galactic Supernova Remnant G156.2+5.7 by H $\alpha$  Expansion Measurements”  
*The Astrophysical Journal*, Volume 826, Issue 2, article id. 108, 9 pp. (08/2016)
13. Noda, H.; Minezaki, T.; Watanabe, M.; Kokubo, M.; Kawaguchi, K.; Itoh, R.; Morihana, K.; Saito, Y.; Nakao, H.; Imai, M.; Moritani, Y.; Takaki, K.; Kawabata, M.; Nakaoka, T.; Uemura, M.; Kawabata, K.; Yoshida, M.; Arai, A.; Takagi, Y.; Morokuma, T.; Doi, M.; Itoh, Y.; Yamada, S.; Nakazawa, K.; Fukazawa, Y.; Makishima, K.  
“X-Ray and Optical Correlation of Type I Seyfert NGC 3516 Studied with Suzaku and Japanese Ground-based Telescopes”  
*The Astrophysical Journal*, Volume 828, Issue 2, article id. 78, 15 pp. (09/2016)
14. Yadav, R. K.; Pandey, A. K.; Sharma, S.; Ojha, D. K.; Samal, M. R.; Mallick, K. K.; Jose, J.; Ogura, K.; Richichi, A.; Irawati, P.; Kobayashi, N.; Eswaraiah, C.  
“A multiwavelength investigation of the H II region S311: young stellar population and star formation”  
*Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 461, Issue 3, p.2502-2518 (09/2016)

15. Matsuoka, Y.; Onoue, M.; Kashikawa, N.; Iwasawa, K.; Strauss, M. A.; Nagao, T.; Imanishi, M.; Niida, M.; Toba, Y.; Akiyama, M.; Asami, N.; Bosch, J.; Foucaud, S.; Furusawa, H.; Goto, T.; Gunn, J. E.; Harikane, Y.; Ikeda, H.; Kawaguchi, T.; Kikuta, S.; Komiyama, Y.; Lupton, R. H.; Minezaki, T.; Miyazaki, S.; Morokuma, T.; Murayama, H.; Nishizawa, A. J.; Ono, Y.; Ouchi, M.; Price, P. A.; Sameshima, H.; Silverman, J. D.; Sugiyama, N.; Tait, P. J.; Takada, M.; Takata, T.; Tanaka, M.; Tang, J.; Utsumi, Y.  
 “Subaru High- $z$  Exploration of Low-luminosity Quasars (SHELLQs). I. Discovery of 15 Quasars and Bright Galaxies at  $5.7 < z < 6.9$ ”  
*The Astrophysical Journal*, Volume 828, Issue 1, article id. 26, 14 pp. (09/2016)
16. Yamanaka, M.; Maeda, K.; Tanaka, M.; Tominaga, N.; Kawabata, K. S.; Takaki, K.; Kawabata, M.; Nakaoka, T.; Ueno, I.; Akitaya, H.; Nagayama, T.; Takahashi, J.; Honda, S.; Omodaka, T.; Miyanoshita, R.; Nagao, T.; Watanabe, M.; Isogai, M.; Arai, A.; Itoh, R.; Ui, T.; Uemura, M.; Yoshida, M.; Hanayama, H.; Kuroda, D.; Ukita, N.; Yanagisawa, K.; Izumiura, H.; Saito, Y.; Masumoto, K.; Ono, R.; Noguchi, R.; Matsumoto, K.; Nogami, D.; Morokuma, T.; Oasa, Y.; Sekiguchi, K.  
 “OISTER optical and near-infrared observations of the super-Chandrasekhar supernova candidate SN 2012dn: Dust emission from the circumstellar shell”  
*Publications of the Astronomical Society of Japan*, Volume 68, Issue 5, id.68 24 pp. (10/2016)
17. Matsunaga, N.; Feast, M. W.; Bono, G.; Kobayashi, N.; Inno, L.; Nagayama, T.; Nishiyama, S.; Matsuoka, Y.; Nagata, T.  
 “A lack of classical Cepheids in the inner part of the Galactic disc”  
*Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 462, Issue 1, p.414-420 (10/2016)
18. Ishiguro, M.; Kuroda, D.; Hanayama, H.; Kwon, Y. G.; Kim, Y.; Lee, M. G.; Watanabe, M.; Akitaya, H.; Kawabata, K.; Itoh, R.; Nakaoka, T.; Yoshida, M.; Imai, M.; Sarugaku, Y.; Yanagisawa, K.; Ohta, K.; Kawai, N.; Miyaji, T.; Fukushima, H.; Honda, S.; Takahashi, J.; Sato, M.; Vaubaillon, J. J.; Watanabe, J.  
 “2014-2015 Multiple Outbursts of 15P/Finlay”  
*The Astronomical Journal*, Volume 152, Issue 6, article id. 169, 14 pp. (12/2016)
19. Morii, M.; Ikeda, S.; Tominaga, N.; Tanaka, M.; Morokuma, T.; Ishiguro, K.; Yamato, J.; Ueda, N.; Suzuki, N.; Yasuda, N.; Yoshida, N.  
 “Machine-learning selection of optical transients in the Subaru/Hyper Suprime-Cam survey”  
*Publications of the Astronomical Society of Japan*, Volume 68, Issue 6, id.104 8 pp. (12/2016)
20. Darnley, M. J.; Henze, M.; Bode, M. F.; Hachisu, I.; Hernanz, M.; Hornoch, K.; Hounsell, R.; Kato, M.; Ness, J.-U.; Osborne, J. P.; Page, K. L.; Ribeiro, V. A. R. M.; Rodriguez-Gil, P.; Shafter, A. W.; Shara, M. M.; Steele, I. A.; Williams, S. C.; Arai, A.; Arcavi, I.; Barsukova, E. A.; Boumis, P.; Chen, T.; Fabrika, S.; Figueira, J.; Gao, X.; Gehrels, N.; Godon, P.; Goranskij, V. P.; Harman, D. J.; Hartmann, D. H.; Hosseinzadeh, G.; Horst, J. Chuck; Itagaki, K.; Jos, J.; Kabashima, F.; Kaur, A.; Kawai, N.; Kennea, J. A.; Kiyota, S.; Kukov, H.; Lau, K. M.; Maehara, H.; Naito, H.; Nakajima, K.; Nishiyama, K.; O’Brien, T. J.; Quimby, R.; Sala, G.; Sano, Y.; Sion, E. M.; Valeev, A. F.; Watanabe, F.; Watanabe, M.; Williams, B. F.; Xu, Z.  
 “M31N 2008-12a - The Remarkable Recurrent Nova in M31: Panchromatic Observations of the 2015 Eruption.”  
*The Astrophysical Journal*, Volume 833, Issue 2, article id. 149, 38 pp. (12/2016)

[2017]

1. Sarugaku, Y., Kaji, S., Ikeda, Y., Kobayashi, N., Sukegawa, T., Nakagawa, T., Kataza, H., Kondo, S., Yasui, C., Nakanishi, K., Kawakita, H.  
“Infrared Attenuation Spectrum of Bulk High-Resistivity CdZnTe Single Crystal in Transparent Wavelength Region Between Electronic and Lattice Absorptions”  
*Journal of Electronic Materials*, Volume 46, No.1, pp. 282-287 (01/2017)
2. Morii, M.; Ikeda, S.; Sako, S.; Ohsawa, R.  
“Data Compression for the Tomo-e Gozen Using Low-rank Matrix Approximation”  
*The Astrophysical Journal*, Volume 835, Issue 1, article id. 1, 5 pp. (01/2017)
3. Mitsuda, K.; Doi, M.; Morokuma, T.; Suzuki, N.; Yasuda, N.; Perlmutter, S.; Aldering, G.; Meyers, J.  
“Isophote Shapes of Early-type Galaxies in Massive Clusters at  $z \sim 1$  and 0”  
*The Astrophysical Journal*, Volume 834, Issue 2, article id. 109, 23 pp. (01/2017)
4. Yoshida, M.; Utsumi, Y.; Tominaga, N.; Morokuma, T.; Tanaka, M.; Asakura, Y.; Matsubayashi, K.; Ohta, K.; Abe, F.; Chimasu, S.; Furusawa, H.; Itoh, R.; Itoh, Y.; Kanda, Y.; Kawabata, K. S.; Kawabata, M.; Koshida, S.; Koshimoto, N.; Kuroda, D.; Moritani, Y.; Motohara, K.; Murata, K. L.; Nagayama, T.; Nakaoka, T.; Nakata, F.; Nishioka, T.; Saito, Y.; Terai, T.; Tristram, P. J.; Yanagisawa, K.; Yasuda, N.; Doi, M.; Fujisawa, K.; Kawachi, A.; Kawai, N.; Tamura, Y.; Uemura, M.; Yatsu, Y.  
“J-GEM follow-up observations of the gravitational wave source GW151226\*”  
*Publications of the Astronomical Society of Japan*, Volume 69, Issue 1, id.9 12 pp. (02/2017)
5. Yamanaka, M.; Nakaoka, T.; Tanaka, M.; Maeda, K.; Honda, S.; Hanayama, H.; Morokuma, T.; Imai, M.; Kinugasa, K.; Murata, K. L.; Nishimori, T.; Hashimoto, O.; Gima, H.; Hosoya, K.; Ito, A.; Karita, M.; Kawabata, M.; Morihana, K.; Morikawa, Y.; Murakami, K.; Nagayama, T.; Ono, T.; Onozato, H.; Sarugaku, Y.; Sato, M.; Suzuki, D.; Takahashi, J.; Takayama, M.; Yaguchi, H.; Akitaya, H.; Asakura, Y.; Kawabata, K. S.; Kuroda, D.; Nogami, D.; Oasa, Y.; Omodaka, T.; Saito, Y.; Sekiguchi, K.; Tominaga, N.; Uemura, M.; Watanabe, M.  
“Broad-lined Supernova 2016coi with a Helium Envelope”  
*The Astrophysical Journal*, Volume 837, Issue 1, article id. 1, 8 pp. (03/2017)

国際会議集録等

[2016]

1. Bono, G.; Braga, V. F.; Pietrinferni, A.; Magurno, D.; Dall’Ora, M.; Fiorentino, G.; Fukue, K.; Inno, L.; Marengo, M.; Bergemann, M.; Buonanno, R.; da Silva, R.; Fabrizio, M.; Ferraro, I.; Gilmozzi, R.; Iannicola, G.; Kausch, W.; Kobayashi, N.; Kovtyukh, V.; Lemasle, B.; Marconi, M.; Marinoni, S.; Marrese, P. M.; Martinez-Vzquez, C. E.; Matsunaga, N.; Monelli, M.; Neeley, J.; Nonino, M.; Proxauf, B.; Przybilla, N.; Romaniello, M.; Salaris, M.; Sneden, C.; Stetson, P. B.; Thvenin, F.; Tsujimoto, T.; Urbaneja, M.; Valenti, E.; Zoccali, M.  
“Classical Cepheids and RR Lyrae stars: similar, but not too much.”  
*Memorie della Societa Astronomica Italiana*, v.87, p.358 (00/2016)
2. Mori, H.; Utsumi, Y.; Tanaka, Y. T.; Kawabata, K. S.; Shiki, K.; Abe, T.; Yoshida, M.  
“IceCube-161210: Kanata/HONIR near-infrared follow-up observation.”  
*GRB Coordinates Network*, Circular Service, No. 20267, #1(00/2016)

3. Watanabe, J.; Yoshikawa, M.; Urakawa, S.; Usui, F.; Ohsawa, R.; Sako, S.; Arimatsu, K.  
“Development of Extremely Wide-Field CMOS Camera Tomo-e:Contribution to Small Solar System Objects”  
*41st COSPAR Scientific Assembly*, Abstract B0.4-77-16.(07/2016)
4. Okada, K.; Sako, S.; Miyata, T.; Kamizuka, T.; Ohsawa, R.; Uchiyama, M. S.; Mori, K.; Yamaguchi, J.; Asano, K.; Uchiyama, M.  
“Array controller system with cryogenic pre-amplifiers for MIMIZUKU”  
*Proceedings of the SPIE*, Volume 9915, id. 991527 10 pp. (07/2016)
5. Uchiyama, M. S.; Miyata, T.; Kamizuka, T.; Sako, S.; Ohsawa, R.; Okada, K.; Mori, K.; Yamaguchi, J.; Asano, K.; Uchiyama, M.  
“Development of an optical device (Field Stacker) for achieving accurate photometry in ground-based mid-infrared observations”  
*Proceedings of the SPIE*, Volume 9912, id. 99125N 11 pp. (07/2016)
6. Mori, K.; Miyata, T.; Honda, M.; Kamizuka, T.; Takahashi, H.; Sako, S.; Ohsawa, R.; Okada, K.; Uchiyama, M. S.; Kataza, H.; Ohsaki, H.; Hiroe, T.; Packham, C.  
“Development of superconducting voice coil motor of a cold chopper for MICHI”  
*Proceedings of the SPIE*, Volume 9912, id. 991218 8 pp. (07/2016)
7. Kaji, S.; Sarugaku, Y.; Ikeda, Y.; Nakanishi, K.; Kobayashi, N.; Kondo, S.; Arasaki, T.; Kawakita, H.  
“Development of a cryogenic FTIR system for measuring very small attenuation coefficients of infrared materials”  
*Proceedings of the SPIE*, Volume 9912, id. 99125Z 11 pp. (07/2016)
8. Takahashi, H.; Yoshii, Y.; Doi, M.; Kohno, K.; Miyata, T.; Motohara, K.; Tanaka, M.; Minezaki, T.; Morokuma, T.; Sako, S.; Tamura, Y.; Tanab, T.; Konishi, M.; Kamizuka, T.; Kato, N.; Aoki, T.; Soyano, T.; Tarusawa, K.  
“The University of Tokyo Atacama Observatory 6.5m Telescope: design of mirror coating system and its performances”  
*Proceedings of the SPIE*, Volume 9906, id. 99064Q 11 pp. (07/2016)
9. Konishi, M.; Sako, S.; Uchida, T.; Araya, R.; Kim, K.; Yoshii, Y.; Doi, M.; Kohno, K.; Miyata, T.; Motohara, K.; Tanaka, M.; Minezaki, T.; Morokuma, T.; Tamura, Y.; Tanab, T.; Kato, N.; Kamizuka, T.; Takahashi, H.; Aoki, T.; Soyano, T.; Tarusawa, K.  
“The University of Tokyo Atacama Observatory 6.5m Telescope: enclosure design and wind analysis”  
*Proceedings of the SPIE*, Volume 9906, id. 99062M 11 pp. (07/2016)

10. Yoshii, Y.; Doi, M.; Kohno, K.; Miyata, T.; Motohara, K.; Kawara, K.; Tanaka, M.; Minezaki, T.; Sako, S.; Morokuma, T.; Tamura, Y.; Tanabe, T.; Takahashi, H.; Konishi, M.; Kamizuka, T.; Kato, N.; Aoki, T.; Soyano, T.; Tarusawa, K.; Handa, T.; Koshida, S.; Bronfman, L.; Ruiz, M. T.; Hamuy, M.; Garay, G.  
 “The University of Tokyo Atacama Observatory 6.5m telescope: project overview and current status”  
*Proceedings of the SPIE*, Volume 9906, id. 99060R 10 pp. (07/2016)
11. Ohsawa, R.; Sako, S.; Takahashi, H.; Kikuchi, Y.; Doi, M.; Kobayashi, N.; Aoki, T.; Arimatsu, K.; Ichiki, M.; Ikeda, S.; Ita, Y.; Kasuga, T.; Kawakita, H.; Kokubo, M.; Maehara, H.; Matsunaga, N.; Mito, H.; Mitsuda, K.; Miyata, T.; Mori, K.; Mori, Y.; Morii, M.; Morokuma, T.; Motohara, K.; Nakada, Y.; Okumura, S.; Onozato, H.; Osawa, K.; Sarugaku, Y.; Sato, M.; Shigeyama, T.; Soyano, T.; Tanaka, M.; Taniguchi, Y.; Tanikawa, A.; Tarusawa, K.; Tominaga, N.; Totani, T.; Urakawa, S.; Usui, F.; Watanabe, J.; Yamaguchi, J.; Yoshikawa, M.  
 “Development of a real-time data processing system for a prototype of the Tomo-e Gozen wide field CMOS camera”  
*Proceedings of the SPIE*, Volume 9913, id. 991339 8 pp. (08/2016)
12. Sako, S.; Ohsawa, R.; Takahashi, H.; Kikuchi, Y.; Doi, M.; Kobayashi, N.; Aoki, T.; Arimatsu, K.; Ichiki, M.; Ikeda, S.; Ita, Y.; Kasuga, T.; Kawakita, H.; Kokubo, M.; Maehara, H.; Matsunaga, N.; Mito, H.; Mitsuda, K.; Miyata, T.; Mori, K.; Mori, Y.; Morii, M.; Morokuma, T.; Motohara, K.; Nakada, Y.; Okumura, S.; Onozato, H.; Osawa, K.; Sarugaku, Y.; Sato, M.; Shigeyama, T.; Soyano, T.; Tanaka, M.; Taniguchi, Y.; Tanikawa, A.; Tarusawa, K.; Tominaga, N.; Totani, T.; Urakawa, S.; Usui, F.; Watanabe, J.; Yamaguchi, J.; Yoshikawa, M.  
 “Development of a prototype of the Tomo-e Gozen wide-field CMOS camera”  
*Proceedings of the SPIE*, Volume 9908, id. 99083P 15 pp. (08/2016)
13. Otsubo, S.; Ikeda, Y.; Kobayashi, N.; Sukegawa, T.; Kondo, S.; Hamano, S.; Sameshima, H.; Fukue, K.; Yoshikawa, T.; Nakanishi, K.; Watase, A.; Takenaka, K.; Asano, A.; Yasui, C.; Matsunaga, N.; Kawakita, H.  
 “First high-efficiency and high-resolution ( $R=80,000$ ) NIR spectroscopy with high-blazed Echelle grating: WINERED HIRES modes”  
*Proceedings of the SPIE*, Volume 9908, id. 990879 12 pp. (08/2016)
14. Arasaki, T.; Kobayashi, N.; Ikeda, Y.; Kondo, S.; Sarugaku, Y.; Kaji, S.; Kawakita, H.  
 “VINROUGE: a very compact 2-5 $\mu$ m high-resolution spectrograph with germanium immersion grating”  
*Proceedings of the SPIE*, Volume 9908, id. 990875 10 pp. (08/2016)
15. Ikeda, Y.; Kobayashi, N.; Kondo, S.; Otsubo, S.; Hamano, S.; Sameshima, H.; Yoshikawa, T.; Fukue, K.; Nakanishi, K.; Kawanishi, T.; Nakaoka, T.; Kinoshita, M.; Kitano, A.; Asano, A.; Takenaka, K.; Watase, A.; Mito, H.; Yasui, C.; Minami, A.; Izumu, N.; Yamamoto, R.; Mizumoto, M.; Arasaki, T.; Arai, A.; Matsunaga, N.; Kawakita, H.  
 “High sensitivity, wide coverage, and high-resolution NIR non-cryogenic spectrograph, WINERED”  
*Proceedings of the SPIE*, Volume 9908, id. 99085Z 14 pp. (08/2016)
16. Kamizuka, T.; Miyata, T.; Sako, S.; Ohsawa, R.; Okada, K.; Uchiyama, M. S.; Mori, K.; Yamaguchi, J.; Asano, K.; Uchiyama, M.; Sakon, I.; Onaka, T.; Kataza, H.; Hasegawa, S.; Usui, F.; Takato, N.; Aoki, T.; Doi, M.; Kato, N. M.; Kitagawa, Y.; Kobayakawa, Y.; Kohno, K.; Konishi, M.; Minezaki, T.;

Morokuma, T.; Motohara, K.; Ohashi, H.; Soyano, T.; Takahashi, H.; Tamura, Y.; Tanab, T.; Tanaka, M.; Tarusawa, K.; Terao, Y.; Yoshii, Y.

“Development status of the mid-infrared two-field camera and spectrograph MIMIZUKU for the TAO 6.5-m Telescope”

*Proceedings of the SPIE*, Volume 9908, id. 99083W 10 pp. (08/2016)

17. Motohara, K.; Konishi, M.; Takahashi, H.; Kato, N. M.; Kitagawa, Y.; Kobayakawa, Y.; Terao, Y.; Ohashi, H.; Aoki, T.; Doi, M.; Kamizuka, T.; Kohno, K.; Minezaki, T.; Miyata, T.; Morokuma, T.; Mori, K.; Ohsawa, R.; Okada, K.; Sako, S.; Soyano, T.; Tamura, Y.; Tanabe, T.; Tanaka, M.; Tarusawa, K.; Uchiyama, M. S.; Koshida, S.; Asano, K.; Tateuchi, K.; Uchiyama, M.; Todo, S.; Yoshii, Y.

“NIR camera and spectrograph SWIMS for TAO 6.5m telescope: overview and development status”

*Proceedings of the SPIE*, Volume 9908, id. 99083U 12 pp. (08/2016)

18. Nakamura, T.; Miyata, T.; Sako, S.; Kamizuka, T.; Asano, K.; Uchiyama, M.; Okada, K.

“A method for reducing atmospheric noise without chopping for ground-based mid-infrared observations”

*Proceedings of the SPIE*, Volume 9908, id. 99082U 9 pp. (08/2016)

19. Mitsuda, K.; Hashiba, Y.; Minowa, Y.; Hayano, Y.; Sugai, H.; Shimono, A.; Matsubayashi, K.; Hattori, T.; Kamata, Y.; Ozaki, S.; Doi, M.; Sako, S.

“CCD system upgrading of the Kyoto3DII and integral field spectroscopic observation with the new system”

*Proceedings of the SPIE*, Volume 9908, id. 99082M 13 pp. (08/2016)

20. Sarugaku, Y.; Ikeda, Y.; Kaji, S.; Kobayashi, N.; Sukegawa, T.; Arasaki, T.; Kondo, S.; Nakanishi, K.; Yasui, C.; Kawakita, H.

“Cryogenic performance of high-efficiency germanium immersion grating”

*Proceedings of the SPIE*, Volume 9906, id. 990637 4 pp. (08/2016)

21. Sarugaku, Y.; Ikeda, Y.; Kobayashi, N.; Kaji, S.; Sukegawa, T.; Sugiyama, S.; Nakagawa, T.; Arasaki, T.; Kondo, S.; Nakanishi, K.; Yasui, C.; Kawakita, H.

“Immersion Gratings for Infrared High-resolution Spectroscopy”

*American Astronomical Society, DPS meeting #48*, id.#123.40 (10/2016)

#### [2017]

1. Yasui, C.; Izumi, N.; Saito, M.; Kobayashi, N.

“A spatially-resolved study of initial mass function in the outer Galaxy”

*Formation and Evolution of Galaxy Outskirts, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium*, Volume 321, pp. 34-36 (03/2017)

2. Izumi, N.; Kobayashi, N.; Yasui, C.; Tokunaga, Alan T.; Saito, M.; Hamano, S.

“Star-formation efficiency in the outer Galaxy”

*Formation and Evolution of Galaxy Outskirts, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium*, Volume 321, pp. 31-33 (03/2017)

### 3.2.6 天文電報等

[2016]

1. Morokuma, T.; Sarugaku, Y. 2016, “GRB 161129A: KWFC z-band photometry.” GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 20242, #1
2. Morokuma, T., et al. 2016, “GRB 160206A: Kiso/KWFC optical observations.”, GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 19008, #1
3. Maehara, H. 2016, “Pre-discovery observations of MASTER OT J004514.13+420007.2”, The Astronomer’s Telegram, #8606
4. Maehara, H. 2016, “KWS pre-discovery observations of CSS160603:162117+441254 = 2MASS J16211735+4412541”, The Astronomer’s Telegram, #9113
5. Maehara, H.; Kiyota, S. 2016, “Sudden optical brightening of M31N 2016-04a”, The Astronomer’s Telegram, #9390
6. Maehara, H. 2016, “Discovery of a Possible Nova in M31”, The Astronomer’s Telegram, #9750
7. Naito, H., et al. 2016, “Optical Photometric Observations of M31N 2008-12a: Pre- and Post-maximum of the 2016 Eruption”, The Astronomer’s Telegram, #9891
8. Sharma, S., et al. 2016, “VizieR Online Data Catalog: Photometry of YSOs in eight bright-rimmed clouds (Sharma+, 2016)”, VizieR On-line Data Catalog: J/AJ/151/126.
9. Gabnyu, K. ., et al. 2016, “Zooming in on the peculiar radio-loud narrow-line Seyfert 1 galaxy, J1100+4421”, Zooming in on the peculiar radio-loud narrow-line Seyfert 1 galaxy, J1100+4421

### 学位論文

1. 小久保 充  
「Variability and Polarization of the Ultraviolet-optical Continuum Emission of Quasar Accretion Disks」  
東京大学 平成 28 年度 博士論文
2. 堀内 貴史  
「AGN アウトフローにみられる時間変動の起源の解明」  
信州大学 平成 28 年度 博士論文
3. 谷口 由貴  
「Optical Variability Timescale of Low-mass Black Holes in Active Galactic Nuclei」  
東京大学 平成 28 年度 修士論文
4. 根本 明宗  
「近傍孤立銀河周辺領域における矮小銀河探査」  
東京学芸大学 平成 28 年度 修士論文
5. 藪田 夏摘  
「KWFC のデータ処理 –大きく広がった天体の場合–」  
日本女子大学 平成 28 年度 卒業論文

## 和文論文・解説記事他

[2016]

1. 西浦慎悟, 三戸洋之, 伊藤信成, 山縣朋彦, 濱部勝, 中田好一  
「恒星スペクトルの学習を目的とした天体画像データ集の作成」  
東京学芸大学紀要 自然科学系, 第 68 集, pp. 73-82. (2016 年)
2. 酒向重行  
「トモエゴゼンプロジェクト 動的宇宙探査で世界をリードする超広視野高速 CMOS カメラ」  
THE CANON FRONTIER 2016, pp. 36 (2016 年 4 月)
3. 酒向重行  
「木曾超広視野 CMOS カメラ Tomo-e Gozen による重力波可視光対応天体の探査」  
天文月報, Vol. 110, No. 1, pp. 42-47 (2017 年 1 月)

## 3.2.7 学会, 研究会等での報告

## 国際研究会

1. Cool Stars 19 (Uppsala, Sweden, 2016/06/06-10)  
“Miras found in KWFC intensive survey of the Galactic plane”  
松永典之 (東京大学), 口頭講演
2. SPIE (Edinburgh, Scotland, United Kingdom, 2016/06/26-07/01)  
“Cryogenic performance of high-efficiency germanium immersion grating”  
Sarugaku, Y., Ikeda, Y., Kaji, S., Kobayashi, N., Sukegawa, T., Arasaki, T., Kondo, S., Nakanishi, K., Yasui, C., Kawakita, H.
3. SPIE (Edinburgh, Scotland, United Kingdom, 2016/06/26-07/01)  
“VINROUGE: a very compact 2-5 $\mu$ m high-resolution spectrograph with germanium immersion grating”  
Arasaki, T., Kobayashi, N., Ikeda, Y., Kondo, S., Sarugaku, Y., Kaji, S., Kawakita, H.
4. SPIE (Edinburgh, Scotland, United Kingdom, 2016/06/26-07/01)  
“Development of a cryogenic FTIR system for measuring very small attenuation coefficients of infrared materials”  
Kaji, S., Sarugaku, Y., Ikeda, Y., Nakanishi, K., Kobayashi, N., Kondo, S., Arasaki, T., Kawakita, H.
5. East-Asia AGN Workshop 2016 (Seoul, Korea, 2016/09/22-24)  
“The relationship between variable and polarized optical spectral components of luminous type 1 non-blazar quasars”  
小久保充 (東京大学), 口頭講演
6. 48th DPS Meeting/11th EPSC Meeting (Pasadena, CA, USA, 2016/10/16-21)  
“Immersion Gratings for Infrared High-resolution Spectroscopy”  
Sarugaku, Y., Ikeda, Y., Kobayashi, N., Kaji, S., Sukegawa, T., Sugiyama, S., Nakagawa, T., Arasaki, T., Kondo, S., Nakanishi, K., Yasui, C., Kawakita, H.
7. Compact stars and gravitational waves (京都大学, 2016/10/31-11/04)  
“Search for optical counterparts of gravitational waves”  
富永望 (甲南大学), 口頭講演 (招待講演)

8. CREST/PREST Big data joint field conference (ベルサーレ六本木, 2016/11/28–29)  
“Development of Fast Real-time Processing Methods for Astronomical Time-domain Data”  
酒向重行 (東京大学)
9. 22nd Los Alamos Stellar Pulsation Conference Series Meeting (San Pedro de Atacama, Chile, 2016/11/28-12/02)  
“Variable stars in the northern Galactic plane from KISOGP”  
松永典之 (東京大学), ポスター
10. Gravitational- Wave Astrophysics in the High Event Rate Regime (東京大学, 2016/12/05–06)  
“Follow- up of optical counterparts of GW events with the Tomo- e Gozen wide field CMOS camera”  
酒向重行 (東京大学)
11. Gravitational-Wave Astrophysics in the High Event Rate Regime (東京大学, 2016/12/05-06)  
“Transient Survey with Subaru/Hyper Suprime-Cam”  
富永望 (甲南大学), 口頭講演 (招待講演)
12. 7 years of MAXI : monitoring X-ray transients (理化学研究所, 2016/12/05-07)  
“A novel View of AGN Accretion Flows Revealed by X-ray and Optical Monitoring”  
牧島一夫 (理化学研究所), 口頭講演
13. Challenges of AGN jets (国立天文台, 2017/01/18-20)  
“A Peculiar Radio-Loud AGN Discovered by Kiso Supernova Survey”  
諸隈智貴 (東京大学), ポスター
14. Transient Universe in the Big Survey Era: Understanding the Nature of Astrophysical Explosive Phenomena(京都大学, 2017/01/23–24)  
“Tomo-e Gozen Supernova Survey”  
諸隈智貴 (東京大学), 口頭講演
15. The 2nd CORE-U conference: Cosmic Polarimetry from Micro to Macro Scales (広島大学, 2017/02/17-18)  
“Constraints on the optical polarization source in the luminous non-blazar quasar 3C 323.1 (PG 1545+210) from the photometric and polarimetric variability”  
小久保充 (東京大学), ポスター・口頭講演

#### 日本天文学会 2016 年秋季年会 (愛媛大学, 2016/09/14–16)

1. 野田博文 (東北大), 峰崎岳夫, 小久保充, 諸隈智貴, 土居守, 森谷友由希, 中澤知洋 (東大), 渡辺誠 (岡理大), 中尾光, 今井正亮 (北大), 河口賢至, 高木勝俊, 川端美穂, 中岡竜也, 川端弘治, 植村誠, 深沢泰司, 吉田道利 (広大), 森鼻久美子, 伊藤洋一 (兵庫県立大), 高木悠平 (国立天文台), 新井彰 (京産大), 伊藤亮介, 齊藤嘉彦 (東工大), 山田真也 (首都大), 牧島一夫 (理研)  
W102a 「X 線と可視光の同時モニタで迫る巨大ブラックホール降着流の幾何構造」
2. 有松亘, 渡部潤一, 小谷隆行, 市川幸平 (国立天文台), 白井文彦 (神戸大学), 大坪貴文, 猿楽祐樹 (東京大学), 和田武彦, 長勢晃一 (宇宙科学研究所)  
L09c 「OASES 観測システムによる TNO 恒星掩蔽モニタ観測」

3. 泉奈都子, 安井千香子 (国立天文台), 小林尚人 (東京大学), 濱野哲史 (京都産業大学), 齋藤正雄 (国立天文台/総合研究大学院大学)  
P128a 「銀河系外縁部における星生成効率」
4. 小久保充 (東京大学)  
S15a 「クエーサー紫外-可視域スペクトル中の偏光成分と変光成分の関係」
5. 諸隈智貴 (東京大学), 富永望 (甲南大学), 田中雅臣 (国立天文台), 安田直樹, 野本憲一 (KavliIPMU), 古澤久徳, 諸隈佳菜, 池田浩之 (国立天文台), 谷口由貴, 加藤貴弘, Ji-an Jiang, 小久保充, 土居守 (東京大学), 長尾透 (愛媛大学), Hanindy Kuncarayakti (Millennium Institute of Astrophysics), Sergei Blinnikov (Institute for Theoretical and Experimental Physics)  
S21b 「可視光短時間光度変動を用いた低質量銀河中心ブラックホール探査」
6. 毛利清, 宮田隆志, 上塚貴史, 高橋英則, 酒向重行, 大澤亮, 岡田一志, 内山允史, 山口淳平, 大崎博之, 広江貴 (東京大学), 本田充彦 (久留米大学), 片ざ宏一 (ISAS/JAXA), Chris Packham (UTSA)  
V207a 「TMT/MICHI 冷却チョッピングに用いる超伝導ボイスコイルモーターの性能評価」
7. 酒向重行, 大澤亮, 高橋英則, 一木真, 土居守, 小林尚人, 本原顕太郎, 宮田隆志, 諸隈智貴, 小久保充, 満田和真, 谷口由貴, 青木勉, 征矢野隆夫, 樽沢賢一, 猿楽祐樹, 森 由貴, 三戸洋之, 中田好一, 戸谷友則, 松永典之, 茂山俊和, 谷川衝 (東京大学), 白井文彦 (神戸大学), 渡部潤一, 田中雅臣, 前原裕之, 有松亘, (国立天文台), 吉川真 (ISAS/JAXA), 富永望 (甲南大学), 板由房, 小野里宏樹 (東北大学), 春日敏測 (千葉工業大学), 奥村真一郎, 浦川聖太郎 (日本スペースガード協会), 佐藤幹哉 (かわさき宙と緑の科学館), 河北秀世 (京都産業大学), 池田思朗, 森井幹雄 (統計数理研究所)  
V220b 「木曾超広視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen 実機の開発 - 基本設計」
8. 一木真, 酒向重行, 大澤亮, 高橋英則, 土居守, 小林尚人, 本原顕太郎, 宮田隆志, 諸隈智貴, 小久保充, 満田和真, 谷口由貴, 山口淳平, 毛利清, 大澤健太郎, 青木勉, 征矢野隆夫, 樽沢賢一, 猿楽祐樹, 森 由貴, 三戸洋之, 中田好一, 戸谷友則, 松永典之, 茂山俊和, 谷川衝 (東京大学), 白井文彦 (神戸大学), 渡部潤一, 田中雅臣, 前原裕之, 有松亘 (国立天文台), 吉川真 (ISAS/JAXA), 富永望 (甲南大学), 板由房, 小野里宏樹 (東北大学), 春日敏測 (千葉工業大学), 奥村真一郎, 浦川聖太郎 (日本スペースガード協会), 佐藤幹哉 (かわさき宙と緑の科学館), 河北秀世 (京都産業大学), 池田思朗, 森井幹雄 (統計数理研究所)  
V221b 「木曾超広視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen 試験機による高頻度測光の評価」
9. 高橋英則, 酒向重行, 大澤亮, 一木真, 土居守, 小林尚人, 本原顕太郎, 宮田隆志, 諸隈智貴, 小久保充, 満田和真, 谷口由貴, 山口淳平, 毛利清, 大澤健太郎, 青木勉, 征矢野隆夫, 樽沢賢一, 猿楽祐樹, 森由貴, 三戸洋之, 中田好一, 戸谷友則, 松永典之, 茂山俊和, 谷川衝 (東京大学), 白井文彦 (神戸大学), 渡部潤一, 田中雅臣, 前原裕之, 有松亘, (国立天文台), 吉川真 (ISAS/JAXA), 富永望 (甲南大学), 板由房, 小野里宏樹 (東北大学), 春日敏測 (千葉工業大学), 奥村真一郎, 浦川聖太郎 (日本スペースガード協会), 佐藤幹哉 (かわさき宙と緑の科学館), 河北秀世 (京都産業大学), 池田思朗, 森井幹雄 (統計数理研究所)  
V222a 「木曾超広視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen 試験機の機械系の開発」
10. 森裕樹 (広島大学), 宇井崇紘, 川端弘治, 吉田道利, 深沢泰司 (広島大学), 酒向重行 (東京大学), 伊藤亮介 (東京工業大学)  
V224b 「HONIR 用新検出器読み出しシステムのノイズ改善に向けた研究」
11. 大澤亮, 酒向重行 (東京大学), 池田思朗, 森井幹雄 (統計数理研究所), 高橋英則, 一木真, 山口淳平, 小林尚人, 土居守, 本原顕太郎, 宮田隆志, 諸隈智貴, 青木勉, 征矢野隆夫, 樽沢賢一, 三戸洋之, 中田好一, 谷口由貴, 小久保充, 満田和真, 猿楽祐樹, 松永典之, 谷川衝 (東京大学), 白井文彦 (神戸大学), 田中雅臣, 有松亘, 渡部潤一, 前原裕之 (国立天文台), 吉川真 (ISAS/JAXA), 富永望 (甲南大学), 板由房, 小野里宏樹 (東北大

学), 春日敏測 (千葉工業大学), 奥村真一郎, 浦川聖太郎 (日本スペースガード協会), 佐藤幹哉 (かわさき宙と緑の科学館), 河北秀世 (京都産業大)

Z116a 「Tomo-e Gozen が拓く広視野動画観測による天文学」

12. 森井幹雄, 池田思朗 (統計数理研究所), 大澤亮, 酒向重行 (東京大学)

Z117a 「スペース推定を用いた Tomo-e Gozen データ中の突発現象の選出」

13. 諸隈智貴 (東京大学), 田中雅臣 (国立天文台), 朝倉悠一郎, 阿部文雄 (名古屋大学), Paul Tristram (Mt. John 天文台), 内海洋輔 (広島大学), 土居守, 本原顕太郎, 田村陽一, 酒向重行, 大澤亮 (東京大学), 藤沢健太 (山口大学), 伊藤亮介, 植村誠, 川端弘治, 吉田道利 (広島大学), 伊藤洋一 (兵庫県立大学), 河合誠之, 斉藤嘉彦, 谷津陽一 (東京工業大学), 黒田大介, 柳澤顕史 (国立天文台), 松林和也, 太田耕司 (京都大学), 村田勝寛 (名古屋大学), 永山貴宏 (鹿児島大学), 富永望 (甲南大学)

Z219a 「J-GEM による LIGO 重力波源に対する電磁波フォローアップ観測」

#### 日本天文学会 2017 年春季年会 (九州大学, 2017/03/15-18)

1. 小久保充 (東京大学), 諸隈智貴 (東京大学), 富永望 (甲南大学), 田中雅臣 (国立天文台), KISS メンバー K03b 「Supernova Survey (KISS) で発見された特異な II<sub>n</sub> 型超新星 KISS15s の可視光測光分光追観測」
2. 松尾光洋, 中西裕之 (鹿児島大学), 南谷哲宏, 鳥居和史, 齋藤正雄, 澤田剛士, 安井千香子, 廣田晶彦 (NAOJ), 久野成夫 (筑波大学), 濤崎智佳 (上越教育大学), 小林尚人, 三戸洋之 (東京大学), 長谷川隆 (ぐんま天文台) Q30b 「野辺山 45m 望遠鏡を用いた銀河系における最遠方分子雲の検出」
3. 堀内貴史, 三澤透, 小山田涼香, 和田久, 伊東大輔 (信州大学), 諸隈智貴 (東京大学) S12a 「クェーサーのアウトフローに見られる時間変動傾向の起源」
4. 谷口由貴, 諸隈智貴, 土居守 (東京大学) S17b 「低質量超巨大ブラックホールの可視光度変動」
5. 大坪翔悟, 近藤荘平 (京都産業大学), 池田優二 (京都産業大学, Photocodin), 小林尚人 (東京大学), 渡瀬彩華, 福江慧, 新井彰 (京都産業大学), 吉川智裕 (Edechs), 濱野哲史, 鮫島寛明, 竹中慶一, 村井太一, 坂本匡子, 河北秀世 (京都産業大学), Giuseppe Bono (University of Roma Tor Vergata), 松永典之 (東京大学), WINERED グループ V207a 「近赤外高分散分光器 WINERED:NTT 搭載時における総合性能の評価」
6. 酒向重行, 大澤亮, 高橋英則, 一木真, 土居守, 小林尚人, 本原顕太郎, 宮田隆志, 諸隈智貴, 小久保充, 満田和真, 谷口由貴, 青木勉, 征矢野隆夫, 樽沢賢一, 猿楽祐樹, 森由貴, 三戸洋之, 中田好一, 戸谷友則, 松永典之, 茂山俊和, 谷川衝 (東京大学), 白井文彦 (神戸大学), 渡部潤一, 田中雅臣, 前原裕之, 有松亘 (国立天文台), 吉川真 (ISAS/JAXA), 富永望 (甲南大学), 板由房, 小野里宏樹 (東北大学), 春日敏測 (千葉工業大学), 奥村真一郎, 浦川聖太郎 (日本スペースガード協会), 佐藤幹哉 (かわさき宙と緑の科学館), 河北秀世 (京都産業大学), 池田思朗, 森井幹雄 (統計数理研究所) V216b 「木曾超広視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen 実機の開発 - 要素試験と詳細設計」
7. 一木真, 酒向重行, 大澤亮, 高橋英則, 土居守, 小林尚人, 本原顕太郎, 宮田隆志, 諸隈智貴, 小久保充, 満田和真, 谷口由貴, 青木勉, 征矢野隆夫, 樽沢賢一, 猿楽祐樹, 森由貴, 三戸洋之, 中田好一, 戸谷友則, 松永典之, 茂山俊和, 谷川衝 (東京大学), 白井文彦 (神戸大学), 渡部潤一, 田中雅臣, 前原裕之, 有松亘 (国立天文台), 吉川真 (ISAS/JAXA), 富永望 (甲南大学), 板由房, 小野里宏樹 (東北大学), 春日敏測 (千葉工業大学), 奥村真一郎, 浦川聖太郎 (日本スペースガード協会), 佐藤幹哉 (かわさき宙と緑の科学館), 河北秀世

(京都産業大学), 池田思朗, 森井幹雄 (統計数理研究所)

V217a 「木曾超広視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen の即時データ解析とデータ管理」

8. 加地紗由美 (京都産業大学), 猿楽祐樹 (東京大学), 池田優二 (フォトコーディング, 京都産業大学), 小林尚人 (東京大学), 助川隆 (キヤノン株式会社), 中西賢之, 近藤莊平, 河北秀世 (京都産業大学)

V244b 「赤外線光学材料の低温減光係数測定のための高精度 FTIR システムの開発と初期測定結果」

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

V246a 「東京大学アタカマ天文台 TAO6.5m 望遠鏡プロジェクトの進捗状況」

10. 内山允史, 宮田隆志, 酒向重行, 上塚貴史, 大澤亮, 岡田一志, 毛利清, 山口淳平, 尾中敬, 左近樹, 吉井讓, 土居守, 河野孝太郎, 田中培生, 本原顕太郎, 田辺俊彦, 峰崎岳夫, 諸隈智貴, 田村陽一, 青木勉, 征矢野隆夫, 樽沢賢一, 加藤夏子, 高橋英則, 小西真広, 北川祐太郎, 寺尾恭範, 大橋宗史 (東京大学), 片ざ宏一 (JAXA), 半田利弘 (鹿児島大学), 越田進太郎 (国立天文台)

V248a 「中間赤外線観測装置 MIMIZUKU の開発状況と試験観測計画」

11. 山口淳平, 宮田隆志, 酒向重行, 上塚貴史, 大澤亮, 岡田一志, 内山允史, 毛利清 (東京大学)

V249a 「中間赤外線観測装置 MIMIZUKU 用 5 $\mu$ m-cutoff HAWAII-1RG 検出器の駆動試験」

12. 毛利清, 宮田隆志, 上塚貴史, 高橋英則, 酒向重行, 大澤亮, 岡田一志, 内山允史, 山口淳平, 大崎博之, 広江貴 (東京大学), 本田充彦 (久留米大学), 片ざ宏一 (ISAS/JAXA), Chris Packham (UTSA)

V250a 「次世代中間赤外線装置における低温チョッピング実現に向けた超伝導リニアモーターの開発」

13. 安井千香子, 泉奈都子, 斎藤正雄 (国立天文台), 小林尚人 (東京大学)

X40a 「低金属量下における初期質量関数の導出 I: Sh 2-127」

14. 衣笠健三, 斎藤正雄, 縣秀彦 (国立天文台), 小林尚人, 青木勉, 森由貴 (東京大学), 村田泰宏 (JAXA/ISAS), 三澤透 (信州大学), 大西浩次 (長野高専), ほか「長野県は宇宙県」実行委員会

Y04b 「「長野県は宇宙県」の取り組み」

#### 日本天文学会第 19 回ジュニアセッション (九州大学, 2017/3/18)

1. 銀河学校 2016 B 班: 秋山翔希 (早稲田実業学校高等部), 井谷友海 (京都大学), 嶋田理央 (東京都立白鷺高等学校), 松澤晴子 (帝塚山高等学校)

「超新星・新星残骸の観測から探る超新星・新星爆発のいろいろ」

2. 銀河学校 2016 C 班: 由佐俊介 (同志社大学), 安田優也 (早稲田実業学校高等部), 小林英里奈 (晃華学園高等学校), 齋藤奈々美 (湘南白百合学園高等学校), 高田悠平 (獨協高等学校), 照井孝之介 (埼玉県立川越高等学校), 岡本尚子 (東京大学教育学部附属中等教育学校), 田中匠 (栄光学園高等学校)

「銀河面のダストの分布と大きさ～変光星の多色測光より～」

#### 木曾シュミットシンポジウム 2016

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. 2016 年度は 7 月 5-6 日の 2 日間, 木曾観測所にて開催され, 38 名の参加があった. 初日は次期超広視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen について, 試験機の初期成果, フル稼働時のサイエンスケース, ビッグデータの解析手法など幅広い講演があった. 運用方針の議論では数々の有意義なコメントをいた

だき, Tomo-e への期待の高さが感じられた。二日目は, KWFC による観測研究を中心に様々な分野の講演, ポスター発表が行われ, シュミット望遠鏡の広視野, 柔軟な運用スタイルを活かした木曾観測所ならではの成果が多数報告された。



図 3.9: 木曾シュミットシンポジウム 2016 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	青木勉
2. 木曾超広視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen 開発の進捗報告	酒向重行
3. 木曾超広視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen 試験機の機械系の開発	高橋英則
4. 木曾超広視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen 試験機による高頻度測光の評価	一木真
5. Tomo-e Gozen 試験機による微光流星の観測	大澤亮
6. Tomo-e Gozen 試験機によるフラッシュの観測	酒向重行
7. Tomo-e による重力波天体の探査観測	田中雅臣
8. Tomo-e を用いた超新星探査	富永望
9. データ科学としての天文学：スパースモデリングを中心として	池田思朗
10. Tomo-e Gozen データ中の突発現象の選出	森井幹雄
11. 望遠鏡・KWFC の現況	樽沢賢一
12. KISO GP	松永典之
13. Kiso Supernova Survey (KISS)	諸隈智貴
14. 可視測光・分光同時モニター観測によるアウトフローの時間変動の原因の究明	堀内貴史
15. クエーサーの可視域スペクトル中の偏光成分と変光成分の関係	小久保充
16. 超新星残骸 G156.2+5.7 を縁取る H $\alpha$ フィラメントの固有運動測定	勝田哲
17. 孤立銀河が周辺の矮小銀河に与える影響	根本明宗
18. 近傍渦巻銀河の狭帯域撮像観測と H $\beta$ フィルター	西浦慎悟
19. 狭帯域フィルター撮像観測による惑星状星雲の 2 次元電離診断手法の確立	三戸洋之

## ポスター

1. KISO GP : ミラ型変光星に対する炭素星と M 型星の分類	松永典之
2. KISO GP : ミラ型変光星の SiO メーザ輝線探査	松永典之
3. KISS プロジェクトで発見された特異な II $n$ 型超新星 KISS15s の測光分光追観測	小久保充
4. 木曾シュミット望遠鏡による M31 の古典新星サーベイ	前原裕之
5. シュミット乾板のデジタル化とその公開 - KUG プロジェクト乾板のデジタル化	宮内良子
6. Kiso105+2kCCD+4 度プリズムによる対物分光データの教材化 II	西浦慎悟
7. SMOKA の現状と利用状況	本間英智
8. Hunting for Early-phase SNe with Kiso/KWFC	姜継安

## 木曾広視野サーベイと京都 3.8m 即時分光によるタイムドメイン天文学の推進

2018 年の稼働を目指す、木曾観測所の超広視野カメラ Tomo-e Gozen と京都大学 3.8m 望遠鏡の可視面分光装置 KOOLS-IFU を用いて実現するサイエンスの検討を行うため、2017 年 2 月 20 日-22 日に京都大学にて研究会「木曾広視野サーベイと京都 3.8m 即時分光によるタイムドメイン天文学の推進」が行われた。研究会では、超新星、ガンマ線バースト、変光星、活動銀河核、Fast Radio Burst、重力波など多様な対象についての観測提案があり、活発な議論が行われた。Tomo-e Gozen の大規模撮像サーベイと KOOLS-IFU による即時分光の連携についても具体的な議論が行われ、今後の展開が期待される内容となった。

口頭講演とポスター講演のリストを次に示す。

## 口頭講演

- |   |   |
|---|---|
| 1. 京都大学 3.8m 望遠鏡, 現況と予定   | 長田哲也 (京都大学)                                 |
| 2. KOOLS-IFU  | 松林和也 (国立天文台),<br>太田耕司 (京都大学)<br>酒向重行 (東京大学) |
| 3. 木曾超広視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen   | 大澤亮 (東京大学)                                  |
| 4. 木曾超広視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen によるサーベイデータとデータ解析フロー   | 森井幹雄 (統計数理研究所)                              |
| 5. 低ランク行列近似による Tomo-e Gozen 動画データの圧縮  | 諸隈智貴 (東京大学)                                 |
| 6. Tomo-e Gozen Supernova Survey Plan   | 前田啓一 (京都大学)                                 |
| 7. 超新星の未解決問題と早期発見・分光の重要性  | 鈴木昭宏 (京都大学)                                 |
| 8. 超新星ショックブレイクアウト研究の現状  |   |
| 9. Are Ultra-Long Gamma-Ray Bursts Caused by Blue Supergiant Collapsars, Newborn Magnetars, or White Dwarf Tidal Disruption Events? | 井岡邦仁 (京都大学)                                 |
| 10. 3.8m 低分散分光や木曾広視野サーベイとスーパーフレア研究  | 野津湧太 (京都大学)                                 |
| 11. 近傍超新星: メートルクラス望遠鏡との連携観測   | 山中雅之 (甲南大学)                                 |
| 12. Stepping into the New Era for Early-phase Type Ia Supernova Survey  | Jian Jiang (東京大学)                           |
| 13. Ia 型超新星と星周物質  | 長尾崇史 (京都大学)                                 |
| 14. 重力波イベント・電磁波対応天体探索への期待   | 田越秀行 (大阪市立大学)                               |
| 15. 重力波天体の可視光フォローアップ観測  | 田中雅臣 (国立天文台)                                |
| 16. GROWTH プロジェクト   | 伊藤亮介 (東京工業大学)                               |
| 17. X線トランジェント天体の MAXI による観測から即時フォローアップへの連携  | 芹野素子 (理化学研究所)                               |
| 18. 広視野近紫外線探査衛星ひばり計画  | 谷津陽一 (東京工業大学)                               |
| 19. IceCube 高エネルギーニュートリノ事象の可視近赤外線フォローアップ観測  | 田中康之 (広島大学)                                 |
| 20. 可視偏光サーベイ SGMAP とタイムドメイン天文学  | 川端弘治 (広島大学)                                 |
| 21. Outbursts in the Solar System   | 石黒正晃<br>(Seoul National University)         |
| 22. Tomo-e Gozen と MU レーダーを用いた流星の同時観測   | 阿部新助 (日本大学)                                 |
| 23. Tomoe Gozen を利用した近地球天体及び宇宙デブリ観測の可能性   | 柳沢俊史<br>(宇宙航空開発研究機構)                        |
| 24. Tomo-e Gozen による移動天体と人工物体の観測  | 奥村真一郎<br>(日本スペースガード協会)                      |
| 25. 高速電波バースト対応天体探査  | 新納悠 (国立天文台)                                 |
| 26. パルサーにおける突発現象  | 新沼浩太郎 (山口大学)                                |
| 27. Tomo-e Gozen による可視パルサーサーベイ  | 一木真 (東京大学)                                  |
| 28. Tomoe で Quasar ?  | 岩室史英 (京都大学)                                 |
| 29. Tomo-e と KOOLS-IFU で探るクエーサー光度とアウトフローの時間変動の相関  | 堀内貴史 (信州大学)                                 |
| 30. 高速測光分光装置と M 型星フレア   | 野上大作 (京都大学)                                 |
| 31. 木曾広視野サーベイと 3.8m 望遠鏡による激変星の研究  | 今田明 (京都大学)                                  |
| 32. 高頻度・広視野サーベイと即時分光による古典新星の増光期の研究  | 前原裕之 (国立天文台)                                |
- 
- ポスター
- |  |               |
|--|---------------|
| 1. 木曾超広視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen                          | 酒向重行 (東京大学)   |
| 2. 木曾超広視野高速 CMOS カメラ Tomo-e Gozen によるサーベイデータとデータ解析フロー      | 大澤亮 (東京大学)    |
| 3. 広島大学新読み出しシステムのノイズ調査と新 InGaAs 検出器の性能評価                   | 森裕樹 (広島大学)    |
| 4. 次世代観測装置用の新しい回折格子の開発状況                                   | 海老塚昇 (理化学研究所) |
| 5. All-sky bright metal-poor star survey with Tomo-e Gozen | 富永望 (甲南大学)    |
- 

## その他の国内研究会

- 銀河進化研究会 2016 (東北大学青葉山キャンパス青葉サイエンスホール, 2016/06/01-03)  
「1 型クエーサー可視域放射の変光と偏光」  
小久保充 (東京大学), ポスター・口頭講演

2. 新学術隔月研究会 (広島大学, 2016/07/30)  
「J-GEM EM Follow-Up Observations for GW150914」  
諸隈智貴 (東京大学), 口頭講演
3. 第7回光赤外線天文学大学間連携ワークショップ (京都大学, 2016/11/21-22)  
「重力波天体の光赤外線観測」  
諸隈智貴 (東京大学), 口頭講演
4. 第7回光赤外線天文学大学間連携ワークショップ (京都大学, 2016/11/21-22)  
「大学間連携内の突発天体サーベイ」  
酒向重行 (東京大学), 口頭講演 (招待講演)
5. 第7回光赤外線天文学大学間連携ワークショップ (京都大学, 2016/11/21-22)  
「突発天体天文学」  
田中雅臣 (国立天文台), 口頭講演 (招待講演)
6. 第7回光赤外線天文学大学間連携ワークショップ (京都大学, 2016/11/21-22)  
「大学間連携によるニュートリノイベントフォローアップ観測の提案」  
田中康之 (広島大学), 口頭講演 (招待講演)
7. 第6回可視赤外線観測装置技術ワークショップ (国立天文台, 2016/11/24-25)  
「トモエのつくりかた」  
酒向重行 (東京大学), 口頭講演 (招待講演)
8. 原子衝突学会第41回年会 (富山大学, 2016/12/10-11)  
「重力波天体からの電磁波放射」  
田中雅臣 (国立天文台), 口頭講演 (招待講演)
9. 第36回天文学に関する技術シンポジウム 2016 (国立天文台, 2016/12/15-16)  
「木曾観測所の現状と将来について」  
青木勉 (東京大学), ポスター・口頭講演
10. 第17回宇宙科学シンポジウム (宇宙科学研究所, 2017/01/05-06)  
「高効率赤外線イメージングの開発 ～スペース中間赤外線高分散分光観測の実現に向けて～」  
猿楽祐樹, 池田優二, 小林尚人, 河北秀世, 加地紗由美, 助川隆, 杉山成, 近藤莊平, 安井千香子, 中川貴雄, 片坐宏一, Kwon Jungmi, 道井亮介, 前嶋宏志
11. マルチメッセンジャー天文学研究会 (千葉大学, 2017/03/02-03)  
「HSC Transient Survey」  
富永望 (甲南大学), 口頭講演 (招待講演)
12. マルチメッセンジャー天文学研究会 (千葉大学, 2017/03/02-03)  
「フェルミ衛星の現状とIceCubeニュートリノイベントの可視近赤外線フォローアップ観測」  
田中康之 (広島大学), 口頭講演
13. 連星中性子星・ブラックホールを含む重力波源の電磁波対応天体 (京都大学, 2017/03/06-08)  
「重力波源の可視光追観測」  
富永望 (甲南大学), 口頭講演 (招待講演)

14. 新学術領域「なぜ宇宙は加速するのか? -徹底的究明と将来への挑戦-」(高エネルギー加速器研究機構, 2017/03/08-10)  
「A Search for Low-Mass Black Holes via Optical Rapid Variability」  
諸隈智貴(東京大学), 口頭講演
15. 総合技術研究会 2017(東京大学, 2017/03/08-10)  
「木曾 105cm シュミット望遠鏡と観測装置について」  
樽沢賢一, KWFC 開発チーム, Tomo-e Gozen 開発チーム(東京大学), 口頭講演
16. 突発・変動天体の多波長連携観測(茨城大学, 2017/03/14)  
「IceCube neutrino の電磁波 ToO 観測の現状と今後」  
田中康之(広島大学)
17. 重力波・電磁波サーベイ・突発天体(山口大学, 2017/03/23-24)  
「可視広視野突発天体サーベイ」  
諸隈智貴(東京大学), 口頭講演(招待講演)

#### 普及講演

1. 酒向:「天変と木曾トモエゴゼン」, 2016/11/20, 名古屋はれー倶楽部, 名古屋市科学館

### 3.2.8 東大3年生学生実習

#### 1. 対物プリズム分光で学ぶ CCD 観測の基礎

松永典之(天文学教室), 小林尚人, 猿楽祐樹(天文センター・木曾観測所)

2016年9月5~8日に「対物プリズム分光で学ぶ CCD 観測の基礎」という課題で基礎天文学観測 I の実習を行った。東京大学理学部天文学科3年の4名(遠藤, 小川, 鹿熊, 谷口)が参加し, 松永, 小林, 猿楽の3名が指導にあたった。この実習の目標は, 105cm シュミット望遠鏡に対物プリズムを取り付けた分光観測を通して, 観測天文学の一通りの流れを学ぶことである。3泊4日の実習を通して, 観測の準備, 実施から, CCD データの取り扱いの基礎, 簡単な解析用プログラムの作成, 恒星のスペクトル(波長 vs フラックス)の導出までを行い, スペクトルに現れる吸収線の特徴と表面温度の関係などについて考察を行う。

今年度は, 7月25日に1時間程度のオリエンテーションを本郷で行い, 各学生の調査する研究テーマと観測ターゲットの選択を事前に行ってもらった。1日目には, 事前の準備に基づいて各自のテーマとターゲットについての紹介を行ってもらってから観測に望んだが, 天候が不安定であったため, 一部のターゲットしか観測することが出来なかった。2日目以降は, 過去の実習で取得されたものも含めて, 各学生のテーマに利用できるデータを用いて解析の実習を行った。まず, IRAF を用いて基本的な一時処理を行った後, その場で学生自ら作成する C 言語プログラムなどを用いながら, 一人当たり3天体程度のスペクトルを得た。3日目までに各自得たスペクトルについて, まず, 全員のスペクトルを見比べてスペクトル型による違いなどについて確認した後, 以下に挙げる各自のテーマについて特に考察を行った。実習の成果とその後各自が進めた考察は, それぞれ15ページ前後のレポートとして後日提出された。

- スペクトル型の系列(鹿熊)

ON9.3IV, A0V, G0V, M3III のスペクトル型を持つ4天体を調べて, スペクトル型によって変化する特徴を考察した。また, KWFC の CCD の量子効率と実際のスペクトルのカウント分布の比較も行った。

- 金属量によるスペクトルの変化 (遠藤)

$[Fe/H]$  が  $-3.8$  dex から太陽金属量程度という様々な値をもつ 5 天体の F-G 型星のスペクトルについて、吸収線の深さと金属量の違いの関係を調べた。Na I の D 線にガウシアンをフィットした等価幅が金属量によってどのように変わるかという解析を行ったが、(S/N がそれほど高くなかったためか) それほどはっきりした傾向は見られなかった。

- 星の種族とスペクトル (小川)

球状星団および散開星団という種族の異なる星団にある明るい星のスペクトルを調べ、他の学生の解析で得られた多数の星のスペクトルとも比較しながら、それぞれの星団の星のスペクトルがどのような特徴を持っているか考察を行った。

- アルビレオの観測所 (谷口)

宮沢賢治の「銀河鉄道の夜」でサファイアとトパーズのくるくる回る星として描かれる二重星アルビレオを観測し、それらのスペクトルの違いを調べた。有名な二重星のうち片方は、さらに木曾シュミットでは分離できない連星系となっていて異なるスペクトルが混ざっていることを考えて、それらを分離するための解析を詳しく行った。

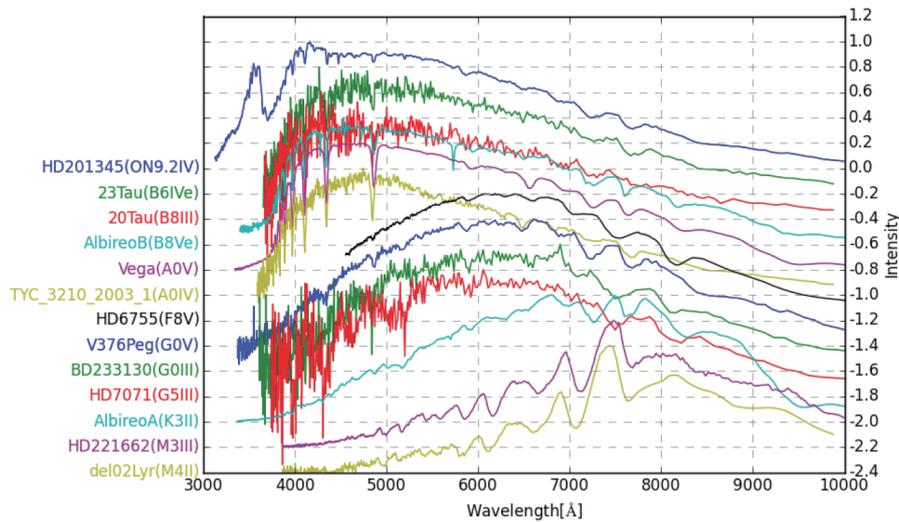


図 3.10: 実習で得られた全天体のスペクトルを重ね合わせた図

## 2. CCD 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。「CCD 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。2016年度は、学部3年生3名が10月25日から27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 KWFC で観測し、早期型銀河の分布などを調べた。2日目は比較的天候に恵まれ、g と i バンドの良いデータが取れた。また、観測を通して、シュミット望遠鏡の仕組みや観測の一連の操作を習得できた。現地での解析では、観測所の計算機群を用いて、IRAF による一次処理、天体検出ソフト SExtractor による天体の自動検出、色に基づく早期型銀河の選び出しまでを行ない、可視光の撮像データの標準的な整約過程を学んだ。なお、整約の過程で、星像の大きさが、視野の一方の端から他方の端に向かって単調に増大していることを発見した。KWFC がわずかに傾いて取り付けられていた可能性がある。

### 3.2.9 地元貢献事業

#### 長野県は宇宙県

長野県には美しい星空はもとより、多くの天文研究施設、宇宙航空産業、科学館・プラネタリウム、天文同好会などがあり、宇宙との関わりが強い県である。また、都道府県の平均高度と平均居住高度とも日本で最も高く、文字どおり宇宙が一番近い県と言える。これらのことから「長野県は宇宙県」というフレーズが2015年に国立天文台野辺山宇宙電波観測所で生まれ、阿部守一 長野県知事に提言された。

これを受け、2016年7月に阿部知事が「しあわせ信州移動知事室」で木曾観測所へ視察に来られた際に、星空を地域資源として活用するための意見交換会が行われた。その中で、阿部知事から下記が要望された。

- 長野県の研究機関の連携
- 長野県の星空の美しさの定量評価

これを契機として、以前より県内施設の連携を考えていた国立天文台野辺山宇宙電波観測所と協力し、長野県内の研究機関を中心とした連絡協議会「長野県は宇宙県」を立ち上げた。連絡協議会が目指す内容は下記の3点になる。

1. 長野県の素晴らしさをひろげよう：産業への広がり  
この美しい星空、宇宙関連施設、宇宙航空産業など長野県が持つ素晴らしい宝物を広く知ってもらい長野県に来てもらおう。
2. 長野県で宇宙を学ぼう：教育への広がり  
星や宇宙の憧れをそこで終わらせず、興味や向上心を伸ばし、未来の科学人、技術人、知識人を長野から輩出しよう。
3. 長野県の空を守ろう：学術への広がり  
光害や電波の干渉の少ない澄んだ空、宇宙に手が届く環境を守ろう。そして、星空の観察や宇宙の研究がいつまでも続けられる県にするため、皆で連携し取り組もう。

11月23日には、信州大学で第1回「長野県は宇宙県」会議を開催し、研究機関、公共天文台からアマチュア天文家など様々な参加者を得た。都道府県レベルの天文コミュニティにおいて、こうした様々な階層が参加することは過去に例がなく、ユニークな連絡協議会となった。会議では下記の憲章「松本宣言」を採択した。

長野県がもつ「宇宙に近い」というすばらしい資産を多くの人たちと共有し、その魅力を広く伝えていくことにより、長野県の地域振興、人材育成、観光、天体観測環境維持に寄与することを目的とする。また、参加する団体・個人は、この目的のために、お互いの特徴を認めつつ、協力をし活動する。

連絡協議会では、ウェブサイト而起ち上げて関係機関の情報の集約を行うとともに、SNSなどで情報発信を行っている。また、県内の天文関連施設の統一感を出すために、ロゴマークを作成した。ロゴマークは、星空と山を背景に「長野県は宇宙県!!」の文字が書かれた図柄をベースとし、山の形と中に入れる建物やキャラクターなどの絵柄は各施設ごとにカスタマイズする仕様となっている。

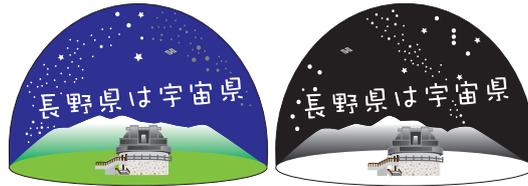


図 3.11: 「長野県は宇宙県」の木曾観測所のロゴマーク。夏(左)と冬(右)の2種類作成した。

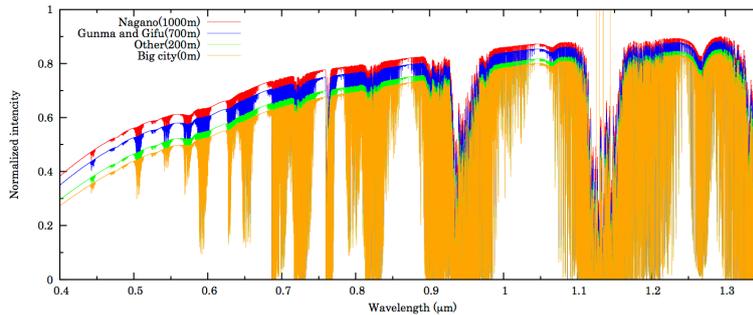


図 3.12: 大気透過率の高度による比較

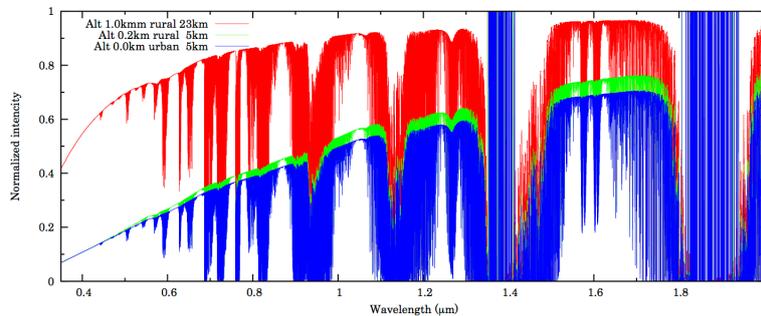


図 3.13: 大気透過率の高度・大気組成をパラメータとした比較。urban は炭素系分子の組成が多い大気を仮定。

また、長野県の星空の美しさを定量的に示すため、大気モデルを用いた大気透過率の計算や、県内の自然科学系クラブなどへ呼びかけて夜空の明るさを計測する活動を行っている。大気透過率は、大気成分と高度をパラ

メータとして計算を行ったところ、高度 0m の都会と高度 1000m の郊外では透過率に有意な差が見られ、星の明るさに 0.1 等級ほどの差が生じることがわかった (図 3.13)。夜空の明るさの実測は、飯山高校の黒岩寛明先生が県内の自然科学系クラブへ呼びかけて、県内各地でスカイクオリティメーター (SQM) を用いて測定を行う計画を進めている。

### 木曾星の里づくり推進協議会

平成 28 年 7 月 14 日に「しあわせ信州移動知事室」が木曾地域で行われ、阿部守一長野県知事が木曾観測所を訪れた。その際、木曾地方や長野県の自然環境 (特に星空環境) の素晴らしさを生かした地域活性化を推進する取り組みができないかとの課題が出された。木曾観測所は、これまで最先端の研究を行いながら、地域社会に対して観望会や講演、理科教育プログラム等、様々な社会貢献活動も積極的に行ってきた。このような特色を生かし、地域の活性化に繋がる取り組みを推進するため、木曾地方事務所と共に「木曾星の里づくり推進協議会」の立ち上げを進めている。今年度は協議会を来年度早々に立ち上げるため、協議会規約案の策定や 3 年次に渡る具体的な計画立案作業を行っている。

### 木曾星の会

5 月 14 日	星の会総会 (於：上松町公民館)
7 月 3 日	「たなばた」音楽祭 星空案内 (於：キッチン&カフェ萬屋)
7 月 16 日-17 日	山ガール御嶽登山と星空観察への協力 (於：女人堂)
8 月	ポストカード作成
8 月 6 日-7 日	木曾観測所 特別公開への協力
8 月 8 日	天の川まつり (於：木曾馬の里) (木曾町ネイチャーマイスターとの共催)
8 月 11 日	御岳ロープウェイ企画ツアー 倉越高原での星空案内
8 月 27 日-28 日	木曾の手仕事市での写真展
9 月 2 日-25 日	観光イベント「ほんとの夜と出会う秋」 星空案内人 (於：木曾馬の里)
9 月 10 日-11 日	山ガール御嶽登山と星空観察への協力 (於：石室山荘)
11 月 5 日-6 日	やぼら文化祭での写真展
2 月 3 日-4 日	雪灯りの散歩道 天体観望会
2 月 4 日	かまくら祭り 講演会 (猿楽), 星空観察会

### その他の活動

実施日時	実施場所・内容	人数	担当職員
7 月 12 日	長野県シニア大学講座「星と惑星の誕生」		小林
8 月 27 日-28 日	第 9 回木曾の手仕事市での観測所紹介展示		小林, 青木, 征矢野, 猿楽, 森
10 月 1 日	木曾駒高原きのこと祭りでの観測所紹介展示		青木
10 月 29 日	木曾町ジュニアマイスター天体観察会	小学生とその保護者 38 名	青木, 樽沢, 森
1 月 25 日-2 月 25 日	長野県木曾地方事務所での観測所紹介展示		青木
2 月 3 日	開田高原かまくら祭りでの講演	一般約 30 名	猿楽

### 3.2.10 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 2017

銀河学校は 1998 年から続いている全国の高校生を対象とした天文学体験実習である。第 20 回銀河学校は 2017 年 3 月 28-31 日に実施された。

参加者は、「明るい彗星には暗い未来!?', 「銀河系(われわれの銀河)の姿を探れ!」, 「星のないところにガス?」の 3 つのテーマの中から 1 つを選択し、105cm シュミット望遠鏡を使った天体観測、観測データの解析、考察、結果発表という研究の一連の流れを体験した。発表会では、生徒から結果を覆すような質問が出て議論を戦わせる場面もあり、研究者さながらの様子であった。終了後は、もっと時間をかけて観測や研究を行いたいという意見が多く聞かれ、研究に対する興味が強まった様子が伺えた。

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



図 3.14: 発表会の様子 (左), 集合写真 (右)

- 対象  
全国の高校生
- 日程・場所  
2017 年 3 月 28 日 (火) - 31 日 (金)・木曾観測所
- 担当者  
猿楽祐樹, 諸隈智貴, 山口正輝, 宮田隆志, 青木勉, 征矢野隆夫, 樽沢賢一, 森由貴ほか木曾観測所所員, TA9 名
- 参加人数  
高校生 37 名 (応募者 42 名から作文により選抜)
- 主催  
銀河学校実行委員会

- 協力  
NPO 法人サイエンスステーション
- 後援  
日本学術会議 IAU(国際天文学連合) 分科会
- 助成  
国立青少年教育振興機構 子どもゆめ基金

### 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。

本年度からは地元貢献のため長野県の高校に限定し、4回実施した。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
長野県屋代高校**	2年生 33名	7月 29-30日
長野県木曾青峰高校	2年生 39名	8月 22-23日
長野県飯山高校**	2年生 19名	} 9月 10-11日 合同参加
長野県大町岳陽高校	1, 2年生 3名	
長野県飯山高校**	2年生 28名	10月 8-9日

\*\*SSH(スーパーサイエンスハイスクール指定校)

### 木曾観測所特別公開 (2016年8月6日-7日)

8月6日-7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。講演会、105cm シュミット望遠鏡の見学・デモンストレーション、観測装置展示、太陽黒点観測などを行ったほか、開発中の次期超広視野 CMOS カメラ「トモエゴゼン」に関する特集展示を行った。「トモエゴゼン」カメラにちなんで、木曾町日義のゆるキャラ「巴ちゃん」も登場し、会場の盛り上げに一役買ってもらった。講演は、「トモエゴゼンが木曾の空に観る宇宙」酒向 重行氏（東京大学）、「電波の”またたき”で宇宙の風を探る」徳丸 宗利氏（名古屋大学）の2つが行われた。講演会は情報システムチームの協力を得て、YouTube でライブ中継を行った。来場者はおよそ400名で、講演会目当てに毎年訪れるリピーターの姿も見られた。

### 天文学教育研究センター特別公開 (三鷹 2016年10月21日-22日)

天文学教育センター特別公開が、国立天文台と同時開催で2016年10月21日-22日に行われた。木曾のセクションを、征矢野、森、小林、土居、諸隈で担当した。観測所からは、観測所紹介パネルを始め、Tomo-e Gozen カメラの紹介ポスター、写真乾板、観測所風景写真などの展示を行った。また、酒向による講演「トモエゴゼンが木曾の空に観る宇宙」が行われたことにちなんで、木曾から木曾町日義のゆるキャラ「巴ちゃん」の着ぐるみを持参し、センターの内庭でじゃんけん大会を行うなど、会場の盛り上げに一役買った。



図 3.15: 講演会の様子(左), トモエゴゼン特集展示と巴ちゃん

### 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, 酒向). IC2177(かもめ星雲)のデータを, KWFCを用いて  $B$ ,  $V$ ,  $H\alpha$  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, 教育機関等に幅広く配布された. 次年度に向けて広報用画像データの取得も行った.



図 3.16: 2017 年のカレンダー

## 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14日	岐阜東中学校見学	中学生 55名	樽沢, 森
5月10日	愛知県犬山中学校総合学習	中学生 4名	猿楽, 青木, 樽沢
8月7日-9日	ボーイスカウト東海4県連盟見学	各 40名	征矢野
8月28日	おんたけ休暇村見学	一般 15名	征矢野
9月5日	名古屋市高年大学見学	一般 21名	樽沢
10月3日	松川町婦人会見学	一般 10名	青木
10月23日	おんたけ休暇村見学	一般 20名	青木
10月23日	アストロパーク天究館見学	一般 13名	青木
11月5日-6日	ギャラクシティ星空学校	小学生とその保護者 20名	宮田
12月13日	木曾町立開田小学校見学	小学生 9名	樽沢

## 各メディアでの紹介

## 1. 新聞

2016年7月14日	木曾地域で移動知事室	信濃毎日新聞
2016年7月30日	天文台を特別公開	松本平タウン情報
2016年8月4日	のぞいて大迫力 東大木曾観測所, 6・7日特別公開	朝日新聞
2016年8月5日	東大木曾観測所あすから一般公開	市民タイムス
2016年8月20日	70トンの望遠鏡に驚き 東大天文台を一般公開	木曾ホームニュース
2016年11月24日	信州で語り合う宇宙 官民の天文関係者が会議	信濃毎日新聞
2016年12月21日	県内14高校 夜空の暗さを調査へ	信濃毎日新聞
2017年3月29日	「銀河学校」で中高生歓声	中日新聞
2017年3月30日	天文学の魅力身近に 高校生ら銀河学校	市民タイムス
2017年4月4日	天文学ぶ「銀河学校」	松本平タウン情報

## 2. 雑誌

「ひとみ」通信途絶と復活の可能性	月刊星ナビ	2016年6月号
ココにも立ち寄ろう!	東海ファミリー Walker2016	
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	パリティ	2016年7月号
	天文月報	2016年7月号
	月刊星ナビ	2016年8月号
重力波とニュートリノ振動	月刊星ナビ	2016年9月号
「銀河学校2017」参加者募集	パリティ	2017年1月号
	天文月報	2017年1月号
	月刊星ナビ	2017年1月号
	月刊天文ガイド	2017年2月号
	日経サイエンス	2017年2月号
「長野県は宇宙県」第1回ミーティング	月刊星ナビ	2017年2月号

## 3. テレビ

2016年4月13日	ひとみ追跡観測	NHK 暮らし☆解説
------------	---------	------------

## 4. Web ニュース

2016年4月8日	「ひとみ」エンジンが異常噴射か 復旧は極めて困難	NHK ONLINE
2016年4月8日	X線天文衛星「ひとみ」は姿勢制御系に異常が発生か、地上からの観測で推定	マイナビニュース
2016年4月9日	X線天文衛星「ひとみ」、復旧は長期戦へ。姿勢制御系に注目	Yahoo!ニュース
2016年4月9日	衛星ひとみ 異常回転 重要機器分離の可能性	毎日新聞
2016年4月11日	「ひとみ」をすばる等で観測、通信は依然復旧せず	アストロアーツ 天文ニュース
2016年11月8日	「長野県は宇宙県」合言葉に連携 野辺山観測所など23日初会合	日本経済新聞

## 5. 書籍

2016年8月	書籍「天文学宇宙検定公式問題集2級2016-2017年版」 写真「ふくろう星雲」「リング状星雲」「らせん状星雲」「かに星雲」使用
2016年	電子書籍「Makali'i in Hawaii」小平桂一(著) 写真「シュミット望遠鏡」「アンドロメダ銀河」使用
2017年	書籍「Galactic Radio Astronomy」祖父江義明(著) 写真「網状星雲」「馬頭星雲」「ばら星雲」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は, 海拔 1130 m, 測地位置 9 時 10 分 30.8 秒, +35 度 47 分 38.7 秒である.

	建築延面積	建築年
本館	1,285 m <sup>2</sup>	1974 年
画像処理室	71 m <sup>2</sup>	1985 年
学生実習室 (プレハブ)	29 m <sup>2</sup>	1991 年
シュミット観測室	701 m <sup>2</sup>	1974 年
夜天光観測室	105 m <sup>2</sup>	1974 年
夜天光赤道儀室	18 m <sup>2</sup>	1974 年
揚水ポンプ室	8 m <sup>2</sup>	1974 年
圧力ポンプ室	19 m <sup>2</sup>	1974 年
教育・共同研究室	82.9m <sup>2</sup>	2004 年
建物小計	2,319 m <sup>2</sup>	
敷地小計	64,822 m <sup>2</sup>	(借地)

- 上松連絡所及び職員宿舍 〒 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 <sup>2</sup>	1974 年
職員宿舍	256 m <sup>2</sup>	1977 年
建物小計	328 m <sup>2</sup>	
敷地小計	686 m <sup>2</sup>	(個人有の借地)

- 建物, 敷地総面積

建物合計 2,564 m<sup>2</sup>

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 <sup>2</sup>	観測所
王滝村	27,494 m <sup>2</sup>	観測所
上松町	4,723 m <sup>2</sup>	観測所
上松町	686 m <sup>2</sup>	連絡所・職員宿舍
敷地合計	65,508 m <sup>2</sup>	

### 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 $\gamma$ /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 K.3T

木曾観測所 30cm 望遠鏡 (Kiso 0.3m Telescope) は, 変光天体を長期にわたって観測し, 研究するための望遠鏡として開発された. 変光観測には, 長期にわたった反復的, 規則的な観測が必要であるため, 簡単で, 効率よく望遠鏡を制御できるシステムの構築が, その成果を大きく進展させる. この観点にたち, **K.3T** はあらかじめ決められたスケジュールにしたがって観測が自動的に進められる望遠鏡として製作された.

スケジュールはテキスト形式のファイルに, 望遠鏡駆動, 望遠鏡位置補正, CCD 露出, フィルター交換, フォーカス調整などといったコマンドを記述することで設定される. 望遠鏡位置補正は, 実際に CCD でとられた画像内の星の位置と, USNO カタログを比べ, 望遠鏡の正しい位置をもとめ, 望遠鏡位置を補正することで実現されている. 実際の観測で, この位置補正の精度が 1 分角以内であることを確認している.

望遠鏡の遠隔制御は, インターネットを介しブラウザを用いて行うことができる. そのため観測者は計算機の種類や, ネットワーク環境にとらわれずに, 観測をおこなうことが可能となっている. この遠隔制御の根幹をなす部分は, Java 言語をもちいて製作された.

また, 一般教育活動の一環として, 『銀河学校』, 『星の教室』, 『特別公開』などの際, 観望用望遠鏡として公開している.

主な仕様	
検出器	MUTOH CV16II 1536 × 1024pixels
画素サイズ	9 $\mu$ m × 9 $\mu$ m 2 × 2 で binning して使用
受光面サイズ	13.8mm × 9.2mm (望遠鏡視野で 17.3' × 11.5')
分解能	1.35"/pixel
データサイズ	FITS 形式 771KB/フレーム
望遠鏡架台	SHOWA 25E 赤道儀
観測の目安	S/N 55, Rc=14mag., 300s

### 3.3.4 広視野カメラ KWFC

#### 装置仕様

検出器	MIT/LL 製 2048 × 4100 × 4 台 SITe 製 ST-002A 2048 × 4096 × 4 台
画素サイズ	15 $\mu\text{m}$ × 15 $\mu\text{m}$
受光面サイズ	30mm × 60mm
画素スケール	0.946" / pixel
視野	2.2° × 2.2°
最短露光時間	0.1 秒
読み出し雑音	MIT-CCD: 5-10 e <sup>-</sup> SITe-CCD: 20 e <sup>-</sup>
読み出し時間	120 秒
暗電流	<5 e <sup>-</sup> / hour / pixel
CCD 動作温度	-105 °C
変換効率	~2.2e <sup>-</sup> / ADU
データサイズ	FITS 形式 128MB / フレーム
シャッター	2 枚羽スライド式シャッター
大型フィルタ	16cm 角 Johnson-Cousins BVRI, SDSS ugriz, H $\alpha$
中型フィルタ	2kCCD 用フィルタの一部も使用可 (web ページ参照)
フィルタ交換	ロボットアーム (三菱 RV-2SQ) による搬送方式 12 枚格納可
フィルタ交換時間	45 秒
デュウ窓材	直径 220mm BK7, フラットナとして利用
冷凍機	岩谷瓦斯製パルスチューブ式 PDC-08 (8W/77K)
補助真空装置	Varian 製イオンポンプ VacIon Plus-20
温度コントローラ	Lakeshore model 330M
CCD コントローラ	Kiso Array Controller(KAC) システム
制御用計算機	Linux PC (Intel Core i7 920 2.67GHz CPU, DDR3 DIMM 3GB メモリ, 480GB SSD, Cent-OS 5.5)

### 3.3.5 遠隔自動観測システム

#### 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、自動で観測キューの開始、停止が可能となっている。表 3.2 に観測の開始・再開条件および終了・中断条件を示す。太陽高度が -8° 未満であり、すべての気象データが観測開始・再開条件を満たした場合にはドームスリットを開け、キューシステムの動作を開始することで登録されている観測コマンドが順次実行される。また、太陽高度が -8° 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、キューを休止状態とする。

#### VPN 接続 Web ユーザーインターフェース

観測者が天体の座標や露出時間等の観測パラメーターを登録したり、撮像したデータを検索・ダウンロードするためのユーザーインターフェースとして、Web ベースのシステムを構築している。観測者は木曾観測所の VPN サーバーに接続し、そこから専用の Web ページに観測者ごとに発行される ID とパスワードを用いてログインする。VPN サーバーには YAMAHA の RTX-810 を用いており、VPN プロトコルには L2TP/IPsec を採用している。学外の観測者も利用する関係からセキュリティの確保のため、VPN で接続できるネットワークは所内のネットワークとは隔離されたセグメントとなっており、直接の接続はできない。所内の計算機上にある

表 3.2: 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0	雨滴を検知したセンサ数が1以上
湿度	94%未満	95%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 25%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）	1.0 以下	1.05 以上
太陽高度	-8° 未満	-8° 以上

観測用の Web ページには専用のプロキシサーバー経由でアクセスする。

観測パラメーターの登録用 Web フォームでは観測天体の情報（名称・位置）や観測の詳細（露出時間、読出しモード、フィルターなど）を登録できるほか、観測時刻や天体を観測する高度の閾値、観測の優先度などの条件も設定することが可能である。

観測データの検索・ダウンロードページでは、観測天体のデータにはログインした観測者の観測課題のデータのみアクセスできるようになっている。ただし、バイアスやフラット画像などキャリブレーション用のデータには、ログインした ID には関係なくすべてのデータが利用できるようになっている。

標準的な VPN(L2TP/IPsec) と Web ベースのシステムにより、特に専用のクライアントソフトウェア等に依存することなく利用することができ、スマートフォン等の端末から観測パラメータを登録し観測を行うことも可能である。

### 観測コマンド自動生成プログラム

前節の Web システムから観測者が登録した観測天体リストから、指定された観測時刻、および観測すべき高度の条件を満たしている天体を選び出し、観測可能な残り時間や観測可能になるまでの時間などから、観測する順序を自動決定し、観測の優先度の高い天体から順に撮るように、観測コマンドが自動的に生成される。図 3.17 にコマンド生成のフローを示す。自動生成される観測コマンドでは、CCD の読み出し時間に次の天体へのポインティングやフィルター交換を行うようになっており、通常のコマンドを逐次実行するよりも高効率の観測が可能である。

観測コマンド自動登録システムでは、1 回に 4 つのコマンドをキューシステムに登録し、コマンドの終了予測時間後に、観測天体リストから観測済みの天体を除去し観測順を再評価し、新たな観測コマンドをキューシステムに登録する。これは、観測条件の自動判定システムによって観測が中断されることがあることや、観測者が観測天体リストを観測途中で変更することがあるため、定期的に観測順を再評価することが必要となるためである。

### 3.3.6 観測サポート機器

#### 赤外線全天カメラ

木曾観測所では夜間の天候確認のための赤外雲モニタを 2003 年に完成、運用を続けている。モニタによって得られた雲画像は、システム PC によって自動解析され、雲量データ画像の形で結果が得られるようになっている。この結果は本館内のネットワークを通じて観測所内すべての計算機から見ることができるとともに、気象監視 PC に保存、気象監視データベースに記録されている。また、このデータはデータアーカイブ SMOKA にも供給している。

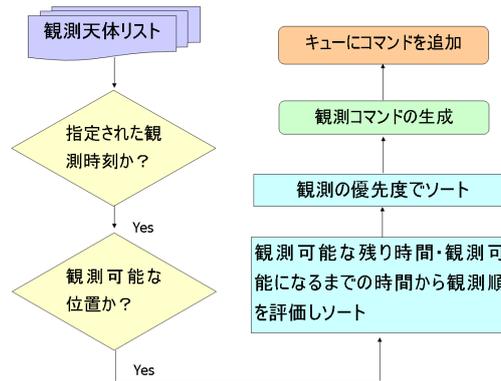


図 3.17: 観測コマンド生成フロー

全天鏡	カセグレンタイプ全天鏡 (国立天文台と共同開発), 入射窓 $\phi 40$ タイプ
入射窓	Ge $\phi 40$ mm t3 mm 表面 DLC コート裏面反射防止コート
カメラ	AVION 製 IR-30
制御 PC	himawari (Vine Linux)
画像取込ボード	GV-BCTV5/PCI (I/O データ製)
観測範囲	天頂角 0-70 度の範囲
観測波長	8-12 ミクロン
観測頻度	5 分に一度画像を取得, 自動解析
設置場所	木曾観測所本館屋上

### 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)
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

夜間の天候確認のための可視全天カメラを 2012 年に完成させた. 可視全天カメラの仕様は以下の通り. 10 分に 1 回の頻度で撮影を行い, 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. その晩の天候, 特に雲の分布を知るのに役立っている.

### 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ってくることが多く, これを感知し, 望遠鏡およびカメラを守るために

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

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)
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)
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, 気象監視データベースへ毎分 1 回の頻度で画像を記録している.

カメラ	Panasonic DG-SP509 (2.2 $\mu$ m, 2048 $\times$ 1536 ピクセル)
視野	3.04 deg $\times$ 2.28 deg
フィルタ	なし
露出時間	16/30 秒
制御 PC	orihime (CentOS Linux)
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, 本館観測室 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	orihime (CentOS Linux)
設置場所	観測所内各所計 9ヶ所

#### 新雨露センサ ×6 台, 旧雨露センサ ×1 台+警報機

アスザック社製雨センサ AKI-1805 を計 7 台設置した。うち 1 台は警報機に接続され、雨滴を検知すると、警報が鳴る。また他の 6 台は気象監視用に使用しており、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、観測者の閲覧可能な web ページでの表示を行っている。

制御 PC	orihime (CentOS Linux)
センサ	AKI-1805
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。

#### 観測レポートシステム

観測者と観測所の意志疎通を円滑にし、問題点に的確に対応できるように、観測レポートシステムの運用を行っている (2004 年 11 月より)。これは WEB ベースのレポートシステムであり、観測所内のどこからでもレポート作製が可能である。作製されたレポートは全スタッフに配布される。

### 3.3.7 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。

#### 1. 望遠鏡/観測装置制御用計算機

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。望遠鏡制御計算機は望遠鏡、ドーム、およびドームフラット用ランプ・ND フィルターの制御が行える。観測装置制御計算機は KWFC やフィルター交換機構の制御をおこなっている。これらの計算機はネットワークを介して通信を行ない、観測所内からは観測に関わる各種コマンドの実行やステータス取得など、殆ど全ての操作を行うことができる。

#### 2. 観測用計算機群

観測に用いる計算機は、(1) 望遠鏡や観測装置の制御用計算機に観測指令を送るための観測制御計算機 (この計算機は取得した画像の簡易解析も行っている) (2) 撮影した画像データや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 (3) ドームや観測室内の監視カメラ 画像の表示と音を聞くための専用計算機 (Windows) から成っている。特に、(1) 及び (2) の計算機は大量の

データを扱う上に簡易解析などを行うことから, 高性能な計算機が必要となっている. これらは導入後 6 年を迎えようとしているため, 2017 年度内に新しい計算機に移行する予定である.

### 3. 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 11 台用意している. 2013 年度に旧計算機のリプレースを行い, WindowsPC を新たに導入した. これらの計算機は 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, Linux 環境では IRAF が使用可能となっている. 台数が増えたこと, およびより高速な計算機になったことで, 大学生の観測実習のように KWFC の大きな画像を扱う大人数での実習が円滑に行なえるようになった.

### 4. 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. 2016 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 48 件あり, 1KCCD のデータは 1104 フレーム, 2KCCD のデータは 7913 フレーム, KWFC のデータは 27692 フレームの利用があった.

## 3.4 運営, 管理

### 3.4.1 滞在者数

所属機関	延人数 (人)	滞在期間 (人・日)
東京大学 (天文センター)	15	234
東京大学 (センター以外)	26	76
国立天文台	12	57
他大学・他機関	107	334
外国	0	0
高校生	168	242
その他	53	67
計	381	1010

### 3.4.2 日誌

2016	7.5 - 6	木曾シュミットシンポジウム (於:木曾観測所)
	7.14	しあわせ信州移動知事室 阿部守一 長野県知事来所
	8.6 - 7	木曾観測所特別公開 (於:木曾観測所)
	11.23	第1回「長野県は宇宙県」ミーティング (於:信州大学)
	12.5	木曾観測所共同利用相談会 (於:天文学教育研究センター)
2017	2.20 - 22	研究会「木曾広視野サーベイと京都 3.8m 即時分光によるタイムドメイン天文学の推進」 (於:京都大学)
	3.28 - 31	第20回 銀河学校

### 3.4.3 役務, 営繕工事等

2016年	8月	浄化槽ブロワモーター修理
	9月	火災報知器保守点検
	9月	給湯ボイラー点検整備
	10月	暖房ボイラ点検整備
	10月	本館廊下カーペットタイル貼替
	10月	ドーム階段床材貼替
	11月	ゼロックス複合機入替
	11月	PCBトランス処分
	12月	電灯トランス用PCヒューズ交換
	12月	セレナ点検
	12月	浄化槽清掃(し尿処理)
	12月	雑排槽清掃
2017年	1月	合併浄化槽設置
	1月	内線電話増設・取替
	1月	除雪機修理
	1月	レンジフードクリーニング
	1月	上松宿舎ガスメーター交換
	1月	ドーム-本館 高速光ケーブル敷設
	2月	NTT フレッツ光契約変更(→ギガラインタイプ)
	2月	厨房エアコン設置
	2月	ドーム・本館計算機室整備(エアコン設置, 電源工事, レール取付)
	2月	火災受信機移設
	3月	火災報知器保守点検
	3月	フィルター交換ロボット修理
	3月	ドーム展示室改装
	3月	本館ピロティ北側雨樋凍結対策
	3月	ドーム西側森林伐採
3月	夜天光屋上塗装	

### 3.4.4 環境安全衛生

#### 1. 安全衛生教育

12月15日 新しく採用された職員1名の安全衛生教育を行った。

#### 2. 産業医の巡視

12月16日 大久保産業医, 吉田環境安全管理室

主な指摘事項は, 廃棄物の迅速な処理であった。

### 3.4.5 望遠鏡とドームの保守, 整備

今年度の保守・整備期間は6月13日から8月21日までが割り当てられた。例年, 梅雨の時期に望遠鏡やドームの保守・整備を行なっている。今年度は整備期間以降を含め一年を通しての保守・整備を行った。例年行っている望遠鏡の補正板拭きやドームの架線点検及び, グリスアップなど予定された項目は殆ど行うことができた。今年度重点的に行った整備は望遠鏡及びドームの安定駆動への対応であるが, これらについては別項を設けて詳しく述べているので, ここではそれ以外の項目についてまとめる。

## その他のメンテナンス作業等

## ● KWFC 冷凍機 He パイプのガス漏れ (7月)

焦点部にある KWFC カメラの冷却は、He 冷凍機を用いている。コンプレッサーは観測床に設置されており、そこから焦点部のカメラまで約 20m を He パイプで接続している。過去の故障経験から、鏡筒部にはパイプ交換を容易に行えるよう、ジョイントを設けて 2 本のパイプで連結している。7月4日に自動観測システムから検出器温度上昇の配信メールを受け、点検作業を行ったところ、冷凍機の異常では無く、He パイプのジョイント部の緩みによるガス漏れと判った。締め直し後、ガスを補給して復旧した。長年の望遠鏡駆動の振動により、ジョイント部が緩んだものと考えられる。

## ● 乾燥空気製造装置の補修 (7月)

主焦点カメラ KWFC の結露防止のための乾燥空気製造装置点検で、エアコンプレッサー固定基板のひび割れを発見した。この装置は、フィルター交換ロボットへのエア供給も行う重要な装置であることから、コンプレッサーが脱落しないようベース基板に鉄板を重ねて補強をした。

## ● フィルター交換機構及びロボットの整備 (3月)

2月10日に焦点部のホルダーからフィルターを引き抜く際異常停止し、ロボットはその後動かなくなった。その後のメーカ調査で、ロボットアーム 6 軸モーターの故障と分かり、3月20日にモーター交換と再設定を行った。故障から正常復帰に至るまで1ヶ月強の時間を要し、この間手動交換を余儀なくされた。この設定の際、使用できなかった1番、12番フィルターの交換設定を修正したことから、全フィルターの交換が可能となった。

## ● ミラーカバーギアヘッド破損 (3月)

3月25日にミラーカバーが動作中のまま完了しないため、観測キューが停止するトラブルが発生した。点検したところ、3枚で構成されているミラカバーの1番羽が、モータは回転しているのに中途位置で停止した状態であった。原因はモータのギアヘッドの破損であるが、この故障は他の羽でも起こっており、構造上の問題かモーター仕様に無理があるか検討が必要である。

## ● ドーム雨漏り対策 (7月)

近年、雨天時にドーム内への雨漏りが目立つようになった。望遠鏡周りには、PC やカメラコントローラ等の精密機器が取り付けられているため、対策が必要となっている。雨漏り箇所の調査を行うも、高所のため安易にできないでいたが、7月に調査を行った。結果、ドーム上側部にあるドーム壁内への空気取り入れ口とパワーシリンダー室蓋の一部に、雨水流入の痕跡を発見した。2件の内、前者について雨水吹き込み防止パネルの取り付けを行ったが、大きな変化はなかった。後者については、次年度行う予定である。

## ● 非常時ドームスリット閉操作追加 (7月)

通常のドーム駆動操作は、ネット越しに望遠鏡コントローラを介して行われる。昨年から導入された自動観測システムにより省力化が進み、観測効率も飛躍的に向上した。しかし、観測開始後にコントローラ側の原因で通信が切れると、ドームスリットを閉めようとしても閉めることができない。停電の場合は、手動以外にスリットを閉じる方法は無いが、電力が駆動部まで供給される状態であれば、現場制御盤内のリレーを直接駆動させる事で閉められる。現場制御盤にリモート I/O を設置し、無線 LAN で接続することで操作できるよう機能を追加した。これにより、手動操作の前段の非常時対応の手段として使えるようになった。

## ● ドーム位置ずれ (12月-2月)

ドームは、3600 パルス/1 回転のインクリメンタルエンコーダで位置決めしている。12月-2月にかけてドーム位置が 40 数度ずれる事象が数回発生した。このため望遠鏡位置とドーム開口部が一致せず、好天でも星像が写らないトラブルとなった。いずれも観測時の外気温が-10度前後の低い日に発生する事から、

エンコーダの仕様規格や周辺の金属部材の点検を行ったが、原因の特定には至らなかった。12月の点検の際、エンコーダ軸と減速ギア軸との軸調整も行ったが、その後も発生した。このトラブルは、他の時期では発生していない。今後も調査、調整を継続する予定である。

- ドームに西側の樹木伐採（3月）

昨年度来より進めているドーム周辺の障害木伐採が、今年度も関係町村及び地権者の方々の協力を得て3月に行われた。昨年度行われたドーム北側と合わせ、周辺の観測環境が改善された。

## 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)  
 青木 勉 (助手, 副所長)  
 征矢野 隆夫 (助手)  
 樽沢 賢一 (技術職員)  
 宮田 隆志 (准教授)  
 酒向 重行 (助教)  
 諸隈 智貴 (助教)

#### 非常勤職員

森 由貴 (学術支援員)  
 三戸 洋之 (技術補佐員)  
 中地 紀子 (技能補佐員)  
 武居 里枝 (技能補佐員, 2016/08/01-)

#### 研究員

猿楽 祐樹 (特任研究員)

### 3.5.2 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, 2016/12/05)

	土居 守 (センター長)	
相談会メンバー	小林 尚人 (観測所長)	青木 勉 (観測副所長)
	尾中 敬 (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)

### 3.5.3 記録事項

#### 1. 科学研究費補助金等

吉田 道利 (本原 顕太郎 分担)	科学研究費補助金 新学術領域研究 (研究領域提案型) (2012-2016) 「重力波天体の多様な観測による宇宙物理学の新展開」
酒向 重行	科学研究費補助金 若手研究 (A) (2013-2016) 「シリカで探る地球型惑星の巨大衝突の痕跡」
宮田 隆志	科学研究費補助金 基盤研究 (A) (2013-2016) 「二視野同時観測による中間赤外線時間軸天文学の開拓」
松永 典之 (小林 尚人 分担)	科学研究費補助金 基盤研究 (B) (2014-2016) 「近赤外線高分散分光観測による恒星組成解析の確立と銀河系研究への応用」
渡部 潤一 (酒向 重行 分担)	科学研究費補助金 基盤研究 (A) (2014-2017) 「広視野高速カメラによる太陽系外縁天体の探査」
中川 貴雄 (小林, 猿楽 分担)	科学研究費補助金 基盤研究 (A) (2014-2017) 「赤外線高分散分光観測による活動的銀河核構造の解明」
河北 秀世 (小林, 猿楽 分担)	私立大学戦略的研究基盤形成支援事業 (2014-2018) 「赤外線高分散天文学研究拠点 Infrared Spectroscopy Laboratory の形成」
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」
小林 尚人 (猿楽 祐樹 分担)	受託研究費: JAXA 宇宙科学研究本部 搭載機器木曾開発実験費 (2016) 「2-10 $\mu$ m 帯用高効率 Ge イメージングレーティングの光学性能評価」
新崎 貴之 (小林 尚人 分担)	受託研究費: 国立天文台 TMT 戦略基礎開発研究費 (2016) 「軸外し非球面セラミック鏡を用いた赤外線用アサーマル光学系の開発」
小林 尚人	二国間交流事業: インドとの共同研究 (2016-2017) 「超広視野可視光観測による星団形成の本質の解明」
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)(2016-2017) 「時間変動を用いた低質量ブラックホール探査」
酒向 重行	国立天文台 共同開発研究 (2016-2017) 「天文用高感度 CMOS センサの読み出しシステムの開発」
本田 充彦 (酒向 重行 分担)	国立天文台 TMT 戦略基礎開発研究 (2016-2017) 「MICHI(Mid-Infrared Camera, High-disperser, and IFU) の要素技術開発」
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現象の研究」

## 2. 委員その他

酒向 重行	日本天文学会 選挙管理委員会 委員長
酒向 重行	国立天文台 先端技術専門委員会 委員
樽沢 賢一	理学系研究科・理学部 技術部 機器分析・実習系 系長
樽沢 賢一	理学系研究科・理学部 技術部 運営委員会 委員
樽沢 賢一	理学系研究科・理学部 技術委員会 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
小林 尚人・松永 典之	基礎天文学観測	東大理学部	2016 年度夏学期
宮田 隆志	天体観測学	東大理学部	2016 年度夏学期
小林 尚人	天体輻射論	東大理学部	2016 年度冬学期
小林 尚人	恒星物理学特論	東大大学院理学系	2016 年度冬学期
酒向 重行	全学自由研究ゼミナール	東大教養学部	2016 年度夏学期
宮田 隆志	全学自由研究ゼミナール	東大教養学部	2016 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	2016 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	2016 年度夏学期

## 4. 国外出張

- 猿楽 祐樹 2016/06/25-07/03  
エジンバラ国際会議センター/イギリス  
国際研究会出席発表 (SPIE Astronomical Telescopes & Instrument)
- 酒向 重行 2016/06/26-06/30  
エジンバラ国際会議センター/イギリス  
国際研究会出席発表 (SPIE Astronomical Telescopes & Instrument)
- 小林 尚人 2016/08/09-08/16  
La Sialla 天文台/チリ共和国  
観測装置送付の下見
- 酒向 重行 2016/10/08-10/16  
サンペドロデアタカマ/チリ共和国  
TAO 望遠鏡山頂施設の建設に関する現地調査
- 猿楽 祐樹 2016/10/15-10/23  
Pasadena Convention Center/アメリカ合衆国  
国際会議 DPS meeting に参加
- 小林 尚人 2016/11/13-11/20  
ARIES 研究所/インド  
日印協力に基づくサイエンス, 観測装置, 天体観測, データ解析
- 小林 尚人 2017/01/04-01/14  
La Sialla 天文台/チリ共和国  
観測
- 小林 尚人 2017/01/31-02/16  
La Sialla 天文台/チリ共和国  
観測