



宇宙航空研究開発機構
宇宙科学研究所年次要覧
2021年度

INSTITUTE OF SPACE AND ASTRONAUTICAL SCIENCE
JAPAN AEROSPACE EXPLORATION AGENCY



宇宙航空研究開発機構

宇宙科学研究所年次要覧

2021 年度

所長挨拶



宇宙航空研究開発機構
宇宙科学研究所 所長

國中 均
KUNINAKA Hitoshi

2021年度は、引き続きCOVID-19禍により、厳しく研究制約を受けざるを得なかったことは否めません。しかし、それを押しのけて、宇宙科学において多大な成果を収めることができたこと、特にこれまで各プロジェクト単体の成果最大化として「点」であった事柄を、複数宇宙機や多数手段を駆使して「線」から「面」に、さらに「立体的で多角的な成果創出」に尽力したことを是非とも主張させていただきたいと存じます。

なんと言いましても筆頭は小惑星探査機「はやぶさ2」の科学成果として多くの論文がScience誌やNature誌といった著名論文誌にて出版されました。探査機や分離機に搭載された複数カメラによる画像データと、採取されたサンプルの「非破壊的観察」を突き合わせての議論が行われました。まさに、Macro（巨視）からMicro（微視）へと分析手段が進捗し、科学知見が深化したと言えます。来年度は、リュウグウ試料の「破壊的分析」によりさらにNanoやオングストロームへと、桁違いの進歩が期待されます。そしてその向こう側には、「はやぶさ」のイトカワ試料、NASAの「OSIRIS-REx」のベンヌ試料の分析データが加われば、小惑星科学の立体的な伸張が予測されるので、益々心躍ります。

7月、観測ロケット“S-520-31号機”にて、名古屋大学が主宰する回転型デトネーションエンジン（RDE）が成功裏に実施されました。その模様をテレメータで伝送するには困難なところ、精細な画像データを収めたメモリチップがRATS（Reentry and Recovery module with deployable Aeroshell Technology for Sounding rocket）という展開型エアロシェルにて、洋上より回収されて分析に供されました。また、11月、ノルウェー・スバルバルから“SS-520-3号機”を打ち上げ、高緯度電離圏から宇宙に流出するイオンの観測に成功しました。折しも、太陽観測衛星「ひので」が観測した太陽フレアに伴う高速プラズマの塊（CME）が地球に到達し、磁気

嵐が引き起こした現象だったのです。COVID-19 禍にあっても、ノルウェー宇宙機関（NOSA）をはじめとするノルウェー政府関係機関のご高配や在ノルウェー日本大使館のご支援により、数十名の実験班の入国と活動が実現したことを特記します。

4 月、金星探査機「あかつき」と ESA-JAXA 水星探査機「BepiColombo」が地球から見て太陽のほぼ反対側を同時に通過する機会（合）がありました。この時、通信電波が太陽から放出されるプラズマにより影響を受け、乱れます。「ひので」が時機を合わせて太陽表面の観測を行い、コロナ研究のためのユニークなデータセットが得られました。8 月、「BepiColombo」の 2 回目の金星フライバイ時には、「あかつき」・水星磁気圏探査機「みお」・惑星分光観測衛星「ひさき」による金星共同観測が行われました。

COVID-19 禍にて活動制限される中であっても、“Cosmos ブログ”・宇宙科学研究所“公式 Twitter”・宇宙科学研究所研究情報ポータル“あいさす GATE”・ポッドキャスト番組“JAXA Space and Astronautical Science Podcast”・JAXA 相模原キャンパスオンライン特別公開・はやぶさ 2 帰還カプセル巡回展・美笹開局式・各宇宙科学シンポジウム・各学会に出向いての対話など、各種メディアや機会を駆使して日本語と英語にて情報発信に務めました。きっと次年度には対面でのアウトリーチが再開されることを祈念します。

ここまで記載しましたように、私が標榜する「深宇宙探査船団」「波長統合した宇宙天文観測網」構想 ～宇宙研内外の宇宙機相互や各プロジェクト間、さらには地上観測網からのデータを統合して、宇宙の真理に肉薄～ の成果として、複数手段にて「立体的で多角的な成果創出」ができつつあることをご理解いただき、是非ともご高評を賜りますようお願い申し上げます。しかし、ここで満足し立ち止まる意ではございません。今年度は技術のフロントローディング予算のさらなる拡充も政府よりお認めいただきましたので、ここを足がかりに将来のミッション創出に直結する重要技術の研究開発を加速するよう研究所を挙げて活動します。国家・国民の皆様から熱いご支援を励みに、限られた予算／人員／時間の制約下であっても、宇宙科学の振興にさらに勇往邁進する所存です。

この年次要覧は、2021 年度の活動状況をまとめたものです。宇宙科学研究所の成果にご認知をいただき、引き続きご指導ご鞭撻のほどよろしくお願いいたします。

2022 年 11 月

目 次

I. 研究ハイライト	2	a. 宇宙用冷凍機 (CC-CTP) 研究開発	80
II. 概 要	25	b. 小型合成開口レーダシステム	80
1. 沿 革	25	V. 宇宙科学プログラム室・S&MA	82
2. 宇宙開発体制	26	1. 宇宙科学プログラム室	82
3. 組織及び運営	27	2. S&MA 総括	83
a. 組 織	27	VI. 研究基盤・技術統括	84
b. 運 営	28	1. 大学共同利用実験調整グループ	84
c. 職員数	32	2. 専門・基盤技術グループ	84
d. 職 員	33	3. 先端工作技術グループ	85
e. 予 算	36	4. 大気球実験グループ	86
III. 研究系	37	5. 観測ロケット実験グループ	88
1. 宇宙物理学研究系	37	6. 能代ロケット実験場	88
2. 太陽系科学研究系	40	7. あきる野実験施設	89
3. 学際科学研究系	46	8. 科学衛星運用・データ利用ユニット	90
4. 宇宙飛翔工学研究系	49	9. 月惑星探査データ解析グループ	92
5. 宇宙機応用工学研究系	51	10. 地球外物質研究グループ	93
6. 国際トップヤングフェローシップ	55	11. 深宇宙追跡技術グループ	94
IV. 宇宙科学プロジェクト	57	12. 研究開発部門 (相模原)	94
1. 宇宙科学・探査プロジェクト	57	a. 第一研究ユニット	95
2. 運用中の科学衛星・探査機	60	b. 第二研究ユニット	96
a. 磁気圏観測衛星(GEOTAIL)	60	VII. 研究委員会	98
b. 小型高機能科学衛星「れいめい(INDEX)」 ..	61	1. 宇宙理学委員会	98
c. 太陽観測衛星「ひので(SOLAR-B)」	62	2. 宇宙工学委員会	99
d. 金星探査機「あかつき(PLANET-C)」	63	VIII. 外部資金・共同研究等	102
e. 小型ソーラー電力セイル実証機「IKAROS」 ..	64	1. 概要	102
f. 惑星分光観測衛星「ひさき(SPRINT-A)」 ..	65	2. 外部資金	102
g. 小惑星探査機「はやぶさ 2(Hayabusa2)」・		a. 科研費による研究	103
「はやぶさ 2 拡張ミッション(Hayabusa2#)」 ..	66	b. 受託研究	108
h. ジオスペース探査衛星「あらせ(ERG)」 ..	67	c. 民間等との共同研究	108
i. 水星探査計画/水星磁気圏探査機(BepiColombo/MMO)	68	d. 使途特定寄附金	111
3. 開発中の科学衛星・探査機	69	3. 各種共同研究等	112
a. SLS 搭載超小型探査機(OMOTENASHI, EQUULEUS)	69	a. 大学共同利用設備を用いた大学共同利用実験 ..	112
b. 小型月着陸実証機(SLIM)	70	b. ISAS 教育職職員申請による共同研究 ..	116
c. X 線分光撮像衛星(XRISM)	71	c. 理工学委員会による共同研究	118
d. 深宇宙探査技術実証機(DESTINY+)	72	4. シンポジウム等	122
e. 木星氷衛星探査計画(JUICE)	73	a. ISAS が助成するシンポジウム・研究会等 ..	122
f. 火星衛星探査計画(MMX)	74	b. 宇宙科学談話会	123
g. 二重小惑星探査計画(Hera)	75	IX. 国際協力	124
h. Roman 宇宙望遠鏡	76	1. 概要	124
i. 宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星(LiteBIRD))	77	2. 機関間会合一覧	125
j. ソーラー電力セイル探査機(OKEANOS) ..	78	3. 各種国際協力	126
k. 赤外線位置天文観測衛星(JASMINE)	79	a. 運用段階の衛星ミッションの国際協力 ..	126
4. その他のプロジェクト	80	b. 開発段階の衛星ミッションの国際協力 ..	128

c. 準備/提案中の衛星ミッション	129	f. プロジェクト・事業特化設備	151
d. 観測ロケット実験の国際協力.....	130	g. 宇宙科学基盤技術	151
e. 大気球実験の国際協力	130	h. その他の設備	152
f. 海外の大学等との宇宙科学分野における包括協定 ...	130	XI. 教育・広報	153
X. 施設・設備	131	1. 大学院教育	153
1. 研究所の位置・敷地・建物	131	2. 人材養成	160
2. 研究施設	138	3. 図書	161
a. 能代ロケット実験場	138	4. 広報・普及	165
b. あきる野実験施設	139	XII. 成果発表	167
c. 内之浦宇宙空間観測所	140	1. 研究成果の発表状況等	167
d. 臼田宇宙空間観測所	141	2. JAXA 出版物（ISAS 出版分）	168
e. 大樹航空宇宙実験場	144	3. 外部の学術雑誌等に発表のもの	169
3. おもな研究設備	146	a. 単行本に発表のもの	169
a. 大学共同利用設備	146	b. 査読付き学術誌に発表のもの	169
b. 研究系設備	147	4. 外部の国内、国際会議等に発表のもの	189
c. 小型飛翔体	150	5. 表彰・受賞	203
d. 科学衛星データ利用	150	6. 特許権等	206
e. キュレーション	151		

表紙／裏表紙図説明



【表紙図】

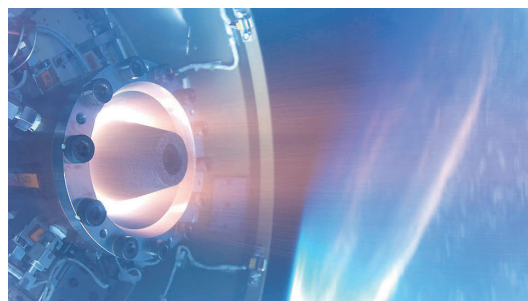
ノルウェー・スバルバルでの観測ロケット SS-520-3 号機の打上げ

観測ロケット SS-520-3 号機はノルウェーのスバルバルにて 2021 年 11 月 4 日に打ち上げられた。この実験の目的は高緯度電離圏から外向きに宇宙空間に向かって流出するプラズマをその場で観測し、イオンの加速メカニズムを解明することにある。目的を達成するためにロケットには磁力計、プラズマ波動観測装置、イオン観測装置、電子観測装置、ラングミュアプローブ、インピーダンスプローブ、太陽センサ等の観測機器が搭載され、地上に設置されているレーダ等による同時観測も行われた。特定現象を観測対象とする実験のために待ち時間が心配されたが、幸いにも打上げウィンドの 2 日目に地磁気活動度が上昇し条件が満たされたため、ロケットの打上げは行われた。飛翔軌道は計画通りで、打上げから 490 秒後に最高高度 756 km に到達、上昇時下降時を通して所定の観測が行われ、950 秒後に予定区域内へ落下、実験は終了した（研究ハイライト p.17 参照）。

【裏表紙図】

地球を背景に燃焼する回転型デトネーションエンジン

S-520-31 号機にて実施した実験の内、回転型デトネーションエンジン（RDE）の燃焼中の画像である。RDE は実験装置の最後端に装備されており、S-520 第 1 段の固体ロケットを分離する事で宇宙空間に露出する。画像左から 1/4 程度の位置にある外側円筒と内部円錐台を組み合わせた物体が RDE 本体、画像ほぼ中央を縦に横切るやや湾曲した部品が 1 段との分離面、画像右半分は夜明け付近の地球である。RDE の円筒と円錐台の間の空間では超音速での燃焼（デトネーション）が行われており、燃焼ガスの膨張による衝撃波がドーナツ状の空間を回転しつつ後方（画像右手）に放出されている状態である。内部及び後方の燃焼ガスは回転方向には概ね均一な画像となっており、燃焼が安定していることを示している。なお実験の詳細はハイライトを参照のこと（p.18）。



I. 研究ハイライト

リュウグウの花吹雪

～小型モニタカメラ CAM-H が捉えた表面粒子とリターンサンプル～

【小惑星探査機「はやぶさ2」(Hayabusa2)】

「はやぶさ2」探査では、直径約1kmのリュウグウの観測、ローバやランダでの表面多地点観察、着地運用時のcm、mmサイズ粒子の観察、リターンサンプル分析といったマルチスケールでの観察や分析を、天体スケールから原子スケールまで途切れなくシームレスにおこなってきた。本研究ではリュウグウ表面粒子のCAM-Hによる観察やMINERVA-IIローバ1A、1Bによる多地点での観察、クリーンチャンバー内のリターンサンプルの観察の結果をあわせ、リターンサンプルがリュウグウを代表する粒子であること、リュウグウ表面には平板状粒子が存在し、それらが持ち帰られたことが示された。また、サンプラーシステムが正常に作動したことも確認された。(Tachibana S. et al. Pebbles and sand on asteroid (162173) Ryugu: In situ observation and particles returned to Earth. Science 375, 1011-1016 (2022). doi:10.1126/science.abj8624)

- リターンサンプルの分析にあたり、回収試料がリュウグウを代表するものかどうかを明らかにすることが重要となる。サンプル採取時に探査機が光学航法カメラや小型モニタカメラ CAM-H で撮影した画像や、MINERVA-IIローバ1A、1Bの画像を解析し、クリーンチャンバー内での回収試料の撮影画像と比較することで、試料の代表性を検討した。このマルチスケールでの解析には、寄附により搭載が実現した小型モニタカメラ CAM-H が活躍した。

- CAM-H の画像から、探査機が弾丸を発射し、上昇を始めた直後にサンプラーホーンの下部から、粒子が多く飛び出してくることがわかる(図1)。粒子の放出角度や速度は地上での弾丸発射実験や数値シミュレーションで予測されるものとよく合い、弾丸がリュウグウ表面で発射されたことがわかる。画像中の粒子の量から5gのサンプル採取は弾丸発射によるものであると結論づけられた。

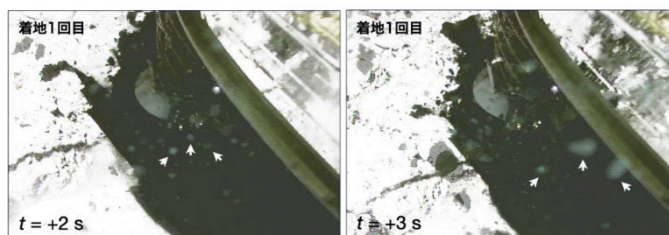


図1 1回目の着地2秒後、3秒後のCAM-H画像。サンプラーホーン下部から、矢印をつけた粒子がCAM-Hに向かって飛んでくることが確認できる。

- 二回の着地後の上昇時のCAM-H画像には、リュウグウ表面の粒子が、探査機上昇時のガス噴射で舞い上がった様子が写っていた(これらの粒子は「花吹雪」のようなだと形容されることもあった)。67個の粒子の形状を解析したところ、凹凸のはっきりした粒子と、凹凸が少なく滑らかな粒子の二種類が存在することがわかった。

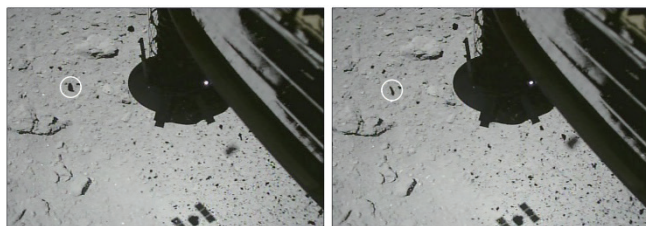


図2 1回目の着地後、探査機上昇中のCAM-H画像。左画像の白丸上の粒子は画面右から左に回転しながら移動し、1秒後の画像(右)では平坦な形状を見せる。

これは探査機やMASCOTランダがリュウグウ表面の岩石に発見したものと同様で、着地点付近の粒子はリュウグウ表面の岩石とよく似たものがあることが示唆された。また、平たく細長い粒子が存在した(67粒子のうち17粒子)(図2)。

- 平たい形状の粒子は、光学航法カメラで着地直前に撮られた画像にも確認できる他、MINERVA-IIローバ1Aが撮影した画像にも岩塊が割れ、平たい粒子がつくられそうな状態も見つかり(図3)、リュウグウ表面を代表する形状のひとつであることがわかる。リターンサンプルにも平たく細長い粒子が含まれていた(図3)。二回目の着地で採取された1cmに近いサイズをもつ粒子C0002もそのひとつである(図3)。これらのマルチスケール観察より、回収された試料がリュウグウを代表するものであると結論づけられた。

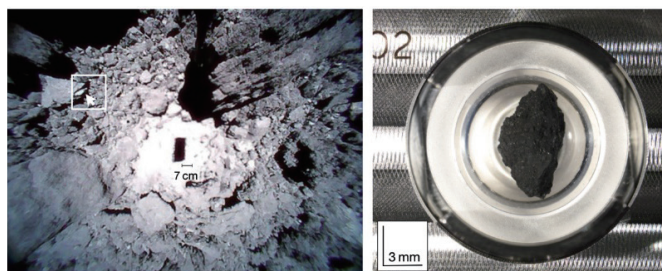


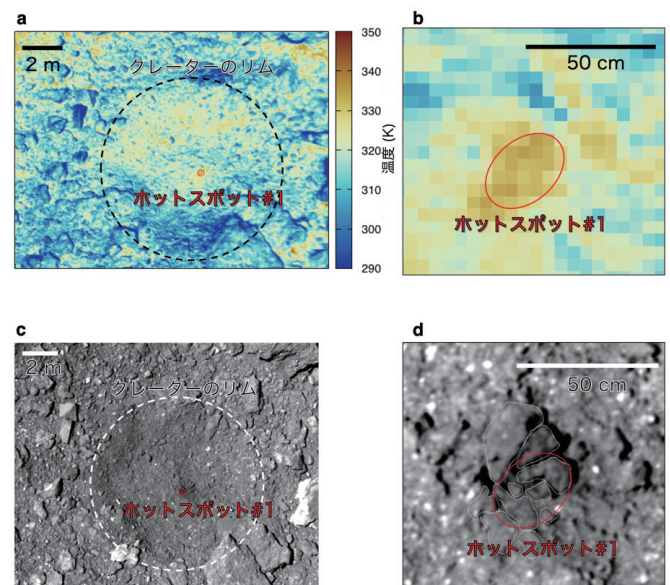
図3 (左) MINERVA-II Rover-1A が撮影したリュウグウ表面。ローバ自身の影が中央に映る。左上に平板状に割れそうな岩が見える。(右) 二回目の着地で採取された1cm級の粒子C0002。

リュウグウで最も始原始的な岩塊を発見

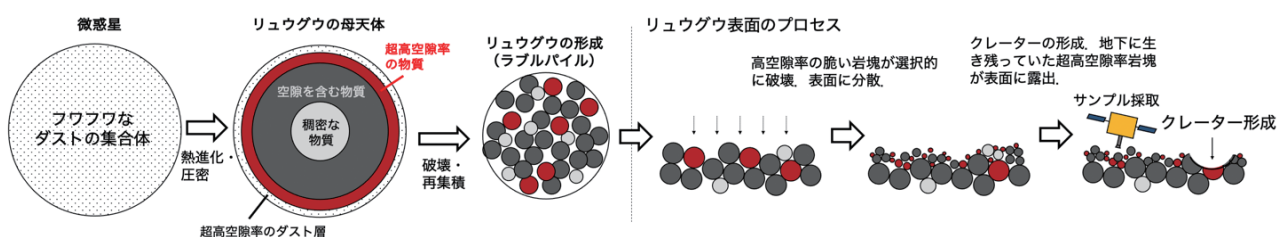
【小惑星探査機「はやぶさ2」(Hayabusa2)】

リュウグウは、原始太陽系の中で高空隙な塵が集まって微惑星と呼ばれる天体が形成され、その内部で変成作用や圧密を経て、その後の衝突で破壊された物質が再集積したラブルパイル天体だと考えられている。しかし、変成や圧密の程度についてよく分かっておらず、それらを知ることが惑星形成過程の最大の課題のひとつである。今回、低高度からの中間赤外カメラ (TIR) や光学航法カメラ (ONC) の高解像度観測から、高い空隙率 (> 70%) を持つ岩塊が発見された。この超高空隙率岩塊は、リュウグウ母天体中で変成や圧密をほとんど経験していない最も始原始的な物質であると考えられる。帰還試料にもそれらが含まれる可能性があり、分析結果が期待される。(Sakatani, N., et al., Anomalously porous boulders on (162173) Ryugu as primordial materials from its parent body, *Nature Astronomy* 5, 766-774 (2021), doi:10.1038/s41550-021-01371-7)

- はやぶさ2 搭載中間赤外カメラ TIR は小惑星リュウグウの表面温度情報を全球に渡って取得し、表面物質の熱慣性を推定している (熱慣性が低い物質は断熱性が強く、日周期の温度変化が大きい)。その値は 300 tiu 程度であり、一般的な炭素質隕石 (~1000 tiu) に比べて有意に低いことが判明した。リュウグウが全球的に大きな岩塊で覆われていることから、この低い熱慣性は高空隙率 (空隙率 30-50%) の岩塊の存在を示唆している。一方、このような高空隙率岩塊がどこでどのようにして形成されたのかは分かっていない。
- 宇宙航空研究開発機構 (JAXA)、立教大学を中心とした国際共同研究グループは、「はやぶさ2」の低高度運用時に取得した高解像度の TIR 画像および光学航法カメラ ONC 画像を詳細に比較調査し、周囲に比べて温度が高く (熱慣性が低く)、空隙率が高い岩塊を一部の小さなクレーターの中心部付近に発見した。その空隙率は 70% を超えると推定された。更に、低高度運用で撮像された様々な岩塊の解析を行い、リュウグウ表層の岩塊の空隙率は 40-50% を中心として大小様々であることを突き止めた。
- このような分布を持った空隙率岩塊が母天体中で形成可能であることを、26Al を熱源とした母天体熱進化の数値計算によって提言した。母天体中心部は温度・圧力が高いため、空隙率の低い物質が形成される。一方で、表面付近はあまり温まらず、高空隙率の物質が残る。すなわち、本研究で発見した高空隙率岩塊は母天体の熱変性を受けていない領域に由来すると思われる。
- 今回発見した超高空隙率で最も始原始的な物質を採取試料から見つけ出せれば、リュウグウ母天体の形成・進化史を明らかにするのみならず、微惑星の形成や惑星形成に至る衝突破壊と再集積過程という、太陽系形成過程の初期段階を実証することに繋がると期待される。



高空隙率岩塊の TIR 画像 (上段) と ONC 画像 (下段)



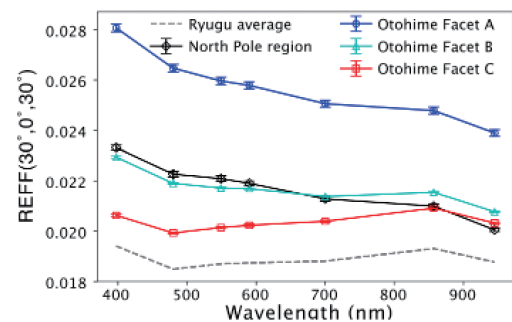
高空隙率岩塊の母天体中での形成と Ryugu 上でのプロセス

リモートセンシング探査から明らかにされた リュウグウの母天体小惑星の進化

【小惑星探査機「はやぶさ2」(Hayabusa2)】

小惑星が形成された時の熱的な進化や形成時の構成物質(水と岩石の比率など)は太陽系形成初期の環境を解明する上で重要な鍵である。リュウグウは、かつて100 km程度の母天体が衝突によって破壊され、再度集積した天体と考えられており、母天体が形成されてから衝突破壊されるまでの進化過程を示すさまざまな証拠が表面上に露出している可能性がある。しかし、天体表面は「宇宙風化」と呼ばれる太陽風や宇宙線、微小隕石の衝突などによって変質することが知られており、母天体の進化を解明するためにはこの影響を考慮する必要がある。光学航法カメラ(ONC)の高解像度観測から、北極と南極地域に宇宙風化の影響が最も少ない状態の観測に成功した。最も新鮮な物質は青く、僅かな $0.7\mu\text{m}$ の吸収を示した。この物質のスペクトルの特徴やモデル計算などからリュウグウの母天体では強い水質変性とそれに続く300-400°Cで熱変性が起こったことが明らかになった。(Tatsumi, E., et al., *Spectrally blue hydrated parent body of asteroid(16273) Ryugu*, *Nature Communications* 12, 5837 (2021), doi:10.1038/s41467-021-26071-8)

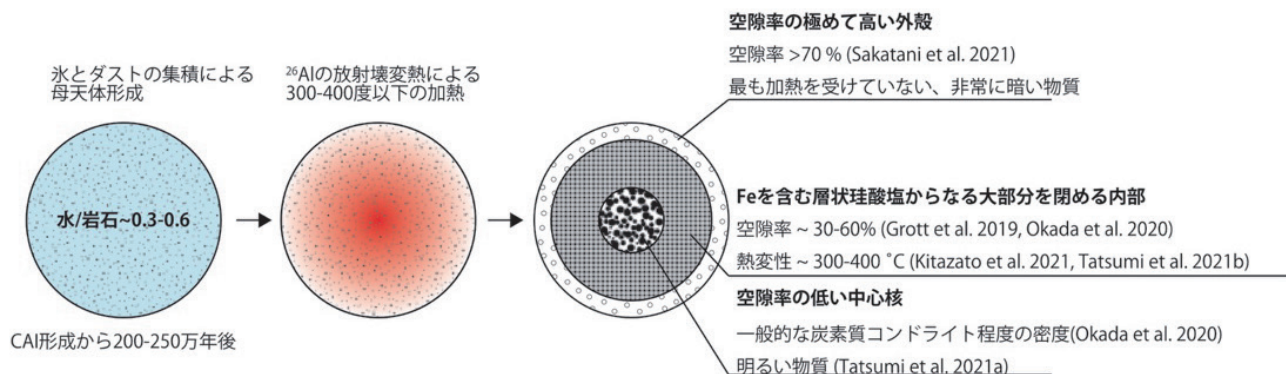
- 東京大学、宇宙航空研究開発機構(JAXA)、を中心とした国際共同研究グループは、光学航法カメラ ONC 画像を詳細に調査した結果、北極と南極域においてリュウグウの平均と比べ、青く $0.7\mu\text{m}$ の吸収が僅かに強い場所が存在することを明らかにした。この物質の存在がリュウグウにおいて太陽風の影響が最も少ない領域に対応することを示した。これは、母天体の原材料物質として鉄に豊かな含水鉱物の存在を示唆している。



露出面によって大きく変化するオトヒメ岩体で観測された反射スペクトルの変化

- また、この地域には鋭角に切り立った面を有する「オトヒメ」とよばれる最大の岩塊が存在しており、それぞれの面の角度や向きでスペクトルが大きく異なっていることがわかった(右図)。天体の軌道履歴に対応した太陽風照射量や温度履歴を数値モデル計算で推定した結果からオトヒメで観測されるスペクトル変化量と太陽風照射量が強く相関することを示した。炭素質小惑星の宇宙風化について探査データから定量的に示した初めての結果である。この結果から、リュウグウはもとも青いスペクトルを持っており、Polana-Eulalia 族と母天体が共通である可能性や、また、ベヌーやフェートンとのスペクトル類似性を明らかにした。

- 今回得られた観測結果とモデル計算、さらに近赤外分光カメラ(NIRS3)での撮像結果で得られた $2.7\mu\text{m}$ の吸収強度なども考慮した結果、炭素質コンドライトで構成された母天体はCAI形成後2-2.5百万年後に約300-400°Cまで温度上昇し、水質変性、および熱変性を受けたことが示唆された。これまでの研究成果を統合すると、リュウグウの母天体は多様な熱変性度の層構造をもち、その後大規模な衝突によって破壊、再集積したというシナリオが浮き彫りになってきた。



観測データから明らかにされた母天体形成初期の熱進化モデル

帰還試料のJAXAキュレーション初期記載から 明らかになった、水・有機物に富む始原的小惑星リュウグウの姿 【小惑星探査機「はやぶさ2」(Hayabusa2)】

我々は小惑星探査機「はやぶさ2」がC型地球近傍小惑星リュウグウから持ち帰った5.4gの試料の初期記載を行った。その結果、1回目と2回目のタッチダウン試料で、可視・近赤外反射スペクトルでは有意な差は無く、リュウグウ表層の代表的物質である事が分かった。リュウグウ試料は、含水鉱物と有機物、炭酸塩鉱物を含み、隕石と比較すると最も始原的な炭素質コンドライト(CI、イヴナ型)に最も近いことが分かった。(Yada, T., et al., Preliminary analysis of the Hayabusa2 samples returned from C-type asteroid Ryugu, Nature Astronomy, 6, 214-220 (2022). doi:10.1038/s41550-021-01550-6, C. Pilorget, et al., First compositional analysis of Ryugu samples by the MicrOmega hyperspectral microscope, Nature Astronomy, 6, 221-225 (2022). doi:10.1038/s41550-021-01549-z)

- 小惑星探査機「はやぶさ2」が持ち帰った試料について、JAXA宇宙科学研究所地球外物質研究グループを中心としたグループでバルク試料及び一部個別粒子の初期記載を実施した。その結果、キャッチャー内全体の合計で5.4グラムのリュウグウ試料が回収されたことが明らかになった(図1)。
- 帰還バルク試料の可視・近赤外反射スペクトルの反射率・特性は、小惑星リュウグウ全球に対して観測された探査機搭載可視分光カメラONC-Tによる可視反射スペクトル及び赤外分光計NIRS3の赤外線反射スペクトルと良い一致を示し、持ち帰られた試料が小惑星リュウグウ表層の偏りのない代表的物質である事が分かった(図2)。
- リュウグウ帰還試料の赤外反射スペクトルの特性から、小惑星リュウグウは水・炭酸塩鉱物(主に水質変性によって形成される)・有機物を富んでいる事が明らかになった(図2)。
- リュウグウ帰還試料の個別粒子を200個強拾い出して、重量・サイズから推定した全体密度の平均値は今まで地上で見つかったどの隕石よりも小さかった。この全体密度から推定される帰還リュウグウ試料のミクロ空隙率は、探査機搭載中間赤外カメラの観測から推定されたリュウグウ表層物質のミクロ空隙率と矛盾しない値を示した。
- 1回目タッチダウン回収試料(A室試料)と2回目タッチダウン回収試料(C室試料)で、光学特性(可視・近赤外)及び全体密度について有意な違いは見られなかった(図2)。
- その他、光学顕微鏡観察により、始原的隕石に一般的に含まれる高温包有物(コンドリュール、カルシウム・アルミニウムに富む包有物(Ca- and Al-rich inclusions, CAIs)が見られないという特徴(図1)と、上記の光学特性及び全体密度の特徴から、小惑星リュウグウ帰還試料は、始原的隕石の中でも太陽系平均元素組成に最も近い、CIコンドライトとよばれる隕石に最も近いことが示唆された(表1)。
- 今回の小惑星リュウグウ帰還試料の初期記載は、今後のサンプルリターンミッション帰還試料の初期記載のスタンダードともなりうる重要な成果となった。

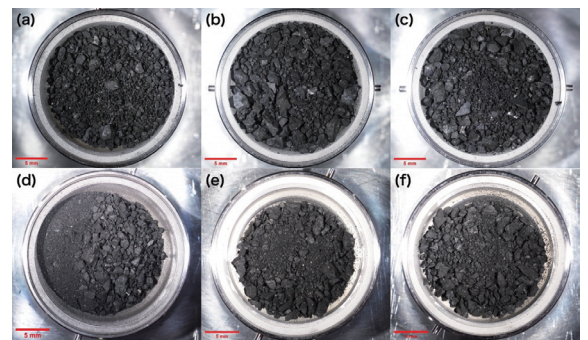


図1 小惑星リュウグウ帰還試料の1回目タッチダウンバルク試料(A室、a-c)及び2回目タッチダウンバルク試料(C室、d-f)の光学顕微鏡写真。赤いスケールバーは5mm。帰還試料は黒色の数mm粒子、mm以下の微粒子から構成される。

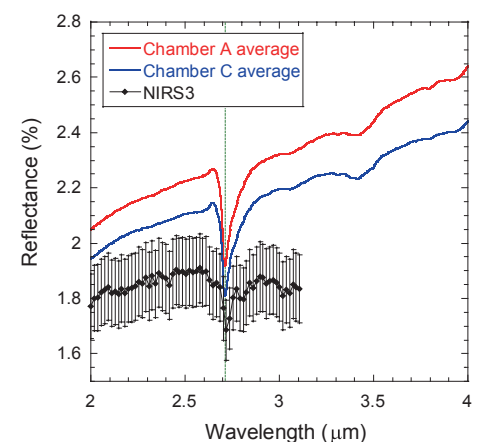


図2 小惑星リュウグウ帰還試料の近赤外反射スペクトルの分析結果(赤・青)。「はやぶさ2」搭載近赤外分光計による小惑星リュウグウ全球表層の観測値(黒)と比較すると、反射率と波長2.72μmの深い吸収特性で良い一致を示した。1回目タッチダウン回収試料(A室、赤)と2回目タッチダウン回収試料(C室、青)は共に、水酸基の深い吸収特性(波長2.72μm)、窒化水素の吸収特性(波長3.05μm)炭酸塩鉱物及び炭化水素の吸収特性(波長3.4μm)を示した。

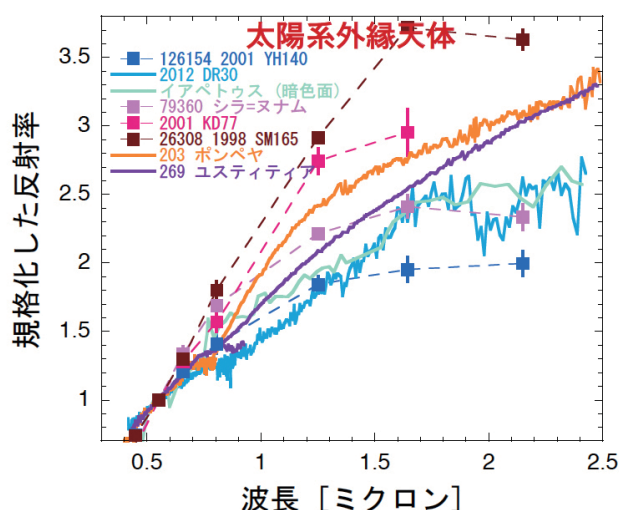
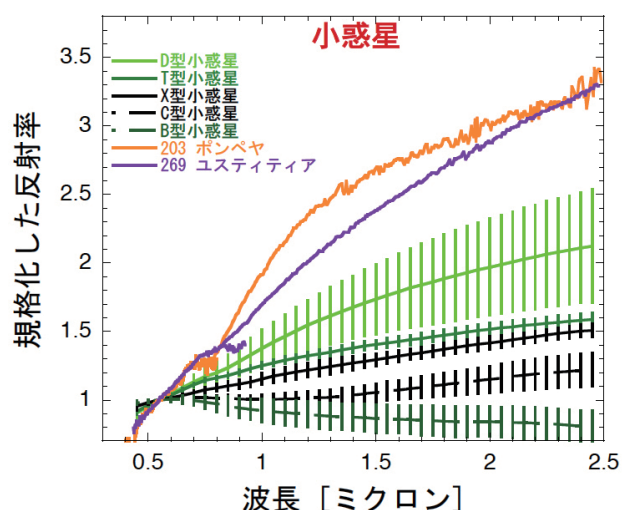
表1 小惑星リュウグウ帰還試料と代表的始原的タイプ隕石の比較
(太字は一致もしくは近似、イタリックは不一致を示す)。

	波長0.55 μm における反射率	CAIs (体積%)	Chondrules (体積%)	全体密度 (kg m ⁻³)	3 μm 帯 吸収
Ryugu	~0.02	観察されず	観察されず	1282 ± 231	有り
CI	0.063	<0.01	0	2110	有り
Tagish Lake	0.02	稀に存在	<17	1660	有り
CM	0.065	1.21	20	2120	有り
CR	-	0.12	55	3100	有り
CO	0.10-0.13	0.99	40	2950	無し
CV	0.086	2.98	45	2950	無し

小惑星帯に太陽系外縁天体のような非常に赤い天体を発見

火星と木星の間にある小惑星帯の小惑星に非常に赤いスペクトルを持つ小惑星が2つ（203 ポンペヤと269 ユスティティア）存在していることを国際研究チームは見出した。この2つの小惑星は、小惑星帯の中で最も赤い天体であると考えられていたD型小惑星よりも赤外領域の反射率が大きく、むしろ、そのスペクトルは太陽系外縁天体やケンタウルス族天体に見られる強烈に赤い天体と類似している。このため、この2つの小惑星は、太陽系外縁部近傍で形成され太陽系形成初期の段階で小惑星帯に移動してきた可能性があり、表層には複雑な有機物が存在するかもしれない。この発見は、木星よりも内側にある小惑星帯に太陽系外縁部で形成された天体が移動してきたことを示す、新たな証拠と言える。（S. Hasegawa et al. *Discovery of two TNO-like bodies in the asteroid belt*, *Astrophysical Journal Letters* 916, L6 (2021). doi: 10.3847/2041-8213/ac0f05）

- 小惑星帯において、直径100km以上の小惑星は、破滅的な破壊から免れており、太陽系形成初期に形成された微惑星の生き残りであると一般的に考えられている。宇宙航空研究開発機構（JAXA）、マサチューセッツ工科大学、ハワイ大学、ソウル大学、京都大学、マルセイユ天体物理学研究所で構成される国際研究チームは、小惑星帯形成時にどのような組成の微惑星がどのように分布していたのかを解明するために、観測データが取得されていない近赤外線の分光データを中心に、小惑星帯に存在する直径100km以上の小惑星の分光サーベイを実施している。
- その分光サーベイの中、直径110kmの203 ポンペヤが、D型小惑星よりも更に赤いスペクトルを持っていることを発見した。更に、過去の観測から一部の研究の間では知られていた非常に赤いスペクトルをもつ直径55kmの269 ユスティティアも203 ポンペヤと同様な赤さを持っていることも判った。
- D型小惑星よりもさらに赤いスペクトルを持つ太陽系外縁天体やケンタウルス族天体表層は複雑な有機物で覆われると考えられることが過去の研究で指摘されており、小惑星帯の二つの天体も同様にそのような有機物で覆われていると考える。
- 今回発見された小惑星203 ポンペヤと269 ユスティティアは、遠方にある有機化合物のスノーラインの外側の太陽系外縁部で形成され、太陽系形成初期に小惑星帯に移動してきたと考える。

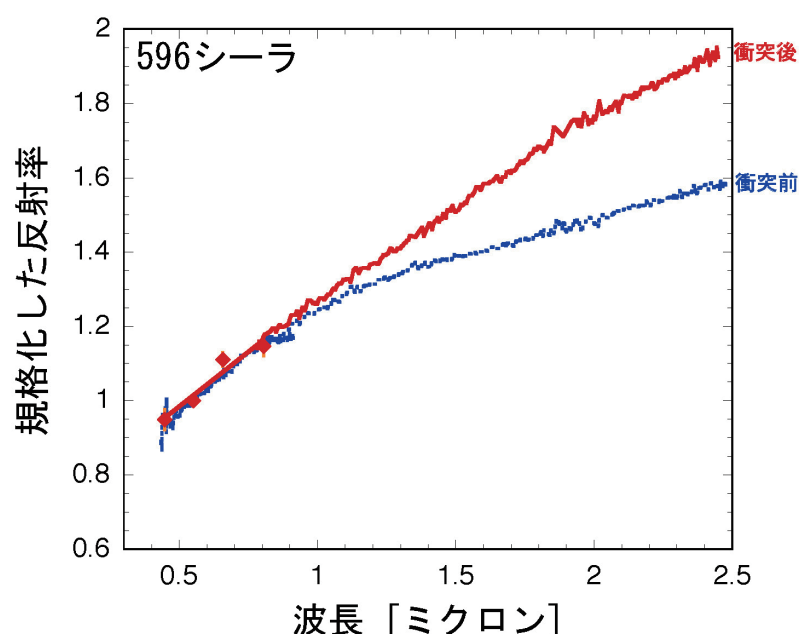


203 ポンペヤと269 ユスティティアのスペクトル
横軸が波長、縦軸が波長0.55ミクロン規格化した反射率。

小惑星帯に新鮮な表層を持つ天体を発見

国際研究チームは小惑星帯にある直径 114km の小惑星 596 シーラに 2010 年 12 月に起こった天体衝突の前後に取得した近赤外線のスpekトルを比較した結果、色の変化を確認した。このことは小惑星シーラの長期にわたって宇宙空間に晒されてきた古い表層が、クレーターから放出された地中の新鮮な物質に覆われたことを示唆している。衝突後によりスpekトルの傾きが急になったことから、小惑星シーラが長い年代を経て宇宙風化作用により近赤外線の色がスpekトルの傾きが急でなくなったことを示している。宇宙風化作用にてスpekトルの傾きが急でなくなることは、現在見えている暗くて赤い天体は元々もっとスpekトルの傾きが急であったことを示しており、これらのことは太陽系外縁部起源の天体がこれまで考えられていたよりも多く小惑星帯に潜んでいることを示唆している。 (S. Hasegawa et al. The appearance of a "fresh" surface on 596 Scheila as a consequence of the 2010 impact event, *Astrophysical Journal Letters* 924, L9 (2022). doi:10.3847/2041-8213/ac415a)

- 2010 年 12 月に火星と木星の間にある小惑星帯の小惑星 596 シーラは突然、恒星のような点源から彗星特有のコマ・尾を持つ彗星のようになり、チリを放出した。小惑星シーラの彗星コマのチリ雲は通常の彗星と異なる形状で、またその彗星活動（チリの放出）も一過性のものであった。小惑星シーラの観測で得られた物理量と宇宙科学研究所の大学共同利用施設・超高速衝突実験施設で得られた衝突現象の知見をもとに現象のモデル化を行い、この彗星活動（チリの放出）は、小惑星シーラ表層に直径 30-50m の天体が衝突することによって引き起こされたことが過去の研究で明らかにされた。
- 過去に論文化されたデータも含めて、データの精査を行っていた宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所（JAXA）、マサチューセッツ工科大学、ヨーロッパ南天天文台、ハワイ大学、ソウル大学、京都大学、カレル大学、神戸大学、マルセイユ天体物理学研究所の国際研究チームは小惑星シーラの近赤外分光観測が 2010 年の衝突現象の前後に実施されていることに気がついた。そこで、過去出版された文献のデータも含めて、衝突前後のスpekトルの調査を行った。図に示す通り、衝突前の小惑星シーラのスpekトルはスpekトルの傾きゆるかったが、衝突後の小惑星シーラのスpekトルはその傾きが急にへと変化した。
- 衝突前後でスpekトルが変化する要因は、宇宙風化作用によるスpekトルの変化が考えられる。すなわち、衝突前までは宇宙風化を受けた状態の表層であったが、天体衝突によって形成されたクレーターから放出された新鮮な物質に表層が覆われることで、表層が新鮮になり、スpekトルが変化したと考えられる。
- 小惑星帯の他の小惑星に考えてみると、現在観測で見えている表層は宇宙風化された表層なので、今回の発見から考えると、始原始的な組成を持つと考えられる炭素質コンドライトと同様なスpekトルを持つ C, P, T, D 型小惑星の新鮮なスpekトルはもっとスpekトルの傾きが急であった可能性がある。



衝突前後で 596 シーラのスpekトルの変化を示した図。

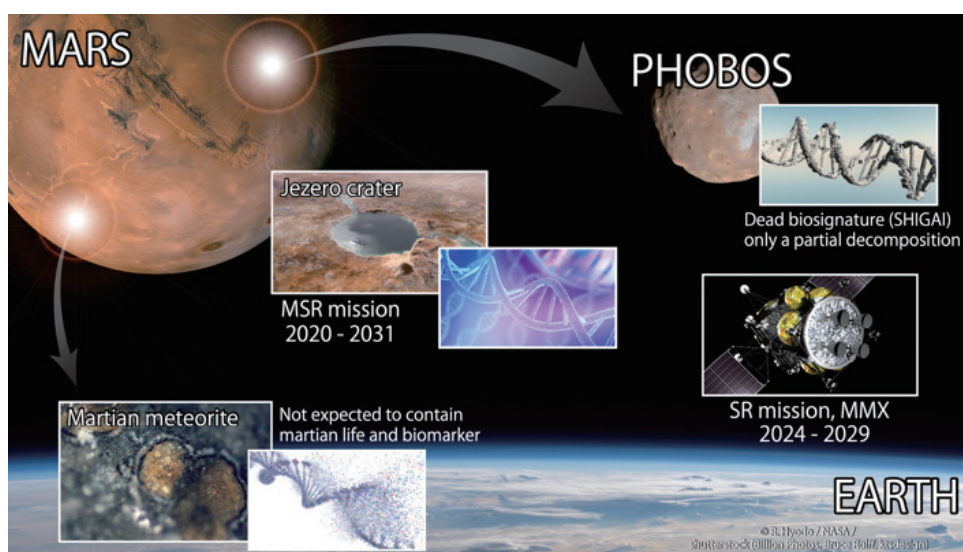
火星衛星フォボスから「火星生命の痕跡」が採取される可能性が示される

— 新時代を迎える火星生命探査における火星衛星探査計画「MMX」の役割 —

【火星衛星探査計画「MMX」】

「火星に生命は存在するのか？」— かつて地球のように海を持ったと考えられる火星に、人類はこの疑問を抱き続けている。火星衛星フォボスは、火星のごく近傍を回っている。そのため、火星全表面で無数に起こる隕石衝突の度に、衝突破片として火星物質がフォボスへ輸送されうる。JAXAの兵頭龍樹と臼井寛裕は、この隕石衝突過程と破片輸送過程を詳細に調べた。その結果、輸送される火星物質の一部は、強い衝撃や溶融を経験しないことを明らかにした。つまり、もし火星に生命が存在、または、生命の痕跡が存在していた場合、それらが失われることなくフォボスへ輸送されうるということを示した。2029年地球帰還予定のMMX計画は、フォボスからのサンプルリターンを目指す。MMX計画は、火星生命探査における重要な役割を担う。(R. Hyodo & T. Usui. Searching for life in Mars and its moons, Science, 373 (6556), (2021), doi:10.1126/science.abj1512)

- 火星全球に無数のクレータが存在する。それらは、火星に隕石衝突が起こった証拠である。隕石衝突が発生すると、火星表層物質が掘り起こされ、衝突破片として飛び散る。火星衛星フォボスは、火星のごく近傍を回っている。それゆえ、衝突破片の一部がフォボスまで到達しうる。
- JAXAの兵頭龍樹と臼井寛裕は、世界最高レベルの解像度を持つ衝突計算と破片の軌道計算を用いて、隕石衝突過程および輸送過程を詳細に調べた。その結果、輸送される火星物質の一部が、強い衝撃や完全溶融を経験せずにフォボスに到達することを明らかにした。つまり、もし火星に生命が存在、または、化石などの生命の痕跡が存在していた場合、それらが失われることなくフォボスへ輸送されうることを明らかにした。もし生きた生命がフォボスへ輸送された場合は、輸送後に、宇宙線等によって滅菌される。ゆえに、フォボス上で発見されうる生命の痕跡は、惑星保護の要請を遵守した「死骸」となる。
- 2020-2030年代、人類は新たな火星生命探査時代を拓く。米国・欧州の協働は、火星本体にあるジェゼロ・クレータから火星物質のサンプルリターン (Mars Sample Return, MSR 計画) を目指す。日本の次期フラグシップミッションである火星衛星探査計画 (MMX 計画) は、火星衛星フォボスからのサンプルリターンを目指す。MSR 計画は、ジェゼロ・クレータから「局所的であるが大量の火星物質」の採取を目指す。もし存在すれば生きた生命までも発見できる可能性を秘める。一方、MMX 計画では、火星全表面から掘り起こされた「少量であるが多様な火星物質」の採取が期待される。多様な火星物質の分析から、太古に化石化した生命の痕跡、最近まで存在していた生命の死骸、DNAの破片などが発見される可能性がある。このようにして、MSR と MMX は、火星生命探査において互いに補完的な役割を果たす。MSR と MMX は、火星生命の痕跡を多角的に調査し、火星生命探査の新時代を拓く。



火星生命探査の新時代における MMX 計画の役割。フォボスには、火星全表面から衝突破片として降り注ぐ多様な火星物質が存在する。MMX は、少量であるが、その多様な物質の採取を目指す。MSR は、ジェゼロ・クレータに限定し、大量の物質採取を目指す。火星隕石は、火星脱出時に強い衝撃を経験し、地球大気突入時に燃え残ったものである。つまり、火星生命(の痕跡)の情報は含まれないと考えられる。

宇宙空間で電波を生み出すイオンの分布を発見

【ジオスペース探査衛星「あらせ」(ERG)】

「あらせ」の観測データから、電磁イオンサイクロトロン波と呼ばれる電波の一種を生み出すイオン分布を検出することに世界で初めて成功した。この結果は、宇宙空間に存在するイオンによって作り出される電波の発生過程を、電波とイオンの運動を詳細に対応付ける新しいデータ解析手法によって発見されたものである。この発見により、宇宙空間で自発的に電波が生み出される仕組みの一端が明らかになった。(Shoji, M., Miyoshi, Y., Kistler, L.M. et al. Discovery of proton hill in the phase space during interactions between ions and electromagnetic ion cyclotron waves. *Sci Rep* 11, 13480 (2021). doi:10.1038/s41598-021-92541-0)

- 宇宙空間プラズマ中では、プラズマと電波の間でエネルギーをやりとりすること（波動－粒子相互作用）によって電波が発生し、プラズマ中のイオンや電子の速度分布が変化すると考えられている。しかし、これは理論やコンピューター・シミュレーションによるもので、実際にエネルギーの授受が起きている観測的な証拠は得られていなかった。
- 「あらせ」の搭載観測器は、イオンの速度分布と電波の持つ電磁場の波形を高い時間分解能で連続的に観測することができる。これらを組み合わせることから、電波による揺動磁場の方向とイオンの主磁場に対して垂直方向の速度のなす角度を精密に計測することができる。
- 本研究では、電波とイオンの位相関係からイオンの速度分布の揺らぎを特定し、イオンと電波の間のエネルギー授受量を求める新しい解析手法を開発した。この解析手法を使ってエネルギー授受量を直接計測することにより、数キロ電子ボルトのエネルギーを持つイオンが、電磁イオンサイクロトロン波（EMIC 波）を発生させる瞬間を捉えることに成功した。
- 更に、電波が発生する際、イオンの速度分布が変化し、イオンの分布に偏りが形成されることが見出され、この変化によってイオンから電波にエネルギーが与えられて、周波数が降下した EMIC 波が発生していることが明らかになった。この結果は、EMIC 波の生成に伴ってイオンの分布に偏りが形成される様子を世界ではじめて観測的に実証したものである。
- 宇宙空間には、EMIC 波だけではなく、多様な電波が自然に発生している。本研究で開発されたデータ解析手法は、宇宙プラズマ中の電波が周辺のプラズマとどのように相互作用し、その結果電波とプラズマはどのように変化するのか、を明らかにするうえで有用な手法となる。

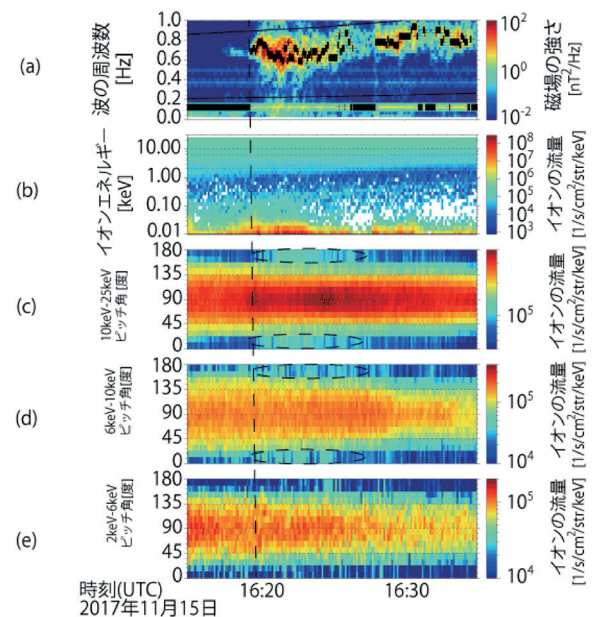


図1 (a) EMIC 波のパワースペクトルの時間変化。「+」印は各時刻で波の強度が最大値をとる周波数を示す。(b) 全イオンフラックスのエネルギースペクトルの時間変化、(c), (d), (e) は各エネルギーに対するイオンフラックスのピッチ角分布を示す。ピッチ角 0 度は、地磁気に沿った方向を示す。

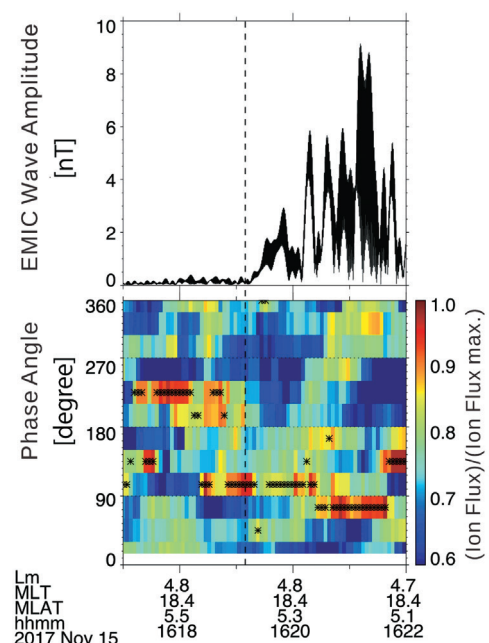


図2 上：EMIC 波の磁場波の振幅の時間変化 (0.6～0.75Hz)。下：最大値で規格化した位相角方向のイオンフラックス分布。ドットは各時刻におけるイオンフラックスの最大値を示す。波が成長する時間（縦破線）付近で位相角が減少していることがよくわかる。

脈動オーロラとともに起こる中間圏オゾンの破壊

—「あらせ」衛星が明らかにした放射線帯電子が地球大気に及ぼす影響—

【ジオスペース探査衛星「あらせ」(ERG)】

宇宙の“さえざり”（コーラス波）と呼ばれる宇宙空間に発生するプラズマ波によって、脈動オーロラと呼ばれる明るさが明滅するオーロラが発生した時に、脈動オーロラを発光させる電子よりも約 1000 倍の高いエネルギーを持つ放射線帯の高エネルギー電子が高度 60km 付近の中間圏にまで侵入することが原因となって、中間圏のオゾンが 10% 以上減少することを発見した。これは、「あらせ」衛星と北欧に設置されている欧州非干渉散乱レーダー、及びオーロラ観測ネットワークによる国際共同観測と数値シミュレーションを組み合わせた総合的な研究によってはじめて実証された成果である。(Miyoshi, Y. et al., Penetration of MeV electrons into the mesosphere accompanying pulsating aurorae, Sci. Rep. 11, 13724 (2021), doi:10.1038/s41598-021-92611-3)

- 2017 年 3 月 27 日に発生した宇宙嵐の期間中、「あらせ」衛星は、欧州非干渉散乱レーダー (EISCAT) や北欧に展開された複数の光学観測との連携観測を実現した。「あらせ」は強いコーラス波と数 keV から数 MeV のエネルギー範囲の電子を同時に観測した。(図 1)

- 「あらせ」の観測データを入力にした波動-粒子相互作用のシミュレーションを行った結果、「あらせ」の観測したコーラス波は、波動-粒子相互作用を介して、脈動オーロラを起こす数十キロ電子ボルトから、放射線帯を構成する数メガ電子ボルトまでの 3 桁以上異なるエネルギー帯の電子を一斉に大気に降下させることができることが明らかになった。

- 実際、地上の光学観測では活発な脈動オーロラが観測され、EISCAT の観測では中間圏の下部、高度 60 km 付近まで電子が降り込んできていることが観測された。EISCAT の観測データから逆問題を解くことで大気に降下してきた電子のエネルギースペクトルを推定した結果は、シミュレーションによる降下電子のエネルギースペクトルと一致した。

- これらのことから「あらせ」が観測した宇宙空間の電磁波や電子が、脈動オーロラや中層大気の電離を引き起こしていることを実証できた。

- 更に、EISCAT の観測データを入力とした高度 20km から 150km までの大気化学に関するシミュレーションを行った結果、高度約 80km においてはオゾンが 10% 以上減少することが明らかになった。(図 2)

- 中間圏オゾンの変動は、気候変化にも影響を及ぼすことが指摘されており、今回の成果は、宇宙空間からの高エネルギー電子の降下が気候変化にも影響を及ぼす可能性も示唆している。

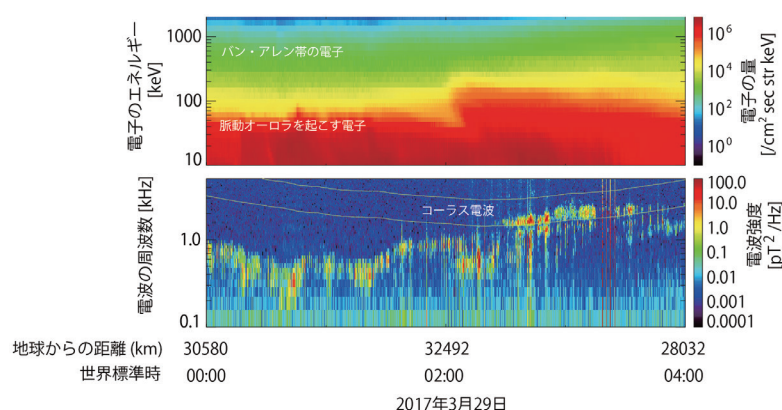


図 1 上:「あらせ」衛星による「コーラス」電波の観測。数百ヘルツから数千ヘルツで見えている強い電波(黄色や赤色)が「コーラス」電波。図 1 下:「あらせ」衛星による宇宙の電子の観測。数十キロ電子ボルトのエネルギーの電子が脈動オーロラを起こす。一方、数百キロ電子ボルト-数メガ電子ボルトのエネルギーの電子は、放射線帯電子。

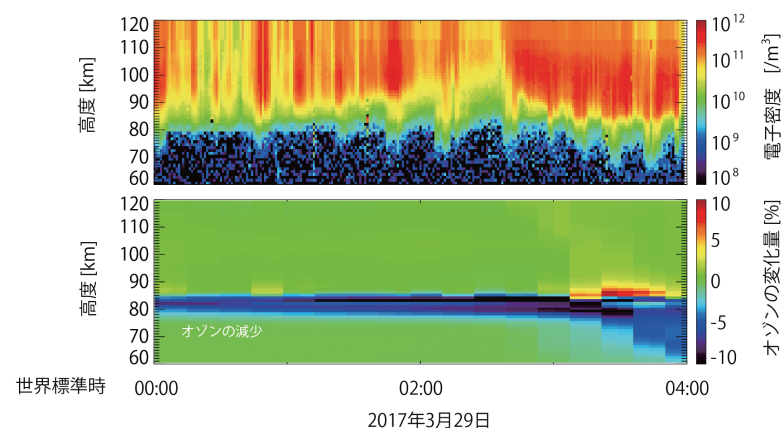


図 2 上: EISCAT VHF レーダーによる高さ 60km から 120km までの電子の観測。色が赤いほど、電子の量が多く、宇宙から電子が降ってきていることを示している。図 2 下:高さ 60km から 120km までのオゾンの変化。宇宙からの電子の降り込みによって、高さ 80 km 付近のオゾンの量が 10% 以上減少していることがわかる。

宇宙空間のイオンと電子はプラズマ波動を介してエネルギーをやりとりする

【ジオスペース探査衛星「あらせ」(ERG)】

宇宙空間で磁気音波がイオンを温めることで、別のプラズマ波動（電磁イオンサイクロトロン波）の励起に寄与している証拠が得られた。研究チームは瞬間瞬間のイオンの速度や運動方向と波動の向きや強さを対応づけてゆく「波動粒子相互作用解析」の手法を新たに開発し、「あらせ」衛星のイオンと波動の観測データに適用したもので、イオンと波動の間で受け渡されているエネルギー流量と受け渡しの方角を直接観測から導出した。(K. Asamura et al., *Cross-energy couplings from magnetosonic waves to electromagnetic ion cyclotron waves through cold ion heating inside the plasmasphere*, *Physical Review Letters*, 127, 245101 (2021). doi:10.1103/PhysRevLett.127.245101)

- 地球周辺の宇宙空間では、低エネルギーイオンや電子が豊富に存在するプラズマ圏や相対論的な超高エネルギー粒子が捕捉されているバン・アレン帯などが重なり合って存在する。そして、粒子が大幅な増減を繰り返したり領域の形が変化するなど、それぞれの領域はダイナミックに変動している。これらの変動の理由を説明するためには異なる領域間の結合を考える必要があり、プラズマ波動を介したエネルギーの流入・流出がメカニズムの候補となっている。
- 本研究では「あらせ」衛星の観測データに「波動粒子相互作用解析」と呼ばれる新しい手法を適用し、プラズマ波動とイオンの運動を対応づけることで、波動とイオンがやり取りするエネルギー量を明らかにすることとした。
- 図1(a)(b)は冷たいイオンの加熱に加え、2種類のプラズマ波動（磁気音波と電磁イオンサイクロトロン波）が同時に検出された観測イベントに対し、「波動粒子相互作用解析」を適用した結果である。図1(a)は、エネルギー輸送の向きに変動があるものの、全体的には磁気音波が冷たいイオンにエネルギーを与えていることを示している。一方、図1(b)では、冷たいイオンから電磁イオンサイクロトロン波へのエネルギー輸送が検出され、プラズマ波動の発生・成長が示されている。この結果を模式的に表したものが図1(c)である。本研究はこれまで考えられていなかった、①磁気音波の生成→②冷たいイオンの加熱→③電磁イオンサイクロトロン波の発生と成長、というプラズマ波動とイオンの連鎖反応によるエネルギーの流れが宇宙空間に存在することを実証的に示した。なお、電磁イオンサイクロトロン波はイオンを散乱することによってプロトンオーロラを発光させると考えられるので、図1(c)には④プロトンオーロラの発光も描いている。

- 今回の発見は、エネルギーや起源が異なるイオン・電子がプラズマ波動を介してエネルギーをやり取りする過程の一端を実証的に観測したもので、宇宙空間に存在するイオン・電子のエネルギーの多様性の説明につながる重要な成果である。

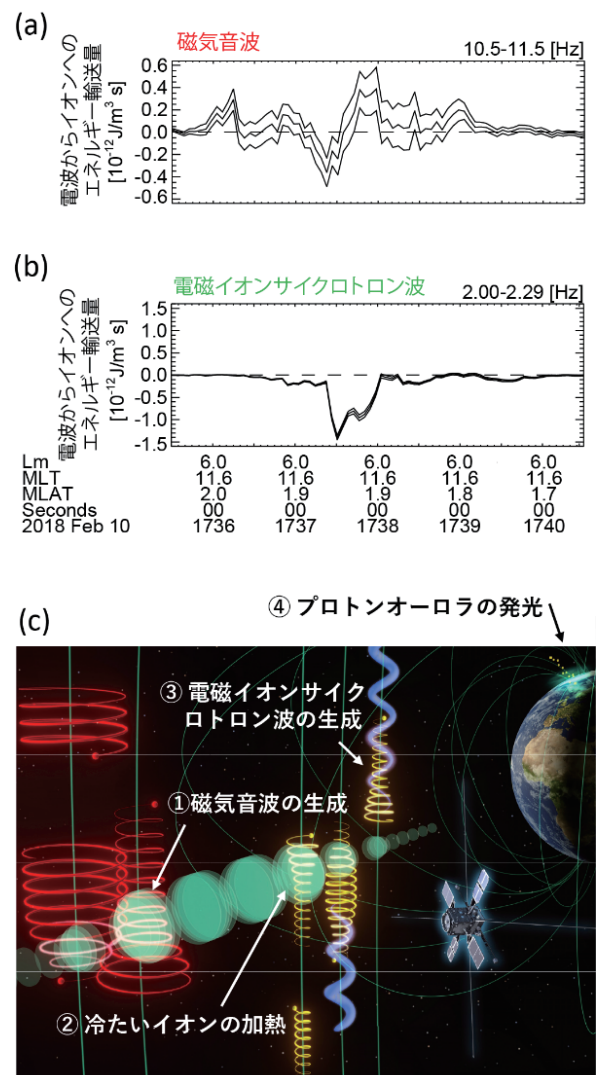


図1 解析したイベントについて、プラズマ波動から冷たいイオンに渡される正味のエネルギー流量を示したプロットと模式図。(a) 磁気音波の場合。(b) 電磁イオンサイクロトロン波の場合。それぞれのパネルにプロットされている3本の線は、計算値と信頼区間を表す。(c) 本研究で明らかになったエネルギーの流れの模式図。赤色螺旋、黄色螺旋はそれぞれイオンの軌跡を示す。螺旋となるのは背景磁場によってイオンがサイクロトロン運動を行うためであり、加速（イオンの加熱）、減速（イオンからのエネルギー流出）にともなってサイクロトロン半径が変化する。また、磁気音波は磁力線垂直方向に伝搬しており、波面を緑色で示す。一方、青色螺旋は磁力線に沿う方向に伝搬する電磁イオンサイクロトロン波の変動電界（たは変動磁界）を模式的に示したものである。(credit: ERG science team)

金星の夜間の大気運動を捉え大気循環の全球構造を解明

【金星探査機「あかつき」(PLANET-C)】

「あかつき」搭載長波赤外線カメラ (LIR) により、金星の雲頂付近における風速分布を世界で初めて昼夜の区別なく計測した。LIR の取得した金星全球 (昼夜とも) の雲頂温度マップを「大気運動 (スーパーローテーション) とともに移動する座標系で積算平均」することにより、金星雲頂の流れの可視化に成功。昼側では赤道から発散し、夜側では赤道へ収束するような子午面内の流れ (夜間には昼間とは逆方向の南北風が生じる) が存在することを、世界で初めて示した。 (K. Fukuya, et al. *The nightside cloud-top circulation of the atmosphere of Venus*, *Nature* 595, 511-515 (2021). doi:10.1038/s41586-021-03636-7)

- 雲頂で 100 m/s に達する超回転に代表される金星大気運動は従来、太陽光の照らす昼半球に対し測定されてきた。紫外線吸収の濃淡模様を追跡すると、超回転に加え赤道から両極へと向かう 10 m/s 前後の流れを認められる。この極向きの流れがハドレー循環 (地球にも存在) なのか、太陽光による大気加熱に起因する流体波動 (熱潮汐波) の一部分なのかは未解明であった。昼夜の南北風の平均構造であるハドレー循環と、昼夜の風の違いをつくる熱潮汐波とを分離するためには、全球大気運動構造の観測が必須である。
- 気象衛星「ひまわり」が昼夜を問わず雲の動きを観測するのと同じ原理で、金星雲の発する熱赤外線を利用して雲頂温度分布を昼夜を問わず捉えられるカメラが「あかつき」LIR である。そのままでは明瞭なパターンの見えにくい LIR 画像に対して、超回転による雲の移動を考慮して複数の画像を互いにずらしつつ重ね合わせ平均化することによりノイズを低減し、雲頂の 0.3℃ 程度の細かな温度変動を浮かび上がらせ、大気運動の可視化に成功した。分析の結果、夜間の雲頂には昼間とは逆に両極から赤道に向かう、昼間と同程度の速さの流れが生じていて、昼夜を通して平均すると南北の循環はほぼ無いという重要な事実が判明した。
- 夜間の赤道向きの流れが示す地方時依存性からは、熱潮汐波の速度構造を初めて明らかにした。熱潮汐波は東西方向へ一周する間に 2 波長を含む半日潮成分を多く含み、それが高度方向へ力を伝える (東西方向の運動量を高度方向に運ぶ) ことにより超回転の維持に寄与している可能性が示唆された。平均南北循環がほぼゼロであることから、ハドレー循環は雲頂より上で極向き、雲頂より下の雲層内で赤道へ戻る可能性がある。従来の予想とは反対に、硫酸の雲は高緯度から赤道向きに運ばれているのかもしれない。今後の数値シミュレーションと合わせた理解の深化が期待される。

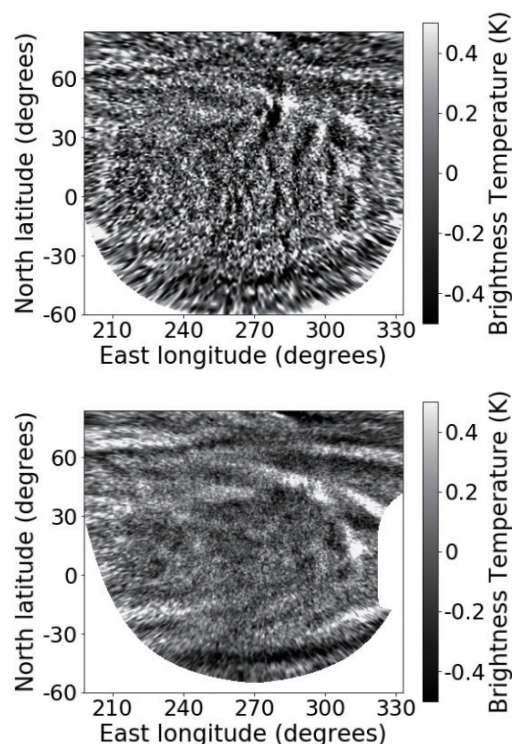


図1 オリジナル LIR 画像 (上) の積算平均により雲模様を現した (下)

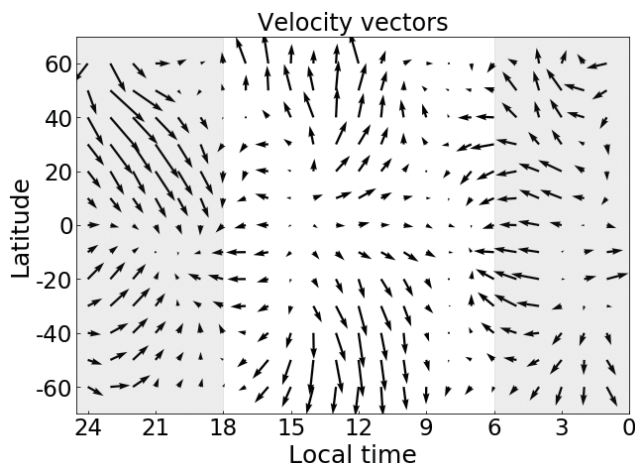


図2 得られた熱潮汐波による速度場の全球構造

木星高層大気を加熱する極域オーロラ

本論文は、その成果から *Nature Astronomy* 誌の編集長により「Research Highlight」に選出された。

J. O'Donoghue, et al. Global upper-atmospheric heating on Jupiter by the polar aurorae, Nature 596, 54–57(2021). doi:10.1038/s41586-021-03706-w

- 木星の高層大気は地球のそれと近い約 700K (ケルビン)、摂氏で 420℃であるが、木星は地球と比較してわずか 4% しか太陽熱を受けていない。コンピュータモデルでは、木星の大気は太陽からの入射量をもとに計算すれば約 180K であることが示されている。あるべき(失われた)エネルギーはどこから来ているのか、木星の余剰な熱の発生源は 50 年来不明であり、科学者たちはこの矛盾を「エネルギー危機」と呼んできた。このモデルと実測のギャップは、土星、天王星、海王星にもある程度存在している。
- 本研究は 2021 年 8 月 4 日に *Nature* 誌に掲載され、木星全体の高層大気を驚くほど高温に加熱する原因となっているはずの失われたエネルギー源が、太陽系で最も強力な木星オーロラであることを報告した (図 1)。
- オーロラは、荷電粒子が惑星の磁場にとらえられたときに発生する。粒子は目に見えない磁力線に沿って惑星の極域に向かって渦を巻き、大気中の原子や分子に衝突して光という形でエネルギーを解放する。地球では、これが色とりどりの光のショーであるオーロラとして観測されている。木星では、火山活動が活発な衛星イオから噴出する物質によって太陽系で最も強力なオーロラが発生し、極域の高層大気はきわめて高温になる。
- このような恒常的な全球過熱に加えて、観測時には加熱現象の様相を捉える発見ができた (図 2)。結果、高温の高層大気が木星全体の半分ほどまで弧状に広がっていることを新たに発見した。JAXA の惑星分光観測衛星「ひさき」衛星によるそれまでの観測では、木星に高圧の太陽風が衝突すると強力なオーロラが発生することは確認されていたが、今回の観測では、太陽風が木星に荷電粒子流を高圧で衝突させていることが解明された。その結果として生じる木星側の磁場の圧縮により加熱が促進され、全球規模での熱波が赤道方向に向かって伝播すると考えられた。今回の発見により、木星高層大気は主にオーロラのエネルギーの再分配によって加熱されていることが分かった。

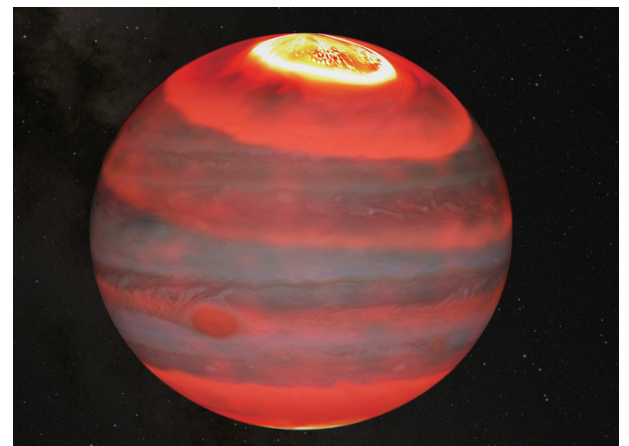


図 1 可視光で観測された木星画像の上に高層大気の赤外線が輝く様子をイメージ画で重ねた。高層大気の温度を、高温から低温の順に、白、黄色、オレンジ、赤で表した。オーロラ領域は最も高温の領域であり、動画では、風によって熱がオーロラ領域から離れたところへ運ばれ、木星高層大気全体の加熱を引き起こす様子を示している。(Credit: J. O'Donoghue (JAXA)/Hubble/NASA/ESA/A. Simon/J. Schmidt)

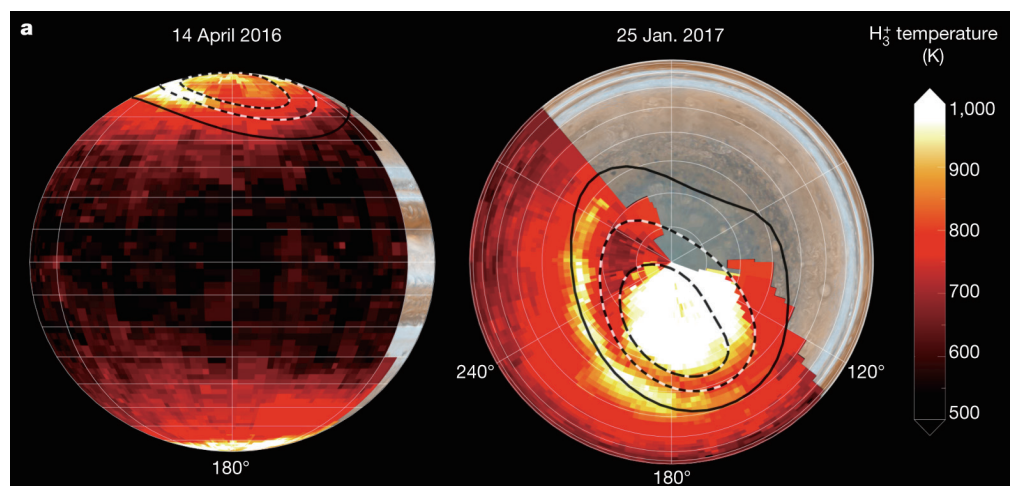


図 2 ハッブル宇宙望遠鏡の画像をもとにコンピュータで作成した木星の可視光マップの上に H_3^+ 温度マップを表示した (H_3^+ は高層大気温度の尺度として)。2016 年では平常時のオーロラが木星を加熱しているのに対し、2017 年は太陽風の圧縮に起因する可能性が高いオーロライベントが全球規模で強力な大気加熱を発生させている。(Credit: NASA Goddard Space Flight Center and the Space Telescope Science Institute.)

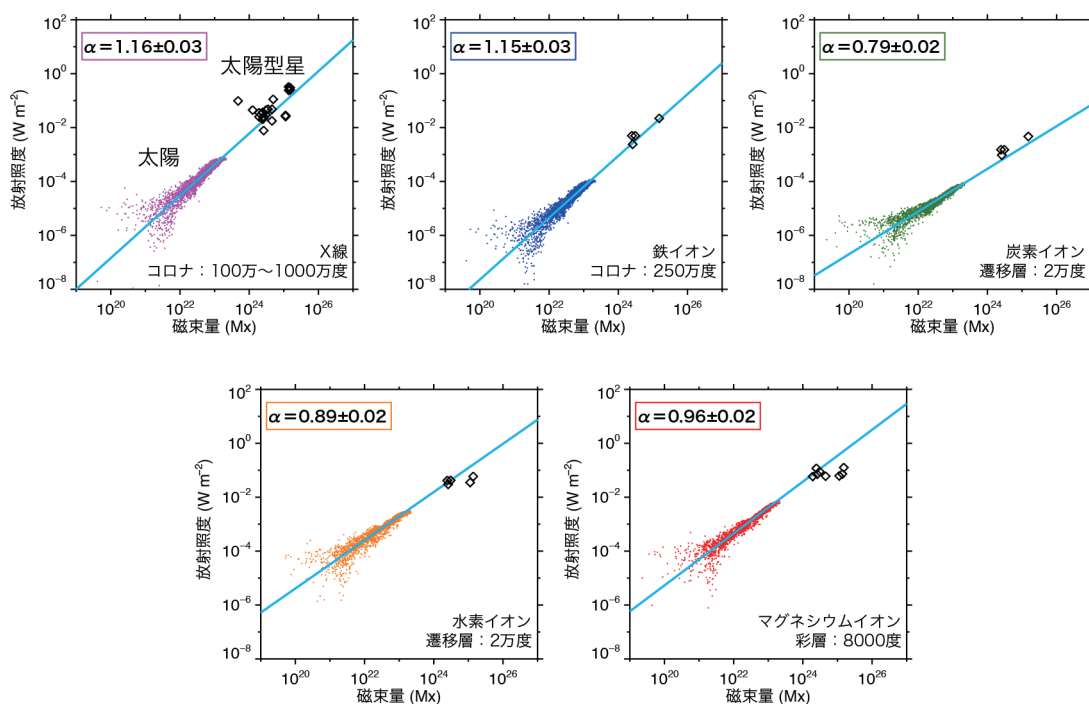
太陽と恒星の超高温大気

— 共通の加熱メカニズムを持つことを解明 —

【太陽観測衛星「ひので」(SOLAR-B)】

太陽や恒星は約 100 万度以上に達する超高温の外層大気を有するが、その加熱メカニズムが太陽と恒星とで共通であるかは不明だった。本研究では、過去 10 年間にわたる長期間の太陽観測データから、磁束量と様々なスペクトル線の明るさとのスケーリング則を求めた。これを恒星との比較から、恒星のスケーリング則が太陽のそれと一致することを明らかにした。この結果は、太陽や恒星において、普遍的な大気加熱メカニズムが存在することを示している。(S. Toriumi & V. S. Airapetian, *Universal Scaling Laws for Solar and Stellar Atmospheric Heating*, *The Astrophysical Journal*, 927, 179 (2022). doi:10.3847/1538-4357/ac5179)

- 太陽や、太陽と性質の類似した恒星（太陽型星と呼ばれる）は、温度が 100 万度を超える「コロナ」や約 1 万度の「彩層」などの超高温大気を有する。しかし、これらの大気がどのように加熱・維持されているのか、とりわけ、太陽と恒星で加熱メカニズムが共通であるのかは未解明の問題である。
- 2010 年から 2020 年の約 10 年に及び大量の太陽観測データをもとに、太陽表面の磁束量と様々なイオンの放射する輝線・吸収線・連続光の明るさ（放射照度）とを比較し、磁束量 - 放射照度のスケーリング則を求めた（図）。磁束量が大きいほど輝線・吸収線・連続光は明るくなるが、その関係はべき乗則で記述され、べき指数は大気の加熱効率を表す（図中の直線の傾き α に対応）。太陽の輝線・吸収線・連続光は波長ごとに形成温度が異なるため、様々な波長でスケーリング則を求めれば、太陽大気のような温度帯における加熱効率を調べることができる。
- 同様の解析を太陽型星についても行った。これらの星は年齢がおよそ 5000 万年から 45 億年にわたり活動度も多様であるが、全て太陽のスケーリング則の延長線上に位置することが明らかとなった。この結果は、星の年齢や活動度にかかわらず、コロナから彩層までのあらゆる温度帯において、太陽と太陽型星に共通する普遍的な加熱メカニズムが存在することを示している。



太陽観測データと恒星観測データの比較。色付きドットは、太陽の磁束量と様々な輝線（X線については連続光）の放射照度。水色の直線は、太陽データに直線をフィットすることで得られたスケーリング則（べき乗則）を示す。直線の傾き α （べき指数）は各パネルの左上に記されている。また、◇は、年齢が約 5000 万年から 45 億年の太陽型星について磁束量・放射照度を表す。

「宇宙のものさし」の異端児？

— 最も高密度な白色矮星による超新星爆発の痕跡を特定 —

【X線天文衛星 XMM-Newton】

la 型超新星は白色矮星の核融合暴走によって起こる爆発現象で、宇宙の「ものさし」として距離測定に用いられる。しかし、爆発時の質量や中心密度はわかっておらず、「ものさし」としての信頼性は物理的に保証されてない。宇宙科学研究所がリードする国際研究チームは、X線天文衛星 XMM-Newton による超新星残骸 3C 397 の長時間観測を行い、残骸中にわずかに存在するチタンやクロムからのX線放射を捉えることに成功した。la 型超新星で起こる元素合成において、これらの生成量が白色矮星の中心密度に敏感であることを利用して、爆発時の中心密度が 5×10^9 [g cm⁻³] であることを初めて明らかにした。今回特定されたタイプの la 型超新星のみでは現在の宇宙の元素組成比を説明できないことから、la 型超新星の親星は中心密度に多様性を持つことが示唆される。本成果は、宇宙の「ものさし」として la 型超新星を用いる際の、距離測定の信頼性を高めるための重要な手がかりとなる。(Ohshiro et al. Discovery of a Highly Neutronized Ejecta Clump in the Type Ia Supernova Remnant 3C 397(2021), *Astrophysical Journal Letters*, 913 L34, doi:10.3847/2041-8213/abff5b)

- la 型超新星は白色矮星の核融合暴走によって起こる爆発現象であり、ピーク時の絶対光度が天体間でほぼ一定なため、宇宙の「ものさし」として距離測定に用いられる。しかし、爆発時の白色矮星の質量や中心密度を観測的に制限した研究はなく、絶対光度の一様性の物理的成因は未解明である。
- 宇宙科学研究所 宇宙物理学研究系 山口弘悦研究室所属の大城勇憲（東京大学大学院 修士 2 年）を中心とする国際研究チームは、X線天文衛星 XMM-Newton を用いた超新星残骸「3C 397」の観測を行った。その結果、残骸の南部にチタンとクロムを多量に含む領域を発見した（図 1 (a)）。この領域から抽出したX線スペクトルには、la 型超新星の主要な生成元素である鉄に加えて、チタン、クロム、マンガン、ニッケルからのK殻輝線が見られる（図 1 (b)）。なお、la 型超新星およびその残骸からチタンが検出されたのは史上初である。
- la 型超新星で起こる元素合成において、チタンやクロムの生成量は白色矮星の中心密度に敏感であることから、爆発時の白色矮星の密度が 5×10^9 [g cm⁻³] であったことを初めて明らかにした（図 2）。この中心密度は従来考えられていたものよりも 2-3 倍程度大きいものであった。

- 本研究で発見されたクロムとチタンは、他の鉄族元素に対する質量比が、宇宙の平均的な組成を著しく超過する。したがって、このような高い中心密度をもつ白色矮星は、la 型超新星の中でも「異端児」的な存在であると考えられる。この事実はさまざまな中心密度を持った白色矮星が la 型超新星の親星となりうることを示唆しており、la 型超新星の起源に迫る重要な結果である。

図 2 チタン-ニッケル比の測定結果（水平な帯）と白色矮星の中心部の元素合成計算モデル（折れ線）の比較。中心密度が 3×10^9 [g cm⁻³] を超えると Ti/Ni の値が急激に上昇することがわかる。今回の測定は、3C 397 を生み出した白色矮星の中心密度が観測値とモデルの線が交わる 5×10^9 [g cm⁻³] であったことを示す（赤矢印）。

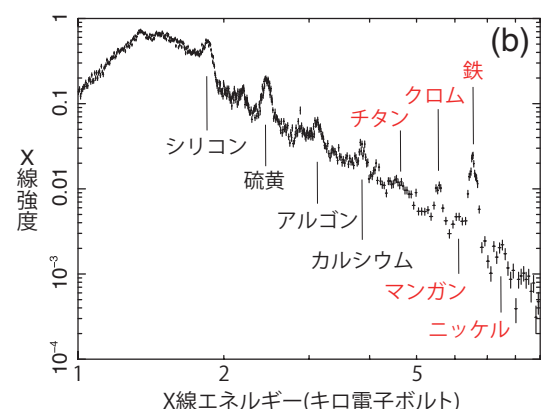
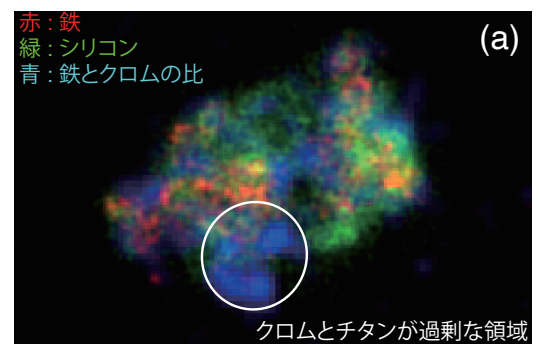
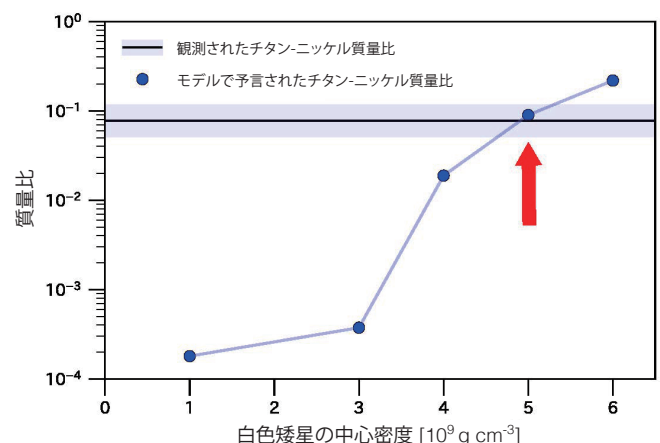


図 1 (a) 超新星残骸 3C 397 の X 線画像。赤色が鉄、緑がシリコンの空間分布を示しており、青色は鉄に対するクロムの空間分布を表す。(b)：(a) の白線の円内から抽出した X 線スペクトル。



BepiColombo/ みお, 2 回目の金星スイングバイと, 水星スイングバイで南半球における人類未踏領域の観測に成功 【国際水星探査計画 BepiColombo・水星磁気圏探査機「みお」】

日欧共同水星探査計画「BepiColombo」の水星磁気圏探査機「みお」および水星表面探査機 (Mercury Planetary Orbiter: MPO) は, 2021 年 8 月 10 日に 2 回目となる金星スイングバイを, また 2021 年 10 月 2 日に 1 回目の水星スイングバイをそれぞれ実施した。両スイングバイ時には「みお」に搭載される多くの装置を稼働させて科学観測を実施し, 金星及び水星周辺のプラズマ環境の観測に成功した。特に水星スイングバイでは南半球の高度 199 km まで接近しており, 過去の水星探査機でも未踏の領域を探索することに成功した。「みお」搭載プラズマ観測装置は世界で初めて水星磁気圏内の主要なイオン及び電子を同時に捉え, その温度や空間分布を明らかにした。

- 日欧共同水星探査計画「BepiColombo」の水星磁気圏探査機「みお」および水星表面探査機 (Mercury Planetary Orbiter: MPO) は, 2021 年 8 月 10 日に 2 回目となる金星スイングバイを実施した。高度 552 km まで最接近し, 目標通りの軌道に投入することに成功した。
- 「みお」に搭載されるほぼ全ての観測装置を稼働させ, 金星電離圏や周辺宇宙環境の科学観測を実施した。特に太陽直下点付近のプラズマ観測は過去にもほとんど例がないため, 重要な金星観測の機会となった。観測は順調に実施され, 金星周辺のプラズマ粒子および磁場の観測に成功した。観測データは各機器チームを中心に解析が進んでおり, 成果論文の出版準備中である。
- 金星スイングバイから約 2 か月後の 2021 年 10 月 2 日には打上げ後初めてとなる水星スイングバイを実施した。探査機は同日の 8 時 34 分 42 秒 (日本時間) に最接近高度 199 km を通過し, その後も目標通りの軌道を航行していることを確認した。本ミッションでは打上げから水星周回軌道投入までの間に合計 9 回のスイングバイが計画されており, 今回はそのうちの 4 回目となる。
- 今回のスイングバイでは, 最終目的地である水星に初接近しただけでなく, 水星の南半球において高度 199 km まで接近しており, マリナー 10 号及びメッセンジャーという過去の水星探査機でも未踏の領域を探索することに成功した (図)。MPO 及び「みお」の両探査機で磁場観測を実施しており, 水星固有磁場に関する従来の理解を塗り替えるべく装置チームを中心に慎重な解析が続けられている。
- また, 水星スイングバイにおいても「みお」に搭載されるほぼ全ての観測装置を稼働させ, 水星磁気圏や周辺宇宙環境の科学観測を実施した。特に水星における低エネルギー電子とイオンの同時観測は史上初であり, 貴重な観測データとなる。観測は順調に実施され, 水星磁気圏プラズマの温度や空間分布を明らかにすることに成功した。

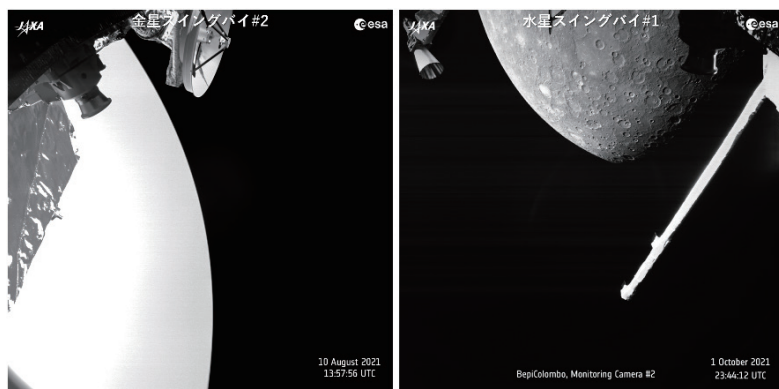


図1 スイングバイ時に探査機搭載モニタカメラで撮影された金星(左)及び水星(右)の姿
(© ESA/BepiColombo/MTM)

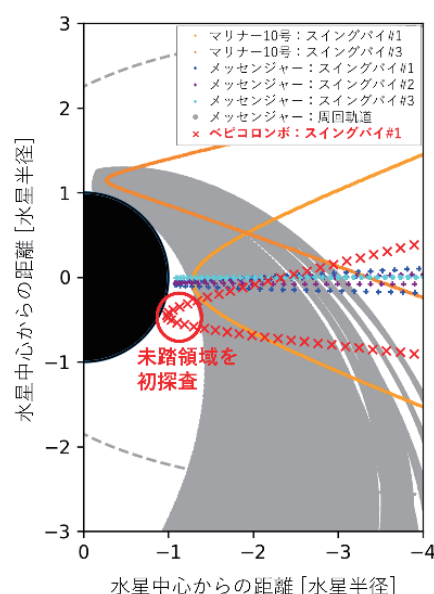


図2 過去の全水星探査機との軌道比較

電離圏カスプからのプラズマ流出過程を研究するための観測ロケット実験

【観測ロケット SS-520-3 号機実験】

地球表面からの高度約 80～1000km の領域は電離圏と呼ばれ、大気の一部が電離しプラズマとなっている。このプラズマが宇宙空間に向かって流出するという質量およびエネルギー輸送の観点から興味深い現象が最も効率的に発生しているのが電離圏カスプと呼ばれる領域である。この現象を引き起こすメカニズム、特にプラズマ中の波動がイオン加速に果たす役割を解明することを目的として、2021 年 11 月にノルウェーのスバルバル諸島にて観測ロケット SS-520-3 号機実験を行った。イオン流出量は地磁気活動度に応じて変化するが、限られた期間の中で絶好の科学的コンディションの下で観測ロケットの打上げが行われた。世界的な新型コロナウイルス感染拡大の中での海外での実験であったが、感染対策やロジスティクスに関して機構内および海外を含む関係各署による多大なご支援とご協力により、準備から実験班の帰国までを無事実行することができた。

- 電離圏カスプ領域や更に高緯度側の領域でプラズマが磁力線沿いに外向き（地球から遠ざかる方向）に流出していく現象が存在することは 1970 年代以降に観測ロケットや人工衛星の観測をもとに、多数報告されるようになった。このようなカスプ領域中で外向きに流出するプラズマをその場で観測し、イオンの加速メカニズムを解明しようとするのが観測ロケット SS-520-3 号機実験の目的である。特に本実験の特色はプラズマの波動によるイオン加速の現場を捉えようとするにある。本実験ではこの現象が発生している領域に向けてロケットを打ち上げ、搭載された電子・イオン・電磁場観測装置および地上に設置されているレーダ等による観測を組み合わせ、本現象の解明を行う。ロケットはカスプ領域に近いノルウェーのスピッツベルゲン島にあるニーオルスン射場から、2021 年 11 月 4 日（木）19 時 09 分 25 秒（日本標準時、現地時間 11 時 09 分 25 秒）に打ち上げられた。ロケットに搭載された観測機器は、1) フラックスゲート磁力計、2) 低周波波動解析システム&波動粒子相関器、3) 熱的イオン観測装置、4) 低エネルギーイオン/電子観測装置、5) 低エネルギーイオン質量分析器、6) 高速ラングミュアプローブ、7) マルチニードルラングミュアプローブ、8) インピーダンスプローブ&プラズマ波動モニター、9) 太陽センサである。
- SS-520-3 号機の飛行は計画通りで、打上げから 490 秒後に最高高度 756km に到達、950 秒後に予定区域内へ落下し、実験は終了した。打上げ予定時刻は現地時間で 10 時までであったが、観測条件が良好であったため、1 時間以上延長した中で実施した。タイムシーケンスとして、打上げから 63 秒後にノーズコーンを開頭、64 秒後に 1 段 - 2 段を分離、92 秒後以降にプローブやアンテナ類を順次展開、電子・イオン計測装置は 180 秒以降に高圧電源が入り、それぞれ観測を行った。搭載された観測機器は全て期待通り動作しデータを取得したことが確認されている。世界的な新型コロナウイルス感染拡大の最中であったが JAXA 内外の多くの方々のご支援と御協力のもとに実験が実現した。



SS-520-3 号機実験への日本・ノルウェーの参加者



打ち上げられた SS-520-3 号機の軌跡

デトネーションエンジンシステム，世界初の宇宙技術実証

【S-520-31 号機「深宇宙探査用デトネーションエンジンシステム実証実験」】

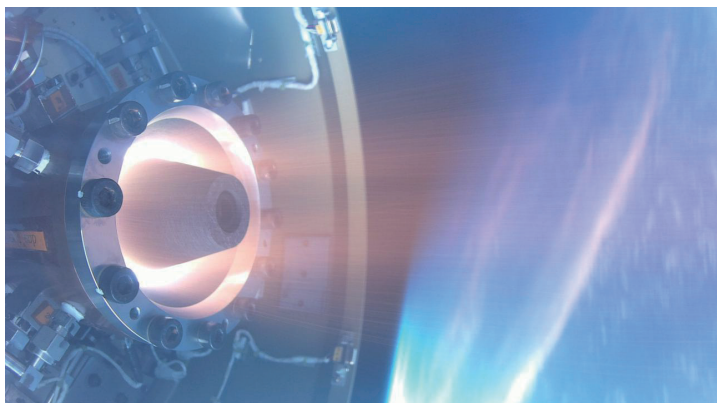
デトネーションエンジンは、燃焼ガスが急速に熱膨張し音速を超えて衝撃波を伴いながら燃焼する現象であるデトネーション (Detonation, 爆轟) を利用した軽量高効率なロケットエンジンである。本実験では、回転型デトネーションエンジン (Rotating Detonation Engine, RDE) と間欠型デトネーションエンジン (Pulse Detonation Engine, PDE) を組み合わせたデトネーションエンジンシステム (Detonation Engine System, DES) を観測ロケットに搭載して打ち上げ、宇宙空間で順にエンジンを作動させ、各々燃焼と推力の発生を確認した。この時、比推力等の性能も事前の予測と概ね一致する事を確認した。また画像データを含む大容量実験データの回収に当たっては、RATS (Reentry and Recovery module with deployable Aeroshell Technology for Sounding rocket) という展開型エアロシェルを有する低弾道係数型の回収カプセルを使用しており、こちらも無事回収に成功している。

(V. Buyakofu et. al. Development of an S-Shaped Pulse Detonation Engine for a Sounding Rocket, *Journal of Spacecraft and Rocket*, 59, 3 (2022). doi:10.2514/1.A35200))

(K. Goto et. al. Space Flight Demonstration of Rotating Detonation Engine Using Sounding Rocket S-520-31, *Journal of Spacecraft and Rocket*. doi:10.2514/1.A35401)

(Yasunori Nagata et. al. Landing Point Analysis and Forecast Wind Data Validation for Low-Ballistic-Coefficient Flight Vehicle with a Deployable Aeroshell, *Transactions of JSASS*, 65, 6 (2022)) 他多数。

- RDE の 6 秒間の燃焼実験を実施した。エンジン点火から燃焼終了まで問題なく作動し、当初の予定通り最大 500N 程度の推力、290s 程度の比推力を達成した。
- PDE を使用して観測ロケット機体のロールスピンドアウンを実施した。0.5 秒間隔の 5 回の燃焼を 1 セットとして、各セット間の間隔 30 秒で 3 セットの燃焼を実施し、概ね所定のインパルス (力積) を得る事が出来た。
- 実験後 RATS をロケットから切り離し、その後 30 分程を掛けて海面へ緩降下させ、ヘリコプターで回収した。カプセル内のメモリーからデータも無事取得され、高精細な画像や実験データを得る事が出来た。



地球を背景に燃焼する RDE (写真提供：名古屋大学 / JAXA)



シーマーカーを放出し海上浮遊する RATS (写真提供：朝日航洋 (株) / JAXA)

観測ロケット実験機会を活用した人材育成施策

【宇宙科学現場体験プログラム】

大学院教育への協力事業の一環として、観測ロケット実験機会を活用した宇宙科学現場体験プログラムを宇宙科学研究所の受入学生を対象に試行した。本プログラムは、宇宙科学のリアルな現場を実際に体験し、宇宙科学ミッション実行の上で必要となる知識、技術、考え方についての基礎的な理解を深めつつ、分野を超えた体験や JAXA 若手技術者等との交流、組織活動や社会におけるプロジェクト実行についての経験を通じ、参加者の専門や学問領域に留まらない視野・知見の拡大を図ることを目的としたもの。2021 年度は 2021 年 6 月～9 月の間、3 名の学生が本プログラムに参加した。

● 宇宙科学現場体験プログラム試行の背景

2020 年 2 月に制定された宇宙科学研究所（宇宙研）の人材育成基本方針のもと、次世代の人材育成施策として学生向けの研修プログラム立ち上げの検討を行い、2021 年度に宇宙科学現場体験プログラムを立ち上げた。本プログラムは、小規模ながらもシステマティックかつプロジェクト的な活動のライフサイクル全体を短期的に経験できる観測ロケット実験の機会を活用した構成とし、宇宙研の受入学生を対象とした公募にて選定された 3 名の学生に対し、2021 年 6 月～9 月の期間でプログラムを実行した。

● プログラムの概要

今回のプログラムは座学研修、現場研修の 2 つの研修メニューより構成されている。

座学研修については現場入り前に実施し、事業計画・計画マネージメント、ユーザーハンドブック、運用、電気・通信系、追跡系、飛行計画概要などの講義を通じて観測ロケットフライトオペレーションの概要について幅広い知見を深められる機会を設けた。

現場実習では、単純な打上げの見学のような受け身の形ではなく、実際の作業班【ロケット班、記録班、PS（電源）班】に所属してもらい、技術者や現場スタッフと共に実際の現場作業に従事する主体性を重視した研修を実施。現場での積極的なコミュニケーションを通じて、ロケット組み立て・打上げの基礎的な知識に加え、フライトオペに取り組む姿勢、メーカー等の協力業者との関わり方まで、現場でしか得ることのできない幅広い事柄を学ぶ機会を設けることができた。また、現地では地域連携の重要性を学ぶという観点から、地元自治体首長への表敬及び宇宙教育センターと連携関係がある現地中高との交流会も実施した。

● 今後の展開について

2021 年度は試行的な位置づけであったものの、現場での研修生受入のノウハウ蓄積を図ることができた。今回の実績をもとに受入プログラムの拡充（期間、対象範囲など）の検討を進め、次年度以降も継続して宇宙研ならではの現場を活用した人材育成施策の定着を図っていく予定である。



羽生観測ロケット実験グループ長と参加学生の記念撮影（内之浦宇宙空間観測所にて）

ともに冒険をするために — 2021 年度 宇宙科学研究所のアウトリーチ —

「ミッションとは人を幸せにする、そんなものであるべきだ」

これは吉川真「はやぶさ 2」ミッションマネージャの言葉である。このメッセージには、宇宙科学研究所（宇宙研）の全ての活動においてサイエンス・コミュニケーション（科学をいかに専門家以外の方々に伝えていくかということ）の重要性が凝縮されている。

宇宙科学研究とは、惑星での生命の起源からビッグバンに遡る宇宙網（銀河と銀河をつなぐように広がる水素ガスの大規模構造）の進化までをたどり、宇宙における我々の位置づけを理解するための探求である。つまりこの探求は地球上のすべての人に関わる旅であり、誰もがこの冒険を分かち合うことができるはずだ。

より多くの人と「分かち合いたい」、その思いから宇宙研では、日本語と英語の両方でより多くの情報を提供するためにサイエンス・コミュニケーションの拡充に取り組んでいる。バックグラウンドや興味は人によって異なるため、より多くの人を楽しんでもらえるような多様なコンテンツ作りを目指してきた。

その取り組みのひとつがエリザベス・タスカー准教授により立ち上げられた「Cosmos ブログ」である。当初は日本語のウェブサイトでしか発信されていないミッション関連のニュースを英語で提供するために開設されたが、2021 年以降は科学推進部の磯辺真純による日本語訳での記事も同時に提供し、また、より長文の記事も和英で公開するようになった。特定の成果に焦点を当てたプレスリリース等とは異なり、Cosmos の記事では、新しい研究やミッションの背景、現状の情報を提供すること、また宇宙研の研究者や職員等のインタビューや最新の海外からの宇宙関連ニュースを取り上げることなどを目的としている。

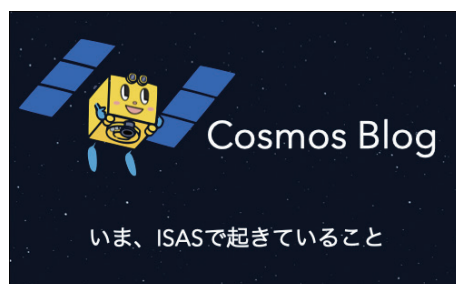
世界中の宇宙関連ニュースを積極的に取り上げることが、宇宙開発における国際協力を強調する一つの方法でもある。宇宙科学研究所公式 Twitter では、話題になった直近の成果等について、研究者からのコメントを掲載する企画を始めた。コメントの内容は、宇宙研も参加する既存の共同研究、または関連する将来計画、あるいは単に話題に対する熱意やその重要性に対する見識を示すものも含んでいる。Twitter は情報を素早く効率的に共有できる手段であり、日本語と英語の両アカウントで、画像や動画を活用して目を引くニュースをタイムリーに配信することに取り組んでいる。2021 年 8 月には、宇宙研の国際トップヤングフェロー、ジェームズ・オダナヒュー博士らが作成した木星高層大気の温度分布を説明する動画をツイートしたところ、約 11,000 の「いいね！」を獲得することができた。

最先端の成果をより深く知りたい読者のためには、2021 年 6 月に宇宙科学研究所研究情報ポータル「あいさず GATE」を公開した。「あいさず GATE」内の記事は、学術誌に掲載される研究成果の論文概要を研究者自身がわかりやすく執筆したものである。多くの記事は日本語と英語の両方で公開している。

また、宇宙研ウェブサイトの「ギャラリー」では、研究室の様子や海外機関・国内機関からの訪問者、ロケットの打上げやミッションの成果などの写真を随時掲載し、宇宙研の舞台裏を紹介している。

また、2021 年度から宇宙科学広報チームに参加している人事部職員、二階堂利久が立ち上げたポッドキャスト番組（JAXA Space and Astronautical Science Podcast）では、宇宙科学研究所や JAXA の研究者等へのインタビューを英語で行い、研究者による宇宙科学への情熱、キャリア、未来への希望などの話題を親しみやすい対話形式で扱い、発信している。

さらに 2022 年度からは宇宙教育センターと連携し、次世代の宇宙科学者に向けたコンテンツの拡充を目指している。宇宙研は、冒険を世界中の人々とともに分かち合うため、世界中から集まった精鋭のチームとともに、今後も壮大なチャレンジに取り組み、人々を驚かせるストーリーを作り続けていく。



Cosmos ブログでは、「15 歳が理解できる内容」を目指して執筆し、日英で発信している。



太陽系科学研究系 エリザベス・タスカー准教授。
2021 年度より宇宙科学広報チームへ参加し、英語でのアウトリーチ、国際コミュニティへの発信を積極的に行う。

超小型探査機 OMOTENASHI と EQUULEUS を NASA へ引き渡し完了

【SLS 搭載超小型探査機プロジェクト】

NASA SLS Artemis I へ相乗り搭載される超小型探査機 OMOTENASHI と EQUULEUS を 2021 年 7 月に NASA へ引き渡し、同年 8 月にロケットに搭載された。Orion 宇宙船と相乗りであるため、有人対応の厳しい安全審査に合格することが必要であったが、期限までに引き渡すことができた。また、探査機の最終動作試験、探査機放出装置への挿入を NASA Kennedy Space Center (KSC) で実施する必要があるが、COVID-19 流行下での海外出張を行ったが、万全の感染症対策を行い、無事作業を完了して帰国することができた。

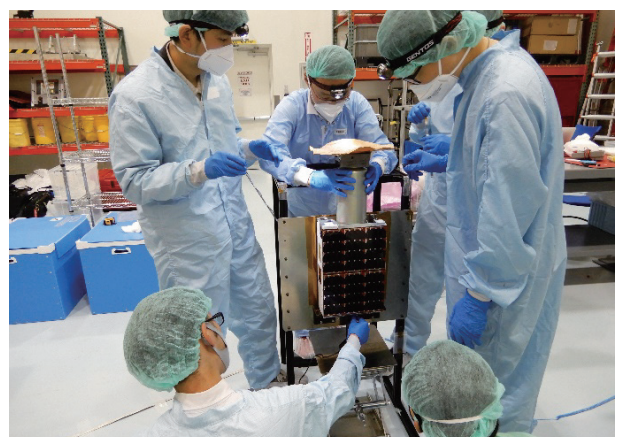
- OMOTENASHI は、固体ロケットモータ、分離機構、リチウムイオン電池などの危険物を有している。これらが SLS ロケット搭載状態で誤動作しないように 2 重の安全装置（固体ロケットモータについては 3 重の安全装置）を設け、また試験、解析により誤動作がないことを安全審査の際に示し、合格した。
- EQUULEUS は、展開駆動型太陽電池や水を推進剤とした推進装置、リチウムイオン電池などの危険物を有している。OMOTENASHI 同様、これらが SLS ロケット搭載状態で誤動作しないように 2 重の安全装置を設け、また試験、解析により誤動作がないことを安全審査の際に示し、合格した。
- 両探査機ともに、2021 年 7 月に KSC にて最終動作試験を実施した。OMOTENASHI については、輸送時の安全性の要求から、固体ロケット部分とその他の部分を別梱包で輸送し、KSC にて組み立てを行った。その後、両探査機の探査機放出装置への挿入を行った。事前にエンジニアリングモデルを用いたインターフェイス試験は実施していたが、フライトモデルについては図面のみの調整であったが、問題無く挿入できた。また、接地抵抗等の要求も満たすことができた。その後、NASA により、2021 年 8 月に両探査機は SLS の Orion Stage Adapter に搭載された。なお、搭載予定の 13 機の相乗り探査機のうち、米国で開発された 3 機の探査機は引き渡し期限に間に合わなかった。非常に厳しいスケジュールであった。
- KSC での作業のため、COVID-19 流行下での海外出張を行った。万全の感染症対策を行い、また出張メンバーを各作業のバックアップ要員を考慮の上で最小限とした結果、KSC での作業にも支障なく、感染者を出すことなく無事帰国することができた。



OMOTENASHI の KSC での試験風景 (矢印部分が探査機)



EQUULEUS の KSC での試験風景 (矢印部分が探査機)



OMOTENASHI 探査機の最終組立

月のうさぎはいつどのようにして餅をつくようになったのか

日本には、月にウサギがいて餅をついているという伝統文化がある。しかし、月のウサギが餅をつき始めた時期や、その社会的背景はよく分かっていない。今回、美術品や書物に描かれた図像を手がかりとして、いつどのように日本の月のウサギが餅をつくようになったのかについて考察を行った。月のウサギの図像自体は飛鳥時代から見られるが、明確に杵と臼を使うウサギの図が現れるのは江戸時代からである。さらに、18世紀に入ることになると、書物に描かれたウサギの臼が、徐々に日本伝統のくびれた形となっていく。これらの事実から、月のウサギが餅をついていると認識され始めたのは18世紀前半ごろであり、元禄期以降の書物の流通が、ウサギの餅つき文化の広がり大きな影響を及ぼしたのではないかと推測した。(庄司大悟「月のうさぎはいつどのようにして餅をつき始めたのか」地質と文化 (ISSN 2433-6750) 第4巻第2号 42-56.)

- 月の表面は、「海」と呼ばれる黒っぽい地域と、「高地」と呼ばれる白っぽい色をした地域に二分される。アジアでは、二つの色の違いが生み出す模様を「ウサギ」の形とみなす伝統がある。日本でも月のウサギは知られているが、日本では月のウサギは「餅」をついていると考えられている。中国では月のうさぎは不死の仙薬を作っており、いつどのようにして日本の月のうさぎが餅をつき始めたのかについてはよく分かっていない。庄司(2021)は月の図像を調べることで、日本の月のウサギが餅をつき始めた時期とその社会背景を考察した。



図1 (a): 天寿国繡帳 (中宮寺, 7世紀, パブリックドメイン).
(b): 九曜秘曆 (メトロポリタン美術館, 1125年, パブリックドメイン).

- 室町時代以前の日本の図像では、ウサギは壺のような容器を使っているか、その場にいるだけの構図が主流となっている(図1)。しかし、江戸時代(17世紀)になると、杵と臼を使っている月のウサギが書物に現れる(図2)。この構図は明で出版された書物のウサギと同じで(図3)、中国の書物から取り入れたのだと推測できる。



図2 (a): 訓蒙図彙 (1666年, 国立国会図書館デジタルコレクション).
(b): 増補宝暦大雑書 (1781年, 筆者所蔵)

- 18世紀に入ると、ウサギの使う臼がくびれた形へと変化する(図2b)。日本の穀物用の木臼はくびれた形状が伝統的である。よって、18世紀前半ごろが、ウサギが餅をつき始めた時期ではないかと推測できる。

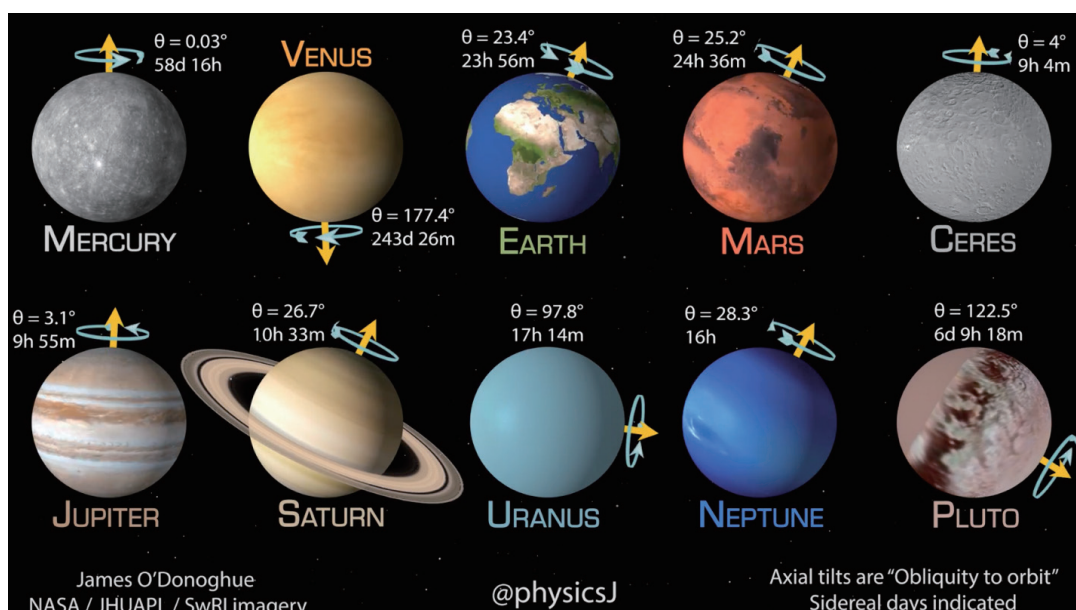
- 元禄期には、社会が安定してきたこともあり、庶民も書物に触れるようになった。しかし、書物にはウサギが何を作っているのかの記述はない。そのため、自分達の生活との関連から、図のウサギが作っているのは餅であると解釈され、それに合わせるようにして、図の臼も餅つきで使う形状へ変化していったと思われる。



図3 (a): 五経大全 (1471年, 国立公文書館デジタルアーカイブ).
(b): 三才図会 (1609年, 国立国会図書館デジタルコレクション)

2021年度 Europlanet Prize for Public Engagement を ジェームズ・オダナヒューが受賞

- 宇宙科学に関する質の高い動画を制作したとして、国際トップヤングフェロー、ジェームズ・オダナヒューに 2021 年 Europlanet Prize for Public Engagement が授与された。彼は巨大ガス惑星の上層大気を専門とする惑星科学者であり、その傍らオンラインコンテンツの制作も行っている。2018 年から専門分野を中心とした動画を制作し、自身の YouTube チャンネルでオンライン公開を開始、現在では宇宙に関するトピックを 80 以上の動画で視覚化し、YouTube, Twitter, Facebook, Instagram, Gfycat, Reddit で累計 2 億ビューに達するほか、国際的なニュース記事でも数多く引用されている。
- オダナヒューが初めて科学動画を制作したのは、自身の研究における珍しい科学的発見を可視化するためだった。土星の環が「リングレイン」と呼ばれる現象により土星本体に降り注いでいることを発見していたが、この研究成果は彼が作成した動画とともに 2018 年 12 月 17 日付のニューヨーク・タイムズ紙で紹介^{*1}された。そのわずか数日後、米国連邦政府の一部閉鎖が始まり、その後 35 日間続くことになった。当時 NASA ゴダード宇宙飛行センターにいたオダナヒューは、思いがけず時間に余裕ができたという。「仕事をするな、メールもチェックするなどと言われました」とオダナヒューは振り返る。「手持ちぶさたになり、それまで誰も作っていないと思われた、太陽系の 8 つの惑星の傾きを正確に再現しつつ、正しい相対速度で自転している様子を示す動画を作成してみることにしました」。本動画のキャプチャを図に示す。
- それ以来、直観的な方法で、惑星の相対的な大きさ、距離、軌道、軸の傾き、太陽系の異なる天体でのボールの落下速度などの太陽系の主要な特徴を人々の頭の中に正確なイメージとして描けるようにすることを目指すようになった。彼の動画はインターネット上で高く評価されるだけにとどまらず、多くの教育関係者により学校、大学、プラネタリウム、博物館などで教材として教育やアウトリーチに利用されている。
- ユーロプラネット・アウトリーチ審査委員長のフェデリカ・デュラス博士は、次のように述べる。「今年ノミネートされた才能と意欲にあふれたサイエンス・コミュニケーションの各プロジェクトの中で、ジェームズ・オダナヒュー氏の素晴らしい動画は際立っていました。そのシンプルさは、アウトリーチとコミュニケーションという観点からも最高峰と言え、またそれが言語や翻訳に依存しないという事実は、完全に包括的で容易に適応でき、世界中で誰もが使用できる、ということの意味しています。惑星科学コミュニティの偉大な大使である彼に、心よりお祝い申し上げます。」
- 授賞式は、2021 年 9 月 24 日（金）に開催された Europlanet 科学会議（EPSC）2021 バーチャルミーティングの中で行われ、その後オダナヒューによる 15 分間の受賞講演が行われた。動画は、ジェームズの YouTube チャンネル (<https://www.youtube.com/c/Interplanetary/videos>) で見ることができる。



2つの準惑星を含む太陽系の惑星の自転と傾きの様子を、地表のマッピング画像とともに表した動画のキャプチャ画像。

*1 The New York Times <https://www.nytimes.com/2018/12/17/science/saturn-rings-vanish.html>

II. 概 要

1. 沿 革

宇宙科学研究所（ISAS）は宇宙航空研究開発機構（JAXA）の中にあって、宇宙科学研究を推進する我が国の中核機関として、大学等の機構外の研究機関と協力して宇宙科学研究を遂行している。ここで宇宙科学研究とは、大気の上層部あるいは大気外に出ることで実現可能となる科学研究領域、および、そのような研究活動を可能とするための研究と定義される。従って、宇宙空間に出ることで可能となる理学的研究、工学的研究、さらにこれらを可能とするための地上研究を含む総合的な研究である。ISAS は、JAXA への統合以前から有していた大学共同利用の仕組みを維持・発展させ、研究所の意思決定に反映するとともに、その枠組の中で宇宙科学プロジェクトを実施し、同時に、研究領域の育成、宇宙科学プロジェクトの育成と立ち上げを行なっている。また、大学等と等質な研究を行う研究機関として、自ら宇宙科学の学術研究を実施している。

その沿革は、2003 年 10 月 1 日に、それまで我が国における宇宙及び航空の分野において独自に研究活動を行ってきた宇宙科学研究所、宇宙開発事業団、航空宇宙技術研究所の 3 機関の力を結集し、宇宙科学研究、宇宙開発及び航空科学技術を一段と効率よく効果的に推進する体制を構築するため、これらの機関を統合し、宇宙航空研究開発機構（JAXA）という単一の機関が独立行政法人として設立された。JAXA の中で、大学共同利用の機能を実体的に担い宇宙科学の発展及び大学院教育に資する部門として、当初宇宙科学研究本部が設置されたが、2010 年 4 月 1 日より宇宙科学研究所に名称が変更された。

日本の宇宙開発の端緒は、東京大学生産技術研究所内に結成された AVSA 研究班が 1955 年に行ったペンシルロケットの発射実験により開かれた。その後東京大学航空研究所（1918 年に東京帝国大学航空研究所として設置、1946～1958 年東京大学理工学研究所、1958 年より東京大学航空研究所）と、東京大学生産技術研究所観測ロケット関係部門が母体となり、「宇宙理学・宇宙工学及び航空の学理及びその応用の総合研究」を行う目的で 1964 年には、東京大学宇宙航空研究所が設置された。

以来、飛翔体に関連した宇宙工学の研究開発並びに宇宙理学研究は、宇宙航空研究所を中心とし、国公私立大学等多くの機関の研究者の協力の下に、自由な発想に基づく一貫した研究プロジェクトとして進められ、1970 年

に我が国初の人工衛星「おおすみ」を打ち上げるなど多大な成果を収めた。このような宇宙航空研究所を中心とした我が国の宇宙理学・宇宙工学研究の発展を踏まえ、1981 年に東京大学宇宙航空研究所を発展的に改組し、文部省（当時）宇宙科学研究所が大学共同利用機関として設立された。文部省宇宙科学研究所の目的は、「宇宙理学・宇宙工学の学理及びその応用研究を行うとともに、この研究に従事する国公私立大学の教員等の利用に供する。また、国公私立大学の要請に応じ、大学院における教育に協力する」ことである。その後 2003 年に、前述のように宇宙科学研究、宇宙開発及び航空科学技術を一段と効率よく効果的に推進する体制を構築するため JAXA が設立され、JAXA の中で大学共同利用の機能を実体的に担い宇宙科学の発展及び大学院教育に資する部門として、宇宙科学研究本部（現 JAXA 宇宙科学研究所）が設置された。

2015 年 4 月 1 日から、JAXA は、国立研究開発法人化された。枠組みの変更に対応し「プロジェクト」に加え「研究開発」という新たな事業の柱を立てることなどを背景として、第一宇宙技術部門、第二宇宙技術部門、有人宇宙技術部門、宇宙科学研究所、航空技術部門、研究開発部門、宇宙探査イノベーションハブの 7 部門に組織改編された。2018 年 7 月に国際宇宙探査センター、2019 年 4 月に宇宙輸送技術部門が新設された。

その中で、宇宙科学研究所は、宇宙科学の発展及び大学院教育の中核を担う研究所として位置づけられている。文部科学大臣から提示される中長期目標に従い、「研究者の自主性を尊重した独創性の高い宇宙科学研究」と「衛星等の飛翔体を用いた宇宙科学プロジェクトの推進」をともに重点的に推進している。前者は、研究者が個人あるいはグループを作って行う研究で、萌芽的な性格のものであり、後者は、科学衛星プロジェクトに代表される研究で、衛星の開発からデータ解析、成果の公表までの一連の作業を含む活動である。これらは、文部科学省宇宙科学研究所で行われてきた研究活動を大筋で踏襲したものとなっている。なお、2022 年 3 月 31 日現在、宇宙科学研究所内の研究部門は、宇宙物理学研究系、太陽系科学研究系、学際科学研究系、宇宙飛翔工学研究系、宇宙機応用工学研究系の 5 研究系から構成されている。

2. 宇宙開発体制

宇宙開発利用に関する施策を総合的かつ計画的に推進するため、宇宙基本法第 25 条に基づき、内閣に宇宙開発戦略本部が設置されている。また、内閣総理大臣の諮問に応じて宇宙開発利用に関する政策に関する重要事項を調査審議するため、内閣府設置法第 38 条に基づき、内閣府に宇宙政策委員会が設置されている。政府は、宇宙基本法第 24 条に基づき、宇宙開発利用に関する基本的な計画（宇宙基本計画）を作成し閣議により決定する。この宇宙基本計画（令和 2 年 6 月 30 日決定）において、JAXA は政府全体の宇宙開発利用を技術で支える中核的な実施機関に位置付けられている。

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構法（JAXA 法）第 19 条において主務大臣は、宇宙基本計画に基づいた中長期目標を定めることとされ、JAXA は、独立行政法人通則法第 30 条において当該中長期目標を達成するための中長期計画を作成し、主務大臣の認可を受けることとされている。また、JAXA 法第 20 条において、文部科学大臣は、宇宙科学に関する学術研究及びこれに関連する業務に係る部分について中長期目標を定め、又は変更

するに当たっては、研究者の自主性の尊重その他の学術研究の特性への配慮をしなければならないとされている。

こうした体制下において、宇宙科学研究所は、その前身である文部科学省宇宙科学研究所の大学共同利用機関の機能を大学共同利用システムとして継承し、全国の大学や研究機関に所属する関連研究者との有機的かつ多様な形で共同活動を行う研究体制を組織して、科学衛星・探査機による宇宙科学ミッション、大気球・観測ロケット、小型飛翔体等による小規模ミッション、宇宙環境を利用した科学研究、将来の宇宙科学ミッションのための観測技術等の基礎研究を推進し、また、研究に従事する全国の国公立大学その他の研究機関の研究者に宇宙科学研究所の実験施設・設備を利用させるを行っている。更に、国公立大学の研究者や外国人研究者を研究員等として迎えているほか、大学院教育としては国公立大学の要請に応じ、当該大学の大学院における教育に協力することになっており、このことを通じて、この分野の後継者の育成にあたっている。

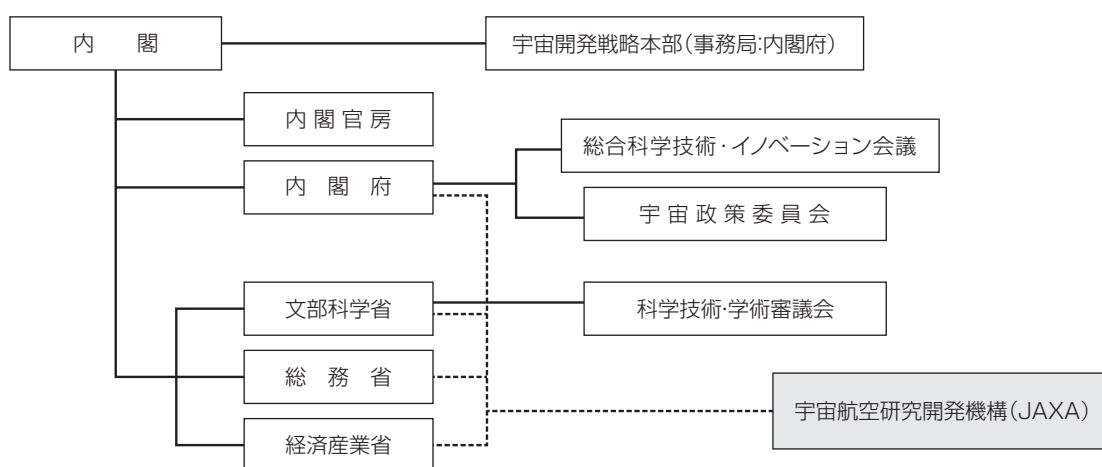


表 1 日本の宇宙開発体制

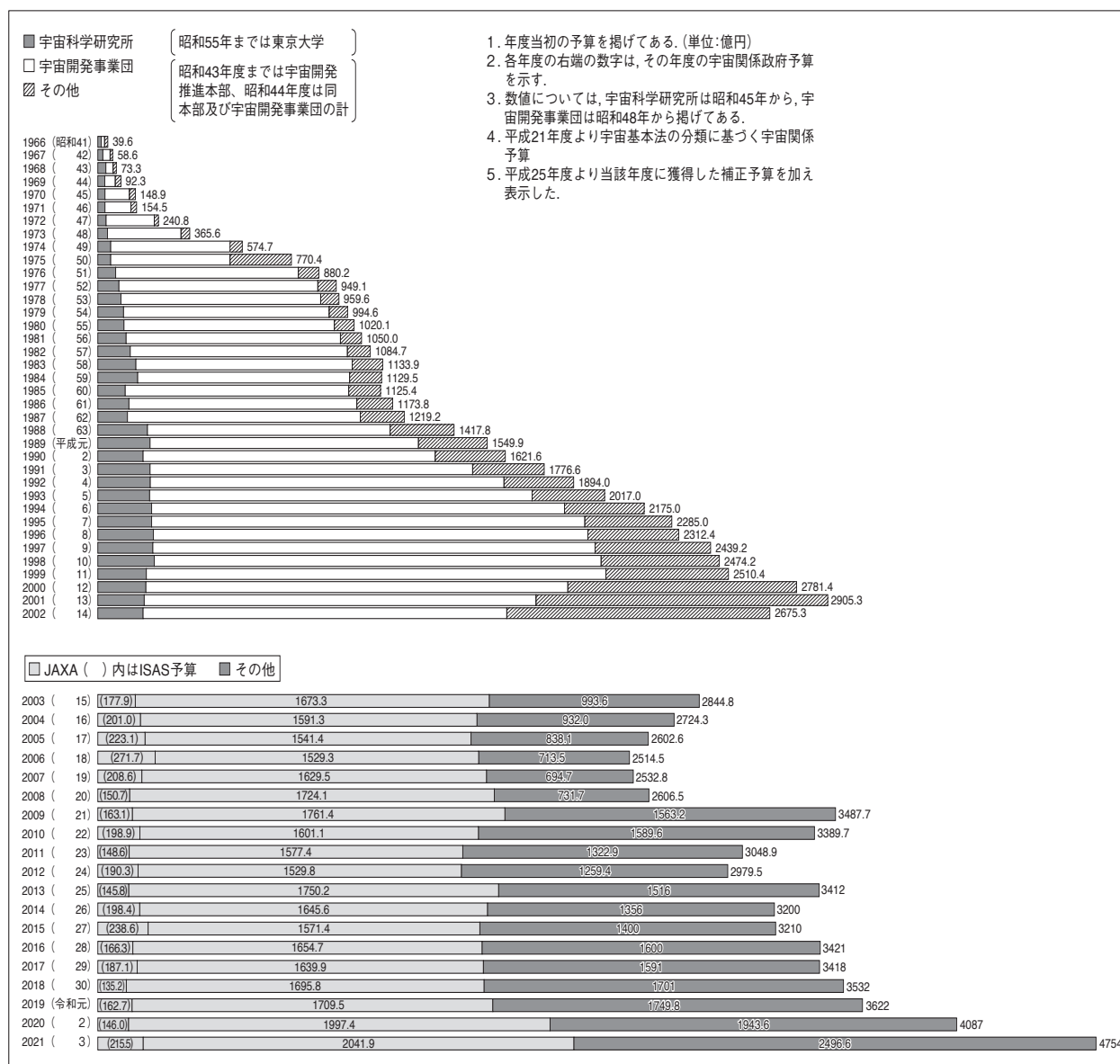


表2 宇宙関連政府予算

3. 組織及び運営

3.1 組織

JAXAには、宇宙科学研究所の他、6つの部門と宇宙探査イノベーションハブ及び国際宇宙探査センター並びに共通部門が置かれている。(宇宙航空研究開発機構 組織図)

宇宙科学研究所は5つの研究系と科学推進部、宇宙科学プログラム室、科学衛星運用・データ利用ユニット、9つのプロジェクトチーム、8つのグループ、能代ロケット実験場、及びあきる野実験施設で構成されている。また、所長のもとに副所長、研究総主幹、宇宙科学プロ

グラムディレクタ、研究基盤・技術統括、宇宙科学国際調整主幹及び宇宙科学広報・普及主幹が置かれている。(宇宙科学研究所 組織図)

機構には宇宙科学関連業務に関して理事長に助言し、宇宙科学研究所長の候補者を選考・推薦する宇宙科学評議会が置かれている。また、宇宙科学研究所には、所属する研究者の候補者を選考・推薦し、さらに大学共同利用システムの円滑な運営等を行うため、宇宙科学運営協議会が置かれている。

b. 運 営

旧宇宙科学研究所の大学共同利用機関としての役割を継承し、大学共同利用システムを運用するため、外部の学識者から事業計画その他の宇宙科学研究に関する重要事項等についての助言を得るための制度として、宇宙科学評議会と宇宙科学運営協議会が設置されている。(それ

ぞれの構成員は以下のとおり)

このほか、各種の所内委員会*や、全国の多数の関係研究者を構成員として共同研究計画等について審議する各種の研究委員会*が設けられている。

*33 頁参照

宇宙科学評議会名簿

(50 音順・2022 年 3 月 31 日現在)

	青木 節子	慶応義塾大学法務研究科教授
	石村 和彦	産業技術総合研究所理事長
	梶田 隆章	東京大学宇宙線研究所長
	川合 眞紀	自然科学研究機構 分子科学研究所長
	草野 完也	名古屋大学宇宙地球環境研究所長
(副会長)	小畑 秀文	東京農工大学名誉教授
	小森 彰夫	自然科学研究機構長
	田近 英一	東京大学大学院理学系研究科教授
	趙 孟佑	九州工業大学 革新的宇宙利用実証ラボラトリー長
	常田 佐久	自然科学研究機構 国立天文台長
	仲谷 善雄	立命館大学長
	長谷川真理子	総合研究大学院大学長
	林 良博	国立科学博物館顧問
	廣瀬 敬	東京工業大学地球生命研究所長
	藤井 輝夫	東京大学総長
(会 長)	藤井 良一	情報・システム研究機構長
	松尾亜紀子	慶応義塾大学理工学部教授
	松本 紘	理化学研究所理事長
	三島 良直	日本医療研究開発機構理事長
	吉田 和哉	東北大学大学院工学研究科教授

(備考) 任期は 2021 年 4 月 1 日～2023 年 3 月 31 日

宇宙科学運営協議会名簿

(50 音順・2022 年 3 月 31 日現在)

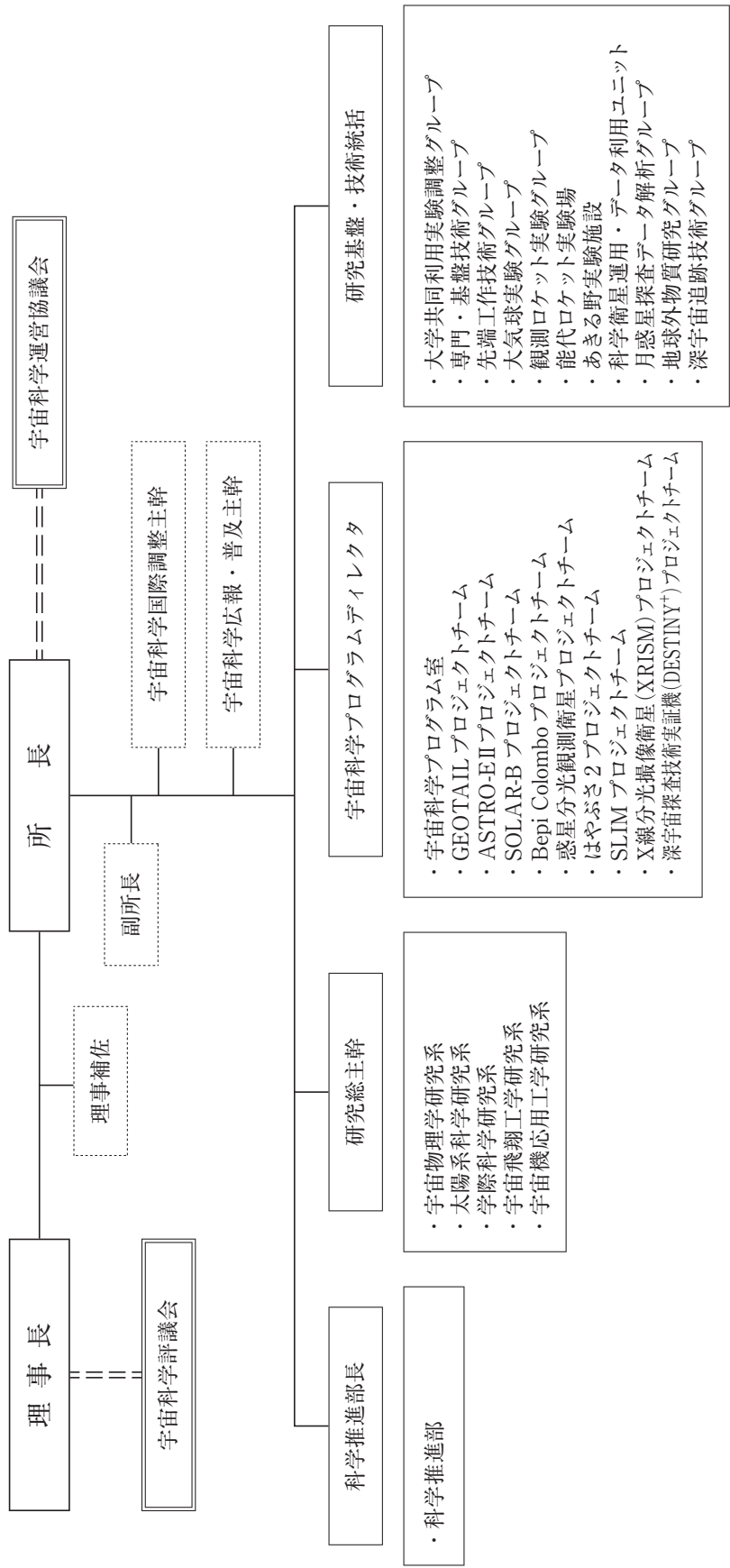
	青木 隆平	東京大学大学院工学研究科教授
	井口 聖	国立天文台副台長
	大島 まり	東京大学大学院情報学環教授
	草野 完也	名古屋大学宇宙地球環境研究所長
	佐宗 章弘	名古屋大学大学院工学研究科教授
	篠原 真毅	京都大学生存圏研究所教授
	杉田 精司	東京大学大学院理学系研究科教授
(副会長)	永田 晴紀	北海道大学大学院工学研究院教授
	中村 智樹	東北大学大学院理学研究科教授
	外本 伸治	九州大学大学院工学研究院教授
	渡部 潤一	国立天文台副台長
〔宇宙科学研究所〕		
	稲富 裕光	学際科学研究系研究主幹
	齋藤 義文	太陽系科学研究系研究主幹
	佐藤 英一	宇宙飛翔工学研究系教授
	澤井秀次郎	宇宙飛翔工学研究系研究主幹
	水野 貴秀	宇宙機応用工学研究系研究主幹
(会 長)	藤本 正樹	副所長
	森田 泰弘	宇宙飛翔工学研究系教授
	山崎 典子	宇宙物理学研究系教授
	山田 亨	宇宙物理学研究系研究主幹
	吉田 哲也	研究総主幹

(備考) 任期は 2021 年 4 月 1 日～2023 年 3 月 31 日

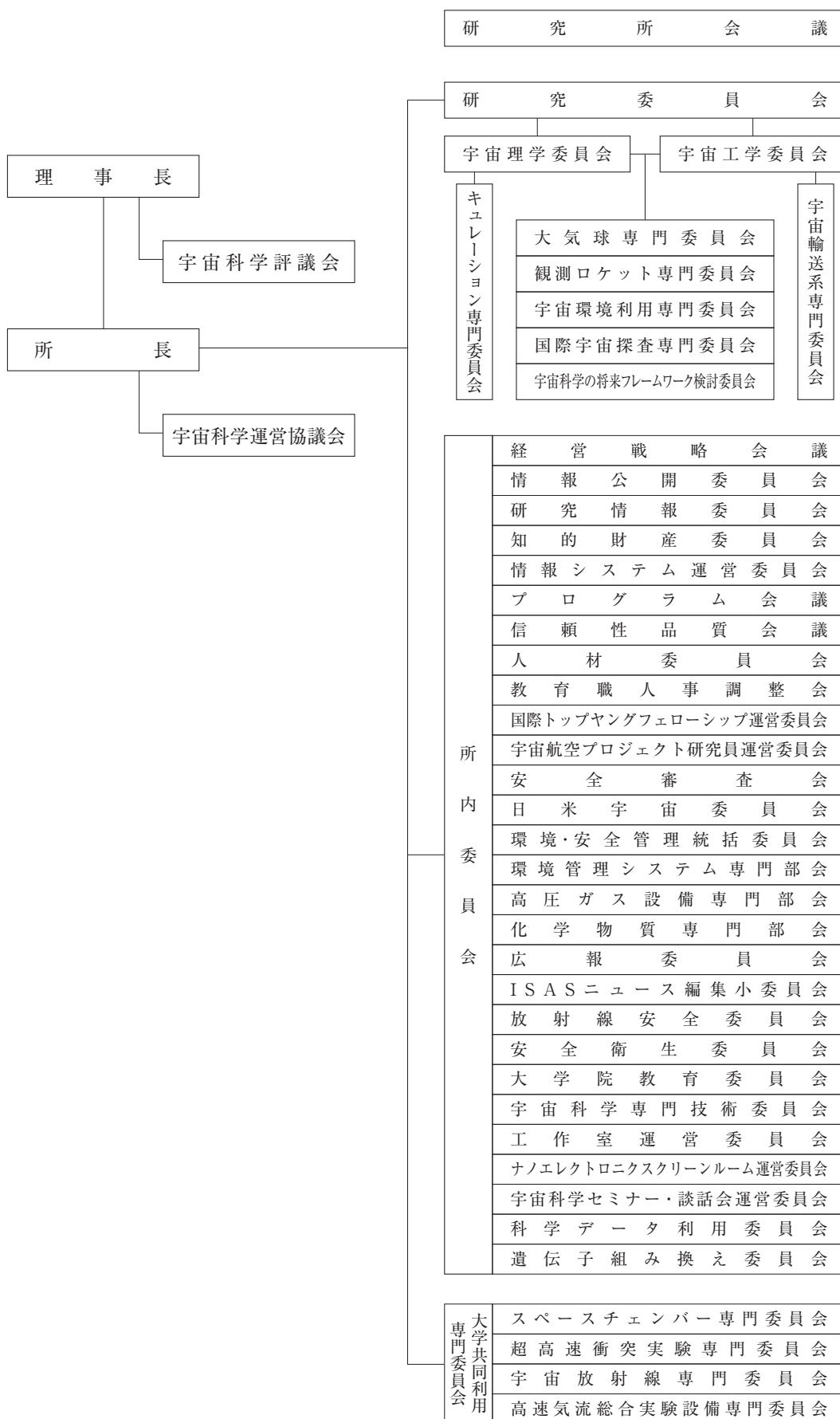
宇宙航空研究開発機構 組織図



宇宙科学研究所 組織図



各種委員会等



c. 職員数 (2022 年 3 月 31 日現在)

区 分		所長	教育職				ITYF	特任教員			一般職	常勤 招聘	非常勤 招聘	常勤 再雇用	非常勤 再雇用	常勤 事務 支援	非常勤 事務 支援	プロジェクト 研究員	出向 契約	給与 出向		合計
			教授	准教授	助教	教授		准教授	助教	男 女										男 女		
		男 女	男 女	男 女	男 女	男 女	男 女	男 女	男 女	男 女	男 女	男 女	男 女	男 女	男 女	男 女	男 女	男 女	男 女	男 女	男 女	男 女
職 員 数	職員 (うち外国人)	1	37 1	47 4 (1)	27	5 (3)	8	3	7 1 (1)	79 23	31 10 (1)	11	5 1			13		9 1 (1)	13 2	2	285 56 (5) (2)	
所 長		1																			1	
研 究 総 主 幹 付											1								1		1 1	
宇 宙 物 理 学 研 究 系	職員 (うち外国人)		7 1	11	6	1 (1)	4	3	1 (1)		1	1	1					1 1 (1)			37 2 (2) (1)	
太 陽 系 科 学 研 究 系	職員 (うち外国人)		8	9 1 (1)	7	3 (1)	3		1 1		3 1 (1)	1						2			37 3 (2) (1)	
学 際 科 学 研 究 系	職員 (うち外国人)		4	4 3	3				2		1										14 3	
宇 宙 飛 翔 工 学 研 究 系	職員 (うち外国人)		12	13	5				2				1					1	1		35	
宇宙機応用工学研究系	職員 (うち外国人)		6	10	6	1 (1)	1		1			2	1								28 (1)	
科 学 推 進 部										20 8	2 2	1	1 1			10			1 1		25 22	
宇宙科学国際調整主幹										1											1	
宇宙科学広報・普及主幹付										1 1	1 1					2					2 4	
宇宙科学プログラムディレクタ付											1										1	
宇 宙 科 学 プ ロ グ ラ ム 室										10 2	1	1							1		13 2	
GEOTAILプロジェクトチーム																		1			1	
ASTRO-E IIプロジェクトチーム																						
SOLAR-Bプロジェクトチーム																						
Bepi Colomboプロジェクトチーム										2											2	
惑星分光観測衛星プロジェクトチーム																						
はやぶさ2プロジェクトチーム										2									1		3	
SLIMプロジェクトチーム										2	1								2		5	
X線分光撮像衛星 プロジェクトチーム										6	3 1							1	1		11 1	
深宇宙探査技術実証機(DESTINY) プロジェクトチーム										6	3 1								1		10 1	
研究基盤・技術統括付										1											1	
大学共同利用実験調整グループ										2	2	1									5	
専門・基盤技術グループ										7 1	1										8 1	
先端工作技術グループ										2	1									2	5	
大気球実験グループ										3	2	1									6	
観測ロケット実験グループ										4	1	1									6	
能代ロケット実験場										2						1					2 1	
あきる野実験施設										1	1										2	
科学衛星運用・データ利用ユニット										5 4	2								5		12 4	
月惑星探査データ解析グループ										1 3	2 1	2									5 4	
地球外物質研究グループ										2 2	1 3							3			6 5	
深宇宙追跡技術グループ										1			1								2	

※兼任、併任を除く

d. 職員（2022年3月31日現在）

宇宙科学研究所長	國中 均	はやぶさ2プロジェクトチーム	
宇宙科学研究所副所長（兼）	藤本 正樹	プロジェクトマネージャ（兼）	津田 雄一
		SLIM プロジェクトチーム	
科学推進部長	小川 眞司	プロジェクトマネージャ（兼）	坂井真一郎
科学推進部参与	大井田俊彦	X線分光撮像衛星プロジェクトチーム	
科学推進部計画マネージャ	加持 勇介	プロジェクトマネージャ	前島 弘則
科学推進部計画マネージャ	寺内 康剛	深宇宙探査技術実証機（DESTINY+）プロジェクトチーム	
科学推進部計画マネージャ	遠藤 敬	チーム長（兼）	高島 健
科学推進部参事	吉原 真紀		
科学推進部参事	山下 洋	研究基盤・技術統括（兼）	森田 泰弘
科学推進部参事	早川 俊章	大学共同利用実験調整グループ	
		グループ長（兼）	野中 聡
宇宙科学国際調整主幹	東覚 芳夫	専門・基盤技術グループ	
宇宙科学広報・普及主幹（兼）	藤本 正樹	グループ長（兼）	福田 盛介
		先端工作技術グループ	
研究総主幹（兼）	吉田 哲也	グループ長	中坪 俊一
宇宙物理学研究系		大気球実験グループ	
研究主幹（兼）	山田 亨	グループ長（兼）	福家 英之
太陽系科学研究系		観測ロケット実験グループ	
研究主幹（兼）	齋藤 義文	グループ長（兼）	羽生 宏人
学際科学研究系		能代ロケット実験場	
研究主幹（兼）	稲富 裕光	所長（兼）	石井 信明
宇宙飛翔工学研究系		あきる野実験施設	
研究主幹（兼）	澤井秀次郎	所長（兼）	後藤 健
宇宙機応用工学研究系		科学衛星運用・データ利用ユニット	
研究主幹（兼）	水野 貴秀	ユニット長（兼）	篠原 育
		月惑星探査データ解析グループ	
宇宙科学プログラムディレクタ（兼）	佐藤 英一	グループ長	佐藤 広幸
宇宙科学プログラム室		地球外物質研究グループ	
室長	杢野 正明	グループ長（兼）	白井 寛裕
GEOTAIL プロジェクトチーム		深宇宙追跡技術グループ	
プロジェクトマネージャ（兼）	齋藤 義文	グループ長（兼）	吉川 真
ASTRO-E II プロジェクトチーム			
プロジェクトマネージャ（兼）	石田 学		
SOLAR-B プロジェクトチーム			
プロジェクトマネージャ（兼）	清水 敏文		
Bepi Colombo プロジェクトチーム			
プロジェクトマネージャ（兼）	小川 博之		
惑星分光観測衛星プロジェクトチーム			
プロジェクトマネージャ（兼）	山崎 敦		

研究系

研究系	教授	准教授	助教
宇宙物理学研究系 [研究主幹：山田 亨] 教授 8 名 准教授 11 名 助教 6 名 専任教授 1 名 特任教授 4 名 特任准教授 3 名 特任助教 1 名	堂谷 忠靖 石田 学 中川 貴雄 松原 英雄 海老澤 研 山田 亨 関本 裕太郎 山崎 典子 (専) 坪井 昌人 (特) 金田 英宏 (特) 田代 信 (特) 羽澄 昌史 (特) 森 浩二	国分 紀秀 紀伊 恒男 片坐 宏一 山村 一誠 北村 良実 村田 泰宏 山口 弘悦 辻本 匡弘 鈴木 仁研 和泉 究 渡辺 伸 (特) 石崎 欣尚 (特) 寺田 幸功 (特) 藤本 龍一	前田 良知 和田 武彦 土居 明広 田村 隆幸 磯部 直樹 小栗 秀悟 (特) MATSUDA Frederick Takayuki
太陽系科学研究系 [研究主幹：齋藤 義文] 教授 8 名 准教授 10 名 助教 7 名 特任教授 3 名 特任助教 2 名	藤本 正樹 佐藤 毅彦 中村 正人 齋藤 義文 臼井 寛裕 清水 敏文 田中 智 篠原 育 (特) 倉本 圭 (特) 橘 省吾 (特) 亀田 真吾	阿部 琢美 岡田 達明 安部 正真 坂尾 太郎 尾崎 正伸 塩谷 圭吾 TASKER Elizabeth 岩田 隆浩 浅村 和史 山本 幸生	長谷川 洋 山崎 敦 春山 純一 白石 浩章 早川 雅彦 三谷 烈史 村上 豪 (特) 菅原 春葉 (特) 深井 稜汰
学際科学研究系 [研究主幹：稲富 裕光] 教授 4 名 准教授 7 名 助教 3 名 兼任教授 1 名 特任助教 2 名	石川 毅彦 吉田 哲也 稲富 裕光 船瀬 龍 (兼) 藤田 和央	黒谷 明美 橋本 博文 高木 亮治 齋藤 芳隆 生田 ちさと 福家 英之 鈴木 志野	三浦 昭 矢野 創 水村 好貴 (特) 中島 晋太郎 (特) 木村 駿太

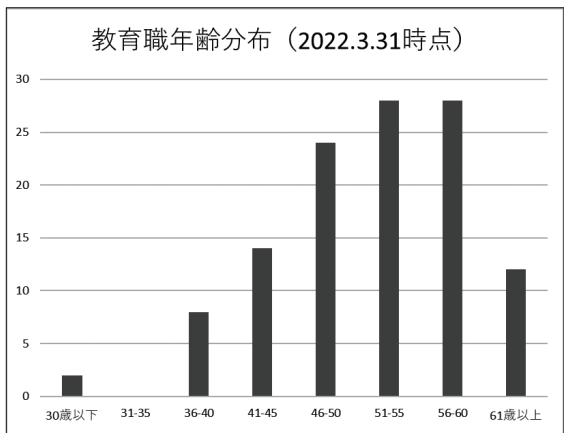
研究系	教授	准教授	助教
宇宙飛翔工学研究系 [研究主幹：澤井 秀次郎] 教授 12 名 准教授 13 名 助教 5 名 専任教授 1 名 特任助教 2 名	石井 信明 森田 泰弘 堀 恵一 佐藤 英一 峯杉 賢治 小川 博之 澤井 秀次郎 川勝 康弘 船木 一幸 津田 雄一 宮崎 康行 小林 弘明 (専) 嶋田 徹	山田 哲哉 西山 和孝 徳留 真一郎 大山 聖 野中 聡 後藤 健 羽生 宏人 竹内 伸介 山田 和彦 丸 祐介 三浦 政司 佐藤 泰貴 月崎 竜童	森 治 竹前 俊昭 佐伯 孝尚 戸部 裕史 坂本 勇樹 (特) 永田 靖典 (特) 小田切 公秀
宇宙機応用工学研究系 [研究主幹：水野 貴秀] 教授 6 名 准教授 10 名 助教 6 名 専任教授 1 名 特任教授 1 名 特任助教 1 名	橋本 樹明 久保田 孝 坂井 真一郎 高島 健 水野 貴秀 福田 盛介 (専) 山本 善一 (特) 廣瀬 和之	曾根 理嗣 吉川 真 田中 孝治 戸田 知朗 吉光 徹雄 松崎 恵一 竹内 央 大槻 真嗣 小林 大輔 冨木 淳史	三田 信 福島 洋介 豊田 裕之 坂東 信尚 牧 謙一郎 宇佐美 尚人 (特) 尾崎 直哉
現員数 116 名 兼務教員 1 名 専任教員 3 名 特任教員 19 名	38 名 1 名 3 名 8 名	51 名 3 名	27 名 8 名

特任教員

特任教授	田代 信
特任教授	森 浩二
特任教授	金田 英宏
特任教授	羽澄 昌史
特任教授	倉本 圭
特任教授	橘 省吾
特任教授	亀田 真吾
特任教授	廣瀬 和之
特任准教授	石崎 欣尚
特任准教授	寺田 幸功
特任准教授	藤本 龍一
特任助教	MATSUDA Frederick Takayuki
特任助教	菅原 春菜
特任助教	深井 稜汰
特任助教	中島 晋太郎
特任助教	木村 駿太
特任助教	永田 靖典
特任助教	小田切 公秀
特任助教	尾崎 直哉

国際トップヤングフェロー (ITYF)

宇宙物理学研究系	LAU Ryan Masami
太陽系科学研究系	鳥海 森
太陽系科学研究系	O'DONOGHUE James
太陽系科学研究系	兵頭 龍樹
宇宙機応用工学研究系	BONARDI Stéphane



○2021 年度教育職の転出・退職

	大学等へ転出	その他(退職含む)
転出等人数	1 名	5 名

○2021 年度教育職の転入・採用・昇格

	大学等から転入	その他(採用含む)	内部昇格
転入等人数	1 名	3 名	8 名

○2021 年度クロスアポイントメント制度を活用した受入

	大学	その他
人数	10 名	3 名

e. 予算

2021 年度予算額 (宇宙科学研究所)	21,554,177 千円
運営費交付金	21,554,177 千円
施設整備補助	0 千円
外部資金額	
科学研究費助成事業 (科研費)	404,053 千円
〃 (受入分担金)	124,250 千円
受託研究	127,678 千円
民間等との共同研究	337,089 千円
使途特定寄附金	14,919 千円

Ⅲ. 研究系

1. 宇宙物理学研究系

Department of Space Astronomy and Astrophysics

教職員：山田 亨 石田 学 海老沢研 関本裕太郎 坪井昌人 堂谷忠靖 中川貴雄 松原英雄 山崎典子
 和泉 究 片坐宏一 紀伊恒男 北村良実 国分紀秀 村田泰宏 山村一誠 山口弘悦 辻本匡弘 鈴木仁研
 田村隆幸 土居明広 前田良知 和田武彦 渡辺 伸 磯部直樹 小栗秀悟 田代 信 羽澄昌史 金田英宏
 石崎欣尚 寺田幸功 藤本龍一 MATSUDA Frederick Takayuki LAU Ryan Masami 内田和海 周 雨
 小森健太郎 米山友景 永田 竜
 宇宙研院・学生：内田悠介 桂川美穂 下向怜歩 HUANG Ting Chi 大西崇介 松本光生 桶屋誠人 高久諒太
 渡邊尚貴 武尾 舞 御堂岡拓哉 高倉隼人 平野航亮 八木雄太 富永愛佑 大城勇憲
 田中圭太 増村 亮 藤田康平 長塚知樹 中間洋子サラ 宮本明日香 中野 遼 蜂須賀大暁
 宮川陸大 大間々知輝 栗原明稀 海老原大路

1. 概要

宇宙物理学研究系では、宇宙空間からの観測を主な手段とする宇宙物理学の観測的研究、次世代の観測装置・観測技術の研究、新しい宇宙ミッションの検討や立ち上げを行っている。観測は電波、サブミリ波・赤外線、可視光、X線・ガンマ線までの広い波長をカバーしており、相補的に地上の観測装置を用いた研究も行っている。主な観測対象は、銀河団、活動銀河核、銀河、恒星、星形成領域や原始星、超新星残骸、高密度星、星間物質、太陽系外惑星、宇宙背景放射などである。

宇宙物理分野の衛星計画としては、X線天文衛星「ASTRO-H」後継として進められているX線分光撮像衛星「XRISM」の開発に加え、戦略的中型ミッション2号機として選定された宇宙背景放射偏光Bモードの検出を目指すLiteBIRD計画、公募型小型3号機として選定された近赤外線位置天文衛星JASMINE計画の概念検討をすすめた。また、公募型小型5号機の候補であるHiZ-GUNDAM計画、同じく5、6号機の候補として理工学委員会により推薦された精密フォーメーションフライト実証衛星計画SILVIAについても概念検討段階にいたる開発研究を進めた。

本研究系では、これらの計画に多くのメンバーが併任・参加している。同時に、これまでの衛星の蓄積デー

タを用いた研究とともに将来計画についても基礎開発研究並びにこれを用いた科学成果の創出に向けた研究を進めている。また、国際宇宙ステーションに搭載されている宇宙観測装置MAXI, CALETの運用と、そのデータを使った研究も行っている。戦略的海外共同計画プロジェクトとして、国際大型計画であるNancy Grace Roman望遠鏡(NASA), Athena (ESA), LISA (ESA)への参加および参加のための開発研究も積極的に進めた。

特定のプロジェクトに限らない次世代の観測装置として、X線や赤外線の軽量望遠鏡、ピクセル型赤外線検出器、極低温を用いたX線分光検出器、宇宙冷却技術、コロナグラフ、X線・ガンマ線ピクセル検出器、アナログおよびデジタル信号処理技術、ミリ波サブミリ波超低雑音ヘテロダイン受信機、次世代VLBI技術、光格子時計の宇宙応用などの研究を進めている。

2. 2021年度の研究成果

電波からガンマ線までの幅広い波長域で多様な宇宙の現象の解明を進めるとともに、将来ミッションのための新たな観測装置の開発、既存の検出器の改良、ミッション検討を並行して進めた。また、原子分子素過程を中心に、理論的研究を進めた。

メンバー区分

教職員：教授、准教授、助教、特任教授、特任准教授、特任助教、客員教授、客員准教授、国際トップヤングフェロー、名誉教授、研究開発員、招聘職員（含外部資金博士研究員）、宇宙航空プロジェクト研究員

学振特別研究員：日本学術振興会特別研究員

受託研究員

宇宙研院・学生：東京大学学際講座大学院生、総合研究大学院大学院生、連携大学院大学院生、特別共同利用研究員

他大学院・学生
JAXA 他本部職員

2.1 X線・ガンマ線領域での研究

観測研究としては、様々なX線・ガンマ線衛星のデータを用いて研究を行っており、XMM-NewtonとNuSTAR衛星によるIa型超新星残骸3C397の鉄族元素の空間分布測定研究や、「すぎく」による大マゼラン星雲内超新星残骸N103Bの観測、矮新星SSCygの静穏期/活動期におけるX線放射プラズマの空間分布の研究、強磁場白色矮星連星いて座V1223星についての新しいX線反射成分モデルの研究、X線背景放射ゆらぎの研究、X線パルサーHercules X-1のX線放射領域についての研究などを行った。国際協力による太陽X線観測のための観測ロケット実験FOXSI-4の開発や、硬X線偏光観測のための大気球実験XL-Caliburの開発も進めた。

将来のより感度のよい観測のための開発研究も様々な方面で行った。TESマイクロカロリメータに関しては、地上応用実験として透過型顕微鏡への組み込み、また多画素化にむけた開発を推進した。半導体検出器に関しては、低バックグラウンド化、エネルギー分解能および位置分解能の向上、大フォーマット化等を多方面で進めた。ガンマ線検出器では、高感度化を目指し、電子飛跡を検出できる半導体コンプトンカメラの研究の開発を進めた。また、ASTRO-H衛星で確立したCdTe半導体硬X線撮像分光検出器は、負ミュオンビーム試験や医学イメージングなど他分野への展開を図り、さらなる高精度化へ向けた研究をひきつづき実施した。

X線・ガンマ線領域から光赤外領域にまたがる計画として、公募型小型衛星の候補であるHiZ-GUNDAMの検討を進め、ミッション定義段階での検討を行うための科学目的の深化、科学機器の概念検討、衛星システムの概念検討を推し進めた。

2.2 可視光線・赤外線領域での研究

小型赤外線位置天文観測衛星JASMINEについてはミッション定義段階の活動を進め、とくにInGaAs検出器の有用性と宇宙用品化についての検討を行い、これを踏まえたミッション部システムの検討を進めた。

NASAのJWSTに続く宇宙物理の基幹ミッションであるNancy Grace Roman望遠鏡については、戦略的海外共同プロジェクトとしてこれに参画する活動をすすめ、コロナグラフ偏光素子の製作、Ka26GHz帯データ受信協力のための地上局検討を行った。

可視光線・赤外線領域では、赤外線天文衛星「あかり」をはじめとする様々な赤外線観測衛星のデータ、地上望遠鏡による観測など、多様な手段・データを活用して研究を進めた。

科学研究成果として、「あかり」衛星によるデータを用いた研究成果を引き続き創出しており、まず、赤外線による深宇宙探査を行った北黄極領域においては、すばる望遠鏡HSC観測データと合わせて原始銀河団候補天体を探査する研究や銀河の合体率を求める研究などを行っ

た。原始惑星系円盤の中・外部領域のダストの消失時間スケールについての研究や、太陽系惑星間塵について黄道放射スペクトルの研究を行った。また、一酸化炭素回転振動遷移輝線による活動銀河核分子トラス内部領域についての研究、高光度遠赤外線銀河の再結合輝線の特異な強度比についての研究、フィラメンタル状の分子雲の大質量星形成領域RCW36の[CII]輝線領域の研究などを行った。

地上望遠鏡や様々なデータアーカイブを用いた研究も行い、活動銀河核については、電波銀河ジェットにおける粒子加速の現場を調べる多波長観測研究、すばる望遠鏡HSCによる多色深撮像に基づく高赤方偏移の活動銀河核の変光サンプルを構築する研究などを行った。

また、観測研究と並行して、将来計画のために赤外線観測技術の開発を進めた。高分散分光観測をめざして、イマージンググレーティングの開発、シリコン支持型BIB(Blocked Impurity Band)ゲルマニウム遠赤外線検知器とFD-SOI CMOS極低温読出集積回路を組み合わせた世界最多となる 32×32 画素を持つ遠赤外線画像センサを実現するための開発、国立天文台との協力によるJASMINE計画のためのInGaAs近赤外検出器の宇宙用品化のための開発研究を進めた。

宇宙における極低温技術開発も継続して行い、ジュール・トムソン(JT)冷凍機の自在な配置を可能にすることを目指し、冷凍基長寿命化のための実証実験、冷凍機擾乱を低減するための振動除去装置の開発、熱交換器を直線にした4K級および2K級JT冷凍機の実証試験を行った。さらに、極低温サーマルストラップの開発研究も引き続き行った。

2.3 基礎物理学領域での研究

基礎物理学領域として、宇宙マイクロ波背景放射の精密観測によるインフレーションの検証、重力波天文学、宇宙観測および直接探索による暗黒物質探査、時刻精度向上にむけた原子核時計・光格子時計の開発への協力などを進めている。

宇宙マイクロ波背景放射の偏光観測に関して、高エネルギー加速器研究機構や東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構などの国内研究機関、米国、欧州、カナダの海外研究機関と協力してLiteBIRD計画の設計検討を進めた。JAXAの担当する低周波望遠鏡(LFT: low frequency telescope)については、1/4スケールモデルを開発して、偏光角の高精度測定手法を開発した。太陽-地球Lagrange 2軌道における放射冷却装置の最適化や宇宙線を考慮した上空データ取得の最適化を行った。また海外研究機関とのインターフェース調整を進めた。

重力波天文学については、日本の地上大型検出器計画KAGRAで実施された干渉計稼働実験への継続的な参加、宇宙用重力波検出器のフィジビリティスタディを進めている。宇宙用検出器については、東大理・国立天文

台・電通大の研究者らと共に、欧州の LISA 計画搭載用レーザー受光装置（フォトレシーバ）の開発検討を進めた。

2.4 電波領域での研究

電波領域では、ALMA, VLBA など内外の電波望遠鏡を用いて、幅広く観測的研究を行った。観測対象天体は活動銀河核、銀河系中心、メーザー天体等のコンパクトな天体である。ALMA 観測データを用いて銀河系中心部の分子雲中の熱い分子コアについての研究などを行った。

将来の衛星ミッションを見据えて、気球 VLBI 実験機の開発、米国と次期スペース VLBI の検討や低雑音ミリ波受信機の開発も行った。また、電波天文観測技術の応用として、深宇宙探査用新地上局アンテナ GREAT の建設に参加した。特に K 帯冷却低雑音受信機をインハウスで製作してアンテナに搭載し受信運用を行った。

2.5 科学ミッション冷却システム開発

様々な波長での低雑音検出器として、極低温で動作するボロメータ/マイクロカロリメータを用いることが提案されており、本研究系に関するものでも、LiteBIRD (マイクロ波)、Athena (X 線) などがこれに該当する。これらに共通する冷却システムの開発は、これまでのプロジェクトや研開発部門との協力で行われてきた。2016 年からは、ESA の Core Technology Program として軌道上でセンサを 50mK まで冷却するシステムの開発に CNES とともに応募し、ジュールトムソン冷凍機を担当し、フランスでの実際の冷却実験に参加している。

3. 研究項目

3.1 X 線ガンマ線領域での研究

3.1.1 観測研究

3.1.1.1 ジオコロナからの電荷交換反応による軟 X 線放射の研究

3.1.1.2 強磁場激変星からの X 線放射モデルの確立と、「すざく」の観測データに応用しての白色矮星質量の導出

3.1.1.3 X 線連星パルサーの放射機構の研究と「すざく」の観測データへの適用

3.1.1.4 軟 X 線背景放射の性質と起源についての観測研究

3.1.1.5 超新星残骸の X 線観測

3.1.1.6 Fe 輝線を用いた活動銀河核の放射領域の研究

3.1.1.7 「すざく」による X 線背景放射からのダークマター放射の探索

3.1.1.8 銀河、銀河団、超銀河団の X 線観測

3.1.1.9 Fermi 衛星を用いた高エネルギーガンマ線天文学

3.1.1.10 MAXI の全天 X 線モニター観測データを用いた研究

3.1.1.11 CALET の宇宙線、ガンマ線バースト、宇宙天気データを用いた研究

3.1.2 観測技術の開発研究

3.1.2.1 高温塑性変形技術を用いたシリコン反射鏡基板の開発

3.1.2.2 前置光学系を用いた高角度分解能 X 線光学系の開発と像再合成法の研究

3.1.2.3 将来の宇宙ミッション、また地上応用のための TES 型 X 線マイクロカロリメータの開発

3.1.2.4 X 線 CCD カメラのエネルギー応答の研究

3.1.2.5 高精度硬 X 線撮像分光検出器の開発研究

3.1.2.6 高感度ガンマ線検出器、ガンマ線偏光検出器の開発研究

3.2 赤外線領域での研究

3.2.1 観測研究

3.2.1.1 北黄極領域の多波長観測による宇宙激動期の銀河進化の特性の研究

3.2.1.2 銀河の分子ガス量と構成する星形成活動との関係の研究

3.2.1.3 すばる望遠鏡による広視野変光活動銀河核探査

3.2.1.4 銀河の中の吸収フィーチャーと星形成活動と関係の観測的研究

3.2.1.5 中間・遠赤外線による電波銀河ホットスポットにおける粒子加速の研究

3.2.1.6 活動銀河核周囲の構造の「あかり」赤外線分光と数値シミュレーションによる研究

3.2.1.7 「すばる」望遠鏡と数値シミュレーションによる活動銀河核分子トラス構造の赤外線分光研究

3.2.1.8 近傍渦巻銀河の「あかり」赤外線撮像研究

3.2.1.9 光学赤外線観測による原始銀河団領域研究

3.2.1.10 Nancy Grace Roman 望遠鏡にむけた銀河進化研究

3.2.1.11 星形成領域の偏光観測による磁場構造研究

3.2.1.12 星形成領域の赤外線偏光の探査観測

3.2.1.13 原始惑星系円盤および残骸円盤の消失過程の研究

3.2.1.14 赤外線・電波観測による銀河系大質量星形成領域における星間物質の研究

3.2.1.15 「すばる」「あかり」中間赤外線観測による彗星ダストの宇宙鉱物学的研究

3.2.1.16 突発的質量放出天体の赤外線・電波観測と放射モデルによる研究

3.2.2 観測技術の開発研究

3.2.2.1 GeBIB/FD-SOI CMOS 遠赤外線画像センサの開発研究

3.2.2.2 単一材料多層干渉光学フィルターの開発研究

3.2.2.3 中間赤外線用イメージングレーティングの開発

3.2.2.4 波動追跡計算による中間赤外線高分散分光器の波長分解能の評価

3.2.2.5 「あかり」搭載分光器の二次光影響評価による校正精度向上

3.2.2.6 宇宙における極低温冷却冷凍機の開発

- 3.2.2.7 宇宙における極低温冷却のための物性値測定研究
- 3.2.2.8 Nancy Grace Roman 望遠鏡への日本の参加の推進
- 3.2.2.9 JASMINE の実現性にむけたシステム検討
- 3.3 基礎物理学領域での研究
- 3.3.1 LiteBIRD 計画の推進
- 3.3.2 LISA 計画の推進
- 3.4 電波領域での研究
- 3.4.1 観測研究
- 3.4.1.1 臼田 64m アンテナをはじめとする JAXA の追跡用アンテナを使った電波天文観測の推進
- 3.4.1.2 AGN の電波ジェットの加速収束メカニズムの解明を目指した VLBI を用いた観測的研究

- 3.4.1.3 ALMA を用いた銀河系中心の分子雲と星生成の観測的研究
- 3.4.2 観測技術の開発研究
- 3.4.2.1 気球 VLBI フライト実験機の開発
- 3.4.2.2 低雑音ミリ波受信機の開発
- 3.4.2.3 深宇宙探査用新地上局 GREAT の建設への参加

4. 研究ハイライト (p.2~23)

- ・「宇宙のものさし」の異端児? — 最も高密度な白色矮星による超新星爆発の痕跡を特定 — 【X 線天文衛星 XMM-Newton】

2. 太陽系科学研究系

Department of Solar System Sciences

教職員：齋藤義文 藤本正樹 中村正人 佐藤毅彦 白井寛裕 清水敏文 阿部琢美 篠原 育 浅村和史
 TASKER Elizabeth 岩田隆浩 田中 智 岡田達明 安部正真 尾崎正伸 塩谷圭吾 坂尾太郎 山本幸生
 長谷川洋 山崎 敦 村上 豪 春山純一 白石浩章 早川雅彦 三谷烈史 長井嗣信 倉本 圭 橘 省吾
 亀田真吾 菅原春菜 O'DONOGHUE James 村上真也 鳥海 森 鄭 祥子 西野真木 金丸仁明
 庄司大悟 深井稜汰 RUJ Trishit 青木翔平 益永 圭 兵頭龍樹
 宇宙研院・学生：石城陽太 滑川 拓 山本直輝 YANG Jingxuan 大谷健人 正木和馬 児山真夕 吉田 南
 小野寺圭祐 植村千尋 大杉 歩 豊川広晴 平田佳織 王昶欽 今川裕喜 三平 舜 野澤仁史
 李 正林 猪 裕太
 他大学院・学生：田中勇人 尾原咲穂 梅岡大貴 肥後雄大 飛田奈々美 池谷広大 渡邊広夢 阿久津岳生

1. 概要

太陽系科学研究系では地球・太陽を含んだ太陽系天体、及び、太陽系空間を研究対象とする。強く関連する学術分野としては、宇宙プラズマ物理、太陽物理、太陽圏科学、地球・惑星磁気圏物理、地球・惑星電離層物理、惑星大気科学、惑星地質学、惑星物理学、惑星進化論、太陽系形成論、宇宙物質科学等が挙げられる。

運用中や運用終了した衛星・探査機（ジオスペース探査衛星「あらせ」、磁気圏尾部探査衛星「GEOTAIL」、金星探査機「あかつき」、水星探査機（BepiColombo/Mio）、小惑星探査機「はやぶさ2」、惑星分光観測衛星「ひさき」、太陽観測衛星「ひので」や「はやぶさ」「はやぶさ2」サンプル・キュレーション活動等）からのデータを解析し科学的成果を生み出すとともに、開発中の火星衛星探査計画（MMX）、木星氷衛星探査計画（JUICE）、国際紫外線天文衛星（WSO-UV）、二重小惑星探査計画（Hera）、土星衛星タイタン着陸探査ミッション（Dragonfly）等を確実に進める。

基礎的な学術研究と同時に、新しい観測機器・探査方法の開発、新しいミッションの企画検討も行う。さらに、衝突実験装置を用いた研究や、気球・観測ロケットによる観測も行っている。

2. 2021 年度の研究成果

別ページにまとめられた「研究ハイライト」における太陽系科学研究系からのエントリーは小惑星探査機「はやぶさ2」、ジオスペース探査衛星「あらせ」(ERG)、金星探査機「あかつき」(PLANET-C)に関するものである。

2.1 太陽物理学

飛翔 15 年を迎えた「ひので」観測を中心として太陽プラズマの観測研究を推進することで、コロナ加熱やフレア発現機構など、宇宙科学における重要な課題について観測的な研究を進め、様々な成果を得た。マイクロフレアの熱的/非熱的エネルギー配分に関する連携観測成果、太陽磁場と様々な波長の輝線の相関関係、などの成果が得られ査読誌への発表等を行った。

観測ロケットや大気球による新しい観測の開拓とともに、2020 年代に実現を目指す太陽観測衛星ミッションの立ち上げを加速させた。太陽研究コミュニティの討議の結果として、日本の太陽研究の将来構想の中核として公募型小型衛星 Solar-C (EUVST) のプロジェクト化に向けた活動を進めた。Solar-C (EUVST) には、太陽彩層から遷移層・コロナ、さらにはフレアによる超高温プラズマが発する EUV 輝線を観測する高解像度分光装置

EUVST を搭載し、太陽外層大気や太陽風の形成および大規模なフレア爆発の発現機構の解明を先鋭的に取り組む計画である。2020 年 4 月に公募型小型 4 号機に選定された後に、米国 NASA や欧州諸国の宇宙機関（フランス、イタリア、ドイツ、スイス）・ESA とは EUVST 分光器部の開発等への参加調整が進み、2020 年 12 月に正式参加が決定された米国 NASA 等との合意文書の調整、試作のための設計やインターフェース調整が進められた。

また、Solar-C (EUVST) の立ち上げに目処が付きつつあり、研究コミュニティでは 2030 年代における飛翔体を含む太陽研究のロードマップ検討が始まった。

プラズマ粒子の加速や加熱などの活動現象を引き起こす磁気リコネクションは、実験室や太陽・地球磁気圏のプラズマのみならず、惑星磁気圏、さらにパルサー、系外銀河など高エネルギー天体の活動性の鍵を握る、普遍的な物理過程と認識されてきた。高速 CMOS 検出器と独自開発の高分解能・低散乱 X 線ミラーを用いた X 線光子計測による撮像分光観測によって、太陽フレアを生起する高速の磁気リコネクションのもとで進行する粒子加速過程・高温プラズマ生成過程の解明をめざすイブシロン衛星計画 PhoENiX を、磁気リコネクションと粒子加速をキーワードとする関連分野と協同して検討しており、2030 年代の打上げを目指して活動を進めている。また、将来の太陽 X 線観測に向け、サブ秒角の空間分解能を持つ斜入射 Wolter ミラーをセグメントミラーで実現する国産開発研究を進めている。PhoENiX 計画を念頭に、これまでにミラーの大型化に向けた要素試作検討と X 線による評価計測、さらに形状計測の高速化のための CGH (Computer-Generated Hologram) 素子を導入した計測検討を進めており、ミラーの大型化に必要な要素技術を着実に獲得している。

NASA 観測ロケットによる、2015 年の CLASP 打上げ成功に続くリフライトとして、CLASP2 (Chromospheric Layer Spectro-Polarimeter 2) が 2019 年 4 月に飛翔した。CLASP が太陽彩層からの水素 Ly α 線に対する偏光分光によりハンレ信号の検出を行なったのに対して、CLASP2 はマグネシウム線 (Mg II h, k) の偏光分光からハンレ効果・ゼーマン効果による磁場信号の検出を目指す。搭載観測装置のキー技術であり、偏光観測に必要な精密連続回転機構は、この研究系で開発されたものである。さらに、CLASP・CLASP2 の成功を受け、CLASP2 望遠鏡をそのまま使い観測ロケットのポインティング制御により 2 次元データを取得する CLASP2.1 を 2021 年 10 月に打ち上げ、現在科学成果創出に向けたデータ較正を精力的に進めている。また、同じく NASA 観測ロケットを用いた FOXSI-3 (Focusing Optics X-ray Solar Imager 3) で焦点面 X 線 CMOS ピクセル検出器の読み出し・データ記録系の開発を行い、太陽軟 X 線コロナの撮像分光観測に成功した (2018 年) のに続き、フレアを観測対象に狙う日米共同観測ロケット計画 FOXSI-4 を、2024 年の

打上げに向けて準備を進めている。

観測ロケット (CLASP2) と下記の国際大気球 (Sunrise-3) による飛翔実験は ISAS の小規模太陽観測プロジェクトとして推進されている。ともに、太陽光球面よりも上空大気 (彩層・遷移層) で磁場の計測診断を行う新しい観測の実現を目指す実験である。

1m 口径可視光・紫外望遠鏡を北極圏で飛翔させる国際大気球実験の第 3 回目飛翔 (Sunrise-3) に、焦点面観測装置の一つとして SCIP (Sunrise Chromospheric Infrared spectropolarimeter) を国立天文台と当研究系が中心となって開発している。この観測装置は、近赤外域の吸収線群を精密に偏光分光計測し光球～彩層の磁場ダイナミクスを高解像度観測するものである。2021 年度は、SCIP の組立ておよび各種性能評価試験が実施され、完成品が大気球実験を主導するドイツの研究所に引き渡された。当研究系が担当した精密視野スキャン機構や精密連続回転機構について動作や性能評価が、コロナ禍の渡航困難な中でもリモートで進められた。Sunrise-3 は 2022 年 6 月に北極圏で飛翔する予定である。

2.2 宇宙プラズマ

宇宙プラズマ研究グループでは、2015 年 3 月 12 日に米国フロリダ州ケネディー宇宙センターから打ち上げられた米国の編隊飛行衛星 MMS 衛星搭載観測装置の一つである、FPI (Fast Plasma Instrument) -DIS (Dual Ion Sensor) 16 台の設計・製作・アセンブル・単体環境試験・初期性能確認試験を担当して深く MMS 計画に参加している。2021 年度も FPI-DIS は 16 台全てが大きな問題もなく観測を継続し、GEOTAIL 衛星等とも共同観測を実施しながら磁気圏尾部領域における磁力線再結合領域の観測を行った。

BepiColombo は日欧共同のもと進められる国際水星探査計画であり、JAXA は水星磁気圏探査機「みお」(MMO) の開発・運用を担当している。2021 年度は金星および水星スイングバイ、惑星間空間における科学観測、また搭載機器チェックアウト運用を実施した。2021 年 8 月に 2 回目の金星スイングバイ、10 月に 1 回目の水星スイングバイを実施し、計画通りの軌道修正に成功したほか科学観測を実施した。金星スイングバイ時は高度 550 km まで接近し金星誘導磁気圏のシース領域や電離圏の観測に成功したほか、太陽風上流に位置していた Solar Orbiter との同時観測も実施した。水星スイングバイでは世界で初めて水星磁気圏内での低エネルギー電子とイオンの同時観測に成功し、また南半球にこれまでの探査で最も接近し磁場の観測を実施した。惑星間航行中も他探査機との位置関係などに応じて太陽風電子の観測キャンペーンを複数回実施した。定期的なバッテリーメンテナンスおよび搭載機器健全性確認運用を行った。また 2025 年の水星到着に向けた運用準備として探査機シミュレータお

よび観測計画立案・検証ツールの整備を進めた。並行して国際サイエンスチームによる科学運用計画の策定に向けた準備を進めた。2021 年度はすべてリモート会議とし、月 1 回の頻度で国際チーム会合を開催した。また国際学術誌 Space Science Review における BepiColombo 特集号の出版を進めた。

SS-520-3 観測ロケット実験は、カスプ領域におけるイオン流出現象の解明を主目的としてプラズマ粒子と電場・磁場の直接観測を行う実験であるが、2021 年 11 月 4 日 10:09:25UT にノルウェー/スピッツベルゲン島のノーオルスンから磁気嵐の最中に打ち上げられた。ターゲットとしていたカスプを飛行することができ、搭載観測装置もほぼ全て観測データの取得に成功したためデータの解析を進めた。

地球の超高層大気では脈動オーロラと呼ばれる数秒毎に明滅するオーロラが見られる。脈動オーロラはプラズマ波動の一種であるコーラス波動が磁気圏において keV 帯の電子の降下を引き起こすことで発光すると考えられているが、同時に相対論的高エネルギー電子降下も引き起こしている可能性がある。この高エネルギー電子降下と脈動オーロラの関連を実証的に明らかにするため、米国の大学、NASA と連携し、RockSat-XN 計画及び LAMP 計画の 2 観測ロケット実験に参画した。RockSat-XN は 2019 年 1 月 13 日 09:13:00 UT にノルウェー/アンドーヤから打ち上げられ、磁気圏内でコーラス波動によって散乱され、低高度に降り込んできたと考えられる高エネルギー降下電子の直接観測に成功した。LAMP は 2022 年 3 月 5 日 11:27:30 UT にアラスカ/ボーカーフラットから打ち上げられ、高速変調する脈動オーロラ発光領域の飛翔に成功した。搭載観測機器は高エネルギー電子降下や高速変調を内包する脈動オーロラ発光層を捉えている。今後、米国側搭載機器、地上観測機器のデータも含めた解析を実施し、高エネルギー電子降下現象の解明につなげてゆく。

JSPS 科研費の支援により、九州工業大学が開発する超小型衛星 BIRDS-5 に高エネルギー電子観測器を搭載する機会を得たので、搭載用の装置 Particle Instrument for Nano-satellite (PINO) の開発を九州工業大学との共同研究で進めている。PINO のミッションの目的は、1) Si/CdTe 半導体を用いた小型高エネルギー電子検出器を CubeSat に搭載して実証すること、2) 放射線帯から地磁気に沿って降ってくる高エネルギー電子のフラックスを測定すること、の 2 点である。BIRDS-5 は、2022 年秋に国際宇宙ステーションから放出される予定であり、北半球の地磁気緯度 60 度以上の領域で「あらせ」衛星との同時観測なども目指している。2021 年度中には PINO のフライトモデルの開発を完了し、九州工業大学にて BIRDS-5J

(Taka) 衛星に組み込まれ、機能試験を問題無く完了させ、打上げ準備が整った。

あらせ衛星に続く日本の宇宙空間物理学におけるコミュニティミッションとして極域編隊飛行観測衛星計画 FACTORS の検討を 2018 年 12 月に理学委員会の下に FACTORS WG を設立して進めている。FACTORS の科学目的は編隊飛行衛星による多点同時観測と最先端観測技術により、複数時間・空間スケールで宇宙プラズマ・地球超高層大気現象を統合的に捕捉・解析することで時空間分離を実現し、宇宙地球結合系を構成・支配している物質的・電磁的基礎機構の実証的・定量的解明を行うことである。2021 年度は、推進系を含む衛星システム検討や地上系の検討を進めた他、搭載観測装置の開発を実施した。

2.3 惑星大気

地球の超高層大気領域は中性大気と電離大気が共存する地球大気の中でも特異な空間であり、未解明の現象の解明のために飛翔体搭載用測定器の開発を行っている。ひとつは電離圏イオンのドリフト速度および密度の測定器、もうひとつは中性大気密度推定のための真空計である。

電離圏擾乱発生時の電子密度鉛直・水平構造観測を主目的として 2022 年夏期に観測ロケット S-520-32 号機が打ち上げられる予定となっている。この実験の主なターゲットである MS-TID (中規模伝搬性電離圏擾乱) においては電離圏中の中性大気が存在が現象の発生に重要な役割を果たしている。開発中の真空計はこの観測ロケットに搭載され、ロケットの位置で中性大気の圧力測定を行い取得データから大気密度を推定する計画である。2021 年度は真空計のフライト品を真空チェンバー内に設置しての機能確認試験、環境試験を実施し、計器合わせ・噛み合わせ試験に参加した。

惑星分光観測衛星「ひさき」は、2013 年 9 月に打ち上げられ、同年 12 月から現在に至るまで木星・金星・火星等の惑星観測を継続している。特に、NASA Juno 木星探査機の近木点通過時に合わせた継続的な木星観測は、本格的な木星磁気圏探査の黎明期に日本が担うべき重要な独自のプレゼンスを示し、国内外の研究者から注目を集めている。2021 年 8 月の BepiColombo と Solar Orbiter の金星スイングバイ時と、同年 12 月のレナード彗星 (C/2021 A1) の金星接近時にあわせて金星の協調観測を実施した。また、2019 年に実施されたハッブル宇宙望遠鏡、XMM-Newton X 線観測衛星との木星北極域オーロラの協調観測から、軟 X 線オーロラ・硬 X 線オーロラの発光メカニズムが独立に発動することを示唆した結果が学術誌に掲載された。今後も Juno の近木点通過時に合わせた木星協調観測や金星探査機「あかつき」との金星協調観測を継続し、惑星磁気圏内のエネルギー・物質の輸送

と惑星大気進化に関する研究を推進する。

金星探査機「あかつき」は2010年5月に種子島宇宙センターから打ち上げられた。2010年12月に金星周回軌道への投入に失敗したが、5年間太陽の周りを回った後、2015年12月に再び金星周回軌道への投入を試み成功した。金星到着後は、金星大気、特にその動きを観測し、地球とは大きく異なる金星の気象を明らかにしている。1 μm 赤外線を観測するIR1カメラ、2 μm 赤外線を観測するIR2カメラ、中間赤外線を観測するLIRカメラ、283 nmと365 nmの紫外線を観測するUVイメージャ、そして雷を観測するLACカメラを装備している。これらのカメラは、さまざまな高度で雲や微量成分の画像を継続して撮影し、金星大気の動きの3次元構造を明らかにしている。さらに、金星大気の鉛直構造を理解するために欧州宇宙機関のビーナス・エクスプレスに搭載されているものと同一の超高安定発振器を電波掩蔽測定用に搭載しており、近金点において電波掩蔽観測を実施している。IR1とIR2のカメラは1年以上作動し、他のカメラは現在も金星を観測している。

あかつき搭載の長波赤外カメラ LIR を用いて、金星雲層上部の太陽光吸収が励起する熱潮汐波の全球構造を世界で初めて明らかにした。またUVIデータ、および「あかつき」以前の諸外国の探査機データの解析により、金星紫外アルベドの長期変動(2006-2018)を調べ、2倍もの強度変化がある事を明らかにした。アルベドが変わると太陽光による大気の加熱量が変化する。このことが金星雲層上部の風速の変化を引き起こしている可能性がある。

更にスーパーローテーションの維持メカニズムに赤道域での熱潮汐波が主に貢献していることがUVI、LIRのデータをもとにした風速の解析で理解された。

「あかつき」は雲の中層、下部を観測できるIR1、IR2(現在は活動を休止)を持っており、これらの画像を解析すると、金星の雲の下側に、風よりも速く西に向かって伝播しながら、週単位ではほとんど歪みを生じない、鋭い不連続構造があることがわかった。数値シミュレーションの結果と、上層雲の観測結果にこの現象が見られないことから、この現象は雲の下で発生した大気の波であり、スーパーローテーションしている上層雲にエネルギーを送り込んでいる可能性がある。

「あかつき」は大気上層の雲域でのダイナミクスを多く解明したが、更に深い大気の底や地表面のことはわからなかった。「あかつき」の研究成果から、この領域の大気化学組成や動きが大切なことがわかってきた。「あかつき」に続く各国の探査機や日本の後継機がこの領域にアプローチすることは、金星をより深く理解するだけでなく、系外惑星大気研究にも応用の広がる重要なステップである。

戦略的火星探査の今後 20 年のマイルストーンのひと

つとして昨年度発足した、火星大気散逸観測計画「戦略的火星探査：周回・探査技術実証機による火星宇宙天気・気候・水環境探査(MACO)計画」WGにて、火星大気散逸研究に関わる科学検討を推進した。JAXAとして参加意向表明された、次期国際火星探査 Mars Ice Mapper(MIM)の国際検討に資する科学目的・戦略に再構成し、将来の火星有人探査に向けた水資源の把握と科学目的としての氷の起源と分布、火星環境変化の理解の融合を狙うミッション定義を進めた。並行して、火星衛星探査計画(MMX)における「火星科学サブサイエンスチーム(Mars Science SST)」に参加し、火星大気観測の検討を進めた。火星大気・散逸大気に関わる科学目標の先鋭化・具体化を進め、観測計画へのフィードバックを行っている。

World Space Observatory Ultraviolet (WSO-UV))はロシアが主導する口径1.7 mの大型宇宙望遠鏡である。2025年に打上げ予定で、静止軌道から紫外線領域に特化した観測を行い、(1)ダークマターの同定、(2)天の川銀河の形成と進化の理解、(3)ブラックホールを取り巻く物理機構の解明、(4)系外惑星大気の検出を目指す天文衛星である。JAXAはWSO-UV搭載装置である系外惑星分光観測装置UVSPectrograph for EXoplanets(UVSPEX)の開発を担当する。

地球生命体は、宇宙において唯一の存在なのか、それとも普遍的に存在するのか。生命は、どのように発生し、進化するのか。これらの謎を解明することは物理学の究極的な目標の一つである。その究極目標にむけて、天文学・惑星科学は、太陽系内外の天体に生命指標(バイオマーカー)を検出し、その環境条件とそこに至る起源と進化、そして宇宙における生命の存在確率と多様性を解明することを大目標としている。その中で、本計画では、太陽系外の惑星(以下、系外惑星という)に対して、宇宙望遠鏡による観測的研究を中心として(1)系外惑星上にバイオマーカーを検出すること、(2)生命が存在する惑星表層環境を明らかにすることをUVSPEXの大きな科学目標として掲げている。UVSPEXは波長115-140 nmにおけるトランジット分光観測を行い、地球型系外惑星の酸素または水素大気の検出を目指す。UVSPEXはスリット、回折格子、検出器で構成される紫外線分光装置である。

2021年度はWSO-UV計画についてシステム定義審査および部門内プロジェクト移行審査を実施し、WSO-UV所内プロジェクトチームの設置およびUVSPEXのエンジニアリングモデル(EM)の開発着手を承認された。ロシアWSO-UVチームと機器搭載に向けた調整を進めつつ、UVSPEX EM開発を進めたが、2022年2月のロシアのウクライナ侵攻により、計画は一旦停止している。

宇宙科学の中でも最も根源的な問いの1つである、なぜ地球だけが生命を育む天体となったのか、に紫外線観測から挑戦する、惑星科学、生命圏科学、および天文学に向け

た紫外線宇宙望遠鏡計画 (LAPUTA) WG を立ち上げた。太陽系における生命存在可能環境を探るため、観測ターゲットを巨大惑星の水衛星 (固体表面・大気・ブルームを含む) と磁気圏プラズマとの相互作用、太陽系地球型惑星大気の膨張や散逸に定め、太陽系の内外における惑星・衛星の生命環境を普遍的視座のもとに理解することを目的とする。また、予定されるハッブル宇宙望遠鏡の引退後を見据え、銀河形成論や時間領域天文学の未解決課題に特化して適用することも視野に入れる。望遠鏡部・検出器部の光学設計を進め、衛星システム検討を進めた。

2.4 固体惑星

小惑星探査機「はやぶさ 2」は 2018 年 6 月から 2019 年 11 月までに、C 型小惑星リュウグウを高度 20 km のホームポジションからのグローバルマッピング、低高度からの高解像度観測、着陸機によるその場観測、衝突装置による人工クレータ形成実験、そして 2 回のサンプル採取を実施し、リュウグウの特徴や形成・進化過程に関する知見を得て、その成果は Nature 誌や Science 誌などに多数の論文が掲載された。2020 年 12 月にサンプルの地球帰還・回収に成功し、「はやぶさ 2」専用クリーンルームでサンプル・キュレーション作業を開始した。合計 5.4 g の試料が回収され、初期記載として顕微鏡観察、計量、赤外線分光 (FTIR)、赤外線分光顕微撮像 (CNES 提供の装置 MicrOmega) を進めている。計 400 粒子以上の初期記載を進め、一部は事前に選定された分析チームによる詳細分析が進められている。最初の半年間における初期記載の結果は Nature Astronomy 誌に 2 本の論文が掲載された。サンプル帰還前までの結果と合わせた主な科学成果は以下が挙げられる。

1. C 型小惑星リュウグウはコマ型の天体形状、低い平均密度 ($1.19 \pm 0.02 \text{ g cm}^{-3}$)、岩塊に覆われた表面地形、人工衝突実験の結果から物質が重力レジーム (低摩擦な状態で緩く堆積している状態)、外来破片と考えられる反射特性の異なる物質が散在することから、リュウグウは母天体が衝突破壊し、破片が集まって形成されたラブルパイル天体であると推定される。
2. リュウグウ表面の反射率 2% と極めて暗い物質であり、 $2.72 \mu\text{m}$ に狭い吸収帯が存在する。帰還サンプルも同様の特徴を示し、代表的試料であることを示すとともに、 $2.7 \mu\text{m}$ 、 $3.1 \mu\text{m}$ 、 $3.4 \mu\text{m}$ の吸収の特徴から含水鉱物、有機物が広く存在し、かつ水和物や炭酸塩など水質変成の痕跡とみられる特徴も観察された。
3. リモートセンシングではリュウグウ表面のほぼ全域において、熱または衝撃によって変成した炭素質コンドライトと見做されたが、帰還サンプルの石質部分は細粒であり、熱変成の特徴はみられない。またはコンドリュールや CAI のような難揮発性含有物も無く、CI コンドライトに近い特徴を示す。粒子の平

均密度は通常の CI コンドライト隕石に比べて低く、微小な空隙やクラックの存在が示唆される。

4. リュウグウの熱慣性が低いというリモートセンシングや表層探査による結果は低密度な特徴と定性的に一致するが、最も脆い構造は採取の際に崩壊した可能性がある。地球の隕石は構造や変成度において既に変質している可能性を示唆する。
5. リュウグウの地形、多色分光撮像、熱撮像による観測から、過去の衝突破壊と再集積が起きた痕跡や、母天体での変成作用または宇宙風化による変質の証拠、表層物質が高空隙な物質で覆われている特徴が分かり、リュウグウの起源や進化史についての示唆が得られた。

「はやぶさ 2」は地球帰還後も拡張ミッションとして継続して運用し、小惑星 2001CC21 のフライバイ観測と 1998KY26 のランデブー観測を目指す。巡行中には系外太陽系の観測や黄道光の観測も実施する。

2024 年度の打上げを目指して開発中の火星衛星探査計画 (MMX) では、国際協力による赤外線分光計やガンマ線中性子分光計も含めた、搭載機器全般の開発を進めている。2021 年度には特に、各機器の試験用モデル (EM) の製造・試験や詳細設計審査会 (CDR) を行うとともに、観測運用計画についても議論を進めた。

欧米共同によるプラネタリディフェンス (地球衝突天体回避技術の実証) を兼ねた小惑星探査計画 AIDA は NASA の DART による S 型二重小惑星 Didymos の衛星 Dimorphos への衝突機と、ESA の Hera による事後の偵察機の 2 機による連携ミッションであるが、JAXA は Hera に熱赤外カメラ TIRI を搭載し、初の S 型小惑星の熱物性観測の実施、初の二重小惑星の詳細探査の実施、など太陽系初期進化の解明に重要な貢献を行う。Hera は所内プロジェクト移行がなされ、TIRI の開発に着手するとともに国内外のサイエンスチームが結成されて科学的議論とデータ解析手法についての議論が進められている。

ESA 主導の木星氷衛星探査計画 JUICE への日本からの参加機器の開発と、惑星間空間でのダスト分析とダスト放出天体のひとつである小惑星フェイトンのフライバイ観測を行う DESTINY+ の開発が本格化しつつある。また、米国 New Frontiers の最終候補に残る彗星サンプルリターン計画 CAESAR の検討にも参加している。さらに、次世代小天体サンプルリターン WG が工学委員会のもとで立ち上がり、2030 年代の世界の太陽系初期進化の解明に向けた科学を牽引してゆく。

これらの「小天体探査プログラム」を貫くキーワードは、雪線 (スノーライン) である。雪線とは、原始太陽系円盤において、水 (H_2O) がその内側では水蒸気、その外側では氷として存在した境界である。地球は雪線の内側で、天体内に水を取り込まないで生まれたであろう。その後、雪線の外側から小天体によって水や有機物等の揮発性物質が運ばれたからこそ、地球の生命居住可能性

はスイッチ・オンされた。この意味で雪線の外側で生まれた物質とその移動を理解することは重要であり、「小天体プログラム」は、まさに、この観点から構築されている。特に雪線外側的小天体では、彗星から始原的小惑星への進化過程でいつ、どの段階にあった天体がどのようにして水・有機物の輸送を成し遂げたのか、という問題意識が通奏低音である。

小型月着陸実証機「SLIM」は、月表側の神酒の海北西部に位置する"SHIOLI"クレータ近傍にピンポイントで着陸を行う。着陸が成功した後は、研究系が担当する「分光カメラ」によって月深部由来と考えられる物質に対するスペクトル観測を行う。「分光カメラ」についてはフライトモデルの耐環境試験・光学性能試験を完了し、開発完了審査（PQR）も終了した。現在、フライトモデルは衛星バスに取り付けられシステム試験を実施している。また、月面着陸後の観測運用計画の作成や地上系 QL・画像解析システムの整備も進行中である。

月・惑星表面にネットワークを構築して内部構造の探査を進める手段としてペネトレータの開発を継続的に進めている。本技術のシナジーとして火山噴火や災害地域での活用を目指した地球用ペネトレータの開発・製造・試験を将来探査に向けた新規技術開発と共に進めている。また、ペネトレータ搭載地震計を NASA のタイタン着陸探査ミッション（Dragonfly）向けに開発するのにもない、地球上の水河地震（水震）が重要なレファレンスにもなることからペネトレータを用いた南極へのその場地震観測システムの開発をスタートさせた。

Dragonfly はドローン型探査機が動力飛行と着地を繰り返しながら様々な搭載機器により土星衛星タイタンの大気・表層・地中をそれぞれ観測する。探査機には「DraGMet」と呼ばれる気象・地球物理観測パッケージがあり、その検出器の1つとして地震計が搭載される。研究系はこの地震計の開発を担当し、所内プロジェクトとしても承認され本格的な活動をスタートさせた。-190℃という極低温での動作保証が求められるため性能評価および品質保証の対応を慎重に進めている。また、惑星地震学・氷衛星・宇宙生物学などを専門とする国内研究者を主体とした科学検討チームを構築して、DraGMet データの解析および Dragonfly ミッションのサイエンス成果への貢献に向けて活動を進めている。

月面に火山活動起源の地下空洞へと開いた縦孔が SELENE（かぐや）によって発見されている。月の地下空洞や縦孔は、月の科学、将来の月利用にとって非常に重要である。太陽系科学研究系は、月の地下空洞に縦孔より侵入して直接探査する UZUME 計画の検討を宇宙研内外の理工学研究者と進めてきており、昨年度に宇宙

理学委員会よりワーキンググループの設置が認められ、今年度は国内 50 名に及ぶメンバと公募型小型探査への提案へ向けて研究を進めた。

太陽系科学研究系は、国際的に動きつつある「科学探査と有人宇宙活動の太陽系探査を核とする融合」にも関わっている。その一環として、JAXA 国際宇宙探査センターが中心となって進めようとしているインドとの月極域探査、月面中型離着陸探査、火星衛星サンプルリターン計画（MMX）、火星表層氷分布観測ミッション（Mars Ice Mapper）について、他大学や他国立研究機構とも連携して、理学面での協力、議論に加わっている。

将来の月からのサンプルリターンに関連して、重要となる月の地殻-マントル境界からの岩石露頭の地質構造を、SELENE（かぐや）データで詳しく解明し、国際誌に発表した。また、準惑星ケレスに衝突した隕石のサイズ分布の「月との一致」と「望遠鏡観測との不一致」を見だし、国際誌に発表した。

更に、JAXA が進める様々な月惑星探査における惑星保護に関連しても、今年度、Destiny⁺、OMOTENAHU、iSpace M1、MMX、計画の惑星保護検討、審査に関わった。また、将来の火星サンプルリターンを含む探査に向けて、惑星保護基準 JMR-014 の改訂と惑星保護ハンドブックの制定作業にも参加している。

3. 研究項目

3.1 太陽物理学

3.1.1 太陽物理学の研究：「ひので」、「ひので-IRIS」

3.1.2 装置開発と将来計画：次世代太陽観測衛星の概念検討と技術的検討、光子計測型 X 線望遠鏡の開発検討、高速 CMOS センサ回路の開発、光学素子駆動機構の開発

3.1.3 国際共同観測ロケット実験 CLASP、CLASP2

3.1.4 国際大気球実験 Sunrise-3

3.2 宇宙プラズマ

3.2.1 科学衛星データ解析：「あけぼの」、「GEOTAIL」、「れいめい」、「MMS」、「あらせ」、「かぐや」、「ひさき」の他、惑星探査機観測データ解析による木星・土星磁気圏ダイナミクスの研究、水星磁気圏探査衛星「BepiColombo/Mio」地球・金星スイングバイ観測および惑星間航行時の太陽風観測データの解析

3.2.2 観測ロケット：SS-520-3、RockSat-XN、LAMP

3.2.3 超小型衛星搭載用高エネルギー電子観測器（PINO）の開発

3.2.4 数値計算・理論研究：粒子コードによる宇宙プラズマ基礎課程の探究、原始惑星系円盤の物理

3.2.5 観測機器開発：高コントラスト遮光ベーンの開発

3.2.6 将来計画の準備：JUICE（木星氷衛星探査計画）の搭載機器開発、極域編隊飛行観測衛星 FACTORS の検討

3.3 惑星大気

3.3.1 金星大気：「あかつき」

3.3.2 火星大気：火星大気観測の検討（火星宇宙天気・気候・水環境探査（MACO）と次期国際火星探査 Mars Ice Mapper（MIM）、火星衛星サンプルリターン MMX）

3.3.3 地球超高層大気：観測ロケットによる下部電離圏 Sq 電流系中心のプラズマ異常現象の観測、電離圏電子密度擾乱の観測、下部電離圏電子エネルギー分布の観測

3.3.4 観測機器開発：電離圏イオンドリフト測定器、熱圏大気測定用真空計

3.3.5 将来計画の準備：火星大気散逸観測計画の検討、UV による系外惑星大気観測計画 WSO-UV の検討、UV による太陽系惑星・衛星・小天体観測計画 LOPYUTA の検討

3.4 固体惑星

3.4.1 月探査：「かぐや」等探査データを用いた月科学：月の未崩壊地下空洞（溶岩チューブ）の発見、月の地質解析による新しい岩相の発見等

3.4.2 小惑星探査：はやぶさ試料キュレーション、はやぶさ2 試料キュレーション、はやぶさ2 科学運用計画の策定、はやぶさ2 軌道上データを用いたデータ解析

3.4.3 月探査：SLIM の科学目標整理、着陸点解析、着陸点周辺の地質解析

3.4.4 将来計画検討：DESTINY⁺、ペネトレータ技術開発とミッション検討、将来大型月着陸探査（月極域探査、月サンプルリターン HERACLES）、月・火星洞窟探査、火星衛星サンプルリターン MMX、ソーラー電力セイルによる木星トロヤ群探査 OKEANOS、彗星サンプルリターン CAESAR、地球衝突小惑星回避技術ミッション Hera、次世代小天体サンプルリターン

3.4.5 装置開発

4. 研究ハイライト（p.2～23）

- ・リュウグウの花吹雪 ～小型モニタカメラ CAM-H が

捉えた表面粒子とリターンサンプル～【小惑星探査機「はやぶさ2」（Hayabusa2）】

- ・リュウグウで最も始原的な岩塊を発見【小惑星探査機「はやぶさ2」（Hayabusa2）】
- ・リモートセンシング探査から明らかにされたリュウグウの母天体小惑星の進化【小惑星探査機「はやぶさ2」（Hayabusa2）】
- ・帰還試料の JAXA キュレーション初期記載から明らかになった、水・有機物に富む始原的小惑星リュウグウの姿【小惑星探査機「はやぶさ2」（Hayabusa2）】
- ・火星衛星フォボスから「火星生命の痕跡」が採取される可能性が示される - 新時代を迎える火星生命探査における火星衛星探査計画「MMX」の役割 - 【火星衛星探査計画「MMX」】
- ・宇宙空間で電波を生み出すイオンの分布を発見【ジオスペース探査衛星「あらせ」（ERG）】
- ・脈動オーロラとともに起こる中間圏オゾンの破壊 - 「あらせ」衛星が明らかにした放射線帯電子が地球大気に及ぼす影響 - 【ジオスペース探査衛星「あらせ」（ERG）】
- ・宇宙空間のイオンと電子はプラズマ波動を介してエネルギーをやりとりする【ジオスペース探査衛星「あらせ」（ERG）】
- ・金星の夜間の大気運動を捉え大気循環の全球構造を解明【金星探査機「あかつき」（PLANET-C）】
- ・木星高層大気を加熱する極域オーロラ
- ・太陽と恒星の超高温大気 - 共通の加熱メカニズムを持つことを解明 - 【太陽観測衛星「ひので」（SOLAR-B）】
- ・電離圏カスプからのプラズマ流出過程を研究するための観測ロケット実験【観測ロケット SS-520-3 号機実験】
- ・ともに冒険をするために - 2021 年度 宇宙科学研究所のアウトリーチ -
- ・月のうさぎはいつどのようにして餅をつくようになったのか
- ・2021 年度 Europlanet Prize for Public Engagement をジェームズ・オダナヒューが受賞

3. 学際科学研究系

Department of Interdisciplinary Space Science

教職員：稲富裕光 吉田哲也 石川毅彦 藤田和央 船瀬 龍 黒谷明美 生田ちさと 齋藤芳隆 鈴木志野
高木亮治 橋本博文 福家英之 三浦 昭 矢野 創 山本幸生（～1 月）水村好貴 中島普太郎 木村駿太
網蔵和晃

宇宙研院・学生：和田拓也 金丸拓樹 田中真由子 比護悠介 瀬尾海渡 水本岬希 和田師也 吉原育美 大泉柊人
中野晴貴 山本啓太 水上恵利香 芹澤遼太 神門宏祐 唐津卓哉 今西優香 中上裕輔 古田竜也
中澤淳一郎

1. 概要

宇宙科学全般に広がる、もしくは宇宙科学と周辺領域にまたがる学際的分野、新たな宇宙科学分野の発展を担うべく、以下の分野での基礎研究、飛翔体への搭載を目指した機器や情報システムの研究開発を行っている。

- 1) 宇宙環境利用科学分野では、微小重力や放射線環境などの宇宙の特異な環境を利用し、地上では計測・観察が困難な現象の解明やその応用を目指している。具体的には、新機能材料創製等を目指す材料科学、生命の発生・進化・行動およびそれらへの宇宙環境の影響の解明と、生命前駆物質および地球外生命を探索するアストロバイオロジーを推進している。
- 2) 情報システムの研究開発においては、大量の科学衛星観測データを高速に処理、伝送、蓄積するため、情報処理、計算機ネットワーク、分散処理技術、大容量データベース等の基盤技術研究を進めている。また人工衛星に関連するデータの可視化、宇宙機の異常監視・診断システム、数値シミュレーション、データ同化など宇宙工学研究も実施している。
- 3) 宇宙科学研究のための飛翔体のひとつである大気球に関連した研究では、大気球およびその運用システムと大気球を用いた理学観測・工学実証のための実験システムの研究開発を行うとともに、大気球を用いたさまざまな宇宙科学研究を推進している。
- 4) 超小型探査機の研究開発においては、低コストで短期開発可能な超小型衛星の技術を、宇宙科学・探査に適用し、新たな宇宙科学・探査のツールとして整備・確立していくべく、具体的なミッション創出のための活動を中心に研究開発を実施している。

2. 2021 年度の研究成果

2.1 宇宙環境利用科学に関する研究

物質科学では静電浮遊法で得られる「超高温」や「過冷却」を特徴とした研究及び微小重力環境を利用した結晶成長の研究を行っている。浮遊法の研究においては、ISS 搭載静電浮遊炉を利用して、2400℃程度の融点を持つ希土類酸化物について密度、表面張力、粘性係数等の計測に成功した。また、MgO-SiO 系の酸化物の熱物性データを取得して、放射光で測定して原子構造と合わせてガラス化しにくい酸化物の特徴を検討している。宇宙の歴史の中で分子、ダスト、惑星、有機物へと物質が進化していく過程を宇宙ダストの基本的な物理的・化学的性質に基づいて解明することを目指して、ISAS 小規模計画 DUST を推進している。

生命科学では、地球の生物の生命活動における重力の役割を調べる研究を行っている。ヒトデは、重力刺激に対する反応行動として、起き上がり行動を示す。ヒトデの重力感受センサの局在を探るための実験システムを検討した。

2.2 アストロバイオロジーに関する研究

アストロバイオロジー研究では、2015-2019 年に国際宇宙ステーションにおいて、パンスペルミア仮説の検証を目指して微生物および有機物の曝露と宇宙塵等の捕集を行った「たんぽぽ」初号機の微生物試料と放射線線量計について、詳細な解析を完了、報告した。2019-2021 年には宇宙塵から生命前駆物質までの化学進化過程等を探る後続実験シリーズ「たんぽぽ 2」と「たんぽぽ 3」試料の宇宙曝露と地球帰還を完了し、初期分析を開始した。さらに 2021 年に「たんぽぽ 4」試料を打ち上げ、宇宙曝露を開始した。

将来の飛翔機会に向けた宇宙塵の計測・捕集・防御装置の研究開発も推進している。MLI 統合型 PVDF 薄膜センサ (CLOTH) は国内特許を取得し、2022 年度打上げ予定の EQUULEUS 探査機へ搭載された。OPENS に向けて、「たんぽぽ」用シリカエアロゲルのさらなる低密度化 (0.005g/cc) と微粒子捕集実験に成功した。また固体・気体・プラズマが混合した衝突生成物の捕集機構の国内外特許を申請すると共に、原理確認実験を実施した。さらに Gateway へ衝突する月起源微粒子および宇宙塵の影響評価を目的とした低速衝突微粒子モニタ (LVDM) の搭載が決まり、開発を開始した。「たんぽぽ」および「はやぶさ 2」で宇宙実績を積んだカーボンナノチューブテープによる低速衝突微粒子捕集メディアの Gateway への応用も、NASA と検討中である。OPENS および Comet Interceptor では微粒子衝突速度が 10km/s をはるかに超えるため、探査機を防御するバンパー構造を模擬衝突計算から設計した。加えて、マサチューセッツ工科大学等と共同で整備した単独固体微粒子真空衝突実験機構群を使った各種装置の校正実験を、コロナ禍ながら 2 年ぶりに再開した。

アストロバイオロジー研究の一環として、海洋天体や火星岩石内の類似環境を対象とした微生物解析を推進した。また、惑星保護方針に準拠した宇宙探査のために、宇宙探査イノベーションハブと共同で、微生物の効率的な滅菌、除染のための基盤技術の確立を進めた。

2.3 情報科学・情報工学に関する研究

数値シミュレーション研究においては、効率良く宇宙機開発を行うために、スーパーコンピュータを用いた大規模解析の基礎技術の研究を行った。階層型等間隔直交構造格子ソルバの開発では、技術的な課題である物体表面物理量分布や積分値の解析精度の検証を実施した。また表面物理量分布が振動する原因を突き止めた。一昨年度から実施している「富岳」成果創出加速プログラムでは、実機形状に対する解析を実施すると同時に、直交格子とレイヤー格子を組み合わせた手法を実現するために必要となる前処理ツールの改良と試計算を実施した。

宇宙科学データの可視化及び関連する各種価値付加の手法検討を行った。(1) NHK との間で進めてきた、「は

やぶさ 2」の挙動をスーパーハイビジョンで映像化する共同研究について、その成果をとりまとめた。探査機の挙動を可視化することにより、将来的に、探査機の運用に役立てることを目指して共同研究を実施し、この成果により、「はやぶさ 2」の小惑星リュウグウ近傍の挙動や、カプセル回収時の映像配信等における高精細 CG を実現した。(2) 小惑星模擬天体モデルの可視化手法をベースとして、様々なシミュレーションデータの可視化を行い、「はやぶさ 2」の観測データ解析に寄与すると共に、関連分野における可視化への応用検討を進めた。(3) 将来の宇宙機搭載デバイスとして検討されている、超伝導単一磁束量子回路について、その機械モデルや諸パラメータを 3D CG でインタラクティブに可視化する GUI を開発すると共に、等価回路に基づいた可視化をリアルタイムに行うための数値解析機能を実装した。

データアーカイブを 10 のタスク (Definition, Production, Documentation, Integration, Evaluation, Preservation, Publication, Identification, Utilization, Collaboration) として定義し、プロジェクト、データセンター、およびコミュニティがこれらのタスクを担う。惑星探査のデータアーカイブにおいては世界標準の PDS と SPICE を採用し、「はやぶさ」、「かぐや」、「あかつき」、「はやぶさ 2」もこれらの標準を使用してアーカイブしている。また高速なデータアクセス研究の一環としてカウンティングソートを用いた巨大テーブルのアーカイブを行い、巨大なレコード数の例として Apollo 月震データを、巨大なカラム数の例として Hayabusa2 HK データを格納したアーカイブを作成した。

2.4 大気球に関する研究活動

気球による科学観測の可能性を広げるため、スーパープレッシャー気球の開発を行っている。スーパープレッシャー気球は、日照の有無に伴う気球体積の変化を抑制し、浮力を一定に保つことで長時間飛行を可能にする気球である。2010 年より、菱形の目の網で気球皮膜を覆うことで、日中の飛行に必要な耐圧性能を持たせる研究を進めてきた。この方法は、従来のローブドパンピング型と比べ、気球重量が軽いのが利点である。本年度は、2020 年に実施した飛行試験で見いだされたスプーラー開放時に網が皮膜を叩いて損傷を与える可能性を回避する新放球法として、気球のカラー取り付け部に保持部を設け、その保持部に取り付けたローブを手繰りだすことで準静的に気球を立ち上げる方法を検討し、模擬気球を製作してその手法の検証を行った。また、南極での大気重力波観測実験 LODEWAVE での利用を念頭においた体積 200 m³ の気球を製作し、地上試験により、要求耐圧の 2.7 倍以上の耐圧性能、10 日間以上の気密性能を有することを確認した。2022 年 1 月から 2 月にかけて、昭和基地より 3 機の飛行試験を実施し、2~3 日間にわたる大気重力波観測に成功した。これは、日本で開発されたスーパ

ープレッシャー気球による初めての科学観測となった。

また、気球を用いた宇宙科学研究においては、超伝導スペクトロメータを用いた宇宙線観測実験 (BESS) の南極上空の気球飛行で得られた宇宙線事象データの詳細な解析を続け、宇宙線中の多電荷成分 (電荷 3 以上) の解析、とりわけ、報告例が稀少なベリリウム同位体比の決定に向けた解析を進めている。また、国際宇宙ステーション搭載 CALET 装置による各種宇宙線やガンマ線バースト現象などの科学観測も進めており、広範なエネルギー域にて決定した鉄・ニッケル成分の高精度エネルギースペクトルなどの成果を新たに発表した。さらに、宇宙線中に極僅かに存在している可能性がある反重陽子などの反粒子成分の高感度探索を通じて宇宙の暗黒物質などに関する知見の獲得を目指すエキゾチック原子を用いた宇宙線反粒子の高感度観測実験 GAPS (2017 年度採択の小規模計画) の開発準備も進めている。

このほか、2018 年に豪州で大気球飛行した MeV ガンマ線観測実験 SMILE-2+ の飛行データからカニ星雲および銀河中心領域からの MeV ガンマ線放射を有意に検出し、この帯域の広視野望遠鏡で地上較正と合致する観測感度を世界で初めて実現した。本格的な科学観測による分野開拓をすべく長時間気球飛行による次期観測計画 SMILE-3 の準備も行っている。

2.5 超小型探査機に関する研究活動

大学やベンチャー企業を中心に開発・利用が活発に進んでいる低コストで短期開発可能な超小型衛星の技術を、宇宙科学・探査に適用し、より遠くへ・より高度に・より高頻度な探査を実現するべく、以下のような超小型探査機に関する研究活動を実施している。

宇宙工学委員会のもとに設置している OPENS WG では、100kg 級の超小型衛星技術を利用した超小型外惑星探査実証計画を検討しており、次期公募型小型計画等へのミッション提案の準備を進めている。

2029 年頃の打上げを目指して ESA と共同検討している長周期彗星探査ミッション (Comet Interceptor 計画) に関して、所内検討チームを設置し、概念設計を進め、次年度の MDR および SRR の準備を進めている。

比較的地球に近い深宇宙領域の探査をより高頻度に実施することを目指して、GTO 軌道や月遷移軌道から超小型衛星自身が軌道変換して深宇宙へ到達する技術の研究開発を行っている。

3. 研究項目

3.1 宇宙環境利用科学に関する研究

3.1.1 物質科学

3.1.1.1 浮遊法を用いた高温融体及び準安定相研究

3.1.1.2 結晶成長に関する研究

3.1.2 生命科学

3.1.2.1 動物の行動における重力応答

- 3.2 アストロバイオロジー研究
 - 3.2.1 微生物・有機物の曝露と宇宙塵等の捕集を行う「たんぽぽ」および「たんぽぽ2」宇宙実験
 - 3.2.2 宇宙塵の計測・捕集装置の研究開発
 - 3.2.3 微粒子衝突実験機構の研究開発
 - 3.2.4 海洋天体サンプルリターン探査の研究
 - 3.2.5 生命兆候探査に向けた惑星保護対策の研究
 - 3.2.6 月・火星などの極限環境での生命の生存可能性を
探る研究・開発の検討
- 3.3 情報科学・情報工学に関する研究
 - 3.3.1 数値シミュレーション研究
 - 3.3.1.1 階層型等間隔直交構造格子ソルバの開発
 - 3.3.2 データアーカイブに関する研究
 - 3.3.2.1 月惑星科学データののための国際標準プロトコルの開発
 - 3.3.2.2 巨大データへの高速アクセスの研究
 - 3.3.2.3 機械学習の宇宙科学データへの適用研究
 - 3.3.3 宇宙科学データの可視化・可聴化に関する研究
 - 3.3.3.1 可視化・可聴化手法の応用研究
 - 3.3.3.2 モデリング手法の研究
- 3.4 大気球に関する研究
 - 3.4.1 気球についての研究
 - 3.4.1.1 網をかぶせた圧力気球の研究
 - 3.4.2 気球を用いた宇宙科学の研究
 - 3.4.2.1 エキゾチック原子を用いた宇宙線反粒子の研究
 - 3.4.2.2 超伝導スペクトロメータを用いた宇宙線の観測
 - 3.4.2.3 高エネルギー宇宙電子線・ガンマ線の観測
 - 3.4.2.4 MeV ガンマ線の観測
- 3.5 超小型探査機に関する研究
 - 3.5.1 超小型外惑星探査機の研究
 - 3.5.2 Comet Interceptor 計画のための超小型 CubeSat 型
探査プローブの研究
 - 3.5.3 超小型探査機による深宇宙アクセス頻度向上の
ための研究

4. 宇宙飛行工学研究系

Department of Space Flight Systems

教職員：澤井秀次郎 佐藤英一 小川博之 石井信明 森田泰弘 堀 恵一 峯杉賢治 川勝康弘 津田雄一
 宮崎康行 船木一幸 山田和彦 後藤 健 三浦政司 野中 聡 西山和孝 羽生宏人 竹内伸介
 大山 聖 山田哲哉 徳留真一郎 丸 祐介 小林弘明 佐伯孝尚 月崎竜童 戸部裕史 坂本勇樹
 佐藤泰貴 竹前俊昭 森 治 永田靖典 嶋田 徹 小田切公秀（1月～）谷本圭亮 杉原アフマッド清志

学振特別研究員：小田切公秀（～12月）

宇宙研院・学生：村山裕輝 宮 優海 田内思担 外岡学志 坂岡恵美 MARMO Nicola PUSHPARAJ Nishanth
 GONZALEZ-FRANQUESA Ferran 伊藤大智 RAMON Roger Gutierrez 並木 芳 山川真以子
 大平元希 柏岡秀哉 大西惟仁 渡部雅海 池田宏太郎 秋山風也 太田智成 伊海田皓史
 石川和毅 李 孝範 ONG Fei Shen 金子賢人 楠本哲也 久保勇貴 佐藤元紀
 SICAT Maxime Marian Hadrien 竹下聡人（～9月）谷口翔太 角田有紀人（～9月）中小路健
 名田悠一郎 西遼太郎 二村成彦 濃野 歩 服部華奈 PADILHA Danilo Domingues
 PATEL Amit 平田 大 福嶋勇揮 藤田雅大 BERTRAN Rabat Roger 武藤智太郎 森下貴都
 山下裕介 山田哲嗣 近澤拓弥（～8月）山田修平 山浦遼太郎（8月～）今口大輔（～9月）
 高砂民明（11月～）坂本諒太郎（12月～）近澤拓弥（12月～） 島崎拓人 久保智寛 山浦遼太郎
 神藤 敦 鈴木基生 内藤隆人 多々良飛鳥 中村莊児 杉浦圭佑 玉井亮多 仲 海人 都甲 慶
 森 穂高 Imrich Matthew Steven 吉川健人（10月～）高木公貴 小磯拓哉 高澤秀人 満野真里絵
 森みなみ 松尾賢治 PADOVAN Tiago

1. 概要

宇宙飛行工学研究系では、宇宙飛行システムに関する基礎と応用についての学術研究を通して宇宙科学プロジェクトへの貢献を進めている。自由な発想による、より自在な宇宙へのアクセスの実現を目標に、低軌道宇宙輸送システム、多様な衛星や宇宙探査システム、宇宙用構造／材料工学、宇宙推進工学、空気力学／熱工学、有人宇宙探査の基礎的研究を推進している。

2. 2021 年度の研究成果

宇宙探査工学分野では、宇宙機、飛翔体に関連した応用飛行力学、制御システム論、輸送系システム設計など、プロジェクトに先駆的な工学研究を行っている。

主として、惑星探査機、先進的科学衛星等の宇宙機およびそれにかかわる航行、誘導、制御に関する研究と、ロケットなどの飛翔体システムの研究を行っている。

具体的にはそれらに関連する計画立案とミッション解析、軌道設計、システム設計ないし実験機による試験、

計算機によるシミュレーション等を行っている。

宇宙輸送工学分野では、大気圏内及び宇宙空間を飛翔する、あるいは宇宙空間から帰還する飛翔体や探査機の推進と航行に関わる、誘導制御系、構造材料系、推進系や空気力学／熱工学等の諸分野における広範な工学研究を行っている。

具体的には、固体ロケット・液体ロケット及びハイブリッドロケット、高頻度大量宇宙輸送を目指した再使用型ロケット、大気アシスト観測ロケット等への適用を想定する推進システム、惑星間航行に用いられる電気推進など先進型宇宙推進システム、大気を利用した軌道制御や再突入・回収技術に関わるシステムと要素技術の開発研究、飛翔体の空力的特性評価と最適化研究などが進められている。

要素技術分野では、宇宙探査・輸送工学の基盤となる化学反応・流体・熱・構造・材料に関する基礎研究が、機械工学、燃料工学、化学反応工学、伝熱工学、気体力学、高速流体力学、構造力学、材料工学など様々な立場から進められている。

具体的には、ヒートパイプなどの熱輸送デバイスやプラズマアクチュエータなどの先進的空力デバイスの研究、固体ロケット用高エネルギー物質や高性能ホールクラスタなどの次世代化学/非化学推進の研究、ロケットや人工衛星の構造動力学、構造設計・解析とその機械環境試験、伸展ブームや展開アンテナ、展開ノズルなどの展開構造や材料およびメカニズムの研究、宇宙飛翔体用構造材料の強度と加工性の研究、推進器構成用耐熱材料の研究、膜面やケーブル材料の研究などが行われている。

将来の宇宙構造物については、新しい構造概念の創造や構造解析についての研究、軌道上高精度形状制御システムの研究やセイル構造などの超軽量構造物の研究、高機能材料やマルチマテリアルによる適応構造の研究などが進められている。

また、有人宇宙探査の研究として、火星有人探査の新しい惑星保護方針の策定に資するための火星全球汚染マップの作成や、将来の月・惑星での自給を念頭にした閉鎖環境における水の循環メカニズムの研究などが行われている。

3. 研究項目

- 3.1 再使用高頻度宇宙輸送システムの研究
 - 3.1.1 再使用ロケットの機体システム研究
 - 3.1.2 再使用ロケットのエンジン／推進系研究
 - 3.1.3 再使用ロケットの空力特性／誘導制御の研究
 - 3.1.4 故障許容システムの構築に関する研究
 - 3.1.5 電鋳ライナ極低温複合材タンクの開発研究
- 3.2 固体ロケットに関する研究
 - 3.2.1 高エネルギー物質を適用した固体推進薬
 - 3.2.2 補助推進系用新型ガスジェネレータ固体推進薬
 - 3.2.3 デブリレス固体推進薬
 - 3.2.4 熱可塑性樹脂を用いた固体推進薬の研究
 - 3.2.5 固体推進薬の蠕動運動型捏和技術の研究
 - 3.2.6 固体モータの非破壊信頼性評価
 - 3.2.7 展開ノズルの開発研究
 - 3.2.8 固体ロケットシステムの研究
- 3.3 ハイブリッドロケットの研究
 - 3.3.1 A-SOFT ハイブリッドロケットによる混合比と推力の同時制御に関する研究
 - 3.3.2 ハイブリッドロケットの燃焼不安定性の数値解析に関する研究
 - 3.3.3 ハイブリッドロケットの飛行安全に関する研究
 - 3.3.4 液体酸素酸化装置に関する研究
 - 3.3.5 A-SOFT ハイブリッドロケットエンジンの実証研究
- 3.4 スペースプレーン技術実証システムの研究
- 3.5 空力性能の革新を目指した研究
- 3.6 宇宙輸送機等における多様な空力課題に関する研究
- 3.7 科学衛星の熱設計、解析、試験に関する研究と、将来の科学衛星のための新しい熱制御技術の研究
- 3.8 現行科学衛星プロジェクトの構造系開発
 - 3.8.1 SLIM の構造系開発
 - 3.8.2 XRISM の構造系開発
 - 3.8.3 MMX の構造系開発
- 3.9 科学衛星打上げ用ロケットの構造・機能・動力学に関する研究
- 3.10 耐熱複合材の研究
 - 3.10.1 耐熱複合材料の各種エンジン部品への適用
 - 3.10.2 耐環境性セラミックスコーティングの研究開発
 - 3.10.3 耐熱複合材料の損傷蓄積および劣化機構に関する研究
 - 3.10.4 固体ロケットノズル耐熱材料の軽量化・低コスト化に関する研究
- 3.11 高分子および高分子基複合材の研究
 - 3.11.1 高速回転 CFRP 円板の開発
 - 3.11.2 高精度大型宇宙構造に使用する高精度複合材に関する研究
 - 3.11.3 カーボンナノチューブによる超軽量構造体の創製に関する研究
- 3.12 金属系材料の強度・破壊
 - 3.12.1 ロケットエンジン燃焼室のクリープ疲労
 - 3.12.2 超塑性粒界すべりの直接観察
 - 3.12.3 形状記憶合金の特性改善
- 3.13 セラミックス金属異材接合
- 3.14 超高速衝突損傷のその場観察
- 3.15 材料・工程の国際標準化のための活動
- 3.16 液体推進系に関する研究
 - 3.16.1 HAN 系 1 液推進剤を用いたスラスタの研究開発
 - 3.16.2 セラミックススラスタおよびセラミックス/金属接合スラスタの開発研究
 - 3.16.3 N_2O /エタノール推進系の研究
 - 3.16.4 高エネルギーイオン液体推進剤の研究
- 3.17 非化学推進

- 3.17.1 イオンエンジン
- 3.17.2 DC アークジェット
- 3.17.3 パルス・プラズマ・スラスタ (PPT)
- 3.17.4 磁気プラズマセイル
- 3.17.5 編隊飛行技術実証衛星SILVIAとその推進系開発
- 3.17.6 ホールスラスタ
- 3.18 再突入・惑星突入に関わる研究
- 3.19 展開型柔軟構造体による再突入機の開発
- 3.20 火星探査用航空機に関する研究
- 3.21 天体着陸航法誘導システムの研究
- 3.22 アストロダイナミクス (応用宇宙機飛行力学) と
深宇宙探査ミッション解析
- 3.23 「はやぶさ2」における研究
- 3.23.1 「はやぶさ2」ミッションの軌道・誘導・航法・
制御解析
- 3.23.2 「はやぶさ2」におけるアストロダイナミクス研究
- 3.23.3 小惑星着陸機/ローバーの着陸ダイナミクス解析
- 3.23.4 ターゲットマーカの投下軌跡の推定
- 3.23.5 スラスタ噴射による物体の飛散挙動
- 3.24 ソーラー電力セイル探査機による外惑星領域探査
計画
- 3.24.1 計画策定, システム設計

- 3.24.2 セイル試作
- 3.24.3 セイル展開機構試作
- 3.24.4 薄膜発電システム
- 3.24.5 膜構造物の収納・展開・展張
- 3.24.6 サンプル採取
- 3.24.7 ランデブー・ドッキング
- 3.25 需給状況に応じた電力制御システム
- 3.26 ブーム展開型超軽量薄膜太陽電池展開構造の研究
- 3.27 液体水素利用技術の研究開発
- 3.28 トランスフォーマーに関する研究
- 3.28.1 システム・ミッション検討
- 3.28.2 太陽光圧を用いた姿勢・軌道制御
- 3.28.3 非ホロノミック姿勢運動

4. 研究ハイライト (p.2~23)

- ・BepiColombo/みお, 2 回目の金星スイングバイと, 水星スイングバイで南半球における人類未踏領域の観測に成功【国際水星探査計画 BepiColombo・水星磁気圏探査機「みお」】
- ・デトネーションエンジンシステム, 世界初の宇宙技術実証【S-520-31 号機「深宇宙探査用デトネーションエンジンシステム実証実験」】

5. 宇宙機応用工学研究系

Department of Spacecraft Engineering

教職員：水野貴秀 廣瀬和之 橋本樹明 久保田孝 高島 健 吉川 真 戸田知朗 田中孝治 吉光徹雄 曾根理嗣
坂井真一郎 福田盛介 松崎恵一 竹内 央 富木淳史 牧謙一郎 豊田裕之 三田 信 福島洋介
小林大輔 宇佐美尚人 坂東信尚 大槻真嗣 尾崎直哉 BONARDI Stéphane 山本善一 植松真司 友田孝久
宇宙研院・学生：小淵大輔 猪爪宏彰 越後和也 鈴木大和 岩元和茂 本橋優俊 ZIMMERLIN Marie Alica 出口拓実
野内敬太 伊藤琢博 神林 賢 高橋勇多 田島 颯 小林寧々 RAZA Mudassir 山神達也
太田大智 阿久津壮希 関谷直樹 松谷栄祐 滝川遼太郎 中村剛也 川路晃汰 青沼祐介 谷澤涼太
加藤由高 河野 麗 稲村慶太 Lucas Froissart 木下英明 東 雄大

1. 概要

宇宙機応用工学研究系は, ロケット・人工衛星・惑星探査機・探査ロボットなどの宇宙機, 地上システム, および宇宙機を応用した工学技術に関し, 主として電気・電子工学, 計測・制御工学, 応用物理学, エネルギー工学などの立場から研究を行っている。具体的には以下のような研究を行っている。

電子材料・デバイスの分野では, 宇宙機に搭載する半導体デバイスの基礎研究や開発, それらの半導体材料の研究を行っている。搭載電子機器の研究には, 月・惑星着陸機の高度・速度検出用パルスレーダ, LIDAR, 通信機器, アンテナ, 宇宙機搭載用組み込みシステムの研究が含まれる。電源系に関しては, 宇宙機用のリチウムイオン二次電池の性能向上研究や, 蓄電用キャパシタ, 燃料電池の宇宙

機への適用についても研究を進めている。航法・誘導・制御に関する研究領域では, 姿勢検出, 相対位置検出, 障害物検知などに用いるセンサの開発や, 高精度姿勢指向技術, 画像を用いた自律航法, 障害物検知・回避のためのアルゴリズム, 月・惑星着陸のための誘導制御則などの研究ほか, 制御用高性能アクチュエータの開発を行っている。また, 宇宙探査機のインテリジェント化・自律化, 移動ロボット (ローバ) による月・惑星自律探査技術に関する研究を行っている。

地上系技術としては, Δ VLBI や光学航法などを複合した高精度軌道推定法, 宇宙機運用システムの高度情報化などを行っている。

また, 小型科学衛星のシステムアーキテクチャの研究や太陽発電衛星などの宇宙エネルギーシステムの研究を

行っている。

2. 2021 年度の研究成果

2.1 宇宙機システム

科学衛星・探査機システムの高機能化や小型軽量化、開発手法の高度化などの課題に対し、電気電子工学を中心とした技術分野を背景として、研究開発やプロジェクトへの参画・支援を行っている。

「ひさき」、「あらせ」で開発・実証した小型科学衛星用の標準バスは、両衛星とも設計寿命を超えて後期運用での観測に供されており、将来の公募型小型クラスの衛星計画についても、本バスをベースとした多くの検討がなされている。SLIM では月惑星探査機システムの大幅な軽量化を目指し、統合化計算機や統合化デジタル電源装置を開発しており、後続の月探査ミッションへのヘリテージとなる。

一方、衛星バスの小型軽量／低消費電力化や短工期化に向けて、アーキテクチャ・コンポーネント・実装技術などの各レイヤにおける研究・検討を、技術のフロントローディング等の枠組みで推進している。例えば、2021 年度は、前年度に製作した MEMS IRU の EM 相当品に対して、QT 相当の一連の評価試験を実施した。本 IRU は、民生技術を積極的に採用するアプローチで格段の小型軽量化を図っているが（従来の探査機に搭載されている米国製 FOG と比較し、同等の性能を維持しつつ、体積・質量は 1/2、消費電力は 1/3 を達成）、同時に、超小型衛星の搭載機器の信頼性を高めるアプローチとの両面から研究開発を実施し、両者のクロスポイントとなる領域を見定めていく方針としている。

短期・低コスト開発が可能である超小型／小型衛星を活かしたミッションを遂行するためには、失敗するリスクを最小限に抑えてプロジェクトを遂行するアプローチではなく、多少のリスクを許容しながら超小型／小型衛星らしさ（開発期間の短さ・コストの低さ・開発チームの規模の小ささ）を最大限引き出せるアプローチが必要となる。そこで、30kg 級の超小型探査機 Comet Interceptor B1 開発をモデルケースとして、短期・低コスト・効率的な開発に資する新しい開発方式（特に、品質・信頼性基準の見直し）の検討および検証を推進している。

2.2 宇宙機制御

探査機が月や惑星に安全に着陸するために必要な技術として、着陸脚と地面との相互作用、探査機搭載燃料タンクのスロッシングの影響などを研究している。特に今年度は、燃料のスロッシングの着陸挙動への影響と着陸脚制御との協調に関する研究を実施した。

磁気フォーメーションフライト（EMFF）技術に関連する研究を行った。群衛星における EMFF（Swarm EMFF）については、従来は外乱として扱われていた磁気トルクを積極的に制御し、相対位置に加えて各衛星の

姿勢制御まで磁気により行う新しい手法の考案に至り、雑誌論文および国内外の学会で発表した。磁束ピンング効果による磁気浮上により微小振動擾乱および熱の伝達を理想的に遮断する機構を目指す研究については、昨年度に引き続き、超伝導バルク材と対向する永久磁石に磁気コイルを付加し、その電流を制御して浮上距離の微調整を行うことで、浮上部の指向制御を実現する手法について検討を進めた。

天体（小惑星・彗星）をフライバイで観測するための駆動式望遠鏡・姿勢制御を用いたフライバイ追尾誘導制御システムに関する研究・開発を行なっている。本フライバイ誘導制御システムは将来的に DESTINY⁺、Comet Interceptor、はやぶさ 2 拡張ミッションにて実証される予定である。

2.3 ロボティクス

月惑星表面を移動探査するローバの自律性を向上させるため、移動の不確実性を考慮した経路計画手法、スリップと消費電力を考慮した経路計画手法、惑星探査ローバの地形分類を考慮した経路計画手法、学習機能を用いた走破可能性予測手法の検討、深層学習を用いた環境地図の理解と行動モード選択手法、月惑星洞窟内の超小型探査ロボットの検討などを行った。

SLIM 着陸ミッションに搭載した探査ローバ LEV の開発を行った。フライトモデルのハードウェアの開発を完了させ、探査機に搭載する前に必要な環境試験を実施した。また、搭載した通信機に関しては DSN を使った運用性試験、探査ハブから提供された小型ロボット LEV-2 との通信試験も実施して、月面で予定したミッションが可能であることを確認した。

2.4 軌道決定・航法

軌道決定グループとしては、現在運用中の衛星・探査機の軌道決定についてその状況を常に把握し、ミッション遂行に支障が生じないように作業を進めた。

「はやぶさ 2」の軌道決定関連では、Delta-DOR 観測とレンジング観測を短時間の間に実施する事により Kinematic 軌道決定を行う手法を用いて深宇宙探査機では世界で初めて電気推進加速中の軌道決定を可能にした成果と、リュウグウへの最終接近フェーズ中に光学航法と DDOR を組み合わせる事によりリュウグウの軌道を精密に求めてリュウグウへの到着に貢献した成果をまとめて、査読論文として発表した。リュウグウ接近・近傍フェーズのために開発された軌道決定ソフトウェアの機能は、富士通と共同開発をしている定常運用用の軌道決定システム ISSOP に技術移転し、火星衛星探査計画「MMX」の軌道決定運用に提供するための環境を整えた。

また、「OMOTENASHI」、「DESTINY⁺」では軌道決定精度の事前評価や軌道決定運用設計を通じてプロジェクトを支援した。

近地球天体(NEO)関連の活動としては、国連 COPUOS 活動や惑星防衛関連の国際会議に参加した。また、東京大学木曽観測所や日本スペースガード協会と連携し、NEO の観測研究を継続している。

軌道設計としては、電気推進による多周回軌道設計・月スイングバイを駆使した多体問題軌道設計を行うための手法を確立し、今後打上げ予定の「DESTINY+」の実現に役立てる予定である。

2.5 通信・データ処理

2.5.1 通信・RF 航法誘導計測技術

DESTINY+以降の深宇宙探査で主力となる搭載通信装置の開発を行っている。現行機で築いた国内、海外の探査地上局との適合性を保ちつつ、月・L 点ミッションでの使用も視野に入れてミッション包摂性を高めた。DESTINY+での採用が決定しており、2024 年現行機置き換えを目指して EM の製造段階にある。S 帯、X 帯送受信、Ka 帯送信に対応する。電波科学仕様、再生測距など現行機の特長も継承する。

飛翔中の探査機を利用する通信伝搬の研究として、太陽電波掩蔽データの収集、解析を行っている。2021 年度は、X 帯について合運用中の強い位相擾乱下に電波運用性の向上と電波捕捉追尾のロバスト性を「あかつき」、「はやぶさ 2」の運用を通じて蓄積できた。

「はやぶさ 2」が海外の局を使用して行った Ka 帯運用のデータ解析を進めた。統計的な処理を適用し、我が国として初めて Ka 帯探査運用について数量的な結果を数々獲得できた。成果の 1 つとして、火星衛星探査計画「MMX」以降 Ka 帯を使用する探査ミッションのために、ISAS 独自の再送制御方式を提案し、その有効性を検証した。再送制御は「MMX」で試みられる。

光通信を、電波と光波帯を融合する視点から ISAS の探査ミッションに適用する研究を進めている。電波同様、捕捉追尾のアップリンクビーコン支援を不要とする技術に着眼する概念検討を行った。また、巡航期間中に姿勢軌道データを用いて自律的に地球指向する技術も研究した。これは小口径の搭載光アンテナに対して有効である。

SLIM ミッションにおいて、世界初となる S 帯ダイレクトインプットアウトプット方式のソフトウェア無線技術を活用した小型トランスポンダを開発中である。

大学を中心とする将来の低コスト宇宙探査の実現に向けて COTS 品を活用した 13.5m アンテナ地上局システムの開発を進めており、概念検討を完了し製造に着手した。

衛星内バスハーネスレス化を目的とする衛星内ワイヤレス実証を JAXA 内部部門間協力で進めている。技術試験衛星 9 号機 (ETS-9) の飛翔機会を利用した実証に向けて、衛星内ワイヤレス通信モジュール (WICS) のコンポーネント開発を完了した。

RF デバイス研究としてダイヤモンド薄膜を使った技術を含む調査を行っている。本項目は 2.6 項のデバイス

技術で言及する。

2.5.2 データ処理技術

データ処理は地上系と衛星搭載系に分かれて開発が行われているがこの開発を如何にシームレスとするかが今後の大きなキー開発技術となっている

情報データ処理の分野では、統一的なアーキテクチャ(構成原理)に基づき多くの宇宙機で共通に利用できる標準的なコンポーネントやインターフェース、これらをシミュレーションする技術を開発している。衛星コンポーネントのシミュレーションでは、汎用衛星運用試験ソフトウェア (GSTOS) が、加速シミュレーションに対応を如何に実現するのか、ソフトウェアの改修方法を原理的に検討し対応案を示した。またシミュレーションの衛星の機能試験で活用について検討した。また、宇宙研固有な記法である SIB (Spacecraft Information Base) に関して、上位文書かつ JAXA 標準である衛星の機能モデル (FMS) や衛星監視制御プロトコル (SMCP) と整合の取れた定義文書を執筆すると共に国際標準である XTCE (XML Telemetric and Command Exchange) との間の相互変換に関してツールの開発に着手した。

先進的な信号・画像処理技術を搭載系や地上データ処理に適用する研究を進めている。搭載系では、月着陸実験機 SLIM の先を見据えた着陸航法の信号処理として、太陽条件が過酷な極域における画像航法やセンサフュージョンの検討を行った。地上のデータ処理としては、後段の干渉処理等に必須となる多時期合成開口レーダ画像群のレジストレーションについて、人工的特徴のない分布ターゲット領域(森林等)に適した手法を考究した。

将来の衛星・探査機の搭載系への適用を目指し、生物の脳神経のふるまいを模倣したニューロモーフィックなプロセッシング(スパイクングニューラルネットワークなど)や、視神経を模したニューロモーフィックなセンサ(対象の輝度変化を非同期的に出力するイベントカメラなど)について、高速応答性や低消費電力におけるメリットを観点として、研究を進めている。

2.6 センサ・半導体デバイス

電子材料・デバイスの分野では、宇宙機に搭載する半導体デバイスの基礎研究や耐環境性デバイスの開発、それらの半導体材料の研究を行っている。

研究開発本部と一体となって次世代の宇宙用マイクロプロセッサ (MPU) の研究開発を行なっている。エンジニアリングモデル (EM 品) の詳細評価を行った。また評価結果を反映して、現行の JAXA 認定宇宙用 MPU に対して、処理性能で 10 倍上り、内蔵メモリを付加した次世代宇宙用 MPU のフライトモデル (QM 品) の設計が完了した。処理性能と消費電力性において世界最先端レベルのものである。研究開発の過程で放射線耐性にかかわる新規のデバイス物理を明らかにしており、学術的

にも大きな成果をあげた。6月にテープアウト（QM品の製造着手）予定。今後、本MPUの設計資産を、研究開発本部の“支える研究”で進めている高速数値演算が可能なナブリッジ・フィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ（NB-FPGA）にソフトコアとして実装することで、次世代MPUの高信頼性回路、OS、開発環境を流用可能な、FPGAの特徴を生かしたインターフェース部等の自由度が向上したソフトMPUを実現することも視野にいられている。

光パルス検出IC LIDARXとFlash LIDAR用3Dイメージセンサの開発を行っている。LIDARXは主に長距離用LIDARの受信機に使用されるAPD出力読み出しICで、火星衛星探査計画MMX搭載LIDARの受信機用デバイスとしてFMを開発中である。3Dイメージセンサは着陸時の障害物検出や軌道上ランデブ時の相対距離姿勢測定に使用される。Si-MPPCを使った3DイメージセンサがHTV-X搭載ランデブセンサ用デバイスとしてFMが開発されている。さらに、耐放射線性の高いInGaAsを使った3Dイメージセンサを開発中である。

MEMSデバイスは機械構造であることから熱や放射線に対して高い耐性を持つ。そのため宇宙用機器の小型化だけでなく耐環境性能の向上にも寄与すると期待できる。現在、MEMSの宇宙応用としてセンサや静電駆動型のMEMSデバイスの研究を行っている。2021年度は開発してきたMEMSジャイロスコープを搭載したIRU（Inertial Reference Unit）の性能評価及び環境試験を行った。また、カンチレバーを用いた静電駆動型のMEMS多機能デバイスの開発も行った。

通信系の無線送信機の電力変換効率の改善、EIRPの向上を目的として、次世代パワーデバイスの候補の1つであるダイヤモンド半導体プロセスに着目し、RF電力増幅器や電源等の宇宙応用に向けた技術検討を進めている。また超小型衛星やCubeSatを活用した低リソース深宇宙探査、衛星コンステレーションといったニーズから、信頼性と低コスト化を両立する搭載通信系開発の必要性が高まっていることから、SiGe混載プロセスを用いた搭載トランスポンダのSoC化（1チップ化）の研究を開始し、リソース低減効果の大きい受信フロントエンド設計に着手した。

2.7 エネルギーシステム

蓄電技術として、深宇宙探査や惑星表面探査に必要な技術の検討や超小型衛星での深宇宙探査を想定したときに搭載を前提とする電池及びバッテリーの試作・試験を進めた。

特に、電池においては正極ハーフセルの試作試験等を通じて、 -40°C 環境での電池容量維持性の評価を実施するなど、過酷環境を模擬した検討を進めている。

小型衛星「れいめい」は打上げから16年を経て運用を継続している。搭載リチウムイオン電池は、軌道上実

運用を長期にわたり維持している貴重な実施例であり、リチウムイオン二次電池の終末期性能評価についてドイツ航空宇宙センター（DLR）や、国内大学／企業の協力等を受けつつ進めている。

発電技術として、大気球膜への搭載を目指した極薄ペロブスカイト太陽電池の研究を継続した。柔軟なPETフィルム上に成膜したペロブスカイト太陽電池を小型ゴム気球で飛翔させ、地上評価と同等の性能を発揮することを確認した。

JAXA 内部部門間協力として、これまでの燃料電池／再生型燃料電池研究成果を活用し、地上応用として再生可能エネルギー利用によるエネルギーキャリア研究、水電解技術の応用による炭酸ガス水素還元手法の研究等を行っている。当該技術は、宇宙生命維持技術と地上の再生可能エネルギー利用に貢献する他、将来の惑星探査における地産地消エネルギー生成にも利用可能である。

太陽発電衛星に関して、テザー型太陽発電衛星に関する、システム検討、送電一体パネルの概念検討を継続して実施している。特に、GaN HEMT デバイスを用い高調波処理による高効率アンプとそれに最適化した前段アンプを試作し、耐宇宙環境性評価を行っている。また、テザー型太陽発電衛星の発電特性に応じて、高効率動作を維持するRF増幅システムの開発を開始した。また、パネル変形を補正するためのスマートアクチュエータとしてCNTアクチュエータの開発を継続して実施している。変形および発生力の解析手法の検証を行っている。

無線送電の研究として、レトロディレクティブ機能のデジタル処理によるソフトウェア制御化を採用した無線送電の実証システム開発の概念検討を実施し、システム開発に着手した。この中では、送電一体パネルにおいて送電アンテナ素子と太陽電池アレイの混載構造に関する電磁界解析、熱構造解析を実施した。特に、大電力マイクロ波機器における放電現象とその抑制に関して、解析と実験による研究を進めた。ハニカム構造のアンテナパネル内での放電箇所を特定や、数百W級の大電力パルスRF回路接合部の表面処理による放電閾値評価を行った。

更には、今後期待される月惑星探査を鑑み、月におけるエネルギーシステムの検討を行い、月周回軌道から月面へのエネルギー供給システムに関して、課題の整理を行った。また、深宇宙探査において見込まれる無線電力伝送技術の動向調査を行い、宇宙機への応用では重要となるアルミハニカムコア+CFRP スキンパネル越しの電力伝送の研究に着手した。

2.8 観測ロケット支援技術

観測ロケットの機能強化に関する研究を行っている。観測ロケットシステムが観測機器に提供できるサービス機能の強化を図るオプション機器の試作・開発である。2021年度の活動は2項目あり、一つはペイロード機器とロケットアビオニクスとの間のデータ通信（テレメトリ

を含む)方式に TCP/IP (イーサネット/WIFI) を追加にする PDC (PI Data Collector) の提案・開発, もう一つは実験・観測装置のためのプラットフォームをインフレーター構造物により伸展式で実現させる PI 機器設置用プラットフォーム IEP (Inflatable Extensible Platform for PI instruments) の検討・試作である。

PDC/IEP の両装置の観測ロケットを使った宇宙実証実験提案は採択されており, 2023 年度の観測ロケット S-520 での実宇宙実証が予定されている。2021 年度では, PDC は EM の振動衝撃・温度試験を実施した。一方 IEP は定量データ取得のための部分試作モデルの製造および原理検証試験を行った。PDC/IPE とともに 2022 年度では宇宙実験に向けて FM 設計・製造・試験を行い, 2023 年度の打上げに臨む予定である。

3. 研究項目

- 3.1 宇宙機システム
 - 3.1.1 小型科学衛星
 - 3.1.2 小型衛星高速通信システム
 - 3.1.3 小型衛星用マイクロ波合成開口レーダ
 - 3.1.4 搭載機器の小型軽量・低消費電力化
- 3.2 宇宙機制御
 - 3.2.1 宇宙機の姿勢決定・制御
 - 3.2.2 月惑星探査機の航法誘導制御
 - 3.2.3 惑星探査機の航法センサ
- 3.3 ロボティクス
 - 3.3.1 月惑星探査ロボティクス
 - 3.3.2 小天体探査ローバ
- 3.4 軌道決定・航法
 - 3.4.1 DDOR 技術
 - 3.4.2 オープンループ受信機による軌道決定

- 3.5.1 通信技術
 - 3.5.1.1 搭載深宇宙/近地球 RF 通信技術
 - 3.5.1.2 電波伝搬計測
 - 3.5.1.3 Ka 帯運用技術
 - 3.5.1.4 光通信技術
 - 3.5.1.5 RF デバイス技術
- 3.5.2 データ処理技術
 - 3.5.2.1 衛星データ処理アーキテクチャ
 - 3.5.2.2 モデル化技術の衛星開発への応用
 - 3.5.2.3 月惑星着陸機の画像航法
 - 3.5.2.4 着陸航法用センサフュージョン
- 3.6 センサ・半導体デバイス技術
 - 3.6.1 アナログ集積回路の研究開発
 - 3.6.2 耐環境エレクトロニクス
 - 3.6.3 宇宙用マイクロマシン
- 3.7 エネルギーシステム
 - 3.7.1 極端環境における宇宙用太陽電池の特性評価
 - 3.7.2 宇宙用蓄電デバイス
 - 3.7.3 太陽発電衛星システム
 - 3.7.4 薄膜発電システム
 - 3.7.5 大電力システムと宇宙環境
- 3.8 観測ロケット支援技術
 - 3.8.1 6DOF モーション・ステージ
 - 3.8.2 インフレーター・ストラクチャー
 - 3.8.3 小型プローブバス (無線通信・電力伝送)
 - 3.8.4 通信プロトコル・コンバーター

4. 研究ハイライト (p.2~23)

- ・超小型探査機 OMOTENASHI と EQUULEUS を NASA へ引き渡し完了【SLS 搭載超小型探査機プロジェクト】

6. 国際トップヤングフェローシップ

2009 年度より, 日本を宇宙科学におけるトップサイエンスの拠点とするための施策の一環として「国際トップヤングフェローシップ (ITYF)」という制度を立ち上げている。これは, 国際公募により世界から極めて優れた若手研究者を任期付で招聘する制度で, 毎年数十倍という厳しい競争率による選抜となっている。本制度による招聘は原則 3 年, 審査を経て 5 年まで延長可能としている。2012 年度に実施された宇宙科学研究所国際外部評価においては, 「本制度が宇宙研の認知度を高めるとともに宇宙科学の発展に大きく貢献している」としてその有効

性が高く評価された。

これまでに在籍したフェローは計 19 名で, 2022 年 3 月末現在は計 5 名のフェローが在籍している。

ITYF フェローには, 研究のみならずプロジェクトへの積極的な参加も求められており, フェローと宇宙科学研究所内の日本人研究者との間でシナジー効果が発揮される事が期待されている。これまで在籍したフェローがプロジェクトでの成果を出している他, 在籍中のフェローも, 現行プロジェクトのみならず, 将来計画の検討にも積極的に携わっている。

2022 年 3 月末時点での在籍フェロー

氏名	前所属機関	研究テーマ	期間
BONARDI Stéphane	マサチューセッツ工科大学 (米)	Self-reconfigurable modular robots for space exploration: design and control	2017 年 10 月～
LAU Ryan Masami	カリフォルニア工科大学 (米)	Exploring the Dusty and Dynamic Universe with SOFIA, Spitzer, JWST and Beyond	2018 年 9 月～
鳥海 森	大学共同利用機関法人 自然科学研究機構 国立天文台	From the Sun to the Stars: Establishing the Universal Picture of Spot Formation and Flare Eruptions	2019 年 4 月～
O'DONOGHUE James	NASA Goddard Space Flight Center	Ground-based observations of Gas Giant ionospheres	2019 年 5 月～
兵頭 龍樹	東京工業大学 地球生命研究所	Formation of small bodies, planetesimals, and planets: Bridging theoretical studies and JAXA's planetary explorations	2019 年 10 月～

ITYF による主な研究成果 (2021 年度)

LAU Ryan Masami

- Blagorodnova, N *et al.*, *Astronomy & Astrophysics*, Vol.653, A134 (2021)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202140525>
- Endo, I *et al.*, *The Astrophysical Journal*, Vol. 917(2), 103 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac0cf1>
- Jenson, JE *et al.*, *The Astrophysical Journal*, Vol. 920(2), 127 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac1424>
- Lau, RM *et al.*, *The Astrophysical Journal*, Vol. 922(1), 5 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac2237>

TORIUMI Shin

- Toriumi, S *et al.*, *Advances in Space Research*, Vol. 70(6), 1549-1561 (2022)
<https://doi.org/10.1016/j.asr.2021.05.017>
- Toriumi, S *et al.*, *The Astrophysical Journal*, Vol. 927(2), 179 (2022)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac5179>
- Kusano, K *et al.*, *Earth, Planets and Space*, Vol. 73(1), 159 (2021)
<https://doi.org/10.1186/s40623-021-01486-1>
- Toriumi, S. "PSTEP Open Textbook" Section 3-3-1, (2021) (online, in Japanese)
<https://doi.org/10.18999/pstep.2021.3.3.1>

O'DONOGHUE James

- O'Donoghue, J *et al.*, *Nature*, Vol. 596(7870), 54-57 (2021)
<https://doi.org/10.1038/s41586-021-03706-w>
- Chowdhury, M.N. *et al.*, *Geophysical Research Letters*, 49, e2021GL096492 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2021GL096492>

HYODO Ryuki

- Arakawa, S *et al.*, *The Astronomical Journal*, Vol. 162(6), 226 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-3881/ac1f91>
- Charnoz, S *et al.*, *Astronomy & Astrophysics*, Vol.652, A35 (2021)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202038797>
- Charnoz S *et al.*, *Icarus*, Vol. 364, 114451 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2021.114451>
- Hyodo, R *et al.*, *Astronomy & Astrophysics*, Vol. 660, A117 (2022)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202142345>
- Hyodo, R *et al.*, *The Astrophysical Journal*, Vol.913(2), 77 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/abf6d8>
- Barucci, MA *et al.*, *Earth, Planets and Space*, Vol. 73(1), 211 (2021)
<https://doi.org/10.1186/s40623-021-01423-2>
- Sugiura, K *et al.*, *Icarus*, Vol. 365, 114505 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2021.114505>
- Hyodo, R *et al.*, *Science*, Vol.373(6556), 742 (2021)
<https://doi.org/10.1126/science.abj1512>

IV. 宇宙科学プロジェクト

1. 宇宙科学・探査プロジェクト

1. プロジェクトの意義とカテゴリー

宇宙科学は、宇宙空間でのその場観察や探査、及び宇宙空間からの宇宙観測により、地球と太陽系の起源、宇宙の物質と空間の起源、宇宙における生命の可能性探求に新しいパラダイムをもたらすような人類の知の資産創出を目指し、同時に探査機・輸送システム等の宇宙工学技術をパラダイムシフト的な革新を目指して先導する。宇宙科学プロジェクトはその主要な手段として、宇宙科学の大きな目的達成の一部を担う。

プロジェクトの実行にあたって、プロジェクトを戦略的中型計画、公募型小型計画、戦略的海外共同計画に加え、小規模計画の4つのカテゴリーに区分している。これに対して、観測ロケット実験、大気球実験は定常的な事業として実施している。

2. プロジェクトの実施方針

宇宙科学プロジェクトでは、図1に示すように、プロジェクトフェーズは大きく4つに分けられる。

- (1) ミッション探求段階（アイデア創出プロセス Pre-phase A1a, およびアイデア実現加速プロセス Pre-phase A1b),
- (2) ミッション定義段階（概念検討 Pre-phase A2),
- (3) プロジェクト準備段階（概念設計および計画決定 Phase A),

- (4) プロジェクト開発実行段階（基本設計 Phase B, 詳細設計 Phase C, 製作・試験・射場運用 Phase D, 初期運用・定常運用・後期運用 Phase E).

理工学委員会の下にあるワーキンググループが、理工学委員会によるミッションコンセプトの公募・審査を経て、提案元のワーキンググループにより、ミッション探求段階のアイデア実現加速プロセス Phase A1b を実行する。ミッション定義段階の Pre-Phase A2 は、プリプロジェクト候補移行審査を経て、プリプロジェクト候補チーム（旧称所内準備チーム）によりプリプロジェクト候補として実行される。この段階で、複数のプリプロジェクト候補からのダウンセクションが行われ、打上げ号機が決定される。プロジェクト準備段階の Phase A は、ミッション定義審査 (MDR) およびプロジェクト準備審査を経て、プリプロジェクトチームによりプリプロジェクトとして実行される。プロジェクト実行段階のうち、Phase B から Phase E の定常運用までがプロジェクトとして認められた段階であり、プロジェクト移行審査を経て、プロジェクトチームにより実行される。Phase E のうちの後期運用は、プロジェクト終了審査の後、後期運用チームにより実行される。

なお、宇宙理工学委員会において、「ミッション立ち上げ実施方法検討タスクフォース」を設置し、戦略的中型ミッションにおいて、従来の公募型選定方式を改め、GDI

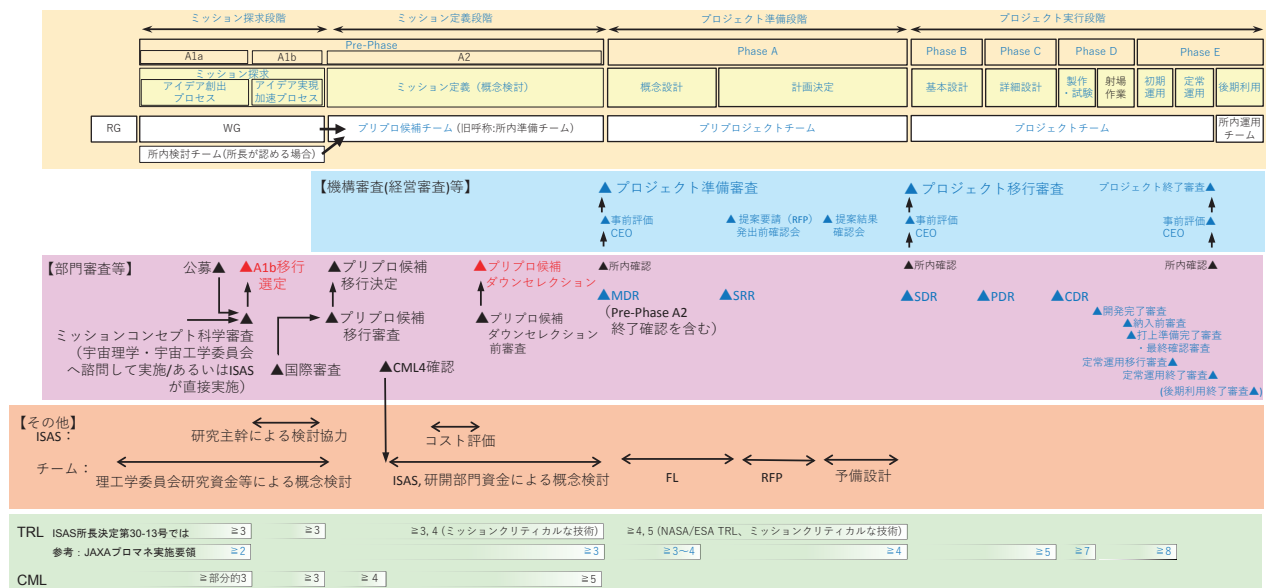


図1 宇宙科学プロジェクトのフェーズ (2019年12月10日版)

(Groupe de Discussion Intensive (仮称))を設置し、戦略的中型に相応しい提案をする、また公募型小型ミッションにおいて、「公募の多様化」を図る、という提言を受けた。これを受け、宇宙研では公募型小型の長期的公募計画を策定し、2022年度初頭の公募発出に向けた準備を行っている。

3. ミッション探求段階のワーキンググループ

HiZ GUMDAM (ガンマ線バーストを用いた初期宇宙・極限時空探査計画)は、2017年度の公募型小型4、5号機候補ミッションコンセプト公募でSolar-C EUVSTとともに採択され、2021年2月および11月にプリプロジェクト候補移行審査を受審し、プリプロジェクト候補チームを結成し、ミッション定義フェーズ (PrePhaseA2) へ移行することとなった。

SILVIA (Space Interferometer Laboratory Voyaging towards Innovative Applications)は、2019年度の公募型小型5、6号機候補ミッションコンセプト公募において採択された。現在、アイデア実現加速プロセスを実施しており、適切な時期にミッション定義フェーズに進むことを目指している。

4. ミッション定義段階のプリプロジェクト候補

LiteBIRD (宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星)は、2014年度戦略的中型2号機のミッション候補として選定され、2019年5月にダウンセクションを実施し、戦略的中型2号機として選定され、概念検討を進めている。NASAが焦点面検出器等で協力予定であったが、2020年3月にNASA AstroPhysicsのMoOで不採択になったため、仏CNES及び高エネルギー加速器研究機構(KEK)がNASAからの提供を想定していた焦点面検出器を分担する計画を検討している。2021年9月には、世界トップレベル研究拠点プログラム(WPI)「量子場計測システム国際拠点(QUP)」がKEKにおいて発足し、LiteBIRDに貢献する体制が構築された。

Solar-C EUVST (高感度太陽紫外線分光観測衛星)は、2017年度の公募型小型4、5号機候補ミッションコンセプト公募で採択された後、2019年3月のプリプロジェクト候補チーム移行を経て、2020年4月のダウンセクションで公募型小型4号機のプロジェクト候補として選定された。2020年12月にはNASA HerioPhysicsのMoOで採択された。2021年11月にミッション定義審査の受審を開始し、現在詳細なコスト評価を実施している。

JASMINE (赤外線位置天文観測衛星)は、2015年度公募型小型3、4号機候補ミッションコンセプト公募で選定された後、2019年5月にダウンセクションで公募型小型3号機のプロジェクト候補として選定された。USNO (米国海軍天文台)が検出器で協力予定であったが、2020年3月にNASA AstroPhysicsのMoOが不採択になったため、技術のフロントローディングの枠組みを活用し、

国立天文台主導での検出器国内開発の計画を纏めている。

5. プロジェクト準備段階のプリプロジェクト

DESTINY+ (深宇宙探査技術実証機)は、公募型小型2号機として概念検討を行ってきたが、2017年8月の所内プロジェクト準備審査後の大幅なコスト超過のため、2020年1月にデルタミッション定義審査、4月にプロジェクト準備審査を受審し、プリプロジェクト移行して概念設計を進めた。7月にSRRを実施、8月にRFPを発出し、予備設計結果を踏まえて2021年3月にSDRを実施、2021年4月にプロジェクト移行した。2021年10月からPDRを開始している。

6. 開発段階のプロジェクト

XRISM (X線分光撮像衛星)は、2018年6月にプロジェクトに移行し概念設計を進め、2019年3月より詳細設計フェーズに移行して詳細設計を進め、詳細設計審査を実施した。NASAとJoint Systems Engineering Teamを設置し、SE活動の結果、オンボード異常対策を追加することとし、打上げ年度を2022年度に延期した。しかし、2020年3月にデュアにHeリークが発生したが、改修作業を行い、キャッチアップすることができた。2022年4月には詳細設計審査(CDR)を実施、XRISM開発は製作・試験フェーズへと移行した。

SLIM (小型月着陸実証機)は、公募型小型1号機として、2016年4月よりプロジェクト移行し、2019年3月のPDRを経て詳細設計フェーズへ移行、2021年3月にCDRを受審して、製作・設計フェーズを進め、探査機のシステムPFT試験を実施中である。

MMX (火星衛星探査計画)は、戦略的中型1号機として、2019年12月にプロジェクトへ移行し、JAXA総括CDR(2022年5月)に向けて詳細設計を推進している。

7. 運用段階のプロジェクト

BepiColombo/MMO (水星探査計画/水星磁気圏探査機)は、2018年10月の打上げの後、2019年度中に初期チェックアウト運用を終了し、順調に航行中である。

小惑星探査機「はやぶさ2」は、2014年12月3日に打ち上げられ、2018年6月に小惑星リュウグウに到着し、2回のタッチダウンと衝突装置(SCI)の運用を行った後に、2019年11月にリュウグウから出発し、地球帰還を目指した。2020年11月から地球帰還運用を実施、12月6日にカプセルを豪州ウーメラにて回収した。カプセルは、キュレーション設備の中でサンプルの回収・初期分析中である。また、探査機本体は、拡張ミッションとして新たな深宇宙飛行を行っている。

8. 後期運用段階

あらせ (ジオスペース探査機、2016年度打上げ)、ひ

さき（惑星分光観測衛星，2013 年度打上げ），あかつき（金星探査機，2010 年度打上げ），ひので（太陽観測衛星，2006 年度打上げ），GEOTAIL（磁気圏尾部観測衛星，1992 年度打上げ）はいずれも順調に観測を実施した。

9. 戦略的海外共同計画

JUICE は，ESA の大型木星氷衛星探査計画 JUICE（Cosmic Vision L1，2022 年打上げ予定）に参加するものであり，プロジェクト実行段階にあり，2022 年の打上げを目指して搭載観測機器の開発を進めている。

Roman（旧 WFIRST）は，NASA の Nancy Grace Roman 宇宙望遠鏡（2025 年打上げ予定）へ協力するものであり，プリプロジェクト候補チームとして光学素子 EM の開発を進めていたが，2021 年 2 月に MDR を受審して所内プリプロジェクトチームへ移行し，2022 年 3 月から 4 月にかけて SRR 兼 SDR および部門内プロジェクト移行審査を受信中であり，2025 年打上げを目指して開発を進めている。

Hera は，ESA の小惑星探査計画 Hera（2024 年打上げ予定）と NASA の小惑星衝突機 DART（2021 年打上げ予定）で構成する国際共同 Planetary Defense ミッション AIDA に参画するものであり，所内検討チームとして活動してきたが，2020 年 11 月に MDR 兼所内プロジェクト準備審査を実施，2021 年 7 月に SDR 兼部門内プロジェクト移行審査を実施し，所内プロジェクトとして，2024 年打上げを目指して開発を進めている。

WSO-UV は，ロシアの国際紫外線天文衛星 WSO-UV（2025 年打上げ予定）に参加するものであり，2021 年 1 月に MDR 兼所内プロジェクト準備審査を実施し，所内プリプロジェクトチームとして 2025 年打上げを目指して開発を進めてきたが，2022 年 2 月のロシアのウクライナ侵攻により，計画は一旦停止している。

Comet Interceptor は，ESA の Comet Interceptor（Cosmic Vision F1，2028 年頃打上げ予定）に参加するものであり，2020 年 8 月に所内検討チームに移行が認められて検討を

進めており，2021 年 2 月に科学レビューを実施した。2022 年度の MDR 兼 SRR およびプロジェクト準備審査へ向けて，検討を進めている。

Dragonfly は，NASA の土星衛星タイタン離着陸探査 Dragonfly（New Frontiers 4，2027 年打上げ予定）に参加するもので，2021 年 2 月に所内検討チームへの移行が認められた。2022 年 3 月から 4 月にかけて MDR/SRR/SDR/部門内プロジェクト移行審査を受信中である。

Athena は，ESA の X 線天文衛星 Athena（Cosmic Vision L2，2020 年代後半打上げ目標）に参加するもので，所内検討チームとして検討を進めている。X-IFU 用の 2K/4K 冷凍機を分担する計画であり，CC-CTP 所内チーム（2016 年 2 月設置）として対応している。

10. 小規模プロジェクト・その他

小規模計画として，2020 年度公募を実施し，FOXSI-4（日米共同「太陽フレア」X 線集光撮像分光観測ロケット実験）を採択，GEO-X（GEOspace X-ray Imager）を打上手段が確定させるという条件付きで採択した。一方，これまでに採択したテーマとして，2016 年度公募の DUST（日欧および日米協力ロケット無重力実験），GAPS（Sub GeV エネルギー領域の宇宙線反重陽子の国際南極周回長時間気球実験による探索），小規模太陽観測プログラム（SUNRISE-3 国際大気球太陽観測実験），2018 年度公募の PheniX-2（日欧協力微小重力環境での燃料液滴列の冷炎ダイナミクス解明），XL-Calibur（硬 X 線集光偏光計 XL-Calibur 気球実験），2019 年度公募の CLASP2 再飛翔計画（日米欧共同・太陽観測ロケット実験），紫外線時間領域天文学のための超広視野探査衛星を実施した。

これらに加えて，NASA の SLS（Space Launch System）試験機への搭載が採択された OMOTENASHI（超小型月着陸機）および EQUULEUS（超小型探査機）の開発を進めている。SLS の打上げスケジュール延期に合わせ，2022 年に NASA 引渡しの予定である。

2. 運用中の科学衛星・探査機

a. 磁気圏観測衛星 (GEOTAIL)

齋藤義文 (プロジェクトマネージャ) 長谷川洋 (プロジェクトサイエンティスト) 【GEOTAIL プロジェクトチーム】
 藤本正樹 中村正人 高島 健 浅村和史 山崎 敦 市川 勉 長井嗣信 西野真木 (ISAS/JAXA) 横田勝一郎 (阪大)
 白井仁人 (一関高専) 小原隆博 笠羽康正 (東北大) 中川朋子 (東北工大) 星野真弘 吉川一朗 関華奈子 今田晋介
 北村成寿 (東大) 坪内 健 (電通大) 長谷部信行 (早大) 上野玄太 (統数研) 門倉 昭 (極地研) 村田健史 長妻 努
 (NICT) 松本洋介 (千葉大) 三宅 互 坂田圭司 (東海大) 杉山 徹 (JAMSTEC) 塩川和夫 平原聖文 家田章正
 梅田隆行 三好由純 堀 智昭 (名大) 宮下幸長 (韓国天文研究院) 三宅壮聡 高野博史 石坂圭吾 (富山県大)
 成行泰裕 (富山大) 笠原禎也 八木谷聡 井町智彦 (金沢大) 中村 匡 (福井県大) 大村善治 小嶋浩嗣 上田義勝
 田口 聡 能勢正仁 深沢圭一郎 松岡彩子 (京大) 中村雅夫 (大阪府大) 臼井英之 (神戸大) 新 浩一 (広島市大)
 清水 徹 近藤光志 (愛媛大) 高田 拓 (高知高専) 河野英昭 羽田 亨 松清修一 (九大) 松本 紘 (理研)
 向井利典 上杉邦憲 橋本正之 西田篤弘 中谷一郎 井上浩三郎 齋藤 宏 林 幹治 寺澤敏夫 菊地 順
 村上浩之 柳町朋樹 江尻全機 永田勝明 國分 征 萩野瀧樹 木村磐根 賀谷信幸 橋本弘蔵 櫻井 亨
 遠山文雄 宗像一起 岡田敏美 長野 勇 湯元清文 早川 基 川口淳一郎 齋藤 宏 町田 忍 筒井 稔
 利根川豊 他 GEOTAIL プロジェクトチーム

磁気圏観測衛星「GEOTAIL」(1992 年 7 月 24 日打上げ) は、米国フロリダ州ケープカナベラルからデルタ II ロケットで打ち上げられた日米共同プロジェクトの衛星である。その研究目的は、地球磁気圏尾部の構造とダイナミクスおよび磁気圏の高温プラズマの起源と加熱・加速過程を明らかにすることである。2018 年度に運用延長審査を受け、2021 年度末までの運用が承認されていたため 2021 年度中に再度運用延長審査を受ける予定であったが、運用延長審査は 2022 年度上半期まで延期されることになった。NASA 側では 2020 年に実施された senior review で 2023 年までの運用延長が認められている。

実績：

- ① 打上げから 29 年以上経過し、太陽活動周期 (約 11 年) の 2 周期を超えて均質な地球周辺の外部磁気圏の観測データを取得した。
- ② NASA の MMS 衛星との共同観測を実施し、磁気圏尾部で磁気リコネクションに関わる同時観測データを取得した。
- ③ 地球周辺宇宙空間プラズマの国際共同観測網の中で、NASA の THEMIS 衛星との共同観測を実施し、日米双方から観測データを公開。ジオスペース探査衛星「あらせ」(ERG) との共同観測も実施した。

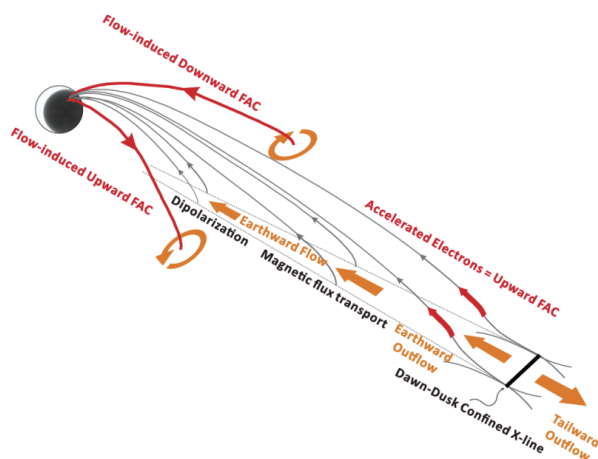
効果：

- ① 2021 年度査読付き論文数：19 編

査読付き論文の累計数：1287 編

【研究成果】GEOTAIL によって観測された 50 例以上の磁気圏尾部での磁気リコネクションイベントと、地上の磁場観測から推定された沿磁力線電流との関係进行分析することによって、サブストーム (オーロラ爆発) 時の磁気リコネクションライン (X-line) の朝夕方向の長さは約 4 地球半径であることが明らかになった。また、上向きの沿磁力線電流

は、磁気リコネクション領域につながることから、磁気リコネクションによって加速された電子流に担われていることが判明した。従来のサブストーム電流系のモデルでは、磁気リコネクション領域は朝側に位置する下向きの沿磁力線電流と夕方側に位置する上向きの沿磁力線電流の間にあると考えられていたが、電流系の中心は磁気リコネクション領域の朝側に位置することが示され、モデルを一新する成果が得られた。(J. Geophys. Res. Space Physics 令和 3 (2021) 年 11 月号に掲載。) (下図)



GEOTAIL によって磁気圏尾部で観測された 50 例以上の磁気リコネクションイベントの解析によって明らかになった、サブストーム時の磁気リコネクションと沿磁力線電流 (FAC) の位置関係。黒線は磁力線を、赤い矢印は磁気リコネクションによって加速された電子の流れを示しており、加速電子流が上向き沿磁力線電流を担っていることを示す。

b. 小型高機能科学衛星「れいめい (INDEX)」

曾根理嗣（所内プロジェクトチーム長）坂井真一郎（ISAS/JAXA）福島洋介（ISAS/JAXA）香河英史（ISAS/C-SODA）
細野英司（産総研）朝倉大輔（産総研）梅田 実（長岡技大）白仁田沙代子（長岡技大）板垣昌幸（東京理科大）
河村政昭（帝京大）鶴田佳宏（帝京大）LATZ Arnulf HORSTMANN Birger BOLAY Linda（DLR ドイツ）

小型高機能科学衛星「れいめい (INDEX)」(2005 年 8 月 24 日打上げ) は、重量 70kg の高機能な小型 3 軸衛星であり、オーロラの科学観測および小型衛星技術の軌道上実証を目的としていた。現在では、オーロラ観測は終了し、打上げ後 16 年を経過した搭載リチウムイオン電池の軌道上データを取得しつつ (図 1)、軌道上で生じているスピンレート擾乱についてメカニズム解明のための運用試験を実施している (図 2)。

実績：

「れいめい」衛星は、当初の工学実証テーマや、オーロラ観測を完了し、現在は後期運用段階にある。

その中では、特に寿命末期を迎えつつある搭載されているリチウムイオンバッテリーの健全性確認を図るべく、最新の電気化学や解析技術を導入しつつ評価を続けている。

特に、国内大学として東京理科大からは、充放電データに基づく電池内部の交流インピーダンスの再現に協力を受け、また長岡技大や産総研からは電池反応パラメータの安全性との因果関係を精査する研究協力を受けている。また、帝京大からはこれからの衛星開発を踏まえ当該軌道上データの活用や民生電池を使用した今後のバッテリー開発につなげるべき設計情報の抽出などを進めている。更に、国際間協力としてドイツ宇宙機関 (DLR) と共同研究を締結し、彼らのシミュレーション技術を活用しつつ、軌道上データから推測される内部反応状態の可視化や充電状態予測を試みているところである (図 3)。

特に電池の健全性として留意されるべき点として、内部ショートを生じうる電池内での金属リチウムの析出過程が挙げられる。この傾向を統計的に理解するべく、宇宙科学研究所 C-SODA グループがセック社と連携して進めている解析技術の導入を図っている。

オーロラ観測を終了して以来、衛星はスピン安定姿

勢を維持してきた。この中で、スピンレートが減衰し続ける傾向を把握しており、定期的なスピンレートアップのための運用を実施してきた。一方で、このスピンレートが減衰から増大に転ずる閾値の存在が認識されており、この閾値の精査を図りつつ、スピンレートを変動させるメカニズムの理解を図るべく検討を進めている。

効果：

学術論文 1 件、国内学会発表 1 件、国際学会発表 2 件、その他、招待講演、授業教材としての紹介。

産総研-長岡技大-DLR-JAXA 間共同研究契約は継続中。

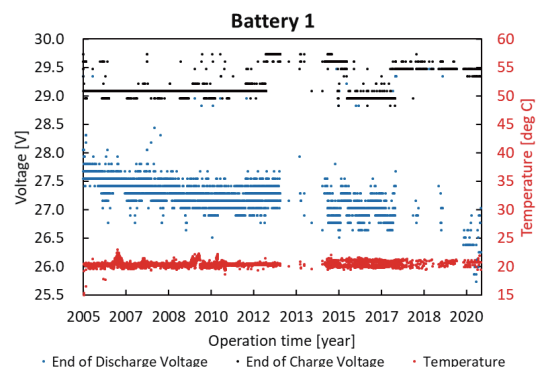


図 1 放電末期電圧のトレンドデータ
16 年を経て、放電末期電圧が著しく低下しつつある



図 2 スピンレートの変動

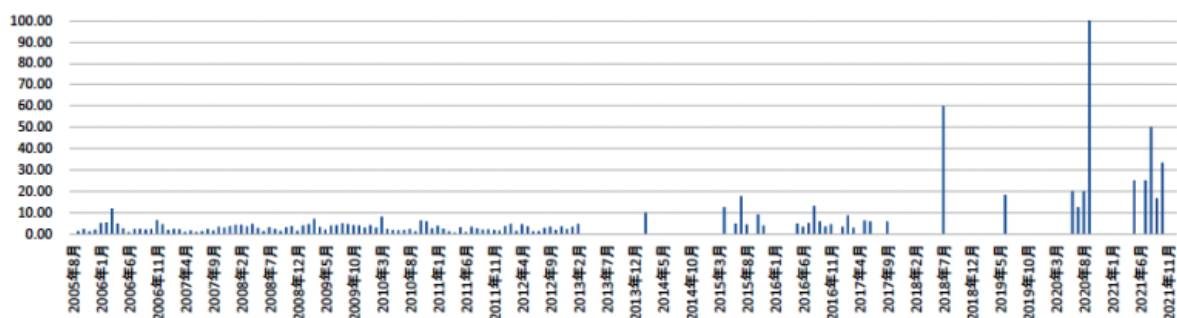


図 3 電池放電カーブにおける電圧異常の統計的調査

c. 太陽観測衛星「ひので (SOLAR-B)」

清水敏文 (プロジェクトマネージャ) 坂尾太郎 松崎恵一 [SOLAR-B プロジェクトチーム]

鳥海 森 鄭 祥子 岡本文典 橋本樹明 坂井真一郎 澤井秀次郎 志田真樹 石井信明 峯杉賢治 廣瀬和之
 豊田裕之 山本善一 戸田知朗 太刀川純孝 高木亮治 (ISAS/JAXA) 阿部旬也 松田郁未 池田沙織 秋山恭平
 菅野浩一 領木萌子 他 (JAXA 統合追跡 NW) 舩分宏昌 (JAXA 研究開発部門) 渡邊鉄哉 末松芳法 原 弘久
 関井 隆 鹿野良平 勝川行雄 久保雅仁 石川遼子 成影典之 下条圭美 大場崇義 森田 諭 常田佐久
 松本琢磨 川畑佑典 伊丹 潔 (国立天文台) 一本 潔 永田伸一 浅井 歩 西田圭佑 (京大) 草野完也 増田 智
 今田晋亮 石橋和紀 伴場由美 河合敏輝 (名大) 飯田佑輔 (関西学院大/新潟大学) 川手朋子 (核融合科学研究所)
 渡邊恭子 (防衛大) BROOKS David (ジョージメイソン大学) 横山央明 (東大) 石川遼太郎 (総合研究大学院大学) 他
 「ひので」チーム

太陽観測衛星「ひので (SOLAR-B)」(2006 年 9 月 23 日打上げ) は、可視光を用いた太陽表面磁場の精密測定と X 線及び極紫外線によるコロナの撮像および分光プラズマ診断観測を通じて、太陽の表面からコロナにわたる磁氣的活動や加熱の全貌をとらえ、宇宙プラズマの素過程や太陽地球間宇宙環境に影響を与える磁氣的活動の源を調べることを目的として開発された。

実績:

- ① 打上げ後軌道上科学運用を実施し、満 15 年を迎えた。X 帯通信異常と可視光磁場望遠鏡 (SOT) フィルタ観測系観測停止以外は大きな問題はなく、順調に観測を継続した。
- ② 国際コミュニティから観測提案 17 件を採択し、観測を実施。IRIS 衛星 (NASA) との連携観測に加え、Parker Solar Probe (NASA) の太陽接近時観測との連携観測、Solar Orbiter (ESA/NASA) の太陽接近時観測との連携観測、地上天文台との連携観測等が実施された。
- ③ 様々な新しい観測の取り組み (CLASP2.1 観測ロット等) に対して観測的観点からの支援を行った。
- ④ 観測データについて世界への完全公開を継続した。
- ⑤ キーパラメータ的な観点で利用されるデータを定期的に取得した。例: 1 日 1 枚 X 線全面画像は SolarMonitor.org 等で太陽活動状況を示す画像として一般に公開。光球面ベクトル磁場 (SOT/SP) は、新たな観測装置の精度校正の標準データとして利用。

効果:

- ① 平成 31~令和 3 (2021) 年度査読付き論文数: 72 編
査読付き論文の累計数: 1442 編
(令和 3 (2021) 年 12 月時点)

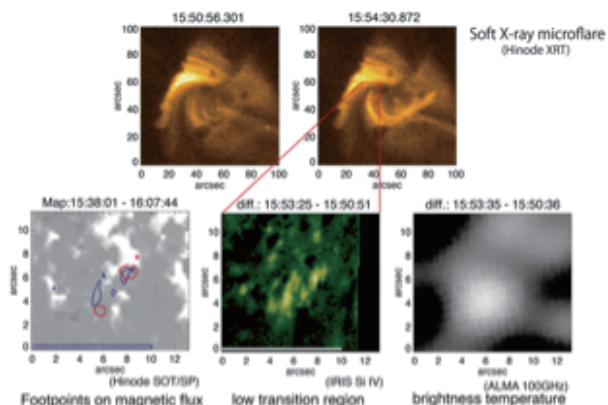
② 【研究成果】

「ひので」搭載 X 線望遠鏡 (XRT) が捉えたループ状マイクロフレア (巨大フレアに対して 7 桁小さい爆発) のループ足元での突発的応答に関して、「ひので」搭載可視光磁場望遠鏡 (SOT), IRIS (NASA 衛星), ALMA (電波望遠鏡) が同時に捉えることに世界で初めて成功した。この観測から、足元に降り注ぐ加速粒子エネルギーが熱エネルギーの 1/100 しかない

ことや弱い磁場に降り注ぐことを発見した。この事実はマイクロフレアでは加速粒子形成が効率良く行われないことや磁束の鞘の複数箇所で磁気リコネクションが起きたことを示している。マイクロフレアは、フレアの小型版であり、かつコロナ加熱候補のナノフレアの大型版であるが、マイクロフレア規模の磁気リコネクションにおける熱的/非熱的エネルギー分配を初めて明らかにする観測例であり、マイクロフレア規模での磁気リコネクションの構造や粒子加速の理解につながる重要な成果である。(The Astrophysical Journal 令和3 (2021) 年12月)

このように、「ひので」は、他衛星や地上観測設備と共同観測を実施することで、多様な波長やプラズマ診断データによる定量的なエネルギー評価を可能にして、太陽プラズマ大気で起きる動的振る舞いにおける基礎物理過程の解明に貢献している。

- ③ 「ひので」の画像データは、小中~高等学校教科書に様々に登場する。特に、中学校理科 (3 年) では、5 社中 4 社で記載され、日本における重要な成果として学校教育にて扱われている。



上図: 「ひので」X 線望遠鏡が捉えたマイクロフレアの軟 X 線増光。下図、左から順に、「ひので」可視光磁場望遠鏡の光球磁場データ、IRIS 衛星による彩層 (Si IV) 画像、ALMA 100GHz 強度図。下左図内の等高線は、2 つの時間で特定されたマイクロフレア足元の位置。

d. 金星探査機「あかつき (PLANET-C)」

中村正人（リーダー） 石井信明 佐藤毅彦 阿部琢美 山崎 敦 竹前俊昭 戸田知朗 市川 勉 村上真也

【あかつき後期運用チーム】

川勝康弘 山本善一 富木淳史 豊田裕之 廣瀬和之 太刀川純孝 中塚潤一 吉川 真 加藤隆二 竹内 央
 廣瀬史子 橋本樹明 関 妙子 山本高行 川原康介 山本幸生 餅原義孝 清水幸夫 澤井秀次郎 長谷川晃子
 平原大地 齊藤 宏 永松弘行 上野宗孝 (ISAS/JAXA) 田口 真 亀田真吾 (立教大) 渡部重十 佐藤隆雄 (北海道
 情報大) 笠羽康正 坂野井健 (東北大) はしもとじょーじ (岡山大) 堀之内武 高橋幸弘 佐藤光輝 高木聖子 (北大)
 高木征弘 安藤紘基 小郷原一智 今井正堯 (京産大) 林 祥介 樫村博基 (神戸大) 松田佳久 佐藤尚毅 (東芸大)
 杉本憲彦 (慶応大) 神山 徹 中村良介 (産総研) 平田 成 (会津大) 山田 学 (千葉工大) 大月祥子 (専修大)
 今村 剛 (東大) 杉山耕一郎 (松江高専) LEE Yeon Joo (基礎科学研究所) Javier Peralta (セビリア大学) 奥泉信克 (室
 蘭工業大学) 岩上直幹 他 PLANET-C プロジェクトチーム

金星探査機「あかつき (PLANET-C)」(2010 年 5 月 21 日打上げ) は、金星気候の力学的解明を目的として開発された。

実績：

- ① 科学観測を休止している IR1, 2 以外のセンサでの観測を順調に実施した。
- ② NASA Planetary Data System (PDS) のピア・レビューをパスし、UVI, IR1, IR2, LIR, RS データセットの正式版をリリースした。これらのデータは NASA PDS Atmospheres Node から配布されている。
- ③ 2021 年度は、2019 年 12 月から 2020 年 12 月までのデータを DARTS より公開した。

効果：

- ① 令和 3 (2021) 年度査読付き論文数：12 編
 査読付き論文の累計数：87 編
 (令和 4 (2022) 年 3 月時点)
- ② 日本初の惑星周回機として周回軌道における探査機運用の経験・ノウハウを蓄積した。
- ③ NASA と Memorandum of Understanding を結び、データの公開、深宇宙局の運用を続けている。日本に派遣される米国科学者がコロナ禍の中、来日した。
- ④ 現在金星を観測する探査機、衛星は日本の「あかつき」「ひさき」だけであり、最新の知見を得つつある。この成果を基に米国・欧州・ロシアで次世代の金星ミッションが計画され米国では 2 機、欧州では 1 機のミッションが選定され、2030 年頃の探査を目指す。
- ⑤ 2023 年度までの運用延長が承認されている。
- ⑥ 【研究成果 1】「あかつき」搭載長波赤外線カメラ (LIR) により、金星の雲頂付近における風速分布を世界で

初めて昼夜の区別なく計測した。LIR の取得した金星全球 (昼夜とも) の雲頂温度マップを大気運動 (スーパーローテーション) とともに移動する座標系で積算平均することにより、金星雲頂の流れの可視化に成功。昼側では赤道から発散し、夜側では赤道へ収束するような子午面内の流れ (夜間には昼間とは逆方向の南北風が生じる) が存在することを、世界で初めて示した。【研究ハイライト参照】

【研究成果 2】LIR の熱赤外画像で惑星規模の波動が初めて観測された。其処ではケルビン波とロスビー波の 4 つのモードが観測された。また 5 日程度の波の風と温度構造を同定しつつある (図 1)。

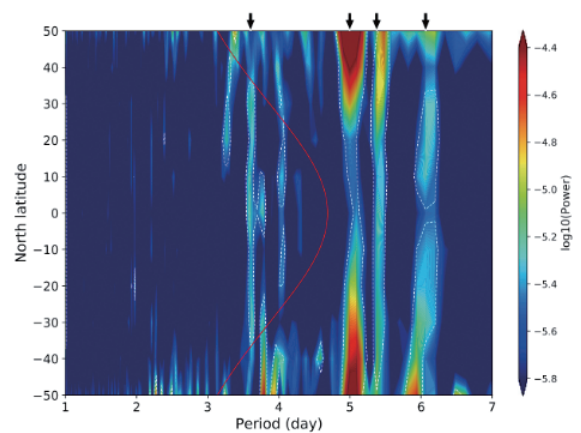


図 1 横軸に周期、縦軸に緯度を取り、波のパワーを示した。図上の矢印が 4 つのモードを示し、中でも 5 日周期に顕著な波が見て取れる

e. 小型ソーラー電力セイル実証機「IKAROS」

森 治（チーム長）竹内 央 富木淳史 津田雄一 佐伯孝尚【IKAROS 運用チーム】

尾川順子 三桝裕也 市川 勉 吉川 真 加藤秀樹（JAXA）中条俊大（東工大）谷口 正（富士通）

小型ソーラー電力セイル実証機「IKAROS」は2010年5月21日に打ち上げられ、フルサクセスとして世界初のソーラーセイルおよびソーラー電力セイルの実証を達成した。2012年以降は推薬がほぼ枯渇し姿勢制御できないため、冬眠と冬眠明けを繰り返している。現在はソーラー電力セイル探査機の開発・運用のためのデータ取得を目的として運用を行っている。特に、セイルのカメラ画像および薄膜太陽電池の発電データを取得することで、ソーラー電力セイルの長期間に渡る性能評価が可能となる。

実績：

- ① ISAS 軌道決定グループが保持している IKAROS のデータを ISAS 固有の軌道 format（obdf 等）から国

際標準フォーマットである CCSDS OEM（軌道歴）、CCSDS TDM（レンジ・レンジレート追跡データ）に変換して公開した。

- ・ 通常運用期間（2010年5月～2011年11月）のドップラーおよびレンジデータ
- ・ 探索フェーズ（2011年12月～2015年9月）の追跡データ
- ・ 通常運用期間と探索フェーズの軌道歴

効果：

- ① 査読付き論文の累計数：110 編
- ② 世界初のソーラーセイルミッションの軌道データを世界の研究者と共有できるようになった。

f. 惑星分光観測衛星「ひさき (SPRINT-A)」

山崎 敦 (プロジェクトマネージャ) 村上 豪【惑星分光観測衛星プロジェクトチーム】

益永 圭 澤井秀次郎 福田盛介 坂井真一郎 竹内伸介 豊田裕之 坂井智彦 小川博之 久木田明夫 岡崎 峻
宮澤 優 藤本正樹 (JAXA) 吉川一朗 吉岡和夫 (東大) 土屋史紀 鍵谷将人 笠羽康正 坂野井健 寺田直樹 (東北
大) 木村智樹 (東京理科大) 北 元 (東北工大) 桑原正輝 (立教大) 古賀亮一 (名大)

惑星分光観測衛星「ひさき (SPRINT-A)」(2013 年 9 月 14 日打上げ) は、地球周回軌道から惑星の大気や磁気圏プラズマを極端紫外光で分光撮像観測するユニークな世界初惑星観測用宇宙望遠鏡である。高分散の極端紫外分光装置を搭載し、史上最高の時間分解能と観測継続時間を武器に木星磁気圏内のエネルギーとプラズマの輸送、及び地球型惑星の大気進化を解明することが目的である。

実績：

- ① 木星、金星等の惑星科学観測運用を継続し、世界的にユニークな極端紫外線分光観測データを創出した。
- ② 2016 年 7 月からの木星探査機 (JUNO) の木星内部磁気圏観測に合わせた木星協調観測を継続中。特に、

JUNO 近木点での直接プラズマ観測に合わせて集中的に木星観測を実施した。

- ③ 8 月の BepiColombo と Solar Orbiter の金星スイングバイ時にあわせて金星観測を実施した。12 月のレナード彗星金星接近にあわせて金星観測を実施した。

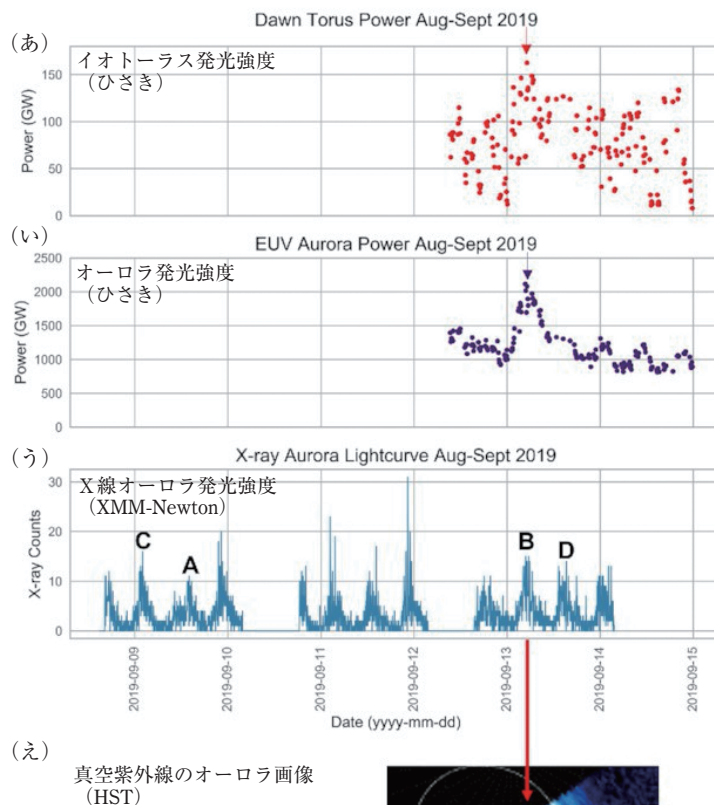
効果：

- ① 2021 年度査読付き論文数：2 編
査読付き論文の累計数：55 編
- ② 木星磁気圏観測に関わる国際的な共同研究が継続され、今後推進される本格的な木星探査の国際計画に参画する礎となっている。
- ③ 2019 年に実施されたハッブル宇宙望遠鏡 (HST)、XMM-Newton X 線観測衛星との木星北極域オーロラの協調観測の結果が論文誌に掲載された (下図)。

右図。

2019 年 9 月 8 日から 14 日に HST, XMM-Newton, 「ひさき」を利用した木星北極域オーロラを広い波長範囲で協調観測の結果。(あ)「ひさき」のイオトーラスの EUV 観測、(い)「ひさき」のオーロラの EUV 観測、(う) XMM-Newton 観測の X 線オーロラの光度曲線、(え) HST の FUV オーロラ画像。[Wibisono *et al.*, 2021, MNRAS の Figure 4 の一部を掲載]

14 日の明け方にオーロラの突発増光を観測した。「ひさき」で観測した突発増光 ((あ) 赤と (い) 紫の矢印) のタイミングは、HST の FUV オーロラ画像 (え) で確認できる明け方の磁気嵐とオーロラ粒子入射現象の出現と時間的に一致する。また、同時に X 線オーロラも突発的に増光している ((う))。X 線スペクトルを確認すると、エネルギー高い硬 X 線は同じタイミングで増光していることが確認でき、磁気圏の中間領域と内側領域を巻き込んだプロセスが駆動していることが判明した。一方、エネルギー低い軟 X 線では明るさの変化は確認できず、磁気圏の外側領域では似たようなプロセスが駆動されていないことを示唆する。



g. 小惑星探査機「はやぶさ 2 (Hayabusa2)」・「はやぶさ 2 拡張ミッション (Hayabusa2#)」

津田雄一（プロジェクトマネージャ） 吉川 真（ミッションマネージャ） 渡邊誠一郎（プロジェクトサイエンティスト）
中澤 暁（サブマネージャ） 佐伯孝尚（プロジェクトエンジニア） 安部正真 岩田隆浩 岡田達明 尾川順子
菊池翔太 坂本佳奈子 澤田弘崇 寫生有理 嶋田貴信 武井悠人 竹内 央 田中 智 月崎竜童 西山和孝
早川雅彦 下村純人 細田聡史 三桝裕也 森 治 矢野 創 山田哲哉 山本幸生 吉光徹雄【はやぶさ 2 プロジェクトチーム】

津田雄一 中澤 暁 佐伯孝尚 田中 智 吉川 真 坂本拓史 三桝裕也 下村純人【はやぶさ 2 拡張ミッション所内プロジェクトチーム】

荒川政彦（神戸大） 石黒正晃（ソウル大） 北里宏平 出村裕英（会津大） 杉田精司 橘 省吾（東大） 並木則行（国立天文台） はやぶさ 2 サイエンスチーム

「はやぶさ 2 (Hayabusa2)」は、C 型小惑星リュウグウの探査およびサンプルリターンを行うミッションである。原始太陽系における鉱物・水・有機物の相互作用を解明することにより、地球・海・生命の起源と進化に迫るとともに、「はやぶさ」で実証した深宇宙往復探査技術を維持・発展させることを目的としている。特に、小惑星に人工クレータを作り、その付近からサンプルを採取するという新たな挑戦も行うことで、日本がこの分野において世界をリードしていくことも目指している。

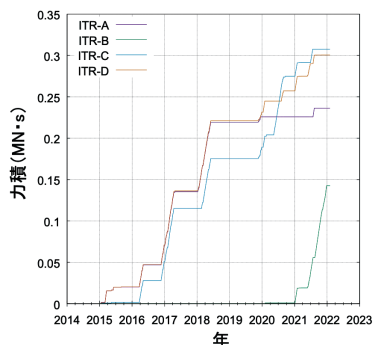
「はやぶさ 2」は、2014 年 12 月 3 日に打ち上げられ、2018 年 6 月に小惑星に到着した。約 1 年 5 ヶ月小惑星に滞在し、リモートセンシング機器による観測、ランダー・ローバによる観測、人工クレータ生成、2 回のタッチダウンによるサンプル採取を実施した。2019 年 11 月にリュウグウを出発し、2020 年 12 月 6 日に再突入カプセルが地球に帰還した。

リュウグウのサンプルは約 5.4g 取得され、キュレーション作業に続いて初期分析の作業が行われた。また、リュウグウ滞在時に取得されたサイエンスデータについても解析が進められた。

探査機は、カプセルを分離した後地球を離れ、拡張ミッション (Hayabusa2#) として運用が継続された。拡張ミッションでは、小惑星 2001 CC21 のフライバイ探査と小惑星 1998 KY26 のランデブー探査を目指す。今年度の拡張ミッションにおいては、サイエンスの観測として黄道光観測を行った。

実績：

- ① 探査機運用は、地球帰還後 2021 年度も継続して行われている。最終目標天体 1998 KY26 到達に向け、必要な増速量を獲得するため、軌道計画に基づいたイオンエンジン噴射運用を実施した。また、イオンエンジンを噴射しない期間では、太陽光圧を利用し、アンローディング用の化学推進剤の消費を抑えた運用



4つのイオンエンジン（A～D）のそれぞれの総力積の推移

を実施しており、さらに週に2回のパスだけで持続可能な運用を行い、運用の省力化にも成功している。

- ② 取得された 5.4g のリュウグウのサンプルについては、まず地球外物質研究グループによって Phase-1 (一次) のキュレーション作業が行われ、サンプルに関する初期記載（色、形、大きさ、質量、分光データ）とカタログ化が行われた。次に、Phase-2 (二次) のキュレーション作業として、二つのグループ（岡山大学および海洋研究開発機構）によってサンプルについてより詳しい調査が行われた。
- ③ サンプルの初期分析については、六つのチーム（化学分析、石の物質分析、砂の物質分析、揮発性成分分析、固体有機物分析、可溶性有機物分析）を組織し、14 カ国、約 300 名の研究者で分析にあたることになった。5 月から 6 月にかけて、サンプルが初期分析チームに配布され、初期分析が開始された。
- ④ JAXA-NASA の機関間合意により、取得されたリュウグウのサンプルの 10% (約 0.5g) を、11 月に NASA に提供した。
- ⑤ 巡航運用中に黄道光の観測を行い、データを取得した。特に日心距離が最小の位置での黄道光のデータの取得もできた。
- ⑥ NIRS3 と TIR のデータアーカイブ（バンドル）を 4 月と 10 月に公開した。これらのデータアーカイブは、JAXA から公開する PDS4 標準に準拠した初めてのデータアーカイブである。これらのデータは JAXA の DARTS および NASA PDS Small Bodies Node のウェブサイトより取得可能である。また LIDAR, ONC, SPICE の公開準備も併せて進めた。

効果：

- ① 2021 年度査読付き論文数：58 編
査読付き論文の累計数：253 編
- ② 【研究成果】リモートセンシング観測データによる論文やリュウグウサンプルのキュレーションに関する論文が Nature Astronomy に掲載されるなど、多数の論文が発表された。
- ③ 【表彰】学会や外部団体から合計 10 件の表彰があった。



NASA へのリュウグウサンプル引き渡しの際の集合写真。
2021 年 11 月 30 日、NASA ジョンソン宇宙センターにて。

h. ジオスペース探査衛星「あらせ (ERG)」

篠原 育（後期運用チーム長）三好由純（プロジェクトサイエンティスト/名古屋大）高島 健 浅村和史 三谷烈史
大野木瞭太 川越弓恵 山下美和子 【あらせ後期運用チーム】
東尾奈々 中村揚介 福田盛介 仁田工美 小川恵美子 梯 友哉 竹内伸介 馬場満久 丸 祐介 坂井真一郎
清水成人 SOKEN Halil Ersin 宮澤 優 豊田裕之 坂井智彦 小川博之 柴野靖子 廣瀬史子 武井悠人 太田方之
三田 信 牧謙一郎 松本晴久 長井嗣信 野村麗子 藤本正樹 齋藤義文 長谷川洋 早川 基 阿部琢美 (JAXA)
堀 智昭 小路真史 JUN Chae-Woo 中村紗都子 北原理弘 瀬川朋紀 塩川和夫 平原聖文 能勢正仁 大塚雄一
西谷 望 梅田隆行 下山 学 町田 忍 家田章正 増田 智 新堀淳樹 北村成寿 (名大) 小野高幸 笠羽康正
加藤雄人 熊本篤志 寺田直樹 小原隆博 坂野井健 土屋史紀 (東北大) 笠原 慧 桂華邦裕 関華奈子 天野孝伸
星野真弘 今田晋介 (東大) 小嶋浩嗣 大村善治 海老原祐輔 栗田 玲 上田義勝 松岡彩子 谷森 達 家森俊彦
(京大) 横田勝一郎 (阪大) 笠原慎也 八木谷聡 後藤由貴 尾崎光紀 松田昇也 (金沢大) 石坂圭吾 三宅壮聡
岡田敏美 (富山県立大) 中川朋子 (東北工大) 湯元清文 河野英昭 吉川顕正 阿部修司 (九大) 北村健太郎
藤本品子 寺本万里子 (九工大) 田中良昌 門倉 昭 佐藤夏雄 山岸久雄 小川泰信 行松 彰 片岡龍峰
西山尚典 (極地研) 石井 守 長妻 努 村田健史 島津浩哲 品川裕之 陣 英克 坂口歌織 中溝 葵 齊藤慎司
高橋直子 (NICT) 渡部重十 (北大) 尾花由紀 (大阪電通大) 中村雅夫 (大阪府大) 篠原 学 (鹿児島高専) 橋本久美子
(吉備国際大) 樋口知之 (中央大学) 上野玄太 中野慎也 (統数研) 松本洋介 (千葉大) 田所裕康 (東京工科大)
田口 真 柳町朋樹 (立教大) 高田 拓 (高知高専) 飯島雅英 (大乘淑徳学園) 村中崇信 (中京大) 細川敬祐 (電通大)
田中 真 三宅 亘 白澤秀剛 (東海大) 山田 学 (千葉工大) 藤井良一 (情報システム研究機構) WANG Shiang-Yu
風間洋一 (台湾 ASIAA) WANG Bo-Jhou (台湾中央大学) TAM Sunny CHANG Tzu-Fang (台湾国立成功大学)
小笠原桂一 (米国 SWRI) 宮下幸長 (韓国 KASI)

ジオスペース探査衛星「あらせ (ERG)」(2016 年 12 月 20 日打上げ) は、地球の放射線帯 (ヴァン・アレン 帯) の高エネルギー電子の加速・消失メカニズムや太陽 風擾乱に伴って発生する宇宙嵐などの宇宙環境変動のメ カニズムの解明を目指したミッションである。放射線帯 の高エネルギー電子の生成・消失にプラズマの波が大きな 役割を果たしていることを明らかにする等、ジオスベ ース変動メカニズムの飛躍的な理解の進展に貢献してい る。

実績：

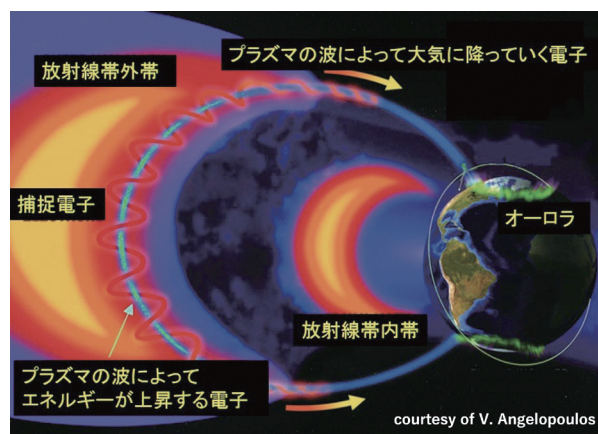
- ① 観測運用を順調に継続し、南極昭和基地や、国際的 な地上観測ネットワーク網 (地磁気、オーロラ、 SuperDARN や EISCAT の電離圏レーダー観測網) との国際共同観測を実施した。
- ② 2019 年 6 月から 2021 年 5 月まで運用された米国 DSX 衛星とのバーストモード協調観測を累積 50 回実施 した。

効果：

- ① 2021 年度査読付き論文の受理数：51 編 (累積 228 編) (令和 4 (2022) 年 1 月末時点)
- ② 太陽-地球惑星系科学分野の国際学術誌に加えて、 Scientific Reports (2 件)、Physical Review Letters

(1 件) のハインパクトジャーナルに成果を報告す るとともに、新聞や科学誌に成果が取り上げられる など注目される科学成果が得られている。

- ③ ISAS ニュース あらせ特集号を、広報の協力の下で 発行し、あらせ打上げから 5 年間の科学成果のハイ ライトをアピールした。



「あらせ」の観測成果から「放射線帯の高エネルギー電子の増減 にはプラズマの波が大きく関わっている」というジオスペース 変動の新しい描像が得られている。

i. 水星探査計画/水星磁気圏探査機 (BepiColombo/MMO)

小川博之 (プロジェクトマネージャ) 村上 豪 中澤 暁 関 妙子 小川美奈 峯杉賢治 藤本正樹 尾崎正伸
 山下美和子 戸田知朗 松田昇也 【BepiColombo プロジェクトチーム】
 高島 健 志田真樹 太刀川純孝 伊藤文成 川原康介 石井信明 川口淳一郎 國中 均 齋藤宏文 佐藤英一
 橋本樹明 森田泰弘 山田隆弘 山本善一 中村正人 久保田孝 後藤 健 澤井秀次郎 廣瀬和之 堀 恵一
 水野貴秀 吉川 真 安部正真 岡田達明 北村良実 齋藤義文 篠原 育 西野真木 田中 智 浅村和史
 長谷川洋 早川雅彦 春山純一 矢野 創 山崎 敦 今泉 充 松本晴久 早川 基 (JAXA) 出村裕英 平田 成
 大竹真紀子 (会津大) 白井仁人 (一関高専) 南 繁行 武智誠次 (大阪市大) 横田勝一郎 佐伯和人 佐々木晶 (阪大)
 中村雅夫 (大阪府大) 杉原孝充 (海洋研) 野澤宏大 篠原 学 (鹿児島高専) 笠原禎也 八木谷聡 井町智彦 (金沢大)
 松永恒雄 (環境研) 湯元清文 河野英昭 吉川顕正 高橋 太 (九大) 筒井 稔 (京産大) 松岡彩子 大村善治
 山路 敦 能勢正仁 小嶋浩嗣 上田義勝 (京大) 岡田雅樹 田中良昌 (極地研) 渋谷秀敏 (熊本大) 本田理恵 (高知大)
 白井英之 中村昭子 山本哲生 (神戸大) 佐川永一 (国際通信経済研究所) 荒木博志 河野宣之 (国立天文台)
 柴村英道 (埼玉県短大) 中村良介 (産総研) 村田健史 長妻 努 品川裕之 坪内 健 (NICT) 柳澤正久 (電通大)
 高橋隆男 利根川豊 三宅 互 田中 真 (東海大) 井田 茂 綱川秀夫 長井嗣信 本蔵義守 松島政貴 片岡龍峰
 (東工大) 渋谷真人 (東京工芸大) 杉浦直治 寺澤敏夫 星野真弘 関華奈子 岩井岳夫 杉田精司 宮本英昭
 吉川一朗 三浦弥生 (東大) 向後保雄 (理科大) 高木靖彦 (東邦学園大) 笠羽康正 小原隆博 寺田直樹 三澤浩昭
 坂野井健 大谷栄治 加藤雄人 熊本篤志 土屋史紀 (東北大) 中川朋子 (東北工大) 石坂圭吾 三宅壮聡 高野博史
 (富山県大) 藤井良一 (情報・システム研究機構) 小島正宣 渡辺誠一郎 町田 忍 平原聖文 三好由純 家田章正
 海老原祐輔 (名大) 中野久松 (法政大) 日置幸介 (北大) 滝澤慶之 (理研) 高田淑子 (宮城教育大) 柳町朋樹 田口 真
 亀田真吾 (立教大) 塩見 慶 (リモート・センシング技術センター) 長谷部信行 宮島光弘 (早大) 諸岡倫子 (スウェーデン宇宙物理研究所) 中村るみ (オーストリア宇宙研究所)

水星探査計画/水星磁気圏探査機「みお」(BepiColombo/Mio) は、ESA と JAXA による初の本格的な日欧共同計画 (2018 年 10 月打上げ) で、未知の惑星・水星の磁場・磁気圏・表層・内部を初めて多角的・総合的に観測しようとするプロジェクトである。

実績：

- ① 2021 年 8 月 10 日 (日本時間) に 2 回目の金星スイングバイを実施し、「みお」搭載装置を用いた金星誘導磁気圏及び電離圏の科学観測に成功した。また 2021 年 10 月 2 日 (日本時間) には 1 回目の水星スイングバイを実施し、「みお」による水星磁気圏の科学観測を行った。世界で初めて水星磁気圏内の低エネルギー電子とイオンの同時観測に成功したほか、南半球にこれまで最も接近し磁場観測を実施した。惑星間空間航行中にも科学観測を複数回実施し、特に太陽高エネルギー粒子イベントを捉えた。2022 年度の水星スイングバイおよび惑星間航行中の科学観測計画の策定を進めた。
- ② 定期的な探査機および搭載装置の健全性確認運用を実施し、問題ないことを確認した。
- ③ 運用検討と運用文書の整備を引き続き進めた。2025 年度に予定されている水星軌道投入、分離・伸展・定常観測運用に向けた探査機シミュレータおよび計画作成・検証ツールの整備を引き続き進めた。

- ④ 国際サイエンスチームによるリモート会合を月 1 回の頻度で開催した。また国際学術誌 Space Science Review における BepiColombo 特集号の出版を進めた。

効果：

- ① 2021 年度査読付き論文数：42 編
査読付き論文の累計数：157 編
- ② 当初の計画を超える科学観測を実施した。着実な業務運営が行われた。



2021 年 10 月の水星スイングバイ時に探査機搭載カメラで撮影された水星の姿 (©ESA/BepiColombo/MTM)

3. 開発中の科学衛星・探査機

a. SLS 搭載超小型探査機 (OMOTENASHI, EQUULEUS)

橋本樹明 (チーム長) 船瀬 龍 (副チーム長) 山田哲哉 菊池隼仁 三好航太 吉光徹雄 富木淳史 鳥居 航 堀 恵一 大槻真嗣 池永敏憲 小林雄太 森下直樹 丹野英幸 中島晋太郎 坂東信尚 森本 仁 【SLS 搭載超小型探査機プロジェクトチーム】

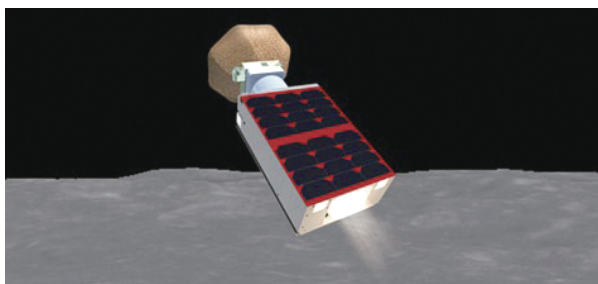
豊田裕之 矢野 創 石毛康夫 徳永 翔 尾崎直哉 (ISAS/JAXA) 廣瀬史子 永松愛子 平澤 遼 (JAXA 研究開発部門) 小泉宏之 吉川一朗 五十里哲 川端洋輔 石川晃寛 吉岡和夫 関根北斗 野村俊一郎 (東大) 阿部新助 布施綾太 (日大) 柳沢正久 (電通大) 平井隆之 (千葉工大) 桑原正輝 (立教大) CAMPAGNOLA Stefano (NASA/JPL)

2022 年打上げ予定である米国 SLS (Space Launch System) ロケット Artemis-1 (試験機) への CubeSat 相乗機会に対して, JAXA より応募の 2 機の探査機 OMOTENASHI (Outstanding MOon exploration TEchnologies demonstrated by NAno Semi-Hard Impactor) と EQUULEUS (EQUilibriUm Lunar-Earth point 6U Spacecraft) が選定された。搭載の条件は「有人探査を推進する科学的, 技術的目的を含むこと」であり, OMOTENASHI は地球・月周辺の放射線環境測定と有人探査と相補的な超小型着陸技術の実証, EQUULEUS は磁気圏プラズマと微小隕石・ダスト環境の測定と地球・月系ラグランジュ点への軌道変換技術の実証を行う。

各探査機の総質量は 14kg, サイズは 113mm×239mm×366mm に制限されており, また有人宇宙船 Orion との相乗であるため, 有人システムへの安全要求が課せられている。All JAXA 体制で進めるプロジェクトであるが, 両探査機の提案代表者である, 橋本樹明, 船瀬龍の所属する宇宙科学研究所が中心となり実施している。

実績:

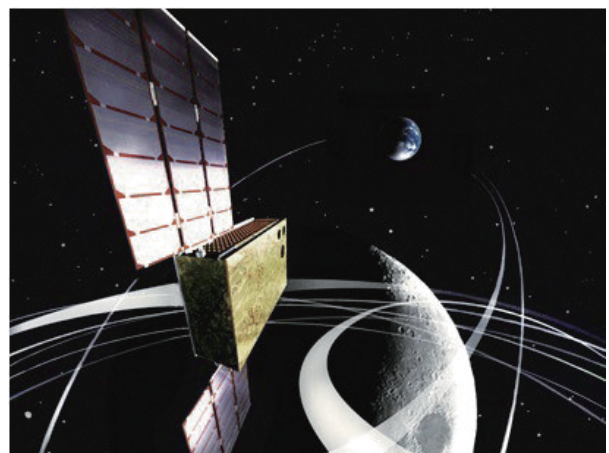
- ① 両探査機ともに, 2021 年 7 月に NASA Kennedy Space Center にて最終動作確認の後, NASA への探査機引き渡しを行った。並行して軌道上運用を模擬した試験を実施し, 必要な運用ツールの整備を行っている。
- ② 両探査機の引き渡し前に引渡前確認会を実施し, 2021 年 12 月に運用準備確認会を実施した。
- ③ 両探査機は SLS ロケットに搭載された状態であり, 2021 年 9 月および 2022 年 2 月に NASA により補充電が行われた。



OMOTENASHI の着陸イメージ図

効果:

- ① 放射線環境, 微小隕石環境の測定により, 有人探査における遮蔽設計に資するとともに, ジオスペース環境の科学的理解に貢献する。
- ② OMOTENASHI の超小型着陸技術は, 大型の探査機に相乗搭載することにより, 有人探査のための誘導ビーコン設置や広域分散科学観測などに利用可能である。また探査への敷居を下げることで, 民間や大学等の参入を促進する。
- ③ EQUULEUS の低リソース軌道変換技術により, 深宇宙有人拠点が建設予定であるラグランジュ点や長楕円月周回軌道への到達が効率的に行えるようになる。
- ④ OMOTENASHI はアマチュア無線帯の通信機を搭載し, 世界のアマチュア無線家と連携して宇宙開発, 通信技術に関するアウトリーチを行う。



EQUULEUS の定常観測イメージ図

b. 小型月着陸実証機 (SLIM)

坂井真一郎 (プロジェクトマネージャー) 榑木賢一 (サブマネージャー) 澤井秀次郎 (プロジェクトサイエンティスト)
 福田盛介 (ファンクションマネージャ) 大竹真紀子 (パイロードマネージャー) 齋藤宏生 友枝久夫 仲内悠祐
 石田貴行 伊藤琢博 植田聡史 河野太郎 古川克己 宮澤 優 道上啓亮 【SLIM プロジェクトチーム】
 大槻真嗣 佐藤広幸 佐藤泰貴 白石浩章 戸部裕史 富木淳史 豊田裕之 鳥居 航 前田孝雄 牧謙一郎
 松崎恵一 丸 祐介 水野貴秀 吉光徹雄 (ISAS/JAXA) 勝又雄史 安光亮一郎 (JAXA 国際宇宙探査センター)
 上野誠也 (横浜国大) 鎌田弘之 (明大) 北薮幸一 (首都大) 小島広久 (首都大) 佐伯和人 (大阪大) 高玉圭樹 (電通大)
 能見公博 (静岡大) 樋口丈浩 (横浜国大) 外本伸治 (九大) 本田親寿 (会津大)

小型月着陸実証機「SLIM」は、有重力天体への高精度着陸技術 (ピンポイント着陸技術) の実証を行うため、月面に 100m 級の精度で着陸することを目指す小型探査機ミッションである。

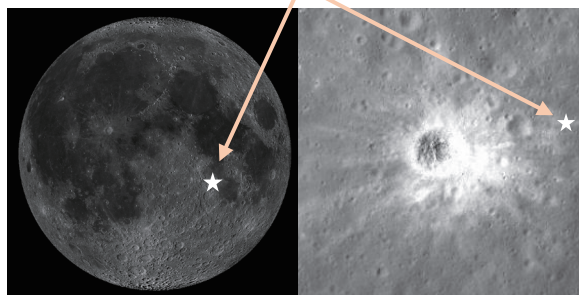
実績：

- ① 2019 年度より詳細設計フェーズに移行し、探査機の詳細設計を進めた。
- ② 併せて、試験モデルを用いた各種の検証試験を実施した。これら試験の中には、推進系システムの動応答確認などを目的としたシステム燃焼試験、大樹航空宇宙実験場にて実施した着陸レーダのフィールド試験、システム電気試験、構造モデル試験など、規模の大きな試験も含まれている。
- ③ これらの成果を踏まえて、一連の詳細設計審査を受信し、次フェーズである製作試験フェーズへと進むことが妥当と判断された。
- ④ 2021 年度は製作試験フェーズの活動を進め、フライドモデルを用いたシステム試験を開始した。

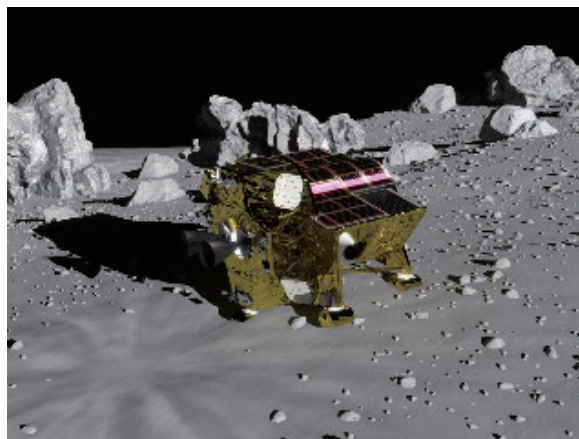
効果：

- ① 2021 年度査読付論文数：2 編
査読付論文の累計数：48 編
- ② 我が国初となる小型で軽量の探査機での重力天体への高精度軟着陸の実現に向け、着実な業務運営が行われたと評価する。

着陸目標候補地点
(南緯13.3°/東経25.2°)



探査機の構造試験モデルを整備した広報・展示用モデル。ISAS 宇宙科学探査交流棟等で展示中。



月面着陸後の姿 (予想)

c. X線分光撮像衛星 (XRISM)

前島弘則 (プロジェクトマネージャ) 戸田謙一 (サブマネージャ) 田代 信 石田 学 辻本匡弘 山口弘悦
渡辺 伸 富田 洋 竹井 洋 夏莉 権 堀内貴史 荒井美孝 佐藤理江 飯塚 亮 石崎欣尚 林田 清 (~9月)
寺田幸功 藤本龍一 森 浩二 星野晶夫 吉田鉄生 林 克洋 米山友景 内田和海 (12月~) 【X線分光撮像衛星プロジェクトチーム】

堂谷忠靖 海老沢研 山崎典子 前田良知 菅原泰晴 (~6月) 石川久美 (~9月) 峯杉賢治 尾崎正伸 小川美奈
中村英斗 篠崎慶亮 石丸貴博 巳谷真司 佐々木貴広 岡本 篤 安田 進 柳瀬恵一 志田真樹 佐藤洋一 (JAXA)
村上弘志 (東北学院大) 久保田あや (芝浦工業大) 玉川 徹 中島真也 北口貴雄 GU Liyi 佐藤寿紀 澤田真理
榎戸輝揚 (理研) 佐藤浩介 勝田 哲 (埼玉大) 松下恭子 幸村孝由 萩野浩一 小林翔悟 (東京理科大) 馬場 彩
小高裕和 谷本 敦 (東大) 坪井陽子 (中央大) 北本俊二 山田真也 一戸悠人 (立教大) 藤田 裕 江副祐一郎
瀬田裕美 石川久美 (10月~) (都立大) 中嶋 大 (関東学院大) 内山秀樹 (静岡大) 宇野伸一郎 (日本福祉大)
中澤知洋 三石郁之 山岡和貴 (名大) 古澤彰浩 (藤田医科大) 鶴 剛 内田裕之 上田佳宏 水本岬希 (京大)
山内茂雄 太田直美 (奈良女子大) 信川正順 (奈良教育大) 信川久実子 (近畿大) 常深 博 松本浩典 野田博文 (阪大)
田中孝明 鈴木寛大 (12月~) (甲南大) 平賀純子 (関西学院大) 深沢泰司 水野恒史 高橋弘充 大野雅功
内田悠介 (広島大) 栗木久光 寺島雄一 志達めぐみ (愛媛大) 江口智士 (福岡大) 廿日出勇 山内 誠 西岡祐介 (宮崎大)

X線分光撮像衛星 (XRISM) は, 「ASTRO-H」が目指していたサイエンスの早期回復を目指すミッションである。本衛星は, X線超精密分光による高感度観測を実現し, 現代宇宙物理の基本的な課題である宇宙の構造と進化にかかる数々の謎の解明に挑む。また, 宇宙の包括的理解には様々な波長での観測が必要であり, 現在, 大型地上天文台 ALMA (ミリ波・サブミリ波), Fermi 衛星 (ガンマ線) が稼働, JWST (可視・近赤外) などの次世代軌道上衛星が計画されており, 本衛星はX線領域においてこれらと伍して研究を行う能力と規模を有している。

実績:

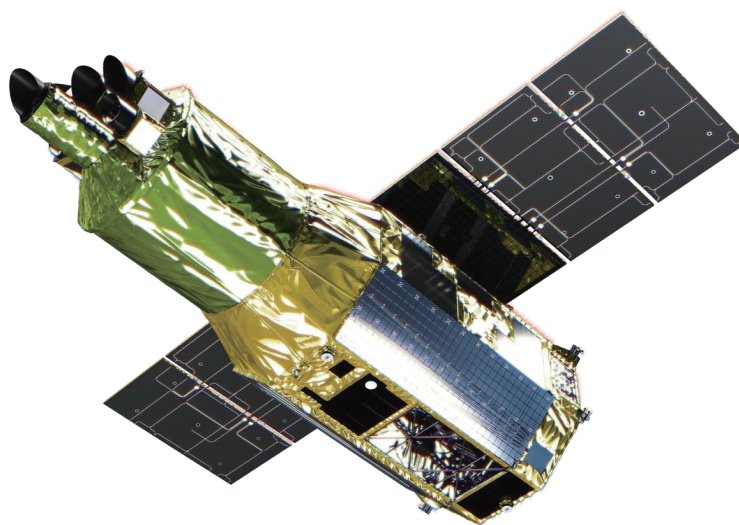
- ① 2018年7月にプロジェクトチームを設置し衛星及び地上システムの開発を開始した。
- ② 2019年度は詳細設計を進め, 各サブシステム/システムの詳細設計審査 (CDR) を実施した。

- ③ 2020年度は開発完了した機器の衛星構体への取り付けを進めた。また, PV PhaseのTarget Listを決定, 公開した。

- ④ 2021年度は軟X線分光装置 Resolve 及び軟X線撮像装置 Xtend の開発を進め, 後者の開発を完了し衛星システムへ引渡した他, 衛星インテグレーションを開始した。また, 地上系整備, 運用準備を進めた。

効果:

- ① 「ASTRO-H」の教訓を踏まえて共同プロジェクトの相手方である NASA と Joint Systems Engineering Team を設置し, 要求/検証管理, リスク管理等の SE 活動を推進している。オンボード異常対策追加によるロバスト性向上の成果があった。
- ② 2021年度査読付き論文数: 2編



X線分光撮像衛星 (軌道上イメージ)

d. 深宇宙探査技術実証機 (DESTINY+)

高島 健 (プロジェクトマネージャ) 今村裕志 (サブマネージャ) 餅原義孝 (ファンクションマネージャ) 岡橋隆一 奥平俊暁 高橋純子 西山和孝 豊田裕之 山本高行 宮原 剛 太田方之 尾崎直哉 永松弘行 須崎祐多 徳留真一郎 藤原卓也【DESTINY+プロジェクトチーム】

竹内 央 小川博之 竹内伸介 戸田知朗 三浦政司 細田聡史 月崎竜童 今井 駿 荒川 聡 竹前俊昭 矢野 創 吉川 真 春山純一 (ISAS/JAXA) 中村徹哉 澤田健一郎 金城富宏 秋月祐樹 金谷周朔 小野稜介 佐藤峻介 森下直樹 志田真樹 柳沢俊史 黒崎裕久 (JAXA 研究開発部門) 荒井朋子 小林正規 石橋 高 木村 宏 洪 鵬 岡本尚也 平井隆之 奥平 修 山田 学 千秋博紀 和田浩二 (千葉工大) 吉田二美 (産業医科大学) SRAMA Ralf (シュツツツガルト大) KRUGER Harald (マックスプランク) 渡部潤一 伊藤孝士 大坪貴文 (国立天文台) 大塚勝仁 (東京流星観測網) 細沼貴之 船瀬 龍 (東大) 長野方星 金田英宏 (名大) 藪田ひかる (広大) 石黒正晃 (ソウル大) 亀田真吾 (立教大) 三河内岳 橘 省吾 諸田智克 (東大) 鍵谷将人 中村智樹 (東北大) 阿部新助 (日大) 佐々木晶 (阪大) 野口高明 (九大) 中村 Messenger 圭子 MESSENGER Scott (NASA) 小松睦美 (総研大) 廣井孝弘 (ブラウン大) 小松吾郎 (ダヌンツィオ大/千葉工大) 浦川聖太郎 (日本スペースガード協会) 木下大輔 (台湾国立中央大学) 関口朋彦 (北海道教育大学) 平田 成 出村裕英 (会津大) LAURETTA Dante (アリゾナ大)

DESTINY+は、宇宙科学研究所がこれまで実施してきた「技術開発による挑戦的なミッション」として、工学と理学がそれぞれの目標を定めた連携ミッションとして検討・開発を進めている。工学ミッションの目的は、「電気推進の活用範囲の拡大と、先進的なフライバイ探査技術の獲得」であり、理学ミッションの目的は、「地球外からの炭素や有機物の主要供給源たる地球飛来ダスト及びその母天体の実態解明」である。これらの目的を達成するために、ふたご座流星群の母天体である小惑星 Phaethon (フェートン, ファエトン) をフライバイ探査する。

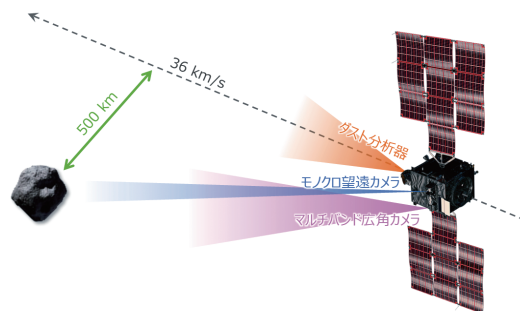
実績：

- ① 4 月にプロジェクト移行審査を通過し、5 月にプロジェクトに移行した。
- ② 探査機システムおよび各サブシステムの基本設計を推し進め、イオンエンジン (IES)、薄膜軽量太陽電池パドル (SAP)、ミッションデータプロセッサ (MDP)、可逆展開ラジエータ (RTP)、マルチバンドカメラ (MCAP)、ならびにキックステージ (KS) 機体システムの基本設計審査 (PDR) を、それぞれ完了した。
- ③ 放射線やマイクロメテオロイド・軌道上デブリをはじめとする宇宙環境への耐性を確保する設計を推し進めた。
- ④ 探査機システム担当メーカおよび JAXA 内姿勢制御系有識者とともに、Phaethon フライバイ運用の詳細な確認を行い、課題抽出および解決方法の検討を行った。
- ⑤ 探査機から観測される Phaethon 及び背景星の模擬画像を生成する「フライバイシミュレータ」を用いたフライバイ検証試験に着手した。
- ⑥ 駆動鏡付きモノクロ望遠カメラ (TCAP) 及び MCAP の撮像素子である CMOS センサについて、フライト品に向けたスクリーニングを行い、温度サイクル試験と放射線照射試験を実施した。
- ⑦ 観測画像処理や TCAP の駆動鏡制御を行う MDP アプリケーションソフトウェアの開発仕様策定に向けた検討を行った。

- ⑧ ドイツ航空宇宙センター (DLR) から提供されるダストアナライザ (DDA) については、探査機システム開発との整合性を維持すべく、インタフェース及びスケジュール調整を行った。
- ⑨ スパイラル上昇・月スイングバイ・惑星間航行の各フェーズの軌道探索を進め、Phaethon フライバイ時期を維持しながら、打上げウィンドウを 2024 年冬期まで拡大できることを確認した。
- ⑩ イオンエンジンの異常停止等により探査機が計画軌道から外れた場合に備え、地上局に予め探索用のアンテナ予報値を準備しておくことで探査機を捕捉できる見込みを得た。GEOTAIL を用いた捕捉運用試験による検証も行った。
- ⑪ 美笹深宇宙探査用地上局並びに内之浦後継チームとの調整を実施し、DESTINY+からの要求事項をインプットした。クリティカル運用に対応するため、DLR 地上局や国内外民間地上局の利用調整を進めた。

効果：

- ① 2021 年度査読付き論文数：3 編
査読付き論文の累計数：29 編
- ② 探査機システム PDR に向け、基本設計フェーズの活動を着実に進めることができた」と評価する。

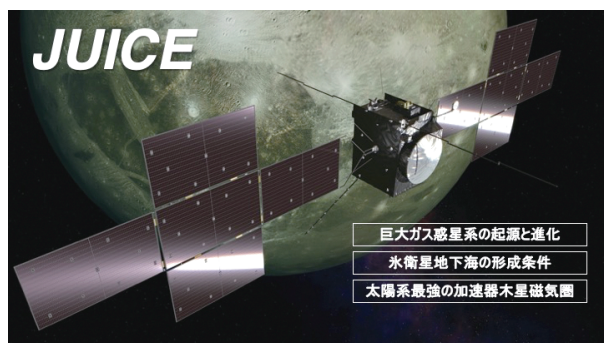


小惑星 Phaethon フライバイ観測のイメージ
フライバイ中に、駆動鏡を備えたモノクロ望遠カメラ (TCAP) およびマルチバンド広角カメラ (MCAP) による撮像、ダスト分析器 (DDA) によるダスト分析を実施する。

e. 木星氷衛星探査計画 (JUICE)

齋藤義文 (所内プロジェクト長) 浅村和史 (所内副チーム長) 関根康人 (所内プロジェクトサイエンティスト: 東工大)
 塩谷圭吾 春山純一 松田昇也 (～9月) 【JUICE 所内プロジェクト】
 東原和行 阿部琢美 水野貴秀 尾崎正伸 竹内伸介 小川博之 押上祥子 高島 健 長谷川洋 篠原 育
 三谷烈史 杉山耕一郎 藤本正樹 岩田隆浩 庄司大悟 (ISAS/JAXA) 池田人 小川恵美子 (JAXA) 笠羽康正
 三澤浩昭 熊本篤志 加藤雄人 土屋史紀 堺正太郎 北原理弘 中川広務 寺田直樹 鍵谷将人 坂野井健
 佐藤慎也 (東北大学) 中村勇貴 佐藤晋之祐 安田陸人 (東北大学・大学院学生) 並木則行 野田寛大 荒木博志
 田澤誠一 松本晃治 鹿島伸悟 花田英夫 生駒大洋 葛原昌幸 (国立天文台) 新谷昌人 杉田精司 笠原 慧
 関華奈子 寺澤敏夫 天野孝伸 清水久芳 宮本英昭 吉川一朗 (東京大学) 三好由純 渡邊誠一郎 小路真史
 西野真木 家田彰正 齋藤実穂 平原聖文 梅田隆行 (名古屋大学) 倉本 圭 鎌田俊一 高橋幸弘 佐藤光輝 (北海道大学) 八木谷聡 尾崎光紀 笠原慎也 井町智彦 松田昇也 (10月～) 福士圭介 (金沢大学) 荒川政彦 三宅洋平
 平田直之 銭谷誠司 (神戸大学) 松島政貴 黒川宏之 井田 茂 丹 秀也 (東京工業大学) 小嶋浩嗣 大村善治
 海老原祐輔 栗田 怜 松岡彩子 (京都大学) 深沢圭一郎 高橋 太 中島健介 (九州大学) 平田 成 小川佳子
 山田竜平 (会津大学) 小林正規 石橋 高 千秋博紀 (千葉工業大学) 木村 淳 佐々木晶 横田勝一郎 (大阪大学)
 田中康之 長沼 毅 (広島大学) 長妻 努 埜 千尋 (NICT) 青山雄一 奥野淳一 (国立極地研究所) 渋谷岳造
 西澤 学 (海洋研究開発機構) 木村智樹 (東京理科大) 大坪俊通 (一橋大学) 今井一雅 (高知高専) 江副祐一郎 (東京
 都立大学) 芳原容英 (電通大) 三宅 互 (東海大学) 寺本万里子 (九工大) RIABOV Vladimir B (函館未来大)
 石坂圭吾 (富山県立大学) 中城智之 (福井工大) 渡部重十 (北海道情報大学) 田所裕康 (武蔵野大学) 北 元 (東北工
 業大学) 堀 安範 (アストロバイオロジー研究センター) 下山 学 二穴喜文 (スウェーデン IRF) 風間洋一 (台湾成
 功大学) 中村琢磨 (オーストラリア IWF-OeAW) 西村幸敏 (Boston Univ.) 日置幸介 (上海天文台)

木星氷衛星探査計画「JUICE」は欧州宇宙機関 (ESA) が 2012 年 5 月に選定した L クラス計画である。この JUICE 計画に日本から参画し、系外惑星の中でも普遍的な存在である「巨大ガス惑星系の起源・進化」と、その周囲に広がる「生命存在可能領域としての氷衛星地下海の形成条件」、「太陽系最強の加速器木星磁気圏」を明らかにする。JUICE 衛星は木星周回軌道から木星系の観測 (磁気圏の観測、木星大気の観測、エウロパ・カリストのフライバイ観測) を実施し、太陽系最大の氷衛星であるガニメデ周回軌道投入後はガニメデの精査を実施する。ISAS は、11 の搭載観測機器のうち 3 つの機器 (RPWI, GALA, PEP/JNA) について、ハードウェアの一部を開発・提供するとともに、2 つの機器 (JANUS, J-MAG) のサイエンス Co-Investigator として参加する。



木星氷衛星探査計画「JUICE」の想像図

実績:

- ① 2021 年度査読付き論文数: 12 編
査読付き論文の累計数: 35 編
- ② ハードウェアの一部を開発提供する、3 つの機器 (電波・プラズマ波動観測装置、高速中性粒子観測装置、ガニメデレーザ高度計) については 2020 年末までに全機器フライトモデルの欧州への出荷を完了した。
- ③ 電波・プラズマ波動観測装置 (RPWI) については 2021 年 1 月迄にフライトスペアモデルの出荷も完了し、高速中性粒子観測装置 (PEP/JNA) については、2021 年 3 月迄にフライトスペアモデルの欧州への出荷を完了した。ガニメデレーザ高度計 (GALA) については、2022 年度前半のフライトスペアモデルの出荷に向けて製造・試験を進めた。
- ④ サイエンス参加の 2 機器 (カメラシステム (JANUS)、磁力計 (J-MAG)) についても欧州の機器チームと協力して、それぞれ観測計画や、観測機器較正方法の検討などに貢献した。

f. 火星衛星探査計画 (MMX)

川勝康弘 (プロマネ) 倉本 圭 (主任研究者) 大嶽久志 (サブマネ) 白井寛裕 馬場 肇 峰松拓毅 木下貴博
 戸梶 歩 小川和律 尾崎正伸 岩田隆浩 宮崎理紗 永峰健太 澤田弘崇 佐藤泰貴 山田和彦 中山大輔
 菅原春菜 深井凌太 今田高峰 安光亮一郎 嶋田貴信 柳澤拓也 馬場満久 牧謙一郎 池田 人 尾川順子
 藤田和央 大槻真嗣 戸田知朗 坂東信尚 丸 祐介【火星衛星探査機プロジェクトチーム】
 藤本正樹 鈴木俊之 下田孝幸 塩谷圭吾 水野貴秀 松崎恵一 中島晋太郎 山本幸生 菊地 紘 梶谷伊織
 春山純一 三谷烈史 (ISAS/JAXA) 加藤裕基 吉川健人 足立寛和 小澤宇志 高柳大樹 中尾達郎 大木優介
 巳谷真司 大野 剛 竹尾洋介 松本裕樹 岡田尚基 根岸秀世 大門 優 中台光洋 中村徹哉 田中洸輔
 剣持伸朗 松本康司 長田泰一 中塚潤一 藤井 剛 奥村哲平 石濱直樹 (JAXA 研究開発部門) 村田直史 (JAXA 環
 境試験技術ユニット) 和田浩二 (千葉工大) 亀田真吾 (立教大) 千秋博紀 小林正規 (千葉工大) 横田勝一郎 (阪大)
 中川広務 (東北大) 佐々木晶 (阪大) 寺田直樹 (東北大) 中村智樹 (東北大) 長岡 央 (早大) 今村 剛 (東大)
 玄田英典 (東工大) 平田 成 (会津大) 松本晃治 (国立天文台) 宮本英昭 諸田智克 橘 省吾 (東大) 渡邊誠一郎 (名
 大) STATLER Thomas (NASA) DUDZINSKI Leonard (NASA) ZAVODSKY Bradley T. (NASA) FALKNER P. (ESA)
 BAYON S. (ESA) COLANGELI L. (ESA) LE DU Michael (CNES) GREBENSTEIN M. (DLR) LANGE S. (DLR)
 ULAMEC S. (DLR) LAWRENCE D.J. (JHU/APL) BARUCCIA. (LESIA) MARY S. (CNES) ZACNY K. (HBR)

火星衛星探査計画 (Martian Moons eXploration: MMX) は火星衛星からの世界初のサンプルリターンミッションである。原始太陽系における「有機物・水の移動、天体への供給」過程の解明に貢献するため、火星衛星に含まれる含水鉱物・水・有機物などを解析することにより、水や有機物の存在を明らかにするとともに、火星衛星の由来を解明する。我が国が培ってきた探査技術を継承しつつ、将来の火星本星における有人探査の拠点候補として火星衛星の調査を進める。戦略的中型計画1号機として、2024年度打上げを目指して開発を進めている。

実績：

- ① 2024年度の打上げに向けて、2021年2月に基本設計を完了。2021年度は探査機システム・ミッション機器・地上システム及び運用設計について詳細設計を進めた。2021-22年度にかけて順次詳細設計審査(CDR)を開始しており、一連のCDR結果を踏まえてJAXA総括審査を2022年度前半で完了し、製造試験フェーズに移行する予定。



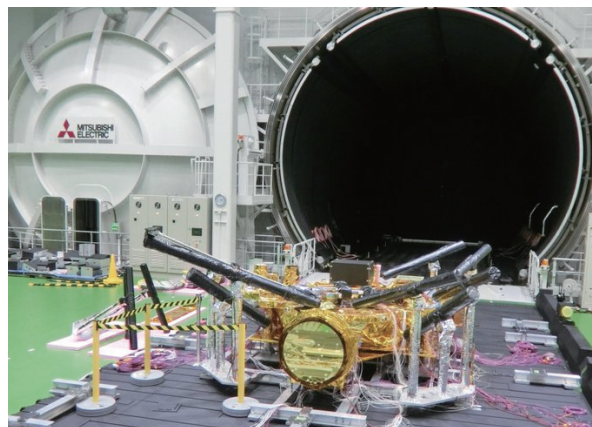
探査機のイメージ

- ② 詳細設計と並行して各種試験モデルの製作を進め、それらを用いたシステムレベルの試験(MDPインタフェース試験、熱試験モデル(TTM)を用いた熱真空試験、他)を行った。

開発進捗に伴い国際協力相手方との協定締結・改訂を進めた。(CNESとの実施取り決め(Implementing Arrangement: IA)改訂:10月)

効果：

- ① 2021年度査読付き論文数：17編
査読付き論文の累計数：56編
- ② 人類初の火星圏からのサンプルリターン実現に向け、着実な業務運営が行われたと評価する。



探査モジュール熱真空試験

MMX探査機の熱試験モデル(TTM)及び構造試験モデル(MTM)を使用した開発試験を実施。TTM試験では、後方に写っているスペースチャンバーで宇宙空間の環境を再現し、MMX探査機がその環境下で熱くなりすぎたり、寒くなりすぎたりしないかを試験する。

g. 二重小惑星探査計画（Hera）

岡田達明（チーム長）田中 智 寫生有理 金丸仁明 和田武彦 石崎拓也（10月～）吉川 真 竹内 央
山本幸生 安部正真 三梶裕也 津田雄一 池永敏憲（ISAS/JAXA）坂谷尚哉（立教大）荒井武彦（前橋工大）
千秋博紀 菊地翔太（千葉工大）出村裕英 北里宏平 金野龍史 斎藤啓仁（会津大）関口朋彦（北海道教育大）
神山 徹（産総研）佐々木晶（阪大）荒川政彦 中村昭子（神戸大）杉田精司 宮本英昭（東大）阿部新助（日大）
浦川聖太郎（日本スペースガード協会）野口高明（京大）藪田ひかる（広大）渡邊誠一郎（名大）巽 瑛理（カナリア
天体物理研究所）小松吾郎（ダヌンツィオ大）【Hera 所内プロジェクトチーム】

二重小惑星探査計画 Hera は、ESA の小惑星探査計画であり、S 型の二重小惑星 Didymos と衛星 Dimorphos のランデブー探査を行う。日本からは「はやぶさ 2」で史上初の小惑星熱撮像で成果を挙げた TIR を性能向上させ、多波長分光機能を付加した熱赤外カメラ TIRI の提供とそれを用いた熱物性・物質の観測、「はやぶさ 2」の実績に基づく小惑星の衝突科学や小惑星地形学、ダイナミクスの知見や解析技術で貢献する。

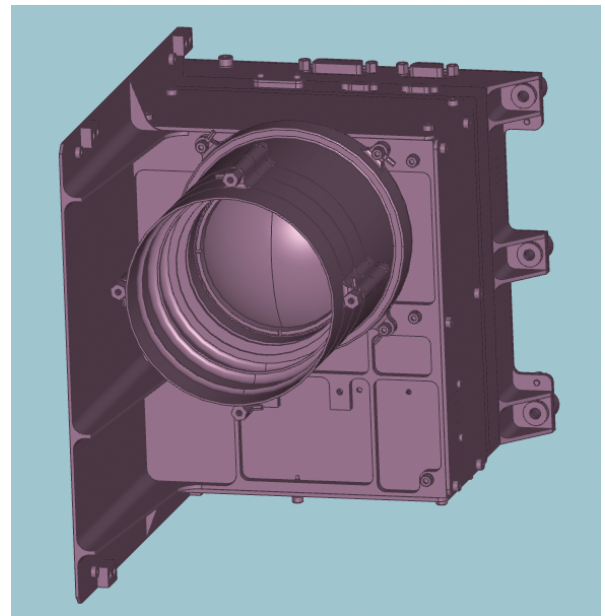
Hera の主目的は、プラネタリ・ディフェンス（小惑星の地球衝突によって人類社会に与える甚大な被害を回避する手段として、探査機衝突による小惑星の軌道修正をする技術実証）であるが、小天体の物性・物質の特徴や地形、衝突現象、ダイナミクスに関する観測データを用いた惑星形成過程や太陽系初期進化過程の解明にむけた科学探査も重要な目的である。

Hera は、NASA の小惑星衝突機 DART (Double Asteroid De-direct Test) と連携し、史上初の国際共同プラネタリ・ディフェンス計画 AIDA (Asteroid Impact & Deflection Assessment) を構成する。DART が 2022 年 9 月に Dimorphos に衝突し、その軌道変化 (Didymos を周回する公転周期の変化) を地上観測によって調査した後、Hera は 2024 年 10 月に打ち上げ、2027 年 1 月に二重小惑星にランデブーし、約半年間に渡って観測を実施する。実績：

- ① 2021 年 1 月に、MDR/SRR/所内ブリプロジェクト移行審査を実施し、戦略的海外共同計画として所内ブリプロジェクト移行が認められ、熱赤外カメラ TIRI の概念設計を進めた。
- ② 2021 年 6 月に、SDR/所内プロジェクト移行審査を実施し、所内プロジェクトへの移行が認められ、熱赤外カメラ TIRI の基本設計を進めた。
- ③ 2021 年 9 月に、熱赤外カメラ TIRI の開発メーカ PDR を実施し、詳細設計フェーズへの移行が認められ、EM 製作を進めた。同内容は ESA レビューを受け、次フェーズ移行の妥当性が確認された。
- ④ 2022 年 4 月に JAXA 総括 PDR を実施し、詳細設計フェーズへの移行が認められ、EM 納品に向けて製作・試験を遂行中である。

効果：

- ① 2021 年度査読付き論文数：1 本
査読付き論文の累計数：2 本
- ② 史上初の国際共同プラネタリ・ディフェンス計画に参加し、かつ機能向上した熱赤外カメラを開発する
目的を立てた。



熱赤外カメラ TIRI の CAD モデル



二重小惑星近傍の Hera 主衛星と 2 機の子機

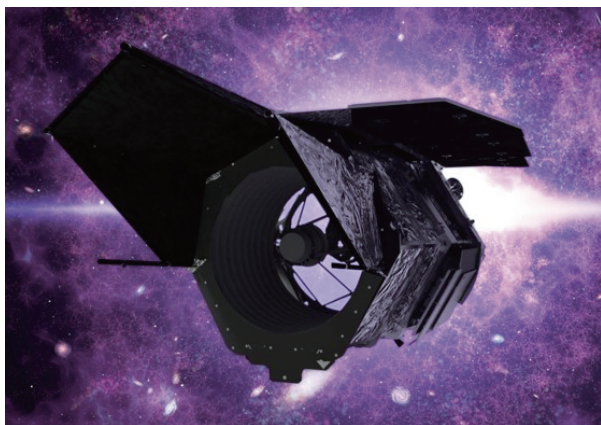
h. Roman 宇宙望遠鏡

山田 亨 村田泰宏 田村隆幸

NASA が推進する Nancy Grace Roman 宇宙望遠鏡計画は、口径 2.4m の主鏡を持つ望遠鏡と広視野観測装置により、宇宙の加速膨張と暗黒エネルギーの解明に挑む宇宙論研究、および冷たい惑星まで惑星分布の全貌を明らかにする太陽系外惑星研究を中心とし、さらに様々な近赤外広視野天文学を行うための衛星計画で、2026 年の打上予定である。また、技術実証装置としてコロナグラフ装置を搭載し本格的なスペース高コントラスト観測を実現する。本プリプロジェクトは、この Roman 宇宙望遠鏡計画に、日本が (1) コロナグラフ装置光学素子 (偏光光学素子およびコロナグラフマスク基板)、(2) JAXA 地上局によるデータ受信協力、(3) すばる望遠鏡による協調観測、(4) マイクロレンズ協調観測、をもって参加し、併せて、科学推進・科学協力を行うためのものである。

実績：

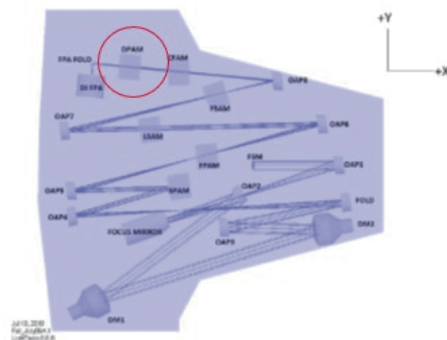
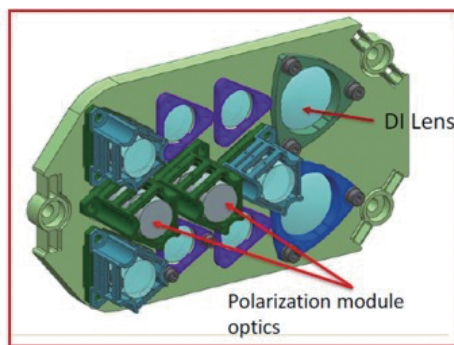
- ① 2021 年 2 月にミッション定義審査 (MDR; 部門プロジェクト準備審査の機能を含む) を行い、プリプロジェクトとしての活動を開始した。
- ② 2021 年 4 月には、コロナグラフ装置 FM 製作前確認会を実施し、FM 用光学素子を製作した。同 9 月には NASA 送付前確認会を実施し、製作した光学素子を NASA に送付した。



Roman 望遠鏡概念図 (NASA)

効果：

- ① Roman 望遠鏡への参加計画をすすめる、着実な業務運営が行われたと評価する。



コロナグラフ装置光学素子配置概念図

i. 宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星 (LiteBIRD)

堂谷忠靖 (チーム長) 関本裕太郎 辻本匡弘 小栗秀悟 マツダ フレドリック 小田切公秀 永田 竜 吉原圭介 (7月～) 綿貫一也 (ISAS/JAXA) 篠崎慶亮 (JAXA) 羽澄昌史 (PI) 郡 和範 長崎岳人 長谷川雅也 DE HAAN Tijmen 加藤晶大 池本拓朗 (KEK) 片山伸彦 松村知岳 高倉 理 GHIGNA Tommaso 長谷部孝 高久諒太 杉山真也 星野百合香 (Kavli IPMU) 小松英一郎 (PS/MPA) 鹿島伸悟 永井 誠 満田和久 (国立天文台) 石野宏和 STEVER Samantha 桜井雄基 高瀬祐介 長野佑哉 石坂高輝 土居直也 (岡山大) 小川英夫 小木曾望 (大阪府大) 大田 泉 (甲南大) 市来浄與 (名大) 服部 誠 (東北大) 川崎健夫 (北里大) 久志野彰寛 (久留米大) 中村正吾 (横浜国大) 辻 正敏 白石希典 (香川高専) 【LiteBIRD プリプロジェクト候補チーム】

宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星 LiteBIRD (Light satellite for the studies of B-mode polarization and Inflation from cosmic background Radiation Detection) は、「熱いビッグバン」以前の宇宙を記述するインフレーション宇宙理論の検証を目的とする衛星である。インフレーション宇宙理論によると、宇宙は「火の玉」になる前に急激な加速膨張を経験し、その際に量子揺らぎに起因する原始重力波が生成されたと考えられる。LiteBIRD は、原始重力波の精査により、インフレーションの直接的証拠を得ることを目指す。そのため、原始重力波が宇宙マイクロ波背景放射につくる渦状の偏光度分布 (B-mode 偏光) を、太陽-地球のラグランジュ点 (L2) からの全天サーベイによる精密観測で検出する。

観測にあたっては、宇宙マイクロ波背景放射以外の原因による B-mode 偏光を除去するため、34-448 GHz を 15 バンドに分け、低周波望遠鏡 (LFT, JAXA 担当) と中高周波望遠鏡 (MHFT, CNES 担当) でカバーする。LFT は反射望遠鏡 1 台、MHFT は屈折望遠鏡 2 台構成とする。これらの望遠鏡は偏光変調器を搭載し、半波長板を 46 rpm (LFT) および 39/61 rpm (MHFT) で回転させることで 1/f ノイズを低減する。検出器としては TES ボロメータを搭載し、SQUID を用いて読み出す。検出器と光学系を含めた LFT および MHFT は、冷凍機で 0.1-4 K に冷却する。

LiteBIRD は、広範な国際・国内協力に基づく計画であり、海外では欧州およびカナダと協力している。欧州は CNES リードのもと、8 カ国が協力して MHFT 及び sub-K ADR (断熱消磁冷凍機) を開発する。今後、ESA の参加も想定している。カナダは、常温読み出し系を担当する。国内では、高エネルギー加速器研究機構 (KEK)、東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構 (IPMU)、岡山大学等が協力している。

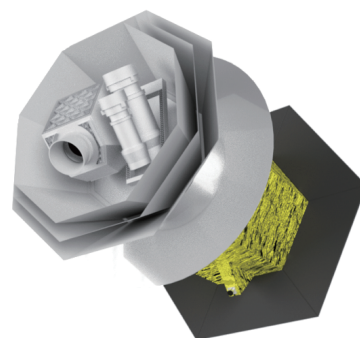
LiteBIRD は、2019 年に戦略的中型計画の 2 号機に選定され、H3 による 2020 年代後半の打上げを目指している。実績：

- ① 米国 NASA の Mission of Opportunity に落選したことを受け、米国が担当予定だった焦点面検出器は、KEK に新たに発足した「量子場計測システム国際拠点 (QUP)」が米国の技術を導入して開発する体制を整えた。同じく米国担当の ADR の代わりに 2K JT 冷凍機を採用する。

- ② 2021 年 10 月に CNES と協力覚書を締結。2022 年 3 月に、KEK 素核研及び QUP との三者協定を締結した。
- ③ 2021 年度も継続して、ミッション要求のフロアダウンによる各構成要素の要求仕様の決定と、それに基づく概念検討を進めた。その際、モデルに基づくシステムズエンジニアリング (MBSE: Model-Based Systems Engineering) を活用した。検討の結果、(1) 剛性要求と 4K 級ジュールトムソン冷凍機 (4K JT) への熱負荷要求を両立させた Payload module の熱構造設計、(2) V-groove 縮小モデルを用いた特性確認実験、(3) LFT 反射鏡の光学設計の改善と軽量化、偏光の高精度測定のための開発、(4) 低温アライメント測定の feasibility study、などを進めた。また、バス系の概念検討をシステムメーカーと協力して進めた。
- ④ 技術のフロントローディングの枠組で、2K 級ジュールトムソン冷凍機 (2K JT) ドライバ、2 段スターリング冷凍機 (2ST) 信頼性向上、能動擾乱制御の開発を進めた。
- ⑤ 国内協力では、東大 IPMU にて LFT 偏光変調器の開発を進め、半波長板の製作手法 (反射防止加工や層間接着を含む) の改良、超伝導磁気軸受の磁場の一様性向上、回転子の軽量化、等を進めた。また、KEK 素核研では、LFT の極低温地上試験の検討を、岡山大では系統誤差解析を進めた。

効果：

- ① 2021 年度査読付き論文数：19 編
査読付き論文の累計数：65 編
- ② 概念検討段階で行うべき検討・調整、キー技術の開発を着実に進め、リスク低減を計ることができた。



LiteBIRD 衛星のイメージ図

j. ソーラー電力セイル探査機 (OKEANOS)

森 治 松下将典 杉原アフマツ清志 高尾勇輝 松本 純 佐伯孝尚 津田雄一 尾川順子 三舩裕也
 大野 剛 田中孝治 豊田裕之 中村徹哉 住田泰史 奥村哲平 宮崎康行 佐藤泰貴 澤田弘崇 富木淳史
 國中 均 西山和孝 月崎竜童 細田聡史 山田和彦 竹内 央 吉川 真 市川 勉 岡田達明 岩田隆浩
 矢野 創 村田直史 名取通弘 川崎繁男 (JAXA) 久保勇貴 名田悠一郎 楠本哲也 藤田雅大 BERTRAN Roger
 山田修平 (東大) 古谷 寛 坂本 啓 松永三郎 中条俊大 秋田大輔 門西省吾 (東工大) 鳥坂綾子 (首都大)
 角田博明 中篠恭一 藤田彩花 (東海大) 菅原佳城 池田宏太郎 杉浦圭佑 (青学大) 岩佐貴史 (鳥取大)
 柏岡秀哉 大平元希 山川真以子 (総研大) 癸生川陽子 (横浜国大) 青木 順 河井洋輔 横田勝一郎 豊田岐聡
 寺田健太郎 (阪大) 伊藤元雄 (JAMSTEC) 中村良介 (産総研) 松浦周二 (関西学院大) 津村耕司 (都市大)
 米徳大輔 (金沢大) 三原健弘 (理研) 郡司修一 (山形大) 平井隆之 菊地翔太 (千葉工大) 川口淳一郎 (東北大)
 松岡彩子 (京大) 奥泉信克 (室蘭工大) 照井冬人 (神奈川工大)

ソーラー電力セイル探査機による外惑星領域探査を実証し、日本が将来の太陽系探査を先導する。

実績：

- ① 科学ミッションカテゴリが再定義されたことを受け、OKEANOS プリプロジェクト候補チームを一旦解散し、1)～3)を実施することで、OKEANOS 計画の主要コンセプトである 4)につなげる方針とした。これを踏まえ、3月29日にプリフェーズ A2 終了確認会 (その2)を行った。

- 1) OKEANOS で検討した探査技術 (着陸機による試料採取やその場分析等)を次世代小天体サンプルリターンミッションで実現する。
- 2) 超小型ソーラー電力セイルによる航行技術 (軌道・姿勢同時制御, ハイブリッド推進)を実証し、超小型宇宙機の航行能力を飛躍的に向上させる。
- 3) 膜展開構造物としてのセイルに各種デバイス (薄膜太陽電池, アレーアンテナ, 干渉計, 反射シート)を貼り付けることで高機能化し、超軽量太陽電池パドル, 大容量通信・高解像度観測システム, 展開型ターゲットマーカなど革新的なデバイス・システムを生み出す。
- 4) ソーラー電力セイルによる外惑星領域探査ミッション OKEANOS (改)を実現する。トロヤ群小惑星, ケントウルス族等を直接探査する。

- ② 1) について、戦略的中型ミッションとして実現するために次世代小天体サンプルリターン探査WGを発足した。

2) の具体例として、月遷移軌道から放出され、太陽-地球系 L2 ハロー軌道への遷移および長期間滞在を実現する超小型ソーラー電力セイルミッションの検討を進めた。さらに深宇宙 OTV (Orbit Transfer Vehicle) から放出され、地球・金星等をスイングバイして目標天体に向かうミッションも提案することとした。

3) について、薄膜太陽電池による超軽量発電、アレーアンテナによるビームフォーミング, 干渉計による膜面形状計測の実証を目指して、HELIOS (革新的衛

星技術実証3号機搭載のミッションコンポーネント)のPFMを開発した。これを革新的衛星技術実証3号機に搭載して2022年度に打上げ予定であり、運用準備も進めた。さらに、小型外惑星探査機用薄膜太陽電池パドル (図1)を試作し、収納・展開・展張・姿勢制御 (ジンバル駆動)を地上実証し、世界最高の発電性能 (200W/kg 以上)を達成できる見通しを得た。

1)～4)を考慮したソーラー電力セイルの新プログラムを提示した (図2)。

効果：

- ① 2020年度査読付き論文数：4編
査読付き論文の累計数：147編
- ② 2), 3)により、軽量・高機能なセイルを様々な宇宙機に適用できるようになり、肥大化する宇宙ミッションを劇的に変化させる (パラダイムシフトを起こす)ことが期待できる。



図1 小型外惑星探査機用薄膜太陽電池パドル

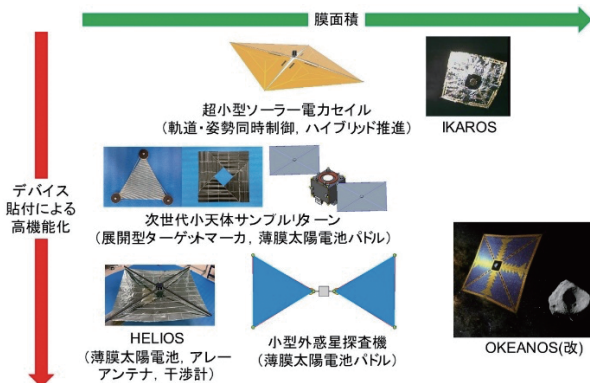


図2 ソーラー電力セイルの新プログラム

k. 赤外線位置天文観測衛星 (JASMINE)

片坐宏一 磯部直樹 白井文彦 内山瑞穂 (～8 月) 和田武彦 (9 月～) 郷田直輝 (国立天文台) 鹿野良平 (国立天文台) 山田良透 (京都大学) 河田大介 (ユニバーシティ・カレッジ・ロンドン) 【赤外線位置天文観測衛星 JASMINE プリプロジェクト候補チーム】

上田暁俊 鹿島伸悟 小宮山裕 末松芳法 辰巳大輔 辻本拓司 馬場淳一 三好 真 矢野太平 (国立天文台)
河原 創 (東京大学)

赤外線位置天文観測衛星 JASMINE (Japan Astrometry Satellite Mission for INfrared Exploration) は、超高精度位置天文観測およびトランジット法による系外惑星探索を目的とする衛星である。

位置天文観測については、天の川銀河の中心構造とその形成史を明らかにするため、JASMINE は3年間の観測から銀河系中心方向の10万個の恒星の位置と運動を高精度に測定し、年周視差や固有運動といった位置天文パラメータを決定してカタログとして提供する。このカタログを用いた天の川銀河全体の形成史の研究により、太陽系の過去の移動を含む銀河構造の進化の過程が明らかになる。要求される精度を達成するために、大気揺らぎの影響を受けない宇宙空間からの観測を行う。銀河系中心方向の観測のために、塵やガスの吸収の影響を受けにくい近赤外線を用いる。さらに観測装置の安定性とデータ解析を工夫することにより、数万分の一秒角という超高精度を達成する。可視光を用いた ESA の位置天文観測衛星 Gaia (2013 年打上げ、最終カタログ公開は 2028 年頃の予定) では観測できなかった銀河系中心方向について、JASMINE では近赤外線を用いることによって、塵やガスに覆われた中心核バルジの恒星の高精度な距離と運動情報を世界で初めて得る。この JASMINE の成果は、2045 年頃に計画されている ESA の赤外線全天位置天文観測衛星 GaiaNIR へとつながっていく。

系外惑星探索については、JASMINE で達成される高精度な測光能力を活かして、太陽より小さい恒星である中期 M 型星の周りの地球型惑星をトランジット観測によって検出する。中期 M 型星は半径が太陽の 0.2 倍程度、表面温度が 3000K 程度の恒星で、太陽系近傍にも多く存在し、トランジット観測における光度曲線の減光率が相対的に大きい。中期 M 型星まわりの地球型惑星のトランジット観測は、精密かつ連続的な測光観測が可能な宇宙望遠鏡が必須である。この観測においては、NASA のトランジット系外惑星探索衛星 TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite, 2018 年打上げ) に対して、口径が大きく近赤外線の波長域を用いた JASMINE に大きな優位性がある。JASMINE によって発見された地球型惑星に対しては、大型宇宙望遠鏡を用いて詳細な惑星大気探索を行うことで、生命の兆候を探る新たな展開が拓かれる。

実績：

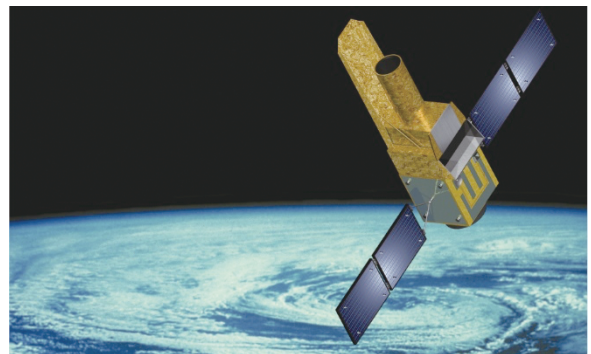
- ① 望遠鏡とミッション部構造について、画像歪みを含

む光学性能が軌道上で安定であることを保証するために、その方法論と実現性を確立する検討を進めた。光学設計・熱構造設計を行い、実現可能な組立手順の確立および地上での検証試験の条件を設定した。

- ② JASMINE の要求に適う検出器サブシステムの概念検討を進めた。これには、赤外線センサーチップ・熱構造冷却系・駆動エレクトロニクスが含まれる。特に、赤外線センサーチップは技術のフロントローディングの活動の一環として地上望遠鏡用に開発されたセンサーチップの宇宙用化を進めた。
- ③ 現実的な誤差においても、位置天文パラメータの導出に要求される精度が達成されることを示すためのシミュレーションの構築を進めた。これには、光学設計や熱構造数学モデル、赤外線センサーチップの実データ、観測運用を考慮した衛星要因の誤差などを反映させている。これは研究者コミュニティ有志の協力により大幅にソフトウェア実装が進展した。
- ④ 国内・海外の大学研究機関、開発担当候補企業との調整を行い、開発体制の確立に向けた検討を進めた。

効果：

- ① 2021 年度査読付き論文数：6 編
査読付き論文の累計数：56 編
- ② 主要な技術課題の実現性検討および衛星システムの概念検討を実施し、現時点で解決が難しい大きな技術課題はなく、次の開発フェーズへ移行する目途を立てた。また開発リスクおよびコストの低減の検討も進められた。



軌道上の JASMINE の想像図

4. その他のプロジェクト

a. 宇宙用冷凍機 (CC-CTP) 研究開発

山崎典子 (チーム長) 中川貴雄 【CC-CTP 研究開発プロジェクトチーム】
篠崎慶亮 佐藤洋一 (JAXA 研究開発部門)

宇宙機上で、低雑音検出器を 50mK の極低温で動かすための無冷媒冷凍機 (Cryo-Chain) の開発を ESA による国際大型 X 線天文台衛星 Athena/X-IFU プレコンソーシアムをリードするフランスの CNES/CEA と協力し、ESA の Core Technology Program (CTP) の元で行なっている。段階的な実証の第一ステップとして、日本からジュールトムソン冷凍機 (4K, 1K), スターリング式冷凍機 (4K 冷凍機の予冷機として) を持ち込み、ヨーロッパ側のクライオスタット、予冷機、1K 以下のソーブションおよび断熱消磁冷凍機を組み合わせ、50mK 環境を構築する。2017-2018 年度には実験を終了し、論文として公表済みである。引き続き、この Cryo-chain で低雑音検出器を冷却し、Athena X-IFU Demonstration model を兼ねつつノイズ環境他を評価する実証試験を計画している。これらは、Athena/X-IFU, LiteBIRD などの将来衛星計画における検出器冷却システムの実現に直接的に寄与することが期待される。

実績：

- ① センサと組み合わせる第 3 段階のクライオスタットを用いた実験に関し、フランス CNES/CEA と協力し設計を行なっている。日本から供給する冷凍機につ

いては、改造箇所はないものの、冷却能力が所定の要求を満たしていること、I/F および組立手順について確認、調整を行ない、詳細設計レビューに参加した。

- ② 第 3 段階試験で使用しない 4K 級ジュールトムソン冷凍機については、日本への返送を行なった。
- ③ 戦略的コンポーネントとしてのジュールトムソン冷凍機は 3 年以上の寿命を要求として開発された。より長寿命化に向け、寿命を律速する要因の検討を進め、原因の特定および必要な改良の検討を行なった。設計寿命としては 10 年を目指し、無摺動化した圧縮機の製造に着手した。

"Lifetime test of the 4K Joule-Thomson cryocooler", Y. Sato et al., Cryogenics, 116(2021), 103306

効果：

- ① 組み合わせ試験により獲得した技術は、Athena/X-IFU, LiteBIRD などの将来衛星計画における検出器冷却システムの実現に直接的に寄与することが期待される。Athena/X-IFU については、この実績をもとに日本からのジュールトムソン冷凍機の供給を前提とした Phase-B 活動をおこなっている。

b. 小型合成開口レーダシステム

田中孝治 三田 信 【ISAS/JAXA】 藤平耕一 【新事業促進部/JAXA】
新井元行 小畑俊裕 齋藤宏文 田中雅人 井ノ下明史 有坂市太郎 内山航 葛西 肇 渡邊宏弥 他 【株式会社 Synspecive】

JAXA と Synspecive 社において、J-SPARK における共創活動のもと 100kg 級小型合成開口レーダ (SAR) 衛星の開発を行った。共創活動は、2019 年に開始し、最初の 2 年間で事業コンセプト共創フェーズ、2021 年度から 2022 年度にかけて事業協同実証フェーズを実施している。実証衛星一号機 (Strix- α)、二号機 (Strix- β) を開発し、Strix- α は 2020 年 12 月 15 日に打上げに成功し、Strix- β も 2022 年 3 月 1 日に打ち上げられている。実証機概念図と主な仕様を図 1 と表 1 に示す。量産化を目指す商業実証機 Strix-1 も 2022 年 9 月 16 に打ち上げられ、衛星のコンステレーション運用による SAR 画像の商用化に着手されている。Strix- β で取得した SAR 画像を図 2 に示す。

また、共創活動において SAR ミッション機器の高度化に取り組んでいる。一つは、形状安定性に優れたアンテナの開発である。CFRP を使い、宇宙環境で温度変化時でも変形しにくいアンテナを開発している。図 3 に、CFRP 製アンテナを示す。



図 1 アンテナ展開時の Strix- α

表1 StriX Satellite の仕様

Frequency Band	X band	
Observation mode	StripMap	Observation mode
Resolution	3m	Resolution
Swath	30km	Swath
Polarimetry	VV	
Revisit period	1 day in Asian big cities (by 6 constellation in 2023)	
Weight	100 kg class	



図2 StriX-β で取得した SAR 画像

Observation date and time: 2022/06/05 Around 1 PM [UTC], Observation location: Manila, Philippines, Observation mode: Sliding Spotlight Mode.
(<https://synspective.com>)

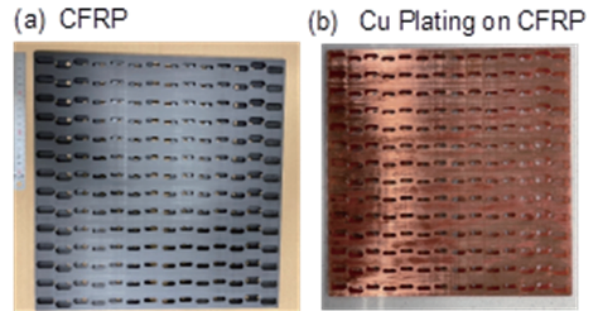


図3 形状安定性に優れた CFRP 製アンテナ.

もう一つは、高出力化のための放電抑制技術の開発である。図4にコネクタ周辺の放電現象を示す。実験と解析により、放電閾値を明らかにするとともに、放電対策の検討を行っている。

Synspective は、2023 年末までに 6 機、2026 年頃には 30 機のコンステレーション運用により、地球上の広範囲を高頻度で観測し、その衛星データによるソリューションビジネスを目指している。JAXA における研究成果の民間転用による事業化を目指している。



図4 コネクタ周辺の放電現象.

V. 宇宙科学プログラム室・S&MA

1. 宇宙科学プログラム室

教職員：杵野正明（～3月；室長） 紀伊恒男 上野史郎 加藤秀樹（11月～） 綿貫一也 白井文彦 細田聡史（～3月）
福吉美由子 一村小太郎 岩渕頌太 杉本 諒 徳永 翔 備後博生 内山瑞穂（9月～） 吉原圭介（7月～）
奥平俊暁 松下将典 村田直史 ※2021年度版執筆は上野史郎（2022年4月～；室長）

1. 宇宙科学プログラム室について

宇宙科学研究所が実施するプロジェクトは、初期には相対的に少人数のチーム体制で構成され、挑戦的なミッションを創出している。これらの事業を、より着実に遂行するため、共通的な支援とボトムアップにも対応するプログラム戦略的な活動が重要となる。そのための支援組織である「宇宙科学プログラム室（PO）」の主な業務は以下の通りである。

- (1) プロジェクト支援
 - ・検討中のプロジェクトに対して、SE（システムズエンジニアリング）/PM（プロジェクトマネジメント）の観点から課題把握および検討支援を実施
 - ・開発中のプロジェクトに対して、特定の技術課題について PO 職員が検討を支援
 - ・多様な小規模計画の進行管理
 - ・SE/PM 支援メンバによるプロジェクト支援
- (2) プロジェクト間のリスク及び課題共有と連絡調整
 - ・所内会議の月次運営（開発状況確認会議、プログラム会議）
- (3) SE/PM 基盤整備
 - ・科学衛星/探査機の特質に合わせたプロジェクト実施方法検討
- (4) 新規ミッション提案公募/選定の準備支援
 - ・ミッション提案作成支援
 - ・公募/選定委員会の準備支援
- (5) プロジェクトの技術審査等の事務局
 - ・フェーズアップ判断や中間確認等を目的とした技術審査の実施
- (6) CEO（チーフエンジニアオフィス）の活動への協力

2. 2021 年度の活動の総括

2.1 プロジェクト支援

(1) 検討中のプロジェクトに対する支援

宇宙理学/工学委員会の下に設置されたワーキンググループ（WG）は、将来の宇宙科学プロジェクトの検討を行っている。WG の中には、宇宙科学プロジェクトの経験が少ないメンバで構成されるものもある。プロジェクト化に向けた検討においては、検討の当初から SE 的な考え方を取り入れることが、将来のプロジェクト開発

フェーズでの問題発生最小化などに不可欠である。そこで、PO 職員が協働し、検討の初期段階の支援、すなわち、科学目的の明確化、科学目的からミッション要求へのフローダウンと、システム要求の適切な選択、課題・リスクの抽出とその対策の検討などを中心に支援することで、プロジェクト化の促進を目指している。

2021 年度に支援を行った主な対象は、戦略的中型宇宙科学ミッションを目指す「LiteBIRD（宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星）」（戦略的中型 2 号機）、「JASMIN（赤外線位置天文衛星）」（公募型小型 3 号機）、「Solar-C_EUVST（高感度太陽紫外線分光観測衛星）」（公募型小型 4 号機）、「HiZ-GUNDAM（ガンマ線バーストを用いた初期宇宙・極限時空探査計画）」、「SILVIA（革新的応用に向けて航行する宇宙干渉計実験室計画）」である。この内、HiZ-GUNDAM が 11 月にプリプロ候補移行審査を終了し、ミッション定義段階を開始した。戦略的中型、公募型小型に次ぐ規模のカテゴリである、戦略的海外共同ミッションのプロジェクト化のため、WSO-UV（国際紫外線天文衛星計画）、Hera（二重小惑星探査計画）、Comet Interceptor（長周期彗星探査計画）、Dragonfly（土星衛星タイタン離着陸探査機計画）、Athena（大型国際 X 線天文衛星計画）、Roman（ローマン宇宙望遠鏡）の各ミッションに対する支援を行い、このうち、WSO-UV、Hera の所内プリプロジェクトチームが発足した。

(2) 開発中のプロジェクトに対する支援

SLS 搭載超小型探査機（OMOTENASHI）について、プロジェクト業務全般にわたる支援を実施した。

(3) 多様な小規模計画の進行管理

海外の飛翔機会等を活用した小規模な科学計画について、各計画の進行状況等を一元的に管理した。

(4) SE・PM 支援メンバによるプロジェクト支援

プロジェクトにおける SE の強化を図るために、プロジェクト主催の関連会合への参加などを通じて、指摘や提言をプロジェクトに伝えた。支援メンバは主に衛星・探査機のシステム開発に経験のある JAXA 退職者である。

2.2 プロジェクト間のリスク及び課題共有と連絡調整

宇宙科学プログラムのもとにある各プロジェクトのリスクや課題を共有するとともに、実験等実施に関する連

絡調整のため、2つの所内会議体を月次で運営した。

「開発状況確認会議」は、開発中のプロジェクトの進捗、課題、リスク等をタイムリーに所内幹部が把握すること、及びプロジェクト間で情報共有することを目的として開催している。なお、プロジェクト準備段階のミッションについても四半期ごとに報告を求めている。有識者を含む技術的な深い議論が、プロジェクト管理的な視点も踏まえて行われ、所長を含めた共有がなされている。

「プログラム会議」は、宇宙科学プログラムディレクターと基盤・技術統括のもと、所内外での試験・実験等の実務的な連絡調整を行い、各プロジェクト等の円滑な進捗を図っている。

2.3 SE/PM 基盤整備

「科学衛星/探査機の特質に合わせたプロジェクト実施方法」として、2018年度に制定した新規ミッション提案からプリプロジェクト候補に至る「初期フェーズ」の実行ガイドラインに基づき運用している。2021年度は、引き続き初期フェーズにおける活動のガイドラインの整備を進めるとともに、新たに宇宙科学プロジェクト ミッション保証要求ガイダンスの整備を行った。

また、各プロジェクトの開発・運用からの教訓(Lessons Learned)が抽出・整理されていることを受け、それらを共有し、後続のプロジェクトに活用するための検討を進めた。

2. S&MA 総括

2017年7月以降、独立評価体制の強化に関する組織変更を受けて、S&MA 総括は信頼性統括の指揮下に移った。組織変更後におけるS&MA 総括の業務は主として、宇宙科学研究所と独立してプロジェクト・所内プロジェクトの各設計審査における第3者評価と宇宙研安全審査会の審査支援である。このうち、第3者評価は2021年度中にXRISM, SLIM, MMX, DESTINY+などのプロジェクトを中心に合計62回の審査会に対応し、見解を述べた。

また、宇宙研安全審査会は、宇宙科学研究所のS&MA業務として残っているため、S&MA 総括は宇宙研安全審

査会の審査委員として、その他のS&MA 所属メンバは宇宙研安全審査会事務局として宇宙研安全審査会を進めた。

宇宙研安全審査会は、大規模な実験を対象とする宇宙研安全審査会と小規模な実験を対象とする安全検討確認会の2つの審査会がある。2021年度は、観測ロケット実験、ハイブリッドロケットエンジンなど12回の宇宙研安全審査会を開催し、地上安全、飛行安全を確実なものとした。また、能代ロケット実験場等で行う小規模な燃焼実験などを対象に17回の安全検討確認会を実施し、安全を確保した。

VI. 研究基盤・技術統括

1. 大学共同利用実験調整グループ

教職員：野中 聡（グループ長）阿部琢美 木内真人 寫生有理 下田孝幸 鈴木直洋 長谷川直 前田良知
和田武彦 森吉貴大

大学共同利用に供される、スペースシャープ、超高速衝突試験装置、各種宇宙放射線装置、高速気流総合実験設備、惑星大気突入環境模擬装置、惑星環境風洞などの施設設備について、関連する専門委員会と協働して、

その維持管理を実施するとともに、それらの施設設備を利用した大学等の研究者による大学共同利用システムに基づく宇宙科学実験への実験機会の提供と研究成果の最大化のための支援を行った。

2. 専門・基盤技術グループ

教職員：福田盛介（グループ長）鈴木俊之 生田歩夢 今井 駿 八木邑磨（6月～）津田雄一 石井信明 竹内 央 吉川 真 佐伯孝尚 尾崎直哉 坂井真一郎 田村 誠 橋本樹明 水野貴秀 吉光徹雄 大槻真嗣 三浦政司（11月～）坂東信尚 福島洋介 宇佐美尚人（7月～）小林大輔 豊田裕之 廣瀬和之 尾崎正伸 田中孝治 曾根理嗣 三田 信 和田武彦 牧謙一郎 松崎恵一 富木淳史 鳥居 航 山本善一 戸田知朗 澤井秀次郎 徳留真一郎 香河英史 臼杵智章（11月～）嶋田 徹 堀恵一 船木一幸 小林弘明 西山和孝 羽生宏人 丸 祐介 月崎竜童 森 治 坂本勇樹（1月～）小川博之 山田和彦 下田孝幸 藤田和央 大山 聖 高木亮治 野中 聡 山田哲哉 小田切公秀 永田靖典 峯杉賢治 後藤 健 岩渕頌太 宮崎康行 竹内伸介 奥泉信克（～11月）佐藤泰貴 戸部裕史 伊藤文成 鈴木直洋 川原康介 入門朋子 北井保夫（10月～）太刀川純孝 荒川 聡 志田真樹 八木下剛 松田昇也（～9月）浅村和史（10月～） 芳仲敏成 餅原義孝（6月～）太田方之（6月～）永松弘行（6月～）

専門・基盤技術グループは、宇宙科学ミッションに必要な専門技術の研究開発を組織的に推進するため、従来からこれを担ってきた各サブシステムの教育職・一般職の専門的な技術を有する研究者／技術者と、各種の試験技術や設備の開発・運用等を担当してきた基盤技術グループを集約し、2021年4月に発足した。グループ内に専門技術領域と基盤技術領域を組織し、研究開発やプロジェクト・実験支援を行っている。

専門技術領域では、以下に挙げる技術分野について、研究開発部門等と協働でプロジェクト支援や研究開発を実施している。また、そこでの技術活動を有機的な人材育成の場として機能させることを目指している。

- ・ 軌道
- ・ 航法・誘導・制御
- ・ 電子部品・デバイス・電源
- ・ 通信・データ処理
- ・ 推進
- ・ 熱・流体
- ・ 構造・機構・材料

これらの技術分野における技術活動は、グループ併任のメンバを含めて非常に広範に実施されている。以下で

は、そのトピックを数例示す。

熱防御の分野では、MMX プロジェクトにおけるサンブルリターンカプセルのヒートシールド開発を主導しつつ、将来に向けたヒートシールド材料の研究開発（JAXA開発のポリイミド樹脂の適用、破壊試験による機械物性値獲得、非破壊品質評価、アーク風洞での耐熱試験、X線CT耐熱性能の定量的評価など）や、傾斜機能型アブレータの開発、アブレーション熱防御システム評価解析手法の高精度化などを進めている。

電気推進系の分野では、ホールスラストやDESTINY+用イオンエンジンの開発や、中和器として用いられるホロカソードのプラズマ診断・損耗評価に向けた研究を行った。

電子部品・デバイス分野では、品質・信頼性保証のための技術蓄積に努めており、太陽放射線環境を予測する複数の解析モデルの特徴の整理や、先進的な酸化物半導体を用いたメモリ素子の重粒子照射試験などを実施した。また、超小型探査機等での民生部品の転用方法について、関連のプロジェクトとともに検討を進めた。

基盤技術領域では宇宙機組立試験設備（機械環境試験、構造機能試験、熱真空試験、電波無響試験、姿勢制御試

験、磁気シールド試験、SJ/RCS 関連試験、クリーンルーム）に関わる技術開発および設備の維持管理・運用を行うとともに、プロジェクト、プリプロジェクト、ワーキンググループ活動等に参加し、専門性をもってその活動の支援を行った。実績と効果を以下に示す。

実績：

- ① 宇宙機組立試験設備 運用システム改革の継続発展
- ② 観測ロケットプロジェクト試験支援
- ③ イプシロン6号機 機械環境・構造機能試験支援
- ④ RV-X、S1R-B3-1TVC、S1R-B1-1TVC 地上燃焼試験における試験支援（推力較正及び推力計測に関する機材の設計製作及び運用の為の各種スタンド機材の改修、拡散筒及び拡散筒クロージャ架台の設計製作と運用）

- ⑤ SDX、CRD2 の熱試験支援
- ⑥ 再使用ロケット実験機の試験支援
- ⑦ 宇宙機組立試験設備の定期保全・校正・試験技術開発
- ⑧ 科学衛星開発環境の整備支援
- ⑨ DESTINY+（キックステージを含む）用地上試験装置の開発

効果：

- ① 宇宙機組立試験設備 運用システム改革は、理事長賞を受賞した。
- ② 各試験設備の効率的運用と試験計測技術の向上をもって各プロジェクトの試験支援を行い、プロジェクトの開発と進捗に貢献。
- ③ 科学衛星の開発環境整備のため、クリーンルームを含む飛翔体環境試験棟の施設設備改修に貢献。

3. 先端工作技術グループ

教職員：中坪俊一（グループ長） 稲富裕光 山崎典子 和田武彦 三田 信 月崎竜童 正光義則 加賀 亨
八幡直樹 高瀬直樹

JAXA 全体の施設として「試作検討過程」を充実させることにより、新規ミッション・プロジェクトの立ち上げや研究開発成果の最大化に貢献する。

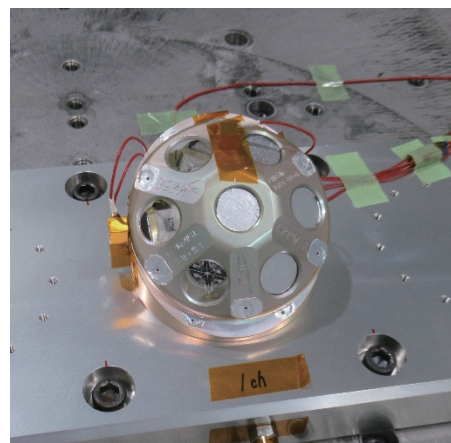
実験に必要な治具の製作をはじめ、BBM・EM・FM 開発を研究者や技術者が一緒に取り組み「インハウス」での「ものづくり」を実現していく。

各種精密工作機械を保有する新工作室に加え、研究者自らが加工できる環境を整備している 3F 工作室やエレクトロニクスショップ、2016 年度より ISO クラス 1 の清浄度の高いクリーンルームである宇宙ナノエレクトロニクス クリーンルームも同一グループとして機能させ、デバイス開発研究から回路設計、NC 工作機械による高度な機械加工を実現し、萌芽的研究のスタートアップ、研究開発資金の有効活用、研究のスピードアップ、技術力の向上や蓄積につなげる。

実績：

- ① 2021 年度の新工作室への依頼件数：79 件（ISAS：71 件，他事業所：8 件）。
3F 工作室への依頼件数：182 件。
- ② 宇宙ナノエレクトロニクス延べ利用者：3,559 人
- ③ 他機関との共同研究・連携協定を活性化し、供試体等の製作を協力しながら実施し完成させた。主な製作物
 - ・ HTV-X 搭載用レーザーリフレクター開発（追跡ネットワーク技術センター）
 - ・ MEMS 技術を用いた X 線望遠鏡と X 線検出器の開発
 - ・ ガンマ線用 TES 型マイクロカロリメータの開発研究
- ④ 利用報告書（宇宙ナノエレクトロニクス）：7 件
 - ・ 先端のプロセスをつかった新たな光検出器・光学素子の創出

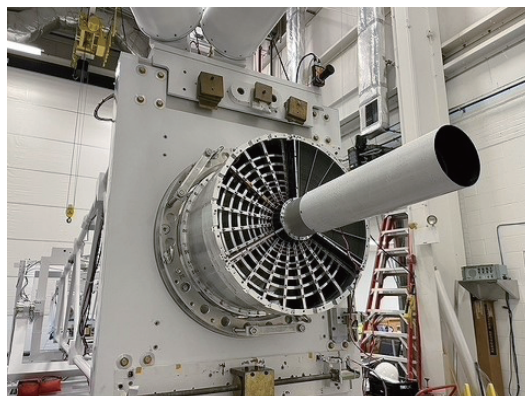
- ・ MEMS 技術を用いた X 線望遠鏡と X 線検出器の開発
- ・ X 線用 TES マイクロカロリメータの開発研究
- ・ ガンマ線用 TES 型マイクロカロリメータの開発研究
- ・ ALD 膜中の応力による構造体の変形、および応力の面内分布に関する研究
- ・ シリコン高温塑性変形による X 線望遠鏡の開発
- ・ 宇宙用マイクロ及びナノメカニカルデバイスの研究開発
- ⑤ 多様な実験、試験ニーズへの対応などプロジェクトや萌芽的な研究開発を支援し、実験・試験用治具など緊急性の高い工作依頼にも対応している。これらの活動にて宇宙科学のフロントローディングに貢献している。



HTV-X 搭載用レーザーリフレクター



ホールスラスタ部品（純鉄製）



XL-Calibur 望遠鏡

効果：

- ① 機械設計・製作加工・計測評価・結果のフィードバックを行う工作室として活動し、技術集団として実績を示している。
- ② 「ものづくり」に関する技術相談、加工指導に対応し研究者や学生の人材育成に貢献している。
- ③ 他機関との技術交流・人事交流を推進し、共同開発など JAXA での「ものづくり」を通して、技術レベルの向上に貢献している。
- ④ 世界トップレベル研究拠点プログラム（WPI）の一つとして KEK の量子場計測システム国際拠点（QUP）のサテライトとして宇宙ナノエレクトロニクスルームの利用が予定されている。



加工指導



新工作室



宇宙ナノエレクトロニクス クリーンルーム

4. 大気球実験グループ

教職員：福家英之（グループ長） 飯嶋一征 池田忠作 斎藤芳隆 田村 誠 水村好貴 村上圭司 森 英之
山谷昌大 吉田哲也

大気球実験グループは、大気球を用いた科学観測や工学実験を実施するために必要な飛翔手段の開発・運用、及び革新的気球システムの研究を行う。

実績：

- ① 2021 年 5 月 17 日より大樹航空宇宙実験場における

2021 年度気球実験を開始した。2 年連続で新型コロナウイルス感染拡大（いわゆるコロナ禍）のなかでの実施となったが、入念な感染拡大防止策を施し、地元など関係者の理解も得て、実験準備を進めた。結果、理学実験「成層圏における微生物捕獲実験」、

工学実証「高精度変位計測装置の実証」の大型気球実験2機、ならびに工学実証「極薄ペロブスカイト太陽電池の気球飛翔」の小型気球実験1機を実施した。

- ② 2018 年末頃から日本国内でのヘリウムガスの入手困難が顕在化している。そこで、2020 年度に引き続き 2021 年度もヘリウムガスの調達に十分な期間を確保しガス販売会社の負担軽減を図ることで必要量のヘリウムガスを確保した。
- ③ 国内実験の実施と並行してオーストラリアで実施予定の海外気球実験の実施調整も進めた。コロナ禍に伴い、年度当初に想定していた 2022 年春の実施は見送り、2023 年 3 月～5 月の実施に向けて豪州当局などと調整を進めている。

効果：

- ① 国内実施予定の実験については、当初計画した 5 実験のうち 2 実験は気球飛翔に適した高層風を得られなかったなどの理由のため実施できなかった。一方、残る 3 実験は実施でき、飛翔高度・滞空時間ともに要求値を満たすフライトを実現できた。いずれも一定の成果が得られており、学術発表も行われている。
- ② 今後もヘリウムガス供給懸念が継続する恐れがあることから、引き続きガス供給会社に協力を求めて可能な限りヘリウムガスの確保に努めている。水素ガスを代替利用する場合のリスク検討も行っているが、放球した気球の回収時に皮膜内に一定量のガスが残留し得ることをヘリウムガスで確認しており、水素ガスの代替使用には安全面で解決すべき課題が

残されている。

- ③ ジェット気流の蛇行など近年の異常気象により気球飛翔に適した機会が減少している。とりわけ 2021 年は成層圏の東風が安定的に吹く期間（放球ウィンドウ）が短く、しかもその短い期間の大半にてジェット気流（安定的な西風が期待される）が蛇行し風向が大きく逸脱して飛翔に不適合となる気象が発生したため、例年以上に飛翔機会が少なかった。こうした状況下でも飛翔機会を確保するため、放球や実験運用の諸条件の緩和策の検討を進めている。2021 年度に実施した「高精度変位計測装置の実証」実験では、観測装置を含む気球荷姿全体を屋内に収容した状態で気球にヘリウムガスを充填し、雨が止むタイミングを狙って放球するという手法を導入することで、飛翔機会を創出・確保した。
- ④ 飛翔機会の確保とともに、限られた飛翔機会における成果の最大化に向けた検討も進めている。2021 年度は、老朽化した無線送受信系（通信回線）の高速化・高信頼化の検討を開始した。
- ⑤ 2018 年のオーストラリア気球実験の確実な実施によりオーストラリア側関係者との信頼関係をより醸成でき、今後も継続的に国内実験とは相補的な気球実験を実施できる基盤を固めたことを踏まえ、次期オーストラリア気球実験の準備を進め、大気球専門委員会により実施候補とされた 3 実験のサポートを行った。また、コロナ禍に伴い 2023 年に延期した次期オーストラリア気球実験を実施するため、オーストラリア側担当者との調整も進めた。

2021 年度気球実験における実験一覧

実験番号	気球種類	実験目的	担当者	備考
B21-05	B100A	火星探査用飛行機の高高度飛行試験	JAXA 宇宙科学研究所 大山 聖	準備の遅れおよび気球飛翔に適した高層風を得られなかったため実施見送り
B21-06	B100A	成層圏における微生物捕獲実験	千葉工業大学惑星探査研究センター 大野宗祐	8/5 放球、 最高高度 32.8km、飛翔時間 2時間08分
B21-07	B30B	気球 VLBI 実験	NINS 国立天文台 河野裕介	実験計画期間中に気球飛翔に適した高層風を得られなかったため実施見送り
B21-08	B30B	高精度変位計測装置の実証	早稲田大学理工学術院 石村康生	7/9 放球、 最高高度 29.4km、飛翔時間 2時間24分
BS21-07	ゴム気球	極薄ペロブスカイト太陽電池の気球飛翔	JAXA 宇宙科学研究所 豊田裕之	7/4 放球、 最高高度 30.9km、飛翔時間 1時間21分

5. 観測ロケット実験グループ

教職員：羽生宏人（グループ長）阿部琢美 野中 聡 竹内伸介 峯杉賢治 佐藤英一 山田和彦 福島洋介
三田 信 竹前俊昭 小川博之 稲富裕光 田中孝治 齋藤義文 浅村和史 荒川 聡 増田純一
加藤洋一 前原健次 餅原義孝 太刀川純孝 志田真樹 川原康介 入門朋子 山本高行 河野太郎
岩城拓弥 佐藤峻介 中尾達郎 伊藤文成 伊藤琢博 山田辰二 小濱 悟 向吉義博 杉山由香
木村 恵 川久保実咲

観測ロケット実験グループは、観測ロケット専門委員会を通じて宇宙科学研究として意義価値が認められた実験提案を部内でプロジェクト化し、それぞれ計画的に遂行している。1計画あたり2～3年を要する。採択提案については、打上げ希望時期に合わせた開発計画を策定し、搭載系を含む観測ロケットの開発、打上げ運用を行っている。また、付随する搭載システムの飛翔前試験や打上げ運用に係る設備の保守保全を行い、着実な打上げが実施できる盤石な体制を維持している。

2021年度の打上げ実績

(1) S-520-31 号機：深宇宙探査用デトネーションキックモーターの宇宙実証試験（名古屋大学：笠原次郎教授）
2021年7月27日午前5:30にS-520-31号機を打上げ、搭載した回転デトネーションエンジン（RDE）の宇宙空間における作動実証およびデータ回収装置（RATS）の洋上回収に成功した。

(2) SS-520-3 号機：極域カスプ上空に発生する電離大気流出過程の研究（宇宙科学研究所：齋藤義文教授）

SS-520-3 号機をアンドーヤスペースセンターのロケット発射場より打上げ、極域における所定の観測実験に成功した。同計画は、コロナ禍において機材輸出や人員派遣に多くの障害が伴ったが、すべて計画通り実行することができた。

その他特記事項

昨今人材育成への関心が集まっているところ、観測ロケット実験グループは所内関係部署と連携して実践的な教育活動となる人材育成プログラムの実行プラットフォームの構築を推進している。2021年度は、ISASに所属する大学院生を公募により3名選拔し、内之浦宇宙空間観測所における打上げ運用現場に参加させた。打上げ運用の現場体験を通じた実践教育を実施した。

今後の打上げ計画一覧

計画名（時期）	実験目的	代表者
S-520-32 号機 2022年夏期予定	中規模伝搬性電離圏擾乱（MSTID）の研究	芦原佑樹（奈良高専）

6. 能代ロケット実験場

教職員：鈴木直洋 芳仲敏成 八木下剛 入門朋子 竹崎悠一郎 佐藤峻介 荒川 聡 川原康介 谷本圭亮
竹前俊昭 野中 聡 徳留真一郎 小林弘明

能代ロケット実験場：石井信明（所長） 杉野伸也 小野寺英之 平川美沙都 鈴木 徹 岡村克之

能代ロケット実験場（NTC）は宇宙科学研究所の付属研究施設の一つとして、1962年に設立され、観測ロケットや宇宙探査機の打上げに使用されてきたMロケット等の推進システム開発のために、飛翔実験に先立って地上での性能確認試験を行ってきた。試験要請を実現するために、最大推力450トンの大型ロケットモータ燃焼試験設備や真空燃焼試験設備が整備されてきた。

また、液酸・液水ロケットエンジンや、液体水素を燃料とするジェットエンジンの研究開発を実施するために、極低温推進剤供給設備が整備された。近年では、極低温推進剤供給設備を活用し、水素エネルギー利用技術に関する研究開発も盛んに実施されている。

実績：

① 水素エネルギー技術の研究

能代ロケット実験場では、様々な外部機関と連携しながら、産業用のエネルギー技術分野と宇宙技術分野に共通する水素、特に液体水素の研究開発を行っている。ここで得られた成果は、水素社会の実現に貢献するほか、液体水素を使用するロケットの機器性能向上や安全性向上に寄与すると期待されている。2021年度は、大規模水素供給技術実証用試験設備において関係機関との共同研究契約に基づく液体水素供給技術試験（HSD）を通年で実施した。実施した試験は、大型水素バルブ、水素BOG圧縮機、

- 水素冷却超電導、船陸間水素継手など多岐にわたる。
- ② 再使用型宇宙輸送システムの研究
宇宙科学研究所の輸送系研究は、地上から深宇宙をつなぐ軌道間輸送ネットワークの構築を目指す活動を推進している。特に、低軌道への高頻度輸送を実現する再使用ロケットの実現は喫緊の課題であり、再使用ロケット実験機 RV-X の飛行実験に向けた準備が能代ロケット実験場で進められている。また、大気利用（エアブリーザー）による再使用ロケットの高性能化に関する研究開発も実施されている。2021 年度は RV-X の飛行試験に向けた地上燃焼試験と、エアターボロケット（ATRIUM）エンジンの地上燃焼試験が実施された。
- ③ ロケットモータ燃焼試験
スペースワン株式会社（S1 社）が 2022 年度の打上げを目指して開発中の小型衛星打上げ機「カイロス」の 3 段及び 1 段固体モータの地上燃焼試験を実施した。当該ロケットは、ペンシルロケット以来、進化

発展してきた日本の固体ロケットシステム技術を初めて民間事業に応用するものである。この燃焼試験により、日本の固体モータ技術及びその試験技術の維持と発展に貢献する成果を上げた。

効果：

大型ロケットモータ燃焼試験設備や真空燃焼試験設備、大規模水素供給技術実証用試験設備など、日本では NTC にしかないという特徴的な設備があるとともに、実験実施時の管制や計測に必要なインフラが整備されている。さらに 1km に渡る保安距離を確保できるという安全面での優位性が多方面で認識されるようになり、これによって、NTC でしかできない種類の実験の数が年々増加傾向にある。これらの成果も宇宙関連だけでなく、色々な分野で公表され、活用されている。下表に示すように、実験場の試験設備は通年で稼働状態にある。各実験における安全講習や環境教育の徹底、実験環境の改善に継続的に取り組むことで、事故等の発生を未然に防止するよう努めている。

能代ロケット実験場における実験一覧（2021 年度）

実験名	実験担当者	作業期間
液体水素供給技術試験（HSD-*.）	小林 弘明・谷本 圭亮	通年
固体設備系定期点検・高圧ガス設備定期自主検査	鈴木 直洋・芳仲 敏成	2021年5月13日～6月1日
能代銀河フェスティバル（宇宙イベント）	石井 信明・杉野 伸也	コロナ禍のため中止
高圧ガス保安検査	石井 信明	2021年6月29日
再使用ロケット実験機第 2 次地上燃焼試験	野中 聡	2021年4月5日～4月19日 2021年8月16日～9月28日
第 2 回エアターボロケット要素燃焼試験（ATR-E-3）	小林 弘明・徳留 真一郎	2021年10月18日～27日
エアターボロケット燃焼試験（ATRIUM-1）	小林 弘明・徳留 真一郎	2021年12月21日～12月28日 2022年3月1日～3月5日
カイロスロケット用 1 段固体モータの大気地上燃焼試験（S1R-B1-1TVC）	徳留真一郎	2021年11月30日～12月24日
カイロスロケット用 3 段固体モータの大気地上燃焼試験（S1R-B3-1TVC）	徳留真一郎	2021年6月7日～7月1日
観測ロケット協力会、地元説明会（書面審議）	石井 信明	2022年3月24日

7. あきる野実験施設

教職員：後藤 健（施設所長）高間茂樹 田口鉄也 羽生宏人 徳留真一郎 堀 恵一 嶋田 徹 鈴木直洋 芳仲敏成

JAXA 他本部職員：八木下剛 森下直樹

あきる野実験施設は、ロケット・探査機搭載推進系に関わる基礎的・教育的実験研究を継続的かつ発展的に推進するために必要な設備を保守運用し安全確実な実験を実施する。

実績：

昨年複数回の燃焼試験を実施した高空性能試験設備の点検と水漏れ修理を実施した。また、あきる野実験施設

開設時より稼働してきた小型フォークリフトを更新した。火星衛星探査計画（MMX）で開発している火星衛星のサンプルを地球に持ち帰るためのカプセルの試験が実施された。MMX で開発しているサンプルリターンカプセルは「はやぶさ」、「はやぶさ 2」のヘリテージを活用した相似形状であり、減速用パラシュートも同様の機構の採用を予定している。今回の試験は、直径 1.5 倍程度

に大型化したカプセルの背面ヒートシールドのおよび減速用パラシュートの排出機構の機能検証試験である。背面ヒートシールドは大きさおよび質量を揃えたダミーを使用している。また、今後のデブリ排出規制対象となる、Φ1mm以上のスラグ排出のないスラグ低減固体ロケットモータの実現を目指し、小型ロケットモータの真空燃焼試験を実施した。ノズルやモータケースなどは同一として、2種類の推進薬を使用した小型ロケットモータの燃焼試験を行い、排出されるスラグの低減効果を調査した。

効果：

サンプルリターンカプセルの背面ヒートシールドダミーの排出試験は2回に分けて実施した。第1回は新規製作した火薬点火用電子回路の動作確認を目的としている。背面ヒートシールド放出において必要な点火回路が正常に作動することが確認された。続いて、背面ヒート

シールドダミーを設置し、放出試験を実施した。放出される背面ヒートシールドダミーの速度は高速度カメラとレーザー変位計により計測された。背面ヒートシールドの放出動作は計画通りであったが、放出速度が開発仕様を下回ったため、次年度再試験を行うこととなった。スラグ低減を目指した小型ロケットモータの燃焼実験では、準備した2式のロケットモータは計画通りに燃焼した。高速度カメラの画像および燃焼試験後のモータ内外のデブリの大きさと数量を調査した。その結果昨年の試験結果を踏まえた推進薬の充填方法の変更はモータの燃焼およびスラグの低減効果を改善することがわかった。

本試験により、スラグ低減手法の基本設計を完了することができた。今後はより大型のロケットモータでの検証計画に進む予定である。このように本年度も高性能試験設備をはじめとした試験設備を最大限に使用し、各種研究開発に貢献することができた。

あきる野実験施設での実験等（2021年度）

実験名	実験担当者	実施時期
高空性能試験設備の点検及び修理	後藤 健	2021年6月1日(火)～6月3日(木)
背面ヒートシールドダミー飛ばし試験（回路動作確認試験）	高柳 大樹	2021年10月12日(火)～10月13日(水)
背面ヒートシールドダミー飛ばし試験	高柳 大樹	2021年12月21日(火)～12月22日(水)
固体ロケットのスラグ低減研究 小型モータ燃焼試験	徳留 真一郎	2022年1月19日(水)～2月1日(火)
フォークリフト更新	後藤 健	2022年1月20日(木)
ガス検知器定期点検	後藤 健	2022年2月24日(木)

8. 科学衛星運用・データ利用ユニット

教職員：香河英史（ユニット長）竹島敏明 川上修司 長木明成 永松弘行 小川美奈 太田方之 宮野喜和
 福本訓士 長谷川晃子 中平聡志 大原万里奈 三村恭子 吉野良子 内田ヘルベルト陽二 海老沢研
 山村一誠 松崎恵一 高木亮治 戸田知朗 山本幸生 三浦 昭 富木淳史 山口由仁 菅原泰晴 真鍋友林
 増田敬史 中村英斗 高須 徹

1. 科学衛星・探査機の管制運用システムの開発と運用

科学衛星・探査機の運用を行うための衛星管制・データ伝送システムを整備し、運用に供する。新規のプロジェクから要求をシステムに反映し、試験フェーズから運用フェーズまでを支援する。また、運用中の衛星・探査機へのコマンド送信・データ受信を行う地上局のサインや運用を支援する。

実績：

- ① 「GEOTAIL」, 「ひさき」, 「ひので」, 「あかつき」, 「はやぶさ2」, 「あらせ」, 「みお」, 「MPO」等、既存衛星・探査機の管制運用を支援した。
- ② BepiColombo の打上げ後の運用（Interplanetary

Cruise Phase 運用）を支援した。

- ③ SLS, SLIM, XRISM, 火星衛星探査計画（MMX）等、将来ミッションへの管制システムの準備を進めた。
- ④ 主管制室において、SLIM, XRISM の打上げ時運用に向けた管制システム整備を実施した。
- ⑤ 衛星・探査機運用の安全性・信頼性の向上を目指し、衛星自動監視ソフトウェア（ATMOS）を「ひさき」, 「あらせ」, 「はやぶさ2」を対象にサービスを継続し機能改善活動を実施すると共に、システム試験へ向けてXRISM, SLIM への監視環境提供準備を進めた。
- ⑥ 運用継続性を向上させるために、冗長化および仮想化技術等を科学衛星運用支援システムに導入し、引き続き適用対象を拡充した。

- ⑦ 美笹深宇宙探査地上局の完成に向け衛星管制システムおよび衛星運用支援システムの対応を進め、美笹深宇宙探査地上局を利用する宇宙機の運用開始に向けた作業支援を実施した。
- ⑧ GSTOS（汎用衛星試験運用ソフトウェア）コマンド発行ソフトウェアに関して、GUIの実装に用いている技術が古く（X Window System 上の Motif）、機能改修・維持管理に際して技術者の確保に難があり、コストを要するという課題があった。この問題を解決するため、コア部分をサーバソフトウェアに実装し、GUI部分をクライアントソフトウェアに実装した版を新たに開発した。
- ⑨ 宇宙研内でデファクトスタンダードとなっているテレコマデータベース（SIB2）と、国際標準となっているテレコマ表記規格（XTCE）とのSIB2からXTCEへの変換手法を確立し、変換ツールの製作に着手した。
- ⑩ 問題や変更などを管理するための情報共有システムとしてCOSMS（C-SODA コンフィギュレーション管理システム）を開発した。

効果：

- ① 既存衛星・探査機が正常に運用されるように各衛星・探査機チームを支援することで、それぞれのミッションの成果創出を下支えしている。
- ② 試験フェーズから衛星管制システムを利用することで、効率的な試験が実施できる。
- ③ SLIM, XRISM プロジェクトに主管制室を供与し、2プロジェクト同時打上げに対応するための相当規模の運用体制の活動維持に貢献している。
- ④ ATMOS を運用に導入することで非可視時間帯における衛星状態の監視を可能とし、衛星・探査機の運用における安全性向上に貢献している。
- ⑤ GSTOS コマンド発行ソフトウェアのコア部分とGUI部分を分けることで、コア部分はできるだけ手を触れずに安定運用を、GUI部分は使い勝手の向上や技術の進歩にあわせた改修をしやすくなり、必要な変更を従来よりも低リスク・低コストで実現可能となる。
- ⑥ SIB2 から XTCE への変換ができるツールを実装すれば、国際協力ミッションにおいて、テレコマをXTCEで交換できるので、事前ドキュメント整備を含めたインターフェース調整が容易になる。
- ⑦ C-SODAではSIB2/GSTOSなど多数のプロジェクト共用ソフトウェアを提供しているが、ユーザとの間でバグや改善要望への対応状況の情報共有に難があった。COSMSを導入することでプロジェクトへの

円滑な情報共有が可能となる。

2. 観測データ等の蓄積・提供

科学衛星・探査機の宇宙科学データ及び工学データベースの運用・開発を進め、宇宙科学データを永続的に保存すると共に利用者のデータ利便性を増進した。また、「あかり」データプロダクトの作成・検証を引き続き進めた。実績：

- ① SIRIUS（科学衛星テレメトリデータベースシステム）の維持管理業務及び衛星時刻校正システム、LITSD（レベル1時系列データ処理用ソフトウェア）の維持管理業務を実施した。
- ② EDISON（科学衛星運用工学データベースシステム）の維持管理業務を実施した。
- ③ DARTS（宇宙科学データアーカイブシステム）にて、運用中の衛星データの登録を定常的に実施するとともに、新たにはやぶさ2キュレーションデータ、あかりPOIデータおよび公募により受け入れたデータ（IKAROS 軌道、観測ロケットデータ）を一般公開した。加えて、将来受け入れる衛星・探査機データ（XRISM, SLIM, MMX）の受け入れ準備を進めている。
- ④ DARTS システムの維持管理業務（脆弱性対応、常時SSL化対応、アプリケーションのWAF経由配信など）を実施した。DOI（デジタル固有識別子）付与については、サービスとして定常化した。
- ⑤ 赤外線天文衛星「あかり」について、ほぼすべての公開データ及びコンテンツを「あかりデータ処理・解析チーム」からDARTSへ移管した。
- ⑥ DARTS の将来システムについて、独立系システムに加え近年政府機関でも利用の拡大の進んでいるクラウドサービスの利用も含めて検討を進めた。
- ⑦ LITSD は、データ処理に必要なメモリ量が必要以上に大きいという課題があった。そこで、処理の最適化を行い、メモリ使用量の削減、処理時間を短縮した版を開発した。

効果：

- ① 目的のデータを見つけるための早見システム・検索システムのさらなる充実と、データ公開サービスの安定運用により、宇宙科学研究所が取得した科学データを使った研究成果の最大化に寄与した。
- ② 公開された科学データは、分野別（天文学、太陽物理学、月惑星科学等）標準フォーマットを用いて周辺情報と共にシステムティックに管理される。これにより、成果創出の促進、データの長寿命化、第三者検証可能性の向上に貢献している。

9. 月惑星探査データ解析グループ

教職員：佐藤広幸（グループ長） 井上博夏 宮崎理紗 梶谷伊織 菊地 紘 押上祥子 横田康弘 山本幸生
田中 智 三浦 昭

当グループは、月惑星探査によって得られた観測データの解析、および解析技術の開発を専門に行う組織である。月惑星探査の計画立案に必要なデータ解析や、月惑星の起源と進化の解明に係る理学研究のための高次処理プロダクトの提供による、月惑星探査の成果最大化を目的としている。

実績：

- ① JAXAの月着陸探査検討チーム（SLIM, LUPEX, 月面離着陸実証、有人と圧ローバ、等）の個々の要求に応じて、既存の月惑星探査データの解析を行い、ミッションシナリオ策定支援を行っている。LUPEXの例では、月南極付近における着陸後の運用のためのデータプロダクト作成を行った。
- ② 大学との共同研究により、新しいデータ解析技術の開発を行っている。会津大学との共同研究では、ボルダー自動識別アルゴリズム開発や、不規則形状小天体用の地理情報システム開発、フォボスの重力場解析を行った。東京大学との共同研究では、月極域における高精度地形モデル（DEM）の作成技術、および精度検証技術の開発を行った。
- ③ 月惑星探査データをウェブブラウザ上で容易に閲覧・解析・取得できるシステムを開発している。「はやぶさ2」のONCデータ検索サービス（JADE）ではリュウグウを3次元立体表示しつつ、様々な検索項目から個々の観測データを抽出・表示できる。すでにONCチーム内で利用されており、順次一般公開の予定である。かぐや統合解析データ配信システム（KADIAS）の次期版（下図参照）では、多種多様なデータを切りかえながらの3次元表示や、ブラウザ上での簡易解

析が可能であり、次年度中に公開予定である。

- ④ 探査プロジェクトで得られる新規観測データのアーカイブ処理をサポートする体制を構築し、順次各プロジェクトへのサポートを行っている。SLIM-MBCではSPICEカーネルの作成準備やPDS4準拠化への支援、MMXではアーカイブ化に必要なテレメトリ情報の不足を防止するためのSIB2レビューを行った。実作業を通じ、アーカイブ処理の手順や知識等のノウハウを組織内に蓄積しつつある。

効果：

- ① 情報科学など他分野の技術を取り入れた月南極域の着陸地点解析が評価され、文部科学大臣表彰（科学技術振興部門）を受賞した。また解析結果は、探査戦略を決める上で重要な情報として、各探査検討に用いられている。
- ② 新しいプロダクト作成技術の開発により、より高精度な地形データを用いた着陸地点解析が可能となった。同時に、国際宇宙探査において戦略的価値のあるデータを生み出せるようになった。
- ③ ウェブブラウザ上で容易に扱えるシステム開発により、月惑星探査データ利用の敷居が下がり、より多様なコミュニティのユーザが探査の恩恵を得られるようになった。また今後の探査機運用で利用できるシステムの開発・技術蓄積にも繋がった。
- ④ アーカイブ処理に係る作業の代行もしくはサポートにより、プロジェクトが機器開発に専念する時間が増え、業務効率化に繋がっている。またアーカイブデータの質の向上が見込まれ、海外研究者によるデータ利用の促進が期待される。

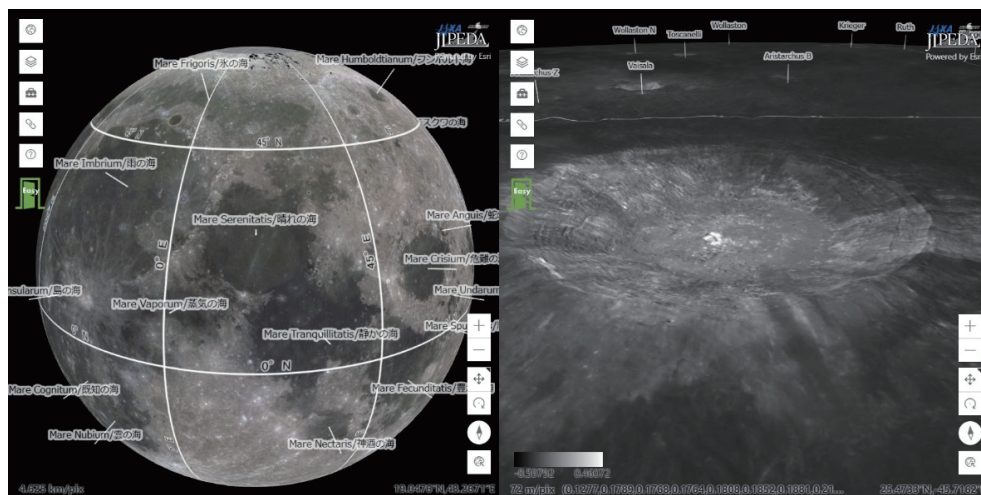


図. かぐや統合解析データ配信システム（KADIAS）次期版のスクリーンショット。
全球ビューと月の海の位置・名称表示（左図）、および Aristarchus クレータ周辺の鳥瞰図（右図）。

10. 地球外物質研究グループ

教職員：臼井寛裕（グループ長） 橘 省吾 安部正真 岡田達明 鈴木志野 菅原春葉 深井綾汰 矢田 達
西村匡洋 坂本佳奈子 与賀田佳澄 中藤亜衣子 宮崎明子 長島加奈 金丸 礼 林 祐 山本大貴
石崎拓也

探査機が回収した試料の処理、保存及び活用を推進するとともに、地球外物質の試料の分析技術の研究開発及び試料の分析に基づく研究を行う。また、地球外物質の回収計画の策定に向けた研究活動の支援に関する業務を行う（プロジェクトチームの所掌に属するものを除く）。次世代の惑星探査を志向した研究と開発を行う。

上記に係わる人材育成を行う。また、業務実施に必要な施設及び設備に関する業務を行う。

実績：

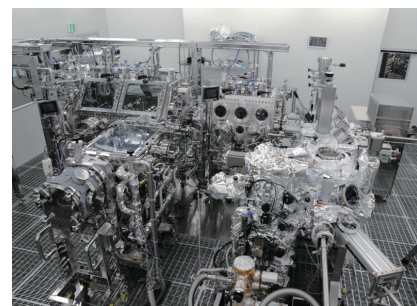
- ① 「はやぶさ」が地球に持ち帰った小惑星イトカワの試料について、試料の回収・記載・保管作業を実施した。
- ② 「はやぶさ2」が地球に持ち帰った小惑星リュウグウの試料について、試料の回収・記載・保管作業を実施した。
- ③ イトカワ試料の一次記載情報（試料カタログ情報）については、Webで公開（毎月更新）すると同時に、定期的（年1回）にサンプルカタログを発行した（JAXA-SP-21-007E, 令和4（2022年1月）。カタログ掲載試料総数は1296。
- ④ リュウグウ試料の一次記載情報（試料カタログ情報）については、Webで公開（毎月更新）すると同時に、定期的（年1回）にサンプルカタログを発行した（JAXA-SP-21-006E, 令和4（2022年1月）。カタログ掲載粒子総数は401。
- ⑤ イトカワ試料について、国際研究公募を行い、採択者に対して試料の提供を行った。これまでの国際研究公募の採択件数は68件、252粒子。
- ⑥ リュウグウ試料について、国際研究公募の発出を行った。公募対象試料は74。
- ⑦ リュウグウ試料について、初期分析チーム、Phase2キュレーションチーム、NASAに試料分配を行った。配分試料数はそれぞれ、初期分析チームに32、Phase2キュレーションチームに24、NASAに29。
- ⑧ リュウグウ試料で得られた詳細分析の初めての成果発表の機会として、11月に国際シンポジウム（宇宙物質科学シンポジウム）を開催した。コロナ禍のためリモート開催となったが、参加者数は345人（うち4割が海外研究者）であった。
- ⑨ OSIRIS-RExが2023年に地球に持ち帰る予定の、小惑星ベンヌ試料の受入施設の整備を開始した。
- ⑩ 将来のサンプルリターンミッションの技術的な支援として、サンプル採取装置の開発、試料受け入れ設備の検討などの観点でミッション検討のサポートを行った。
- ⑪ 関連する施設・設備の維持運用を行った。

- ⑫ 共同研究員および大学院生などの受け入れを行い、地球外試料分析研究を含む活動を通して、研究者育成などを積極的に進めた。

効果：

- ① 初期記載による研究成果が2編 Nature Astronomy 誌に掲載された。「はやぶさ2」探査機のタッチダウン地点に関する観測成果と回収されたサンプルの初期記載成果を統合した論文が1編 Science 誌に受理された。
 - i. T. Yada, *et al.* “Preliminary analysis of the Hayabusa2 samples returned from C-type asteroid Ryugu.”, Nature Astronomy (2021). doi:10.1038/s41550-021-01550-6
 - ii. C. Pilorget, *et al.* “First compositional characterization by the MicrOmega hyperspectral microscope of Ryugu returned samples.”, Nature Astronomy (2021). doi:10.1038/s41550-021-01549-z
 - iii. S. Tachibana, *et al.* “Pebbles and sand on asteroid (162173) Ryugu: In situ observation and particles returned to Earth”, Science (2022), doi: 10.1126/science.abj8624.
- ② 帰還試料の初期記載から、リュウグウのサンプルは人類が手にしている最も始原的なタイプの地球外物質試料であることがわかり、この試料の詳細分析によって科学的に第1級の成果の創出が期待できる。またキュレーションの試料ハンドリングは地球大気遮断環境下で行われており、地球物質の汚染を受けていない初めての始原的地球外試料であり、地球外物質試料の物質分析を高い信頼性をもって実施することが可能になっている。

※本項にある研究設備及び地球外物質研究グループの管理下にある設備の詳細は、【おもな研究設備】の項を参照願いたい。



「はやぶさ2」帰還試料受入れ作業およびリュウグウ試料の初期記載に用いているクリーンチャンバー

11. 深宇宙追跡技術グループ

教職員：吉川 真（グループ長）市川 勉 川原康介 竹内 央 戸田知朗 富木淳史 鳥居 航 水野貴秀
村田泰宏

1. 運用中の深宇宙ミッションの追跡支援

現在運用中の衛星・探査機の追跡支援として、「はやぶさ 2」、「あかつき」、「GEOTAIL」、「BepiColombo」のミッションのための作業を継続して行った。

実績：

- ① 「はやぶさ 2」については、拡張ミッションのための追跡・軌道決定を行った。
- ② 「はやぶさ 2」の NASA/DSN における追跡に関しては、拡張ミッションについての DSN の利用の調整を DSN 側担当者と行った。さらに、2022 年の「はやぶさ 2」拡張ミッション運用について、DSN 局の利用方法に関する基本的な方針について調整した。
- ③ 「あかつき」については、定常的な軌道決定を実施した。
- ⑤ 「GEOTAIL」については、定常的な軌道決定を実施した。
- ⑥ 「BepiColombo」に関連しては、対 ESA 対応およびアンテナ予報値の作成を行った。

効果：

現在運用中の衛星・探査機については、順調に追跡支援を行うことができ各プロジェクトに貢献できた。

2. 将来の深宇宙ミッション支援

将来のミッションに関して、軌道決定や通信関連の作業を行った。

実績：

- ① 将来ミッションである SLIM、火星衛星探査計画(MMX)、DESTINY+の軌道決定に関連する検討を進めた。
- ② OMOTENASHI, EQUULEUS の FM 搭載通信系や地上系についての試験及び軌道決定に関連する検討を行った。
- ③ NASA の EM-1 に関して、JAXA 局での追跡支援についてインターフェースを確立し LRO を用いて追跡支援の事前準備を行った。
- ④ LUPEX、与圧ローバ等の月面着陸機の精密位置決定手法の検討を行った。

効果：

将来ミッションについて、その軌道や通信関係につい

てサポートすることで、各ミッションの実施に向けて貢献した。

3. 深宇宙局に関する作業

国内の深宇宙局に関する作業として、臼田局および美笹局の運用支援、将来の深宇宙局の体制についての検討を行った。

実績：

- ① 臼田局の 64m および笹局の 54m（GREAT）に関する諸作業を行い、衛星・探査機の運用を支えた。
- ② 内之浦後継局も含めて今後の深宇宙局の整備についての検討を行い、ユーザ要求に関連してとりまとめを行い、問題点を整理した。この検討や取りまとめの作業は、追跡ネットワーク技術センターおよび国際宇宙探査センターと協力して行った。
- ③ Malargüe 局を JAXA で利用する可能性について、ESA との協議を継続して行った。
- ④ アンテナのアレー化については、今後の方針についての議論を行った。

効果：

臼田局および美笹局での運用に貢献した。また、今後の深宇宙局を JAXA としてどのように整備していくのがよいかについて、具体的な情報を整理し議論の土台となるものを提示することができた。

4. その他の事項

その他、深宇宙探査機の追跡に関連する以下の作業を行った。

実績：

- ① 追跡データをテキスト形式の TDM に変換するシステムを実運用環境で稼働開始した。
- ② NASA との Generic cross support agreement の議論を追跡ネットワークと行い、JAXA 内の調整を終えた。

効果：

これらの作業で、今後、データの汎用性が高くなり、小型ミッションの追跡サポートが得やすくなった。

12. 研究開発部門（相模原）

宇宙科学研究所（以下 ISAS）と研究開発部門（以下研開部門）の連携を強化するとの両部門の基本方針に従って、2021 年度 4 月に、ISAS に「専門・基盤技術 G」を組

織し、技術のフロントローディングなど宇宙科学固有の専門技術活動を推進し、人材育成を始めとした研開部門との連携を強化する新たな基盤を構築した。

ISAS と研開部門の協力基本計画に沿った 2015 年 10 月の組織改正により、旧 ISAS 専門技術 (DE) グループは発展的に解消し、研開部門 (第一研究ユニットおよび第二研究ユニット) に統合された。これにより、旧 ISAS 専門技術グループに属する一般職職員の多くは研開部門に移籍したが、相模原在勤として引き続き宇宙科学プロジェクトに参画する体制となった。一方、教育職職員の DE 活動は組織としては長らく未定義となっていたが、新設した、専門・基盤技術 G により再組織化した。これにより教育職職員においても DE 活動が可視化され、人材育成に対する貢献など責任の所在が明確化される方向となった。

このような新たな取り組みを通して、ISAS の一般職職員および教育職職員が研開部門に属する一般職職員と有機的に融合することによって、プロジェクトやプリプロジェクト、ワーキンググループ等 (以下、プロジェクト等) の研究開発活動に貢献するとともに、将来の科学ミッションにおいて必要とされる、あるいは将来の科学ミッションの可能性を広げる、基盤研究、要素技術開発、および専門技術にかかわる研究開発と、それらを通じた人材育成を推進する体制を強化した。

以下、各ユニットの成果等について記載する。

a. 第一研究ユニット

教職員：福田盛介 廣瀬史子 植田聡史 山本高行 (～4 月) 池田 人 佐藤峻介 大野 剛 武井悠人 (～9 月)
坂本拓史 (10 月～) 伊藤琢博 吉川健人 石田貴行 石丸貴博 (～9 月) 三好航太 菊池隼仁 中尾達郎
平澤 遼 金谷周朔 岩城拓弥 (6 月～) 小野稜介 (6 月～)

1. 概要

研究開発部門の第一研究ユニット (相模原) では、進行中あるいは将来の実現を目指して検討が進められている宇宙科学・探査ミッションに対し、軌道解析、航法、誘導制御、ロボティクス、電子部品、デバイス、電源、通信、データ処理、地上局運用など多岐にわたる技術分野において、主体的に貢献している。またそれらの活動を通じて、上記分野の専門技術の向上を図り、将来のミッションに必要な研究開発を、宇宙研の専門・基盤技術グループをはじめとした内外の関係部署と連携して進めるとともに、人材の育成を行っている。

2. プロジェクト支援

- ・「はやぶさ 2」では、引き続き、システム、航法誘導制御を担当しつつ、拡張ミッションの運用に参画し、省力化された探査機運用や人材育成など、多様な観点での支援を行った。
- ・小型月着陸実証機 (SLIM) では、ピンポイント着陸を実現するための画像航法系 (航法カメラの開発を含む) や誘導制御系、軌道計画系の各担当として、FM・製作試験フェーズの開発活動を担当し、特にコンティンジェンシー検討や地上支援装置の開発を進めた。また、電源系では、搭載する薄膜太陽電池の劣化予測モデルの精査等を行った。また、搭載小型ローバ LEV の開発を担当した。
- ・SLS 搭載超小型探査機 (OMOTENASHI/EQUULEUS) では、システム、軌道計画、熱、電気の各担当として、フライトモデルの製作・試験を完遂し、米国での射場作業及び機体引き渡しを行った。また、打上げに向けて、各種の運用準備作業を進めた。
- ・火星衛星探査計画 (MMX) では、軌道計画・決定、航

法誘導制御、システム、ローバ開発、サンプリング装置、カプセル等の各担当として、詳細設計フェーズの作業に貢献した (ミッション運用設計や GNC 検証の取りまとめ、コアラ装置やサンプルリターンカプセルの開発・検証など)。

- ・2021 年度にプロジェクト移行した DESTINY+ では、搭載カメラの撮像素子の評価において、CMOS センサの飽和電荷量を観点に、放射線劣化やスクリーニング方法等について検討を担当した。また、太陽電池アレイシートの環境耐性や、キックステージ開発におけるレーザ点火の試験・評価を行った。
- ・再使用ロケット RV-X では、航法・誘導制御系の取りまとめとして、複数回の地上燃焼試験に参画しつつ、推力方向制御 (TVC) 装置の開発や、次年度に予定されている飛行試験の準備を進めた。
- ・超精密フォーメーションフライト技術実証機 (SILVIA) では、システムの取りまとめ、航法誘導制御の担当としてプリプロジェクト準備フェーズ (Pre-Phase A2) への移行を目指し、衛星のシステム設計や開発方式の調整や、ミッションのキー技術である高精度相対航法に関する技術検討を進めた。
- ・HTV-X によるゲートウェイ補給ミッション、月極域探査機 LUPEX、月離着陸技術実証、月周回探査ミッション等、多岐に渡る探査ミッションの軌道計画、誘導制御、システム検討に参画した。

3. 基盤技術研究、要素技術開発

- (1) 深宇宙ランデブ技術・OTV の研究
- (2) GPU 超並列化と機械学習による多分野統合最適化
- (3) 宇宙機間の通信制約を考慮した編隊飛行制御アーキテクチャ検証手法の研究

- (4) 太陽条件変化に強い特徴点検出法の研究
- (5) 月面探査ローバの自己位置推定技術における Visual SLAM 手法の適用可能性検討
- (6) ペロブスカイト太陽電池の放射線耐性評価, 大気球搭載実証
- (7) リチウムイオン電池の低温特性向上の研究
- (8) スケーラブル完全孤立系燃料電池の研究開発
- (9) SpaceWire の高度化研究
- (10) ホッピングローバの研究開発
- (11) フォーメーションフライトの研究
- (12) 商用深宇宙追跡局の利用可能性検証

- (13) EDL&R 研究 (ドローンによるカプセル探索技術等)
- (14) 柔軟エアロシェルを用いた観測ロケット小型実験データ回収システム (RATS): S-520-31 ロケットで打ち上げられ, 飛行・再突入・海上回収を完璧に成功【研究開発部門長受賞】

4. 研究設備の維持管理

軌道解析サーバ類, 推進系地上試験装置, 小型飛翔体打上げ管制システムなどの維持管理, 保守点検等を行い, 効率的な研究開発を行っている。

b. 第二研究ユニット

職員: 松本康司 小川博之 大川恭志

1) 推進系グループ

職員: 志田真樹 八木下剛 渡邊裕樹 松永芳樹 道上啓亮 張 科寅 後藤健太 竹崎悠一郎 森下直樹 大川恭志

1. 概要

推進系グループは, 推進系の専門的知識や解析・実験技術などの専門技術をもって, 各種プロジェクト, プリプロジェクト及びワーキンググループ活動等に参加しており, その所掌範囲は, 衛星の軌道制御や姿勢制御に用いる衛星推進系 (化学推進及び電気推進) からロケットの打上げや姿勢制御に用いる主推進系や補助推進系まで極めて広い。中でも衛星推進系と観測ロケットの推進系は, 宇宙科学ミッションと結びつきが強く, 検討の初期段階から機器開発, 射場作業, 地上運用, 軌道運用まで, 全てのフェーズに関与, 貢献している。

2. プロジェクト支援

- ・「ひので」(SOLAR-B), 「あかつき」(PLANET-C), 「はやぶさ 2」, 「あらせ」(ERG), 「みお」(BepiColombo/MMO) など既に軌道上にある衛星については推進系のモニタを継続し, 運用に参加。
- ・「SLIM」, 「XRISM」, 「MMX」など開発中の衛星においては, 推進系の機器開発を継続して実施。SLIM は開発試験等を完了し, システム組立および試験, 射場作業の準備を進めている。
- ・「DESTINY+」, 「ソーラー電力セイル探査機」(OKEANOS) などにおいては, それぞれのミッションに必要とされる推進系の検討を実施。
- ・「基幹ロケット再使用化のシステム実証」(RV-X) はフェーズ 1 で実証を目指す小型実験機の検討を実施。RV-X の主推進系開発のための地上燃焼試験を実施した。
- ・「ETS-9」では, 電気推進 (ホールスラスタ) の開発を支援。EM スラスタの噴射試験等を通し, 課題解決を支

援した。これらの成果を受け, 第一部門では国産ホールスラスタの CDR2-1 が開催された。

- ・「OMOTENASHI」では, 推進系を中心に開発を支援し, NASA への探査機の引渡しが完了した。
- ・その他, 観測ロケット・超小型衛星打上げロケットではガスジェットの開発を担当し, 開発を継続して実施。

3. JAXA 横断的な連携活動

- ・「ホールスラスタの競争力強化の研究」, 「セラミックスラスタの研究」, 「低毒性推進系の研究」, 「相平衡推進系の研究」, 「再使用型宇宙輸送システムにおける大気アシスト飛行の実証研究」, 「新世代小型ロケット (S1)」, 「イプシロンロケット RCS・PBS 関係」, 「イプシロンロケット 内之浦設備系 (ヒドラジン・高圧ガス等)」, 「固体ロケット用レーザ点火システムの研究」, 「デブリ除去電気推進技術の研究」, 「イプシロンロケットプロジェクト 固体ロケットのスラグ低減研究」などで他部門と連携して研究を進めている。

4. 将来ミッションのための研究活動

- ・燃料電池統合型二液推進系の研究
- ・酸素素補助スラスタの開発
- ・水素エネルギー基盤技術の研究
- ・2 液推進系酸化剤と推進系配管の長期接液による酸化剤劣化の研究
- ・2 液推進系の着火衝撃メカニズム解明の研究
- ・セラミック金属接合スラスタの研究開発
- ・小型飛翔体の機能向上に関する研究開発

2) 熱・流体グループ

職員：太刀川純孝 篠崎慶亮 澤田健一郎 西城 大 金城富宏 秋月祐樹 小澤宇志 高柳大樹 野村哲史

1. 概要

熱・流体グループでは、熱および流体の分野の専門的知識や解析・実験技術などの専門技術によって、プロジェクト等の活動に主体的に貢献している。またそれらの活動を通じて専門知識や専門技術の向上を図り、同時に、将来の科学ミッションにおいて必要とされる、あるいは将来の科学ミッションを可能とする、熱・流体に係わる専門技術の研究開発を進めている。

2. プロジェクト支援

「あかつき」, 「はやぶさ 2」, 「BepiColombo/MMO」, 「あらせ」, 「SPICA」, 「XRISM」, 「火星衛星探査計画 (MMX)」, GAPS, イプシロンロケット, 観測ロケット, 「SLIM」, 「DESTINY+」, SOLAR-C, LiteBIRD, JUICE などの活動に参加, 設計や開発, 試験, 評価など, 各種課題の解決にあたった。

3. 基盤技術研究・要素技術開発

- (1) ループヒートパイプの研究
- (2) 自励振動ヒートパイプの研究
- (3) 次世代多機能型展開ラジエータの研究
- (4) 熱制御材評価
- (5) 重力下でのヒートパイプの挙動の研究
- (6) 高機能ヒートパイプの研究
- (7) ヒートスイッチの研究
- (8) 蓄熱デバイスの研究
- (9) 放射率可変素子 (SRD) の研究
- (10) 多層膜によるフレキシブル熱制御材 (COSF) の研究
- (11) 電波透過型多層断熱材 (RT-MLI) に関する研究
- (12) 熱制御材料の劣化評価および予測に関する研究
- (13) 単相流体ループの研究
- (14) 2 相流体ループの研究
- (15) ExHAM 実験による熱制御材料評価
- (16) 機能性白色コーティングの研究開発
- (17) 3D printing を用いた高性能蓄熱デバイスの研究
- (18) 耐衝撃高性能断熱技術の研究
- (19) 濡れ性制御を適用した熱拡散・熱輸送一体型デバイスの研究
- (20) ヒートポンプの研究
- (21) 傾斜機能型アブレーション熱防御システムの研究
- (22) デブリ除去及びセミコントロールドリエントリに向けた大気突入技術応用研究
- (23) 希薄空気力学の研究
- (24) エアロシェル背面の輻射の研究
- (25) 放射率測定装置の開発
- (26) 高断熱材の熱伝導率測定手法の開発
- (27) パラシュートの研究
- (28) 放射率の推算に関する研究
- (29) エレクトロクロミック型放射率可変デバイスの開発
- (30) メタサーフェスを利用した極低温ラジエータの開発
- (31) 指向性ラジエータの開発

3) 構造・機構・材料グループ

職員：河野太郎 馬場満久 西城 大 岩渕頌太 羽森仁志

1. 概要

構造・機構・材料系グループでは、構造・機構・材料およびその周辺分野の専門的知識や解析・実験技術などの専門技術を持って、各種プロジェクト、プリプロジェクトおよび組織的な研究開発活動に参加、貢献している。また、各種ロケット発射装置の維持・更新の長期計画の検討を行っている。さらに、将来の宇宙科学ミッションにおいて必要とされる、あるいは将来の宇宙科学ミッションを可能とする、構造・機構・材料に係る専門技術の研究開発を機構内外と協働、連携しつつ進めている。

2. プロジェクト支援

専門技術をもとに、開発、打上げに至ったプロジェクト (「BepiColombo」) 開発中のプロジェクト (「SLIM」, 「火星衛星探査計画 (MMX)」, 「DESTINY+」), プリプロ

ジェクト, (「SPICA」), 実験グループ (大気球, 観測ロケット) に、構造系担当その他として参加している。また、所内プロジェクトやワーキンググループ (先進的固体ロケットシステム, 再使用ロケット実験機等) の活動に、構造担当その他として参加している。

3. 基盤技術研究・要素技術開発

- (1) 高精度大型宇宙構造および伸展構造の開発研究
- (2) 宇宙機の振動制御に関する研究
- (3) 探査機降着および衝撃吸収システムに関する研究
- (4) 探査機着陸ダイナミクスに関する研究
- (5) 観測ロケット実験用データ回収システムの構造開発
- (6) サンプルリターン用カプセル搬送機構の開発
- (7) 探査機の運用に伴うレゴリス飛散予測技術
- (8) 薄層化 CFRP の極低温下での漏洩特性に関する研究

VII. 研究委員会

宇宙科学研究所に、宇宙科学研究所長の諮問等に応じ、大学との共同等による宇宙科学に関する学術研究および関連する業務の実施について審議し、研究等を行うため、宇宙理学委員会および宇宙工学委員会を設置している。

また、観測ロケット専門委員会、宇宙環境利用専門委

員会、大気球専門委員会、国際宇宙探査専門委員会が宇宙理学委員会/宇宙工学委員会の下に、キュレーション専門委員会が宇宙理学委員会の下に、宇宙輸送系専門委員会が宇宙工学委員会の下に設置されている。

1. 宇宙理学委員会

宇宙理学委員会は、宇宙理学分野に関する研究計画の立案、研究プロジェクトの企画及びその他の専門的事項について審議するために設置された研究委員会である。2021 年度は第 10 期の一年目としての活動を行なった。

1.1 宇宙科学ロードマップのミッション創出に向けた活動

実績と効果：ミッションの創出・提案の充実を図るため、宇宙理学委員会としてワーキンググループ (WG) 活動・リサーチグループ活動を推進し、戦略的開発研究経費の配分 (1.2 項) により、各段階で必要な開発研究を進めるよう促した。また、WG 主査会議の開催、年度末評価書によるミッション提案にむけた準備進捗の確認と WG 活動へのフィードバックを新たに行い、ミッションの創出段階の活動を支援する活動を行った。

プログラムディレクタの諮問に対応し、大学連携強化タスクフォースを設置し、大学を含む宇宙科学コミュニティと宇宙科学研究所の役割、機能強化に関する議論をおこなっている。今後の宇宙科学プロジェクトの提案をより効果的に行なうために、昨年度のミッションカテゴリタスクフォース提言に基づき、工学委員会と合同でミッション立ち上げ実施方法検討タスクフォースを設置し、公募型小型分科会、戦略的中型分科会による議論を経て提言の答申を行なった。またこの提言に基づき戦略的中型創出グループ (Groupe de Discussion Intensive: GDI) の設置準備を進めた。

1.2 戦略的開発研究

目的：プロジェクトの準備段階であるワーキンググループ (WG) が、ミッションコンセプト提案へと進む上での障害となる技術課題を解決するための研究開発を行う。WG を対象に研究提案を公募し、ヒアリングを含む審査を経て総額 1.1 億強の研究資金を配分した。提案書およびヒアリングにより注力すべき技術課題を WG と共有し重点的配分をおこなっている。成果報告書はコミュニティで共有され、また理学委員によって確認、必要に

応じフィードバックが行われる。また、上記ミッション立ち上げ実施方法検討タスクフォース答申に基づき、ワーキンググループの定義、終了方法を変更した。

ワーキンググループ：

2021 年度に活動を行った WG は以下の通りである。

[公募型小型]

- ・編隊飛行による地球電磁気圏・熱圏探査衛星計画 FACTORS WG
- ・磁気リコネクション・粒子加速 (PhoENiX) WG
- ・広帯域 X 線高感度撮像分光衛星 FORCE WG
- ・火星宇宙天気・気候・水環境探査 (MACO) WG
- ・惑星科学、生命圏科学、および天文学に向けた紫外線宇宙望遠鏡計画 (LAPYUTA) WG
- ・月の縦孔・地下空洞直接探査 (UZUME) WG

[小規模]

- ・FUJIN WG
- ・K-EUSO (JEM 曝露部搭載機器、国際ミッション対応) WG

[小規模 (戦略的海外協同計画)]

- ・LISA WG
- ・系外惑星赤外分光 WG (2021 年度設置)
- ・STORM WG

2021 年度中にステータスが変わったもの

- ・衛星搭載超伝導サブミリ波リム放射サウンダ (SMILES-2) WG 所定の成果を達成し終了
- ・ガンマ線バーストを用いた初期宇宙探査計画 (HiZ-GUNDAM) WG プリプロ候補チームへの移行
- ・地球磁気圏 X 線撮像 GEO-X WG 小規模計画実施への移行

実績と効果：HiZ-GUNDAM, GEO-X WG は WG としての所定の目標であった公募型小型衛星、小規模計画への実

施へと進みつつある。また公募型小型衛星を目指す5つのWGはそれぞれ2022年度に予定される公募発出に向け、準備を進めている。

1.3 搭載機器基礎開発研究

目的：飛翔体を用いた宇宙科学観測・宇宙実験等を目指した搭載機器の基礎開発研究の中で、新しいアイデアに基づく搭載機器の萌芽的な研究段階にあり、科研費等の外部資金の獲得に先立って原理の実証を必要とするものを、サポートする。提案書に対し、審査委員会からメール質疑を行なう継続課題については、2020年度報告書を参照する進捗や重点事項を確認する、など丁寧な審査により将来の宇宙ミッションに展開可能な技術開発となるようなガイドを行なう。

実績と効果：新規提案17件を含む25件の提案にたいし、18件の提案を採択し総額3000万円を配分し、大学研究者との共同研究として実施された。採択の内訳は、X線技術7、紫外線技術3、赤外線技術6、地球・惑星in-situ観測技術2とバランスがとれたものであった。成果報告書は年度末までに提出され、計画と実績、国内宇宙コミュニティとの関係も含め評価し、2022年度への継続申請課題では、評価結果も参考としている。

1.4 委員会としての活動

目的：宇宙科学プログラムの成果の最大化

2021年度は、COVID-19対応のためにすべてオンライン開催であったが、4回の理学委員会開催とともに、宇宙工学委員会と合同での理工学合同委員会を合計4回開催し、理工合同・連携を踏まえた活動を行った。理学委員会としてはミッションの創出・ミッションの定義・ミッションの実行の各段階における宇宙理学委員会の役割を踏まえ、より多くのミッションの創出につながるための見守り活動（WG主査会議の開催、年度末評価書によるミッション提案にむけた準備進捗の確認とWG活動へのフィードバック、ISASが実施する各審査への参加）を実践した。

また理工合同委員会では、2020年度の議論を踏まえ、戦略的中型ミッションコンセプト創出を純粋なボトムアップのみに頼らず戦略的な立案を行うこと、および公募型小型ミッションの効率的な立ち上げを目指し、ミッション立ち上げ実施方法検討タスクフォースを設置し、公募型小型分科会、戦略的中型分科会による議論を経て提言の答申を行なった。それぞれのミッションへの成果や多様性への期待が大きいこと、ミッション実現のためのコストや体制作りに様々な困難があることを踏まえつつ、提言では公募型小型にも戦略性をもたせつつ多様化への道を拓くこと、戦略的中型ではトップダウンとボトムアップを組み合わせるべく、コミュニティや宇宙研研究系と理工学委員会が協力することが盛り込まれた。

宇宙科学研究所の諮問を受け、開発中・運用中のプロジェクト、各種実験の評価や進行中のミッションに関する科学的評価を行なった。運用中の「ひさき」に関する後期運用延長審査をおこなった。後期運用の位置づけに関する議論を行ない、次年度以降他ミッションの評価においての考え方を共有する。WG活動においては、UZUME WGの設置時に指摘された問題のフォローアップを継続して行なった。また、WG活動の前段階である、将来の計画の検討につながるResearch Group活動に対する支援も行った。またSPICAプリプロジェクトの終了に伴い、国際共同プロジェクトにおける概念設計検討委員会が宇宙科学研究所により設置され、その審議およびレッスンズアンドラウンドの抽出に協力した。この結果についてはコミュニティとの共有にも協力した。

宇宙理学委員会の下に設置された専門委員会は、それぞれ活動を進めた。キュレーション専門委員会は「はやぶさ2」サンプル受入、解析を行なうキュレーション設備や活動について評価や助言を行った。観測ロケット・宇宙環境利用・大気球の各専門委員会は、各インフラを利用した実験の公募審査や研究計画の審議を行った。国際宇宙探査専門委員会は、月近傍ゲートウェイ計画などに対し、宇宙科学の観点から助言・提言を行った。

2. 宇宙工学委員会

宇宙工学委員会は、宇宙工学分野に関する研究計画の立案、研究プロジェクトの企画及びその他の専門的事項について審議するために設置された研究委員会である。

2021年度は第10期の活動を行った。

2.1 戦略的開発研究

目的：将来の工学ミッション提案（科学衛星、飛翔体）や科学衛星や飛翔体・宇宙輸送システムの革新を目指した要素技術研究を実施。

ワーキンググループ：

- ・デトネーションキックモーター観測ロケット軌道投入実証
- ・再使用型宇宙輸送システムにおける大気アシスト飛行の実証研究
- ・トランスフォーマー宇宙機の実現とその応用に関する研究
- ・フォーメーションフライト技術の研究
- ・超小型宇宙機による外惑星探査実証

運用：

- ・「れいめい」衛星による工学研究

要素技術研究：

- ・天体表面への着陸・接触・衝突システムに関する研究
- ・これからの科学衛星・探査機ミッションを捉えたミッションコントロール技術の展開研究
- ・衛星搭載ネットワーク・ソフトウェアアーキテクチャの創生
- ・火星探査航空機の研究開発
- ・将来宇宙輸送システム構築のための飛行実証に向けた要素技術研究・極低温推進薬の長期保存を実現する革新的熱マネジメント技術の開発
- ・長時間飛行用スーパープレッシャー気球の開発と実証
- ・超遠方天体への自律ランデブー・着陸のための誘導航法技術
- ・インフレータブル部材で構成する一時利用構造（TIS）の研究開発
- ・将来深宇宙探査に向けた革新的超小型推進システム技術実証
- ・光学観測高度化に向けた高精度構造・材料システム統合
- ・惑星表面の極限地形へ到達するための小型移動体の技術開発
- ・深宇宙サンプルリターン計画にむけた先進的サンプルリターンカプセル技術に関する研究
- ・展開型柔軟エアロシェル大気圏突入システムの技術実証
- ・合成開口レーダによる超小型衛星太陽系探査ミッションのための形状安定性に優れたCFRP製展開型平面アンテナ
- ・高比推力・高推力を両立する高効率多層ヒータによる電熱型電気推進
- ・電気推進機における昇華性推進剤の検討
- ・月惑星着陸機搭載障害物検出センサの研究開発
- ・超大型軽量膜面展開構造物の実用化技術の研究
- ・極低温における熱制御技術
- ・次世代サンプルリターン探査システムの研究
- ・探査機用機構部品のための樹脂系固体潤滑剤の開発としゅう動部の寿命予測法の構築
- ・3D積層造形を用いた多機能部材の研究開発
- ・小型飛行体の機能向上に関する開発研究
- ・月惑星探査機向け1Way測距装置に関わる研究開発
- ・深宇宙・表面探査用ワンチップ無線機
- ・冷却光学系のアライメント測定法
- ・木星以遠天体の周回探査を実現する深宇宙固体キックモータの研究

実績と効果：外部発表の実績は、学術論文 81 件、国際学会発表 129 件、国内学会発表 312 件、受賞 10 件、招待講演 12 件、特許 3 件、その他（プレスリリース等）15 件。代表的な成果は以下のとおり。

- ① 「デトネーションキックモーター観測ロケット軌道投入実証」WG では、観測ロケット S-520-31 号機によるデトネーションエンジンシステムの宇宙フライトに成功し、回転デトネーションエンジンによって推力 518N、比推力 290 ± 18 秒を達成した。2 重円筒-エアロスパイクノズル-メタン酸素推進剤宇宙作動に世界で初めて成功した。パルスデトネーションエンジン（PDE）をフライト形態でロケット内に搭載し、PDE のプラトー圧力生成に宇宙で成功した。
- ② 「再使用型宇宙輸送システムにおける大気アシスト飛行の実証研究」WG では、宇宙科学研究所の持つエアブリーザー・再使用ロケット技術の中核とする独自の新観測ロケットを提案し、主要 4 課題（①システム研究、②エンジン試作研究、③空力要素研究、④エンジン燃焼試験）を計画通り遂行した。大学主体のエンジン試作研究によって ATRIUM エンジンを完成させ、総合燃焼試験実施まで進捗させた。また、小型 FTB の機体設計と部分試作にも着手した。
- ③ 「トランスフォーマー宇宙機の実現とその応用に関する研究」WG では、トランスフォーマー宇宙機の大きな特徴である軌道統合制御および非ホロミック姿勢制御について、前年度までの成果を展開し、よりミッションの実現性の高いものへと発展させた。サブシステムに関して、保持解放機構を含む構造系の設計と構造特性評価、パネル展開に関する評価や制御則の提案、ヒンジの熱伝達の解析と実験による特性評価、パネル間通信の基礎検証、理学観測機器の BBM による実証を進めた。
- ④ 「フォーメーションフライト（FF）技術の研究」WG では、FF 技術実証計画を策定し、超精密 FF 技術実証衛星 SILVIA の概念検討を行い、2019 年度公募型小型計画に提案し、Pre-Phase A1b への Phaseup が認められた。SILVIA の Pre-phaseA2 への Phaseup を目標に、A/I である衛星開発スキームのトレードオフ、研究スキームの策定、衛星と FF の責任分界点の検討、および CML3、TRL3 達成のため、FF 制御モード、ロケット搭載方式、衛星リソース（質量、電力等）の検討、評価や、ミッション機器ハードウェア BBM 設計・製作・試験・評価等のコスト評価や技術成立性の確認に必要な作業を行った。
- ⑤ 「超遠方天体への自律ランデブー・着陸のための誘導航法技術」の研究では、次の成果を得た。1) オンボード相対画像航法アルゴリズムおよびそれを実現する BBM の完成。2) ISAS 保有技術に基づく深宇宙ランデブー誘導航法の実現性を確認。3) ドッキング機構の試作を含むトレードオフスタディで一定の知見を獲得。4) 深宇宙ランデブー・ドッキングをキーワードとして、軌道間輸送・サンプルリター

ン、超小型深宇宙探査機を繋ぐシナリオを構築。

- ⑥ 「展開型柔軟エアロシェル大気突入システムの技術実証」RG では、展開型柔軟エアロシェルの技術向上のための 2 つ（BEAK、RATS）の技術実証試験を行うことを柱として、研究開発活動をしている。観測ロケット実験データ回収モジュール RATS のフライト試験を実施し、大気圏突入・回収に成功し、展開エアロシェルに関する貴重なフライトデータを取得した。小型惑星着陸機にむけての超小型技術実証衛星 BEAK に関しては、FM ハードウェアは完成し、来年度以降のフライトの準備を整えた。
- ⑦ 「探査機用機構部品のための樹脂系固体潤滑剤の開発としゅう動部の寿命予測法の構築」RG では、次の成果を得た。1) コンタミレスな固体潤滑剤の開発と特性評価として、サンプルに混入しても理学分析の観点では汚染しない物質で構成する潤滑剤、およびそもそも摩耗しにくい潤滑剤の方針で開発を進めた。2) 接触状態推定の高精度化として、ひずみ計測時のノイズ処理等、力学状態予測の高精度化を達成した。3) 真空中でのトライボロジー試験と寿命曲線の策定として、真空中でのトライボロジー試験を実施し、被膜寿命をデータベース化するとともに、寿命予測に必要な寿命曲線を策定した。

2.2 委員会としての活動

目的：宇宙科学プログラムの成果の最大化

2021 年度は、第 10 期宇宙工学委員会として、所内 14 名、所外 15 名（JAXA 職員 1 名を含む）の 29 名に、理学委員長を加えた 30 名の委員が選定された。COVID-19 対応のためにすべてオンライン開催であったが、4 回の工学委員会開催とともに、宇宙理学委員会と合同での理工学合同委員会を合計 4 回開催し、理工合同・連携を踏まえた活動を行った。工学委員会としてはミッションの創出・ミッションの定義・ミッションの実行の各段階における宇宙工学委員会の役割を踏まえ、より多くのミッションの創出につながるための戦略的開発研究費による WG/RG 活動の支援（WG 主査会議の開催、年度末評価に

よる研究成果の評価、ミッション提案にむけた準備進度の確認と WG 活動へのフィードバック、ISAS が実施する各審査への参加）を実践した。

また理工合同委員会では、2020 年度の議論を踏まえ、戦略的中型ミッションコンセプト創出を純粋なボトムアップのみに頼らず戦略的な立案を行なうこと、および公募型小型ミッションの効率的な立ち上げを目指し、ミッション立ち上げ実施方法検討タスクフォースを設置し、公募型小型分科会、戦略的中型分科会による議論を経て提言の答申を行なった。それぞれのミッションへの成果や多様性への期待が大きいこと、ミッション実現のためのコストや体制作りに様々な困難があることを踏まえつつ、提言では公募型小型にも戦略性をもたせつつ多様化への道を拓くこと、戦略的中型ではトップダウンとボトムアップを組み合わせるべく、コミュニティや宇宙研究系と理工学委員会が協力することが盛り込まれた。

宇宙科学研究所の諮問を受け、開発中・運用中のプロジェクト、各種実験の評価や進行中のミッションに関する科学的評価を行なった。また、次世代小天体サンプルリターン WG の設置提案を受け、評価委員による評価および工学委員会での審議を経て、新たな WG として設置された。技術フロントローディング活動を戦略的開発研究費での活動からのステップアップと位置づけ、将来ミッションの実現に向けた技術獲得のための役割分担を明確化した。

2.3 専門委員会の活動

観測ロケット・宇宙環境利用・大気球の各専門委員会は、各インフラを利用した実験の公募審査や研究計画の審議を行った。国際宇宙探査専門委員会は、アルテミス計画における科学についての討議等を進めた。宇宙輸送系専門委員会は、宇宙科学コミュニティが実施する宇宙輸送系に関する研究計画の立案等を行った。宇宙科学の将来フレームワーク検討委員会は、10 年以上先の将来の宇宙科学の進め方、フレームワークの在り方に関して検討等を行った。

注）宇宙輸送系専門委員会以外は理学委員会と共同所管

VIII. 外部資金・共同研究等

1. 概 要

宇宙科学研究所を中心とした宇宙科学コミュニティにおいて、最先端の研究成果が持続的に創出されることを目指し、大学共同利用連携拠点の運営および新規設置並びに相模原キャンパスにおける大学研究者および外国人研究者の受入に係る環境改善等の取り組みを進めている。

大学共同利用連携拠点については、2017年度より北海道大学大学院工学研究院の超小型深宇宙探査機用キックモータ研究開発拠点、千葉工業大学惑星探査研究センター（PERC）の惑星探査基盤技術開発・人材育成拠点、東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構（Kavli IPMU）の硬X線・ガンマ線イメージング連携拠点が、それぞれの成果創出に向けて活動しており、採択時に定めた実施計画に則り順調に研究開発を進めている。北海道大学の開発拠点については今年度にて拠点協定が

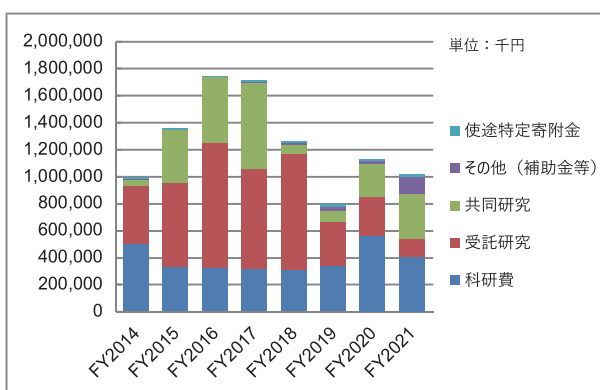
終了を迎えたが、大学からの予算処置、外部資金獲得、ベンチャー企業の立ち上げ等により、拠点事業終了後も様々な形で研究活動を継続することとなった。また大学との協力事業として、過去に大学共同利用連携拠点として連携協力していた名古屋大学地球環境研究所（ISEE）と、太陽圏システム科学のさらなる推進を図る研究拠点（太陽圏サイエンスセンター）の設立に向けた準備を進めている。

一方、分野別の協力として、岩手大学（先端工作技術）、金沢大学（先端工作技術）、会津大学（データ解析）、埼玉大学（X線）、東京大学（赤外線観測）、東京工業大学地球生命研究所（惑星生命探査）、立教大学（人材育成）、岡山大学（キュレーション）の各大学と協定等の下での連携活動を行っている。

2. 外部資金

宇宙科学研究所における外部資金には、科学研究費助成事業（科研費）、受託研究（科学技術振興機構（JST）の競争的資金制度を含む）、民間等との共同研究（共同研究）、使途特定寄付金（寄付金）、その他（補助金等）がある。

2021年度の外部資金の詳細については以下のとおり。



宇宙科学研究所における外部資金獲得状況

a. 科研費による研究

	研究種目	研究課題	所属	研究代表者	2021年度交付額計 (直接+間接) 単位:円
1	新学術領域研究	水惑星学創成に向けた太陽系探索	太陽系科学研究系	白井 寛裕	42,090,000
2	新学術領域研究	氷衛星類似環境に生きる微生物の生命代謝とその制約	学際科学研究系	鈴木 志野	6,500,000
3	学術変革領域研究(A)	X線領域の観測技術の革新によるダークマター探索	宇宙物理学研究系	山崎 典子	50,260,000
4	学術変革領域研究(A)	超秩序構造物質のマクロスケール物性と局所電子状態の計測	学際科学研究系	石川 毅彦	27,560,000
5	学術変革領域研究(A)	超精密定量分析に向けた次世代X線分光検出器の研究	地球外物質研究グループ	林 佑	6,500,000
6	学術変革領域研究(B)	革新的超小型衛星による機動的で高頻度な深宇宙探索領域の開拓	学際科学研究系	船瀬 龍	3,380,000
7	学術変革領域研究(B)	高頻度な深宇宙探索のための準自律的な軌道決定・計画手法に関する研究	宇宙機応用工学研究系	尾崎 直哉	650,000
8	基盤研究(S)	宇宙機用次世代ホールスラスト技術の検証と超高速プラズマジェット生成機構の解明	宇宙飛翔工学研究系	船木 一幸	30,810,000
9	基盤研究(A)	先進技術とエキゾチック原子法の融合による超高感度反粒子宇宙線観測の推進	学際科学研究系	福家 英之	1,040,000
10	基盤研究(A)	実験室宇宙物理の開拓によるIa型超新星残骸研究の革新	宇宙物理学研究系	山口 弘悦	9,490,000
11	基盤研究(A)	革新技術による固体ロケットの高機能化と低コスト化に関する実証的研究	宇宙飛翔工学研究系	森田 泰弘	10,790,000
12	基盤研究(A)	太陽フレア秒角硬X線撮像分光観測で探る宇宙プラズマと宇宙高エネルギー現象の研究	宇宙物理学研究系	渡辺 伸	15,730,000
13	基盤研究(A)	蛍光顕微鏡を用いた宇宙生命体探索法の構築	太陽系科学研究系	塩谷 圭吾	10,270,000
14	基盤研究(A)	ディフューズオーロラ現象が放射線帯高エネルギー電子降下に与える影響の解明	太陽系科学研究系	浅村 和史	12,610,000
15	基盤研究(A)	高精度ゴッサマー宇宙構造物システムの実現に向けた解析・設計理論構築と実験検証	宇宙飛翔工学研究系	宮崎 康行	22,230,000
16	基盤研究(B)	強振動環境下の天体力学の新展開ー超遠方天体への自律ランデブー技術の確立	宇宙飛翔工学研究系	津田 雄一	2,860,000
17	基盤研究(B)	宇宙機搭載用低温作動型推進系統合燃料電池及び水素キャリア新方式の産業応用の研究	宇宙飛翔工学研究系	川口 淳一郎	3,510,000
18	基盤研究(B)	地下圏に生きるCandidate Phyla Radiationの生存戦略に迫る	学際科学研究系	鈴木 志野	2,990,000
19	基盤研究(B)	インフレーション仮説検証に向けた0.1ケルビン冷却と高速スキャン技術の融合	宇宙物理学研究系	小栗 秀悟	2,990,000
20	基盤研究(B)	炭酸塩の揮発性元素同位体分析および化学種解析に基づく火星水環境進化の研究	太陽系科学研究系	白井 寛裕	6,240,000
21	基盤研究(B)	高温酸化物の相転移を利用した繊維強化セラミックス複合材料の繊維コーティングの研究	宇宙飛翔工学研究系	後藤 健	1,560,000
22	基盤研究(B)	超塑性Ti合金への超弾性特性付与による薄板一体型・弾性展開構造の創製	宇宙飛翔工学研究系	佐藤 英一	3,380,000
23	基盤研究(B)	宇宙実験成果に基づく高品質混晶半導体バルク結晶の育成	学際科学研究系	稲富 裕光	5,040,000
24	基盤研究(B)	原始重力波の直接観測に向けた波形干渉を用いたレーザー干渉計の実験実証	宇宙物理学研究系	和泉 究	3,120,000
25	基盤研究(B)	惑星磁気圏 in-situ 多点観測を目指した小型高エネルギー電子分析器の軌道上実証	太陽系科学研究系	篠原 育	2,730,000
26	基盤研究(B)	太陽系外における地球型惑星大気の検出に向けた紫外線観測技術の新展開	太陽系科学研究系	村上 豪	7,280,000
27	基盤研究(B)	高信頼性LSIの開発コスト削減に向けたソフトウェア耐性スクリーニングの実現	宇宙機応用工学研究系	小林 大輔	6,760,000
28	基盤研究(B)	超小型惑星探査機の実現にむけた展開型エアロジェル技術の先進的応用に関する研究	宇宙飛翔工学研究系	山田 和彦	3,250,000

	研究種目	研究課題	所属	研究代表者	2021年度交付額計 (直接+間接) 単位:円
29	基盤研究(B)	軽ガス銃による実飛行等価環境で検証された高精度・高信頼度の輻射加熱予測手法の開発	学際科学研究系	藤田 和央	6,370,000
30	基盤研究(B)	高加熱燃焼場のガス計測と反応解析に基づくハイブリットロケット燃料の高性能化	宇宙飛翔工学研究系	堀 恵一	9,100,000
31	基盤研究(C)	未知の突発的質量放出現象の解明	宇宙物理学研究系	山村 一誠	889,248
32	基盤研究(C)	宇宙マイクロ波背景放射 LiteBIRD 衛星搭載デジタル信号処理器評価システム開発	宇宙物理学研究系	辻本 匡弘	101,862
33	基盤研究(C)	ひさき衛星惑星間空間ヘリウム分布の光学観測による太陽圏と星間ガスに関わる研究	太陽系科学研究系	山崎 敦	683,643
34	基盤研究(C)	静電浮遊法を利用した高温融体の定圧比熱温度依存性の計測	学際科学研究系	石川 毅彦	0
35	基盤研究(C)	核物質の状態方程式解明を目指した中性子星からのスペクトル構造の探索	宇宙物理学研究系	堂谷 忠靖	1,116,413
36	基盤研究(C)	宇宙からの赤外線分光観測におけるスペクトルの高精度化の研究	宇宙科学プログラム ディレクタ付	石原 大助	1,765,930
37	基盤研究(C)	銀河系中心近傍 1pc 内での中間質量ブラックホールの探査	宇宙物理学研究系	坪井 昌人	1,444,160
38	基盤研究(C)	低アルフヴェン・マッハ数の太陽風に対する地球磁気圏・電離圏の応答の研究	GEOTAIL プロジェクトチーム	西野 真木	2,411,284
39	基盤研究(C)	C型小惑星物質試料の分光測定 -地球物質汚染回避環境下での水および有機物の検出-	太陽系科学研究系	安部 正真	2,049,969
40	基盤研究(C)	月南極域における地質解析	月惑星探査データ解析 グループ	佐藤 広幸	2,171,970
41	基盤研究(C)	ドップラーLIDARのためのガイガーモードAPDを用いた高感度検出器の研究	宇宙機応用工学研究系	水野 貴秀	978,727
42	基盤研究(C)	ニューロモーフィックなアプローチが拓く極限探査における着陸航法技術の研究	宇宙機応用工学研究系	福田 盛介	1,837,514
43	基盤研究(C)	筋萎縮を防ぐ冬眠のメカニズムから学ぶ	学際科学研究系	石岡 憲昭	910,000
44	基盤研究(C)	コロナ電波放射から探る銀河中心ブラックホールの系統的研究	宇宙物理学研究系	土居 明広	2,096,349
45	基盤研究(C)	分化小惑星上の水から読み解く太陽系衝突の歴史	大学共同利用実験調整 グループ	長谷川 直	974,170
46	基盤研究(C)	電圧反転とサージ電圧を併用した高性能振動エネルギーハーベスト手法の確立	宇宙飛翔工学研究系	小野田 淳次郎	2,097,980
47	基盤研究(C)	電磁流体制御技術を用いた新しい大気圏突入機の機体制御に関する研究	宇宙飛翔工学研究系	永田 靖典	1,791,390
48	基盤研究(C)	キャビテーション着火仮説の検証	宇宙飛翔工学研究系	小林 弘明	1,554,466
49	基盤研究(C)	結晶方位制御による高性能単結晶形状記憶合金板材の創成	宇宙飛翔工学研究系	戸部 裕史	1,560,000
50	基盤研究(C)	高精度プラズマ観測と革新的解析手法を用いた地球磁気圏ミクロ乱流の発生機構の研究	太陽系科学研究系	長谷川 洋	910,000
51	基盤研究(C)	数 MeV 核ガンマ線のイメージング分光による低エネルギー銀河系内宇宙線の研究	太陽系科学研究系	水村 好貴	1,300,000
52	基盤研究(C)	重力レンズポテンシャル全天地図作成の研究	宇宙物理学研究系	永田 竜	910,000
53	基盤研究(C)	プラズマ降着流からのX線放射を用いた強磁場激変星の質量及び半径の同時決定法の確立	大気球実験グループ	森 英之	650,000
54	基盤研究(C)	活動銀河核ジェットにおける乱流による加速の赤外線による研究	宇宙物理学研究系	磯部 直樹	910,000
55	基盤研究(C)	可視・近赤外宇宙背景放射の起源を探る	宇宙飛翔工学研究系	松本 敏雄	1,430,000
56	基盤研究(C)	再使用型ロケットの垂直着陸における空力特性と運用性の研究	宇宙飛翔工学研究系	野中 聡	780,000
57	基盤研究(C)	境界層の吸込を考慮した、機体適合三次元インテーク形状最適化と全機エネルギー効率改善	宇宙物理学研究系	丸 祐介	650,000
58	挑戦的研究(萌芽)	分光・偏光・撮像の3大観測能力を高いレベルで備えた新しいX線望遠鏡の開発	宇宙物理学研究系	前田 良知	1,700,998

	研究種目	研究課題	所属	研究代表者	2021年度交付額計 (直接+間接) 単位:円
59	挑戦的研究(萌芽)	電気推進ロケットの無限寿命化への挑戦:単結晶材料による無損耗電子源の実験研究	宇宙飛翔工学研究系	船木 一幸	242,598
60	挑戦的研究(萌芽)	空に浮かぶ人工電波源ードローンを用いた原始重力波探索の高精度化	宇宙物理学研究系	小栗 秀悟	3,318,000
61	挑戦的研究(萌芽)	AIを用いた巡回路自律決定式 UAV による地域インフラ監視及び災害情報収集の研究	研究基盤・技術統括付	長谷川 克也	3,770,000
62	若手研究	多様な地球型惑星が持つ衛星系の起源・進化の統一的理解に向けた理論研究	太陽系科学研究系	兵頭 龍樹	780,000
63	若手研究	宇宙用大型膜の初期変形を用いた展開の高信頼性化と展張形状の高剛性化	宇宙飛翔工学研究系	佐藤 泰貴	671,735
64	若手研究	確率微分動的計画法の不確定性モデルの一般化とロバスト軌道設計への応用	宇宙機応用工学研究系	尾崎 直哉	780,000
65	若手研究	リボソーム試験管内再構成系による生合成過程の追究	学際科学研究系	網蔵 和晃	1,820,000
66	若手研究	地面反射光の侵入を抑制する CMB 望遠鏡用リングバッフルの開発研究	宇宙物理学研究系	MATSUDA Frederick Takayuki	2,620,771
67	若手研究	太陽系に寄与した超新星爆発のメカニズムと太陽系重元素の起源に関する研究	地球外物質研究グループ	深井 稜汰	520,001
68	若手研究	小惑星表層熱物性の衝突進化に関する実験的研究	大学共同利用実験調整グループ	寫生 有理	930,414
69	若手研究	地球外物質の微小水和物探索を目指した超精密 X 線分光器 TES カロリメータの開発	地球外物質研究グループ	林 佑	1,040,000
70	若手研究	光化学反応による有機硫黄化合物の分子進化と同位体的進化	太陽系科学研究系	菅原 春菜	1,950,000
71	若手研究	極低温液体中の気泡崩壊が誘発する爆発現象の解明	宇宙飛翔工学研究系	坂本 勇樹	1,820,000
72	若手研究	多孔体核沸騰素過程の理解に基づく超低熱流束ループヒートパイプの創出	宇宙飛翔工学研究系	小田切 公秀	520,025
73	若手研究	分光観測で解き明かす彩層ジェットの環境依存性と生成機構	太陽系科学研究系	鄭 祥子	1,950,000
74	若手研究	太陽系始原的固体物質の酸素同位体進化をもたらした原始太陽系円盤の物理化学条件	地球外物質研究グループ	山本 大貴	1,430,000
75	若手研究	大規模膜面展開構造物上の多点センシングを可能にする宇宙用 RF-SOF の実現	宇宙機応用工学研究系	宇佐美 尚人	1,170,000
76	若手研究	次世代超大型電波干渉計の実現に向けた軽量無線干渉計技術の創出	学際科学研究系	杉原 アフマッド清志	1,170,000
77	若手研究	超大型宇宙薄膜構造物の波動伝播メカニズムの解明と形状制御システムの開発	宇宙飛翔工学研究系	高尾 勇輝	910,000
78	研究活動 スタート支援	プレソーラー粒子の化学反応から制約される原始太陽系円盤の物理化学条件	地球外物質研究グループ	山本 大貴	122,025
79	研究活動 スタート支援	新たな観測的手法・観測機器で迫る宇宙最強の磁石・中性子星	線分光撮像衛星 (XRISM) プロジェクト	米山 友景	1,560,000
80	研究活動 スタート支援	ダストストーム及び大気波動が火星の大気流出へ果たす役割の解明	太陽系科学研究系	益永 圭	1,560,000
81	国際共同研究強化(B)	国際共同による観測ロケット実験を軸とした脈動オーロラ降下電子の研究	太陽系科学研究系	浅村 和史	2,772,956
82	国際共同研究強化(B)	医療・材料から宇宙探査へ: 単発微粒子低速・高速・超高速衝突機構の構築	学際科学研究系	矢野 創	2,918,702
83	国際共同研究強化(B)	超大型太陽望遠鏡 DKIST で迫るプラズマ加熱の新たな物理的描像	太陽系科学研究系	鳥海 森	7,150,000
84	特別研究員奨励費	小天体近傍の軌道ダイナミクスの解明	太陽系科学研究系	藤本 正樹 (LIANG YUYING)	1,050,000
85	特別研究員奨励費	高精度なボイド率測定手法を適用した沸騰水素の熱流動特性の解明	宇宙飛翔工学研究系	坂本 勇樹	1,560,000
86	特別研究員奨励費	超小型衛星を用いた小型宇宙レーザー干渉計による巨視的量子力学理論の高精度検証	宇宙飛翔工学研究系	長野 晃士	1,690,000
87	特別研究員奨励費	変形可能なソーラーセイルによる軌道・姿勢・構造ダイナミクス統合型制御システム	宇宙飛翔工学研究系	高尾 勇輝	1,690,000
88	特別研究員奨励費	光触媒による軌道上汚染処理システムの開発	宇宙物理学研究系	下迫 直樹	1,690,000

	研究種目	研究課題	所属	研究代表者	2021年度交付額計 (直接+間接) 単位:円
89	特別研究員奨励費	界面熱移動現象の動的計測に基づくマルチスケール熱抵抗発現メカニズムの理解	地球外物質研究グループ	石崎 拓也	109,320

(分担者)

	研究種目	研究課題	所属	研究分担者	2021年度交付額計 (直接+間接) 単位:円
90	基盤研究(A)	大型国際 X 線天文衛星計画 Athena の科学成果最大化	宇宙物理学研究系	山口 弘悦 (代表者:松本 浩典)	910,000
91	基盤研究(A)	岩石・氷・ガス惑星の衛星形成の総合的モデル:太陽系、系外惑星系	太陽系科学研究系	兵頭 龍樹 (代表者:井田 茂)	1,040,000
92	基盤研究(C)	日本中の 4 年生が星の観察ができる指導法の開発-星座カメラ i-CAN を活用して-	太陽系科学研究系	佐藤 毅彦 (代表者:石井 雅幸)	654,187
93	学術変革領域研究(A)	超秩序構造科学のプラットフォームの構築による総括と研究支援	学際科学研究系	石川 毅彦 (代表者:林 好一)	520,000
94	基盤研究(A)	可変形状機能を用いた姿勢軌道制御技術の体系化研究による宇宙システムの革新	宇宙飛行工学研究系	宮崎 康行 (代表者:松永 三郎)	650,000
95	基盤研究(A)	可変形状機能を用いた姿勢軌道制御技術の体系化研究による宇宙システムの革新	宇宙飛行工学研究系	森 治 (代表者:松永 三郎)	650,000
96	基盤研究(A)	可変形状機能を用いた姿勢軌道制御技術の体系化研究による宇宙システムの革新	宇宙科学プログラム室	松下 将典 (代表者:松永 三郎)	650,000
97	基盤研究(C)	板状形状記憶合金素子の座屈後特性を用いたパッシブ防振要素の設計基盤技術の構築	宇宙飛行工学研究系	戸部 裕史 (代表者:長 弘基)	130,000
98	新学術領域研究	負ミュオンビームによる原子分子物理の精密検証と宇宙物理観測への展開	宇宙物理学研究系	渡辺 伸 (代表者:東 俊行)	5,200,000
99	国際共同研究強化(B)	日仏国際共同融合研究による火星衛星の起源と形成過程の解明	太陽系科学研究系	白井 寛裕 (代表者:玄田 英典)	390,000
100	国際共同研究強化(B)	日仏国際共同融合研究による火星衛星の起源と形成過程の解明	太陽系科学研究系	兵頭 龍樹 (代表者:玄田 英典)	390,000
101	基盤研究(A)	火星衛星の形成過程を解明する	太陽系科学研究系	兵頭 龍樹 (代表者:玄田 英典)	845,000
102	基盤研究(C)	微小重力実験による小天体レゴリス上のクレータースケール則の構築	大学共同利用実験調整グループ	長谷川 直 (代表者:中村 昭子)	150,000
103	基盤研究(C)	膜面-ケーブル複合構造物を対象とした IGA/FEM ハイブリッド解析法の開発	学際科学研究系	齋藤 芳隆 (代表者:中篠 恭一)	2,830,000
104	挑戦的研究(萌芽)	表面張力勾配により自己駆動する液滴を利用した宇宙居住用水浄化装置の開発	学際科学研究系	稲富 裕光 (代表者:岡野 泰則)	1,180,586
105	挑戦的研究(萌芽)	軌道力学の離散系から連続系への展開と宇宙柔軟構造物の運動解明	宇宙飛行工学研究系	佐藤 泰貴 (代表者:稲守 孝哉)	500,000
106	挑戦的研究(萌芽)	X 線干渉計に向け超伝導遷移型カロリメータを応用する高位置精度 X 線検出器の開発	地球外物質研究グループ	林 佑 (代表者:野田 博文)	115,000
107	基盤研究(B)	南極域における先進的気球・レーダー観測を用いた大気重力波の三次元特性の解明	学際科学研究系	齋藤 芳隆 (代表者:富川 喜弘)	10,790,000
108	基盤研究(S)	気球太陽望遠鏡による精密偏光観測:恒星大気における磁気エネルギー変換の現場に迫る	太陽系科学研究系	清水 敏文 (代表者:勝川 行雄)	1,560,000
109	基盤研究(B)	TES 型マイクロカロリメータを用いた太陽アクション探索	宇宙物理学研究系	山崎 典子 (代表者:満田 和久)	2,210,000
110	基盤研究(A)	活動銀河核構造の全波長域新パラダイムの確立	宇宙物理学研究系	中川 貴雄 (代表者:和田 桂一)	325,000
111	学術変革領域研究(B)	長期の深宇宙ミッション遂行能力を有する超小型探査機システムの研究	学際科学研究系	中島 晋太郎 (代表者:船瀬 龍)	8,086,000
112	基盤研究(A)	氷天体探査のための次世代理学測器の基礎開発	太陽系科学研究系	齋藤 義文 (代表者:杉田 精司)	130,000
113	基盤研究(A)	氷天体探査のための次世代理学測器の基礎開発	太陽系科学研究系	塩谷 圭吾 (代表者:杉田 精司)	130,000
114	基盤研究(B)	衝突残留磁化を用いて探る惑星磁場の初期進化史	大学共同利用実験調整グループ	長谷川 直 (代表者:佐藤 雅彦)	130,000
115	新学術領域研究	ニュートリノ質量和測定・TeV を超える物理の探索を実現する次世代 CMB 観測	宇宙物理学研究系	小栗 秀悟 (代表者:日下 暁人)	390,000

	研究種目	研究課題	所属	研究分担者	2021年度交付額計 (直接+間接) 単位:円
116	基盤研究(A)	宇宙探査における生命維持のための CO ₂ からの O ₂ 回収: 燃料電池システムの適用	宇宙機応用工学研究系	曾根 理嗣 (代表者: 梅田 実)	1,560,000
117	基盤研究(B)	あらせ衛星-地上連携観測とレイトレーシングを用いた熱的プラズマの特性解析	太陽系科学研究系	浅村 和史 (代表者: 笠原 禎也)	585,000
118	基盤研究(S)	宇宙プラズマ中の電磁サイクロトロン波による電子加速散乱機構の実証的研究	太陽系科学研究系	篠原 育 (代表者: 大村 善治)	3,380,000
119	基盤研究(B)	火星表層環境に影響を及ぼした「窒素の循環と進化」の実証的研究	太陽系科学研究系	菅原 春菜 (代表者: 小池 みずほ)	650,000
120	基盤研究(B)	火星表層環境に影響を及ぼした「窒素の循環と進化」の実証的研究	太陽系科学研究系	白井 寛裕 (代表者: 小池 みずほ)	650,000
121	基盤研究(B)	化学物質の空間分布情報をセンシングする光ファイバシステムの構築	宇宙飛翔工学研究系	丸 祐介 (代表者: 岡崎 慎司)	390,000
122	基盤研究(B)	惑星探査機搭載望遠鏡を用いた深宇宙における光赤外線天文学の創成	太陽系科学研究系	岩田 隆浩 (代表者: 佐野 圭)	65,000
123	基盤研究(B)	惑星探査機搭載望遠鏡を用いた深宇宙における光赤外線天文学の創成	宇宙物理学研究系	和田 武彦 (代表者: 佐野 圭)	130,000
124	基盤研究(B)	氷天体の表層・内部進化の解明に向けた長期プラズマ宇宙風化の再現	SLIM プロジェクトチーム	仲内 悠祐 (代表者: 木村 智樹)	390,000
125	基盤研究(A)	次世代半導体コンプトンカメラで革新する MeV ガンマ線宇宙・素粒子・原子物理学	宇宙物理学研究系	渡辺 伸 (代表者: 高橋 忠幸)	910,000
126	新学術領域研究	宇宙観測検出器と量子ビームの出会い。新たな応用への架け橋。	宇宙物理学研究系	渡辺 伸 (代表者: 高橋 忠幸)	390,000
127	基盤研究(B)	専用装置による小天体衝突過程重力依存性の実証的研究	大学共同利用実験調整グループ	木内 真人 (代表者: 中村 昭子)	65,000
128	基盤研究(A)	衝突破壊の超高速 X 線トモグラフィーによる小惑星族の多様性に関する研究	大学共同利用実験調整グループ	長谷川 直 (代表者: 荒川 政彦)	130,000
129	基盤研究(A)	地球と宇宙の時空計測の地平を拓く超広帯域大気スペクトル計測システムの開発	宇宙機応用工学研究系	竹内 央 (代表者: 氏原 秀樹)	351,000
130	基盤研究(S)	宇宙プラズマ中の電磁サイクロトロン波による電子加速散乱機構の実証的研究	太陽系科学研究系	齋藤 義文 (代表者: 大村 善治)	1,950,000
131	基盤研究(B)	専用装置による小天体衝突過程重力依存性の実証的研究	大学共同利用実験調整グループ	長谷川 直 (代表者: 中村 昭子)	13,000
132	基盤研究(A)	放射線シミュレータの新展開	太陽系科学研究系	尾崎 正伸 (代表者: 佐々木 節)	260,000
133	基盤研究(S)	史上最大の CMB 望遠鏡群で観るビッグバン宇宙の種火とニュートリノ質量の絶対値	宇宙物理学研究系	MATSUDA Fredrick Takayuki (代表者: 田島 治)	260,000
134	基盤研究(A)	大型国際 X 線天文衛星計画 Athena の科学成果最大化	宇宙物理学研究系	前田 良知 (代表者: 松本 浩典)	3,900,000
135	基盤研究(B)	液体水素強制対流冷却 CICC 超電導マグネットの開発	宇宙飛翔工学研究系	小林 弘明 (代表者: 白井 康之)	1,040,000
136	基盤研究(B)	衛星多点観測とシミュレーションに基づくジオスペース酸素イオンの輸送と分布の解明	太陽系科学研究系	浅村 和史 (代表者: 能勢 正仁)	195,000
137	特別推進研究	自律圧縮型デトネーション推進機の物理解明: 高次統合化観測ロケット宇宙飛行実証展開	宇宙飛翔工学研究系	船木 一幸 (代表者: 笠原 次郎)	10,400,000
138	特別推進研究	自律圧縮型デトネーション推進機の物理解明: 高次統合化観測ロケット宇宙飛行実証展開	宇宙飛翔工学研究系	羽生 宏人 (代表者: 笠原 次郎)	6,500,000
139	基盤研究(A)	恒星対流層から惑星間空間までを包括した太陽面爆発現象の理解と先進予測の実現	太陽系科学研究系	鳥海 森 (代表者: 草野 完也)	390,000
140	基盤研究(B)	世界初の宇宙遠赤外線干渉計による観測の実現に向けて	宇宙物理学研究系	和田 武彦 (代表者: 金田 英宏)	520,000
141	基盤研究(B)	あらゆる方策を一つの機構で表現する衝撃応答制御機構と天体着陸探査への応用	宇宙機応用工学研究系	大槻 真嗣 (代表者: 原 進)	65,000
142	基盤研究(A)	情報学を融合した移動速度論に基づく半導体バルク結晶成長技術の革新	学際科学研究系	稲富 裕光 (代表者: 岡野 泰則)	975,000
143	新学術領域研究	水惑星学の創成	太陽系科学研究系	白井 寛裕 (代表者: 関根 康人)	1,300,000
144	基盤研究(A)	地下凍土融解地域の地質・微生物調査及び機械学習に基づく火星水環境の理解	太陽系科学研究系	庄司 大悟 (代表者: 関根 康人)	1,040,000

	研究種目	研究課題	所属	研究分担者	2021年度交付額計 (直接+間接) 単位:円
145	基盤研究(B)	宇宙・地上望遠鏡・探査機・及びモデルを融合させた木星磁気圏の粒子加速に関する研究	太陽系科学研究系	山崎 敦 (代表者:吉岡 和夫)	650,000
146	国際共同研究強化(B)	木星氷衛星と宇宙プラズマとの相互作用:氷衛星本格探査の国際協力に向けた布石	太陽系科学研究系	村上 豪 (代表者:土屋 史紀)	910,000
147	基盤研究(A)	欧米探査機との協働で追う火星大気環境の変動と進化	太陽系科学研究系	青木 翔平 (代表者:笠羽 康正)	130,000
148	基盤研究(B)	地下圏における炭素循環:微生物によるリグニン様物質からのメタン生成プロセスの解明	学際科学研究系	鈴木 志野 (代表者:石井 俊一)	1,040,000
149	挑戦的研究(開拓)	地球最古の地下水圏環境に生息する微生物群のゲノム進化と存続メカニズムの解明	学際科学研究系	鈴木 志野 (代表者:稲垣 史生)	1,560,000
150	特別推進研究	X線で挑む地球磁気圏のグローバル撮像	学際科学研究系	船瀬 龍 (代表者:江副 祐一郎)	39,845,000
151	国際共同研究強化(B)	電磁力ヒートシールドの確立とスノーライン以遠深宇宙探査機への展開	宇宙飛翔工学研究系	永田 靖典 (代表者:嶋村 耕平)	910,000
152	国際共同研究強化(B)	電磁力ヒートシールドの確立とスノーライン以遠深宇宙探査機への展開	宇宙飛翔工学研究系	山田 和彦 (代表者:嶋村 耕平)	130,000
153	国際共同研究強化(B)	小惑星リュウグウ試料の多元素同位体分析:C型小惑星の起源と形成史の解明	地球外物質研究グループ	深井 稜汰 (代表者:横山 哲也)	65,000

b. 受託研究

	研究課題	委託者	研究代表者	契約額(円)
1	宇宙における生命深装置の比較検討	大学共同利用機関法人自然科学研究機構	塩谷 圭吾	1,700,000
2	CMC 部材の性能劣化の予測と危険性判定	(国研) 科学技術振興機構	佐藤 英一	4,600,000
3	発送電一体型パネルの開発及び送電部の高効率化に係る研究開発	(一財) 宇宙システム開発利用推進機構	田中 孝治	15,000,000
4	先進的複合材料の因子分類による疲労負荷時の複合劣化機構の解明と寿命予測	(国研) 科学技術振興機構	後藤 健	7,800,000
5	航空機フライト試験を代替する近未来型設計技術の先導的実証研究	国立大学法人東北大学	高木 亮治	2,200,000
6	微生物変成実験とバイオマーカー分析から目指す火星生命痕跡の検出	(国研) 科学技術振興機構	菅原 春菜	16,900,000
7	小型衛星搭載合成開口レーダーのサブメートル級高分解能化についての研究	総務省 関東総合通信局	田中 孝治	8,840,000
8	宇宙用硫化物系固体潤滑剤による界面制御技術を応用した全固体電池の開発	(国研) 科学技術振興機構	曾根 理嗣	2,340,000
9	酸素水素燃焼タービン発電の共通基盤技術の研究開発	(国研) 新エネルギー・産業技術総合開発機構	小林 弘明	29,305,100
10	月軌道ゲートウェイを利用した超小型深宇宙探査機のミッション設計プラットフォーム確立に関する研究	(国研) 科学技術振興機構	尾崎 直哉	2,129,000
11	超還元環境ゲノムの代謝・遺伝機能再現から紐解く初期生命進化	(国研) 科学技術振興機構	鈴木 志野	20,150,000
12	多細胞性シアノバクテリアの細胞分化調節物質の探索	(国研) 科学技術振興機構	木村 駿太	2,600,000
13	月面におけるエネルギー関連技術開発(電力関係の技術課題整理)」に係る全体システム検討及び月周辺軌道太陽光発電システム調査・検討支援	(一財) 宇宙システム開発利用推進機構	田中 孝治	7,000,000
14	ロケットに関する知見と CSR-1 開発に関する技術的助言の提供	キャノン電子(株)	羽生 宏人	613,902

c. 民間等との共同研究

	研究課題	民間等	研究代表者	契約額(円)
1	航空エンジンファン最適設計の計算時間短縮に向けた最適化手法の研究	(株) IHI	大山 聖	1,000,000

	研究課題	民間等	研究代表者	契約額 (円)
2	蓄電セルの電圧均等化が施された電源装置の研究	日本蓄電器工業 (株) 国立大学法人茨城大学	豊田 裕之	330,000
3	高速気流中に置かれた障害物と境界層の干渉効果と空力音発生に関する研究 その16	東海旅客鉄道 (株) 学校法人東京理科大学	大山 聖	4,380,000
4	ターボ機械翼設計への多目的最適化手法適用に関する研究	(株) IHI	大山 聖	1,000,000
5	新規エアロゾル消化薬剤の研究	ヤマトプロテック (株)	堀 恵一	1,000,000
6	自然地形走行車両の経路計画に関する研究	日本電気 (株)	久保田 孝	1,000,000
7	流体解析シミュレーション高速化技術	(株) 富士通研究所	大山 聖	3,300,000
8	宇宙用弾性変形メタルシールの研究開発	TOKi エンジニアリング (株)	小林 弘明	1,000,000
9	液化水素昇圧ポンプの技術開発	(株) 荏原製作所	小林 弘明	4,390,522
10	液化水素緊急離脱機構・船陸間接続継手の開発	東京貿易エンジニアリング (株)	小林 弘明	27,404,875
11	低温水素ガス圧縮機の開発	(株) IHI 回転機械エンジニアリング	小林 弘明	35,252,262
12	小型 SAR 衛星の大電力化を目指した搭載機器開発と軌道上実証	(株) Synspective	田中 孝治	2,000,000
13	超高压水素インフラ本格普及技術研究開発事業／国内規制適正化に関わる技術開発／本格普及期に向けた水素ステーションの安全性に関わる研究開発	(一財) 石油エネルギー技術センター	小林 弘明	77,679,800
14	液体水素用大型バルブの研究開発	(株) キッツ	小林 弘明	18,160,741
15	ラマン分光法による水素物性計測技術の開発 (その2)	European Spallation Source (ESS)	小林 弘明	2,178,000
16	液体水素用大口径バタフライバルブの技術開発	(株) 中北製作所	小林 弘明	19,898,065
17	液体水素貯槽用防液堤および冷熱抵抗緩和材に関する研究開発	(株) 大林組 積水ソフランウイズ (株)	小林 弘明	1,000,000
18	月面ローバーによる科学探査の研究	(株) ダイモン	春山 純一	600,000
19	マイクロ波多重読出回路を用いた X 線超伝導転移端大規模アレイ検出器の開発	(国研) 産業技術総合研究所, 東京都立大学, 立教大学, 埼玉大学	山崎 典子	無償
20	液化ガス熱交換型および自己分解型、低コスト高性能推進機の研究	(合) バッチドコニックス	堀 恵一	無償
21	高エネルギー物質合成に係るマイクロリアクタの研究	細谷火工 (株)	羽生 宏人	無償
22	「あかり」北黄極大規模サーベイに関する共同研究	(一財) 日本宇宙フォーラム	松原 英雄	無償
23	固体推進薬燃焼表面の3次元モデルによる可視化	(学) 千葉工業大学	長谷川 克也	無償
24	3次元形状地形図の差分解析からの異常検出の研究	早稲田大学 明海大学	長谷川 克也	無償
25	グリシジルアジドポリマー燃料による高エネルギーで高性能な小型推進系の研究開発	日油 (株) (学) 千葉工業大学	長谷川 克也	無償
26	再使用ロケット技術実証エンジンを使用した再使用ロケット実験機の研究	三菱重工業 (株)	野中 聡	無償
27	小型飛翔体の機能向上に向けた空力制御技術に関する共同研究	キャノン電子 (株)	野中 聡	無償
28	燃焼実験トレンチ用耐熱材料の研究	JFE エンジニアリング	野中 聡	無償
29	静止衛星搭載用宇宙放射線監視センサ開発	(国研) 情報通信研究機構	三谷 烈史	無償
30	はやぶさ2グローバルマッピング手法とその評価	(国研) 産業技術総合研究所	尾川 順子	無償

	研究課題	民間等	研究代表者	契約額（円）
31	形状記憶合金方式振動アイソレーターの広帯域特性評価の研究	(株) ウェルリサーチ	中川 貴雄	無償
32	半永久電源の研究	(国研) 日本原子力研究開発機構 (国研) 産業技術総合研究所	曾根 理嗣	無償
33	地球外物質の超精密分光を目指した STEM-TES-EDS の研究	(国研) 物質・材料研究機構	林 佑	無償
34	耐放射線 CMOS 撮像デバイスの特性評価	マッハコーポレーション (株)	福田 盛介	無償
35	3次元カーボン・カーボン複合材料の製造手法に関する研究	キヤノン電子 (株)	後藤 健	無償
36	繊維強化セラミックス複合材料に関する信頼性の評価基礎技術およびその手法の研究	クアーズテック (株)	後藤 健	無償
37	深宇宙探査用サンプルリターンカプセルのヒートシールド材料の研究	川崎重工 (株)	山田 和彦	無償
38	ナノアーキア株の翻訳システムの解明	理化学研究所バイオリソース 研究センター	鈴木 志野	無償
39	シアノバクテリアの陸地での生存に関わる情報取得を目指した生化学研究	協和発酵バイオ (株)	木村 駿太	無償
40	微細マグナリウム-硝酸アンモニウム燃焼性向上に関する研究	国立大学法人横浜国立大学 (公社) 日本煙火協会	堀 恵一	無償
41	竹を原料とするセルロースナノファイバー材のアウトガス特性	国立大学法人大分大学	堂谷 忠靖	無償
42	超小型衛星編隊飛行に関する軌道制御技術の研究	(株) スペースエンターテインメント	津田 雄一	無償
43	宇宙機搭載用超高感度熱赤外線イメージセンサの開発	TDK (株)	岡田 達明	無償
44	新規カーボンナノ材料（カーボンナノウォール）の宇宙用電子源応用検討	名古屋大学 低温プラズマ科学 研究センター	今井 駿	無償
45	サバチエ反応-水電解一体化デバイスの地球内適用（社会実装）に向けた基礎検討	東京瓦斯 (株)	曾根 理嗣	無償
46	超遠距離アマチュア無線通信実験	和歌山大学	橋本 樹明	無償
47	硫化物全固体リチウムイオン電池開発	(国研) 産業技術総合研究所	曾根 理嗣	無償
48	超高速衝突電離試料についての研究	(国研) 産業技術総合研究所 長岡技術科学大学	矢野 創	無償
49	新規宇宙用酸素製造技術の最適化	三菱重工 (株) 国立大学法人九州大学	曾根 理嗣	無償
50	DESTINY+による小惑星フライバイ観測のための追尾観測制御システムに関する研究	国立大学法人 東京大学	高島 健	有償（支出）
51	DESTINY+搭載観測機器 小惑星追尾望遠モノクロカメラ (TCAP) /マルチバンドカメラ (MCAP) 開発の推進	(学) 千葉工業大学	高島 健	有償（支出）
52	DESTINY+搭載観測機器 ダスタアナライザー (DDA) 機器の開発の推進	(学) 千葉工業大学	高島 健	有償（支出）
53	レーザ点火系の開発研究	(株) IHI エアロスペース	徳留 真一郎	有償（支出）
54	再使用ロケット用 ATR エンジンの研究開発	(株) エイ・エス・アイ総研	小林 弘明	有償（支出）
55	Roman 宇宙望遠鏡のための偏光観測素子開発	国立大学法人 東京大学大学院 理学系研究科	山田 亨	有償（支出）
56	高精度 DEM の作成技術の開発	国立大学法人 東京大学	佐藤 広幸	有償（支出）
57	月惑星探査データの解析技術開発	公立大学法人 会津大学	佐藤 広幸	有償（支出）
58	木星氷衛星探査衛星 JUICE 搭載電波・プラズマ波動観測装置 RPWI の開発（その3）	国立大学法人 東北大学	齋藤 義文	有償（支出）
59	SLS EM-1 相乗超小型探査機の設計・製作・運用についての共同研究	国立大学法人 東京大学	橋本 樹明	有償（支出）
60	極低温継手の研究	国立大学法人 岩手大学	小林 弘明	有償（支出）

	研究課題	民間等	研究代表者	契約額 (円)
61	LiteBIRD 衛星搭載低周波望遠鏡の極低温試験検討	大学共同利用法人 高エネルギー加速器研究機構	堂谷 忠靖	有償 (支出)
62	MMX サンプリング装置開発に伴う汚染評価の研究	国立大学法人 東京工業大学	安部 正真	有償 (支出)
63	可逆展開ラジエーター (RTP) 開発の推進	国立大学法人 名古屋大学	小川 博之	有償 (支出)

d. 使途特定寄附金

	寄附金の名称	寄附者	研究代表者	金額 (円)
1	月探査に貢献する革新的高温形状記憶合金の創製	(公財) 池谷科学技術振興財団	戸部 裕史	1,200,000
2	チタン基合金の集合組織制御による超弾性特性改善 (21)	(公財) 軽金属奨学会	戸部 裕史	150,000
3	窒化珪素セラミックス・チタンの異材ロウ付け接合	(公財) 軽金属奨学会	佐藤 英一	250,000
4	チタン／セラミックス異材接合の低残留応力・高信頼性化を実現する低温液相拡散接合法の開発	(一社) 日本チタン協会	戸部 裕史	400,000
5	原始背景重力波の直接探査に向けた開発研究	和泉 究 (2020 年度岩垂奨学会賞受賞)	和泉 究	1,000,000
6	車両形状最適設計解析による空気抵抗低減に関する研究	東海旅客鉄道 (株)	大山 聖	1,000,000
7	熱制御デバイス用 Cu 系形状記憶合金板の曲げ変形挙動解明	(一社) 日本伸銅協会日本銅学会	戸部 裕史	250,000
8	惑星保護方針を満たす宇宙農業を目指した陸棲シアノバクテリアの生活環の人為的な制御研究	木村 駿太 (2021 年度日本農芸化学会 第 1 回農芸化学研究企画賞新企画賞受賞)	木村 駿太	200,000
9	はやぶさ 2 の事業	個人	はやぶさ 2 プロジェクト	9,869,135
10	複合材料の力学特性評価	クアーズテック (株)	後藤 健	600,000

3. 各種共同研究等

a. 大学共同利用設備を用いた大学共同利用実験

(1) スペースチェンバー実験施設を用いた大学共同利用実験

	所属	研究代表者	研究課題
大型スペースチェンバー（スペースサイエンスチェンバー）			
1	研究開発本部/JAXA	小澤 宇志	MMX-SRC サブシステム分離スプリング真空動作確認試験
2	筑波大学	横田 茂	アルゴン推進剤を用いたホールスラストの最適化
3	研究開発部門第二ユニット/JAXA	渡邊 祐樹	ホールスラストの放電特性に対するカソード位置の影響評価
4	九州工業大学	趙 孟佑	超小型衛星搭載用ラングミュアプローブの開発
5	岐阜大学	宮坂 武志	ホールスラストの多次元ブルーム特性診断
6	九州大学	山本 直嗣	電気推進機における中和現象の解明
7	研究開発部門第一ユニット/JAXA	中村 徹哉	プラズマ環境における薄膜3 接合太陽電池の帯放電試験
8	中京大学	村中 崇信	軌道上で観測された小惑星探査機「はやぶさ2」におけるイオンスラスト作動に伴う表面材料損耗現象の解明
9	奈良工業高等専門学校	芦原 佑樹	観測ロケット PI 機器内製を通した宇宙機器エンジニアリングスキル養成
10	宇宙科学研究所/JAXA	阿部 琢美	電離圏イオンドリフト速度測定器の開発
11	宇宙科学研究所/JAXA	阿部 琢美	超高層大気測定用真空計の開発
12	東北大学	熊本 篤志	S-520-32 搭載用インピーダンスプローブのプラズマ計測試験
13	宇宙科学研究所/JAXA	船木 一幸	高電圧ホールスラストコンセプトの検証と特性評価
中型・小型スペースチェンバー・大口径紫外線光源つきチェンバー			
14	東北大学	坂野井 健	LAMP ロケット搭載用カメラ真空試験
15	研究開発部門第二ユニット/JAXA	丸 祐介	SLIM 衝撃吸収材電子線照射試験
16	京都大学	小嶋 浩嗣	軽量電解センサ用材料の帯電試験

(2) 超高速衝突実験施設を用いた大学共同利用実験

	所属	研究代表者	研究課題
1	東北大学	楨原 幹十朗	デブリ除去のための伝導性テザーの構造形態に関する実験的研究
2	安全・信頼性推進部/JAXA	仁田 工美	宇宙機加圧タンクのデブリに対する破砕限界及び防護に関する研究
3	研究開発部門/JAXA	木本 雄吾	耐原子状酸素性ポリイミドフィルムの自己修復機能
4	研究開発部門/JAXA	中村 徹也	次世代宇宙用太陽電池への MMOD 衝突の影響評価
5	研究開発部門/JAXA	松本 晴久	ODM MAC 搭載デブリモニタ SDM の開発・校正試験
6	千葉大学	田端 誠	超高速微粒子衝突捕獲による超低密度二層型シリカエアロゲルの応答
7	千葉工業大学	黒澤 耕介	粉体衝突実験による衝突雷発生の実証

8	千葉工業大学	小林 正規	ポリイミド膜と圧電素子を利用した大面積ダストセンサーの高機能化
9	千葉工業大学	平井 隆之	木星トロヤ群探査ソーラー電力セル OKEANOS 搭載用ダスト計測器 ALADDIN2 の開発較正・実験
10	千葉工業大学	和田 浩二	粉体流中のダストアグリゲイト成長実験
11	日本大学	阿部 新助	月面衝突閃光現象の解明
12	東京大学	佐藤 雅彦	衝突残留磁化の残留磁化構造に関する研究
13	東洋大学	鈴木 絢子	水平方向に強度不均一性のある標的における衝突クレーター形成
14	防衛大学校	川合 伸明	応力波伝播条件の制御による超高速衝突損傷の制御・抑制
15	宇宙科学研究所/JAXA	木内 真人	微小重力下での衝突クレーター形成実験
16	宇宙科学研究所/JAXA	寫生 有理	衝突による高空隙率粗粒標的の熱物性変化に関する実験的研究
17	名古屋工業大学	西田 政弘	超高速衝突時に生成されるイジェクタが少ない軽金属複合材料の開発
18	神戸大学	荒川 政彦	超高速 X 線トモグラフィーによる衝突破片速度の計測
19	神戸大学	中村 昭子	二次標的を用いた高速度エジェクタの観察
20	神戸大学	保井 みなみ	小惑星 Ryugu 上のクレーター形成と消失メカニズムの解明
21	近畿大学	道上 達広	炭素質隕石に対する衝突実験と小惑星リュウグウ粒子
22	産業医科大学	門野 敏彦	衝突によって放出される粉体のパターンとクレーターレイ

(3) 宇宙放射線装置を用いた大学共同利用実験

	所属	研究代表者	研究課題
1	神戸大学	中村 昭子	彗星や含水小惑星の高速度衝突による水の供給に関する実験的研究
2	愛媛大学	栗木 久光	非球面 X 線望遠鏡用基板の表面平滑化技術の確立
3	関西学院大学	松浦 周二	ロケット実験 CIBER-2 の感度較正に用いる標準システムの較正
4	青山学院大学	坂本 貴紀	速報実証衛星 ARICA フライトモデルの熱真空試験
5	青山学院大学	坂本 貴紀	ロブスターアイ光学系の X 線基礎特性の測定
6	九州工業大学	佐野 圭	可視光赤外線における宇宙観測用望遠鏡のコート方法の探求
7	国立極地研究所	海田 博司	月および近地球小惑星表面における宇宙風化作用の解明
8	青山学院大学	杉田 聡司	全天 X 線モニタ用光学系の開発
9	名古屋大学	國生 拓摩	「あかり」で見つけたデブリ円盤候補天体の近赤外線フォローアップ観測
10	名古屋大学	松尾 太郎	気球搭載遠赤外線干渉計の熱真空試験と遠赤外線検出器の開発
11	名古屋大学	三石 郁之	X 線望遠鏡の軟 X 線照射試験
12	中央大学	坪井 陽子	湾曲 Si 結晶を用いた X 線偏光計の開発

(4) 高速気流総合実験設備（遷音速風洞・超音速風洞）を用いた大学共同利用実験

	所属	研究代表者	研究課題
1	宇宙科学研究所/JAXA	野中 聡	再使用ロケット実験機の空力特性研究
2	九州工業大学	平木 講儒	大気突入物体の姿勢運動評価の研究
3	東京理科大学	藤川 貴弘	サブオービタル有翼ロケットの高迎角空力特性の研究
4	龍谷大学	大津 広敬	双曲線形状再突入カプセルの空力特性に関する基礎研究
5	静岡大学	吹場 活佳	リングを用いた超音速パラシュートの衝撃波振動の抑制
6	早稲田大学	佐藤 哲也	極超音速統合制御実験機用エンジンにおける超音速空力性能の調査
7	航空技術部門/JAXA	小島 孝之	極超音速インテークの性能改善
8	東京理科大学	藤川 貴弘	スペースプレーン最適形状の空力特性評価
9	東海大学	水書 稔治	前向き空洞前面での衝撃波振動遷移の可視化計測
10	東海大学	山田 剛治	遷音速領域における惑星探査カプセル背面流れに関する研究
11	横浜国立大学	北村 圭一	非対称突起に配置された複数突起を有する細長物体の遷音速空力特性
12	千葉大学	太田 匡則	飛翔体模型近傍領域の高精度密度計測
13	信州大学	中山 昇	ハイブリッドロケットの空力特性に関する研究
14	東北大学	永井 大樹	次世代再突入カプセル型物体の動的不安定現象に関する研究
15	宇宙科学研究所/JAXA	野中 聡	小型飛翔体の機能向上に向けた空力特性の研究
16	北海道大学	高橋 祐介	柔軟エアロシェルの亜音速・遷音速空力特性とCFD検証データの取得
17	龍谷大学	大津 広敬	空気力を効率良く利用できるインフレータブル構造再突入飛行体形状の検討
18	室蘭工業大学	溝端 一秀	舵面とエンジンを有する小型超音速飛行実験機の空力特性の計測
19	宇宙科学研究所/JAXA	山田 和彦	将来の深宇宙サンプルリターン計画用サンプルリターンカプセルの空力試験
20	宇宙科学研究所/JAXA	丸 祐介	境界層吸い込みを考慮した機体適合三次元インテークの特性評価（その1）
21	鳥取大学	酒井 武治	高温高速気流でのせん断力計測に向けた実験系の構築
22	東北大学	野々村 拓	スティングを含むベース流れの非定常ダイナミクス計測
23	九州工業大学	平木 講儒	非定常衝撃波に関する研究

(5) 惑星大気突入環境模擬装置（アーク加熱風洞）を用いた大学共同利用実験

	所属	代表研究者	研究課題
1	日本大学	奥山 圭一	炭素繊維強化熱可塑樹脂複合材を用いた超軽量宇宙機構造
2	九州大学	木原 尚	静電探針を用いたアーク加熱気流の電子密度計測と電子密度低減
3	東海大学	山田 剛治	分光計測による極超音速プラズマ流と耐熱材料における表面相互作用の解明
4	北海道大学	高橋 裕介	1 MW アーク加熱気流の電磁波伝播評価と一様流諸量推定
5	東京農工大学	小笠原 俊夫	低放射率を有する耐熱材料を適用したTPSの内部断熱に関する研究

	所属	代表研究者	研究課題
6	東京理科大学	井上 遼	炭素繊維強化超高温セラミックス複合材料の損耗挙動評価
7	鳥取大学	酒井 武治	熱防衛システムモニタリング手法の高度化に関する研究
8	鳥取大学	葛山 浩	電磁力による衝撃層拡大効果を用いたエンタルピー計測法の開発
9	宇宙科学研究所/JAXA	山田 和彦	次期サンプリリターンカプセル用のアブレータ材料の耐熱性能評価試験
10	東京理科大学	向後 保雄	カーボンモノノス基アブレータの開発と性能評価
11	宇宙科学研究所/JAXA	鈴木 俊之	傾斜機能型アブレータの耐熱性能確認試験
12	研究開発部門/JAXA	飯塚 宣行	次世代輸送系技術の研究

(6) JAXA スーパーコンピュータを用いた共同利用研究

	所属	研究代表者	研究課題
1	九州工業大学	坪井 伸幸	ロケットエンジンおよび超音速飛翔体用エンジンに関する燃焼流体の研究
2	大阪大学	後藤 晋	発達した乱流の大規模数値シミュレーション研究
3	横浜国立大学	北村 圭一	再使用型細長物体の空力特性についての数値解析
4	愛媛大学	松浦 一雄	圧縮性境界層における層流—乱流遷移後期過程の非線形渦動力学の解明
5	東北大学	大西 直文	プラズマアクチュエータを用いた気流制御に関する放電・流れの3次元連成数値解析
6	東北大学	高橋 聖幸	ビーム推進機の飛行性能改善に向けた電離構造及び衝撃波伝搬の数値的研究
7	沖縄工業高等専門学校	森澤 征一郎	低レイノルズ数/高マッハ数条件下における空力解析及び流れ場に関する研究
8	横浜国立大学	北村 圭一	超音速における飛翔体の空力解析
9	横浜国立大学	北村 圭一	細長物体空力特性に対するノーズコーン半頂角が及ぼす影響
10	東海大学	水書 稔治	前向き空洞前面での衝撃波振動遷移の数値解析的研究
11	東京理科大学	浅田 健吾	DBD プラズマアクチュエータを用いたフィードバック流れ制御技術に関する研究
12	東北大学	河合 宗司	圧縮性熱乱流境界層の物理とモデリングに関する研究
13	上智大学	DZIEMINSKA Edyta	解適合格子法を用いた燃焼流の数値研究 (2)
14	東北大学	浅田 啓幸	複雑形状まわりの LES に向けた高次精度非構造格子法の研究
15	東京理科大学	犬伏 正信	機械学習による乱流の予測とモデル化
16	工学院大学	佐藤 允	火星ヘリコプターのローター空力特性に関する数値的研究
17	奈良先端科学技術大学院大学	高橋 慧智	大規模 CFD 解析におけるポスト処理効率化のためのデータステーキング技術に関する研究
18	横浜国立大学	北村 圭一	低レイノルズ数領域でプロペラの影響を受ける固定翼の数値解析
19	東海大学	水書 稔治	爆轟波伝播に関する基礎的な数値解析
20	岡山大学	小布施 祈織	共変リャプノフベクトル解析を通じた回転球面上および β 平面上 2 次元乱流の比較
21	鳥取大学	松野 隆	マイクロプラズマアクチュエータの表面分布法の検討
22	東北大学	野々村 拓	平板翼周りの低 Reynolds 数流れに対する圧縮性効果の研究

	所属	研究代表者	研究課題
23	大阪大学	本告 遊太郎	大規模数値シミュレーションを駆使した発達した混相乱流の研究
24	東京理科大学	藤川 貴弘	再使用型宇宙輸送システムの複合領域設計最適化への高精度空力解析の適用
25	茨城工業高等専門学校	三宅 晶子	宇宙線電子望遠鏡 CALET による低エネルギー宇宙線観測における太陽変調の数値的研究
26	大阪府立大学	小川 泰一郎	直交格子積み上げ法を用いた航空宇宙用推進機関の内部流れ場の数値解析
27	東北大学	大西 直文	極超音速流の境界層における乱流遷移の物理とモデリングに関する研究
28	会津大学	平田 成	MMX 観測データからの高次サイエンスプロダクトの生成
29	東北大学	永田 貴之	高速流中の微粒子間の流体力学的干渉に関する研究

b. ISAS 教育職職員申請による共同研究

	所属	氏名	研究課題	研究期間	申請教員
1	中央大学	國井 康晴	超小型月面探査ローバの移動メカニズムと自律化の研究	2021.1.27- 2022.3.31	吉光 徹雄
2	東京大学	姫野 武洋 谷 和磨	大型液化水素タンクの減圧特性に関する研究	2021.1.27- 2022.3.31	小林 弘明
3	和歌山大学 クロスカル教育機構 教養協働教育部門	秋山 演亮	SLIM 搭載超小型月面探査ローバの運用に関する研究	2021.2.10- 2022.3.31	吉光 徹雄
4	日本大学	奥山 圭一	膜面展開構造物の高精度高剛性化の研究	2021.2.10- 2022.3.31	宮崎 康行
5	産業技術総合研究所	神代 暁	マイクロ波多重読出回路を用いた X 線超伝導転移端大規模アレイ検出器の開発	2021.2.10- 2026.3.31	山崎 典子
	東京都立大学	石崎 欣尚			
	立教大学	山田 真也			
	埼玉大学	佐藤 浩介			
6	国立天文台	満田 和久	Athena 計画検討のための共同研究	2021.2.10- 2022.3.31	山崎 典子
7	関東学院大学	中嶋 大	Athena 計画検討のための共同研究	2021.2.10- 2022.3.31	山崎 典子
8	九州大学	伊豫本 直子	TES 型マイクロカロリメータのガンマ線への応用, 位置検出方法の探求に関する共同研究	2021.2.10- 2022.3.31	山崎 典子
9	東京大学	鈴木 宏二郎 宮本 英昭 渡邊 保真 小泉 宏之	展開型柔軟エアロシェル利用した超小型惑星プローブに関する研究	2021.2.10- 2023.3.31	山田 和彦
	東京工業大学	秋田 大輔			
	日本大学	今村 宰			
	龍谷大学	大津 広敬			
	帝京大学	河村 政昭			
	大阪大学	荘司 泰弘			
	北海道大学	高橋 裕介			
	東海大学	中篠 恭一			
	東京農工大学	西田 浩之			
	名古屋大学	笠原 次郎 森 浩一			
	早稲田大学	石村 康生 手塚 亜聖			

	所属	氏名	研究課題	研究期間	申請教員
10	筑波大学	嶋村 耕平	将来の深宇宙サンプルリターン計画にむけた先進的のサンプルリターンカプセル技術の研究	2021.2.10-2023.3.31	山田 和彦
	静岡大学	松井 信			
	群馬大学	船津 賢人			
	早稲田大学	手塚 亜聖			
	山口大学	葛山 浩			
	東北大学	永井 大樹 野々村 拓			
	鳥取大学	酒井 武治			
	龍谷大学	大津 広敬			
	北海道大学	高橋 裕介			
11	上智大学	中岡 俊裕	先端のプロセスをつかった新たな光検出器・光学素子の創出	2021.2.10-2022.3.31	和田 武彦
12	国立天文台	郷田 直輝 鹿野 良平 矢野 太平 上田 暁俊 辰巳 大輔 三好 真 鹿島 伸悟	小型 JASMINE の衛星システム検討	2021.2.10-2022.3.31	片埜 宏一
	京都大学	山田 良透			
13	東京農工大学	関本 諭志	非定常流体変動を利用したプラズマアクチュエータによる流体制御の研究	2021.2.24-2022.3.31	大山 聖
14	名古屋大学	橋口 未奈子	地球外物質研究における研究開発およびはやぶさ2試料取扱い	2021.3.10-2022.3.31	安部 正真
	広島大学大学院	小池 みずほ			
	立命館大学	土山 明			
	横浜国立大学	癸生川 陽子 安部 隼平			
	海洋研究開発機構	伊藤 元雄 高野 淑織			
	高輝度光科学研究センター	上相 真之			
	九州大学	岡崎 隆司 松本 徹			
	東京大学	三浦 弥生 奥村 大河			
	東北大学	榎戸 佑馬 高橋 実樹 中村 智樹 松本 恵			
	北海道大学	坂本 尚義 馬上 謙一			
	大阪大学	青木 順			
15	国立天文台	伊藤 孝士	近地球小惑星の力学進化から探る惑星形成過程の観測的・数値的研究	2021.3.24-2022.3.31	吉川 真
16	東京都立大学	江副 祐一郎	MEMS技術を用いた超軽量X線望遠鏡に関する共同研究	2021.4.21-2022.3.31	三田 信
17	鹿児島大学	片野田 洋	1kN級のハイブリッドロケットエンジンの燃焼実験	2021.5.12-2022.3.31	峯杉 賢治

	所属	氏名	研究課題	研究期間	申請教員
18	高エネルギー加速器 研究機構	羽澄 昌史 長谷川 雅也 Tijmen de Haan 長崎 岳人 加藤 晶大	LiteBIRD 計画のための共同研究	2021.5.12- 2022.3.31	堂谷 忠靖
	東京大学 カブリ数物連携宇宙 研究機構	片山 伸彦 松村 知岳 桜井 雄基 長谷部 孝			
	岡山大学	石野 宏和 Samantha Lynn Stever			
	北里大学	川崎 健夫			
	横浜国立大学	中村 正吾			
	東京大学	大崎 博之 寺尾 悠			
	国立天文台	鹿島 伸悟			
	大阪府立大学	小木曾 望			
	香川高等専門学校	辻 正敏 白石 希典			
19	九州工業大学	寺本 万里子 Dulani Chamika WITHANAGE	超小型衛星および磁気トルカーの磁場環境試験	2021.9.8- 2022.3.31	齋藤 義文
20	東京農工大学	前田 孝雄	超小型月面探査ローバの移動メカニズムと自律化の研究	2021.10.20- 2022.3.31	吉光 徹雄

c. 理工学委員会による共同研究

(1) 宇宙理学委員会 戦略的開発研究費公募による共同研究

	契約相手方	研究課題	契約額 (円)
1	宮崎大学	「広帯域 X 線高感度撮像分光衛星 FORCE のシステム成立性検討」及び「広帯域 X 線撮像検出器用 SOI-CMOS シリコンピクセル素子の開発」	有償 (支出)
2	愛媛大学	「広帯域 X 線高感度撮像分光衛星 FORCE のシステム成立性検討」及び「広帯域 X 線撮像検出器用 SOI-CMOS シリコンピクセル素子の開発」	有償 (支出)
3	名古屋大学	「広帯域 X 線高感度撮像分光衛星 FORCE のシステム成立性検討」及び「広帯域 X 線撮像検出器用 SOI-CMOS シリコンピクセル素子の開発」	有償 (支出)
4	名古屋大学	太陽 X 線・集光撮像分光観測実現のための高精度 X 線ミラーの開発研究	有償 (支出)
5	大阪府立大学	Mars Ice Mapper との協働による戦略的海外計画提案 (MACO+) に向けたキー技術開発	有償 (支出)
6	東京大学	STORM 衛星搭載 LAICA 極端紫外線観測技術	有償 (支出)

(2) 宇宙理学委員会 搭載機器基礎開発研究費公募による共同研究

	契約相手方	研究課題	契約額 (円)
1	名古屋大学	分割望遠鏡のための超高解像コロナグラフの実証	有償 (支出)
2	広島大学	MeV ガンマ線観測用 HV-CMOS シリコンピクセルセンサーの基礎特性試験	有償 (支出)
3	金沢大学	超小型プラズマ波動受信器の信号処理 FPGA モジュールの基礎開発	有償 (支出)
4	愛媛大学	超薄板ガラスを用いた X 線反射面形成法の開発	有償 (支出)

	契約相手方	研究課題	契約額（円）
5	名古屋大学 京都大学	衛星搭載の高密度半導体イメージャに対応する革新的なコンパクト放熱バスの開発	有償（支出）
6	名古屋大学	極低温下における自由曲面鏡の形状評価のための高精度・高汎用干渉計の開発	有償（支出）
7	東京大学	赤外線 CMOS センサの宇宙 X 線用応用の検討	有償（支出）
8	東京大学	合金を用いた多層膜反射鏡の開発 その2（Al 系合金の利用）	有償（支出）
9	名古屋大学	超薄膜グラフェンを用いた革新的軟 X 線光学素子開発	有償（支出）
10	国立天文台	光子計数型干渉計を実現する遠赤外線超伝導検出器の開発	有償（支出）
11	東京大学	月惑星・小天体の内部構造探査のための重力偏差計の開発研究	有償（支出）
12	東京都立大学	高温塑性変形技術を用いた高角度分解能で軽量な次世代シリコン X 線望遠鏡の開発	有償（支出）
13	名古屋大学	赤外域ファイバーオプティクス：要素技術開発および惑星探査機・着陸機等搭載用小型分光器への応用検討～その3～	有償（支出）
14	東北大学	赤外域ファイバーオプティクス：要素技術開発および惑星探査機・着陸機等搭載用小型分光器への応用検討～その3～	有償（支出）
15	東京理科大学	汎用 X 線 CMOS センサーの基礎開発	有償（支出）

(3) 宇宙工学委員会 戦略的開発研究費公募による共同研究

	契約相手方	研究課題	契約額（円）
1	静岡大学	天体表面への着陸・接触・衝突システムに関する研究	有償（支出）
2	名古屋大学	これからの科学衛星・探査機ミッションを捉えたモーションコントロール技術の展開研究	有償（支出）
3	名古屋工業大学	これからの科学衛星・探査機ミッションを捉えたモーションコントロール技術の展開研究	有償（支出）
4	静岡大学	これからの科学衛星・探査機ミッションを捉えたモーションコントロール技術の展開研究	有償（支出）
5	名城大学	これからの科学衛星・探査機ミッションを捉えたモーションコントロール技術の展開研究	有償（支出）
6	名古屋大学	衛星搭載ネットワーク・ソフトウェアアーキテクチャの創生～搭載ソフトウェア構築技術の研究～	有償（支出）
7	都立産業技術高等専門学校 九州大学	電気推進機における昇華性推進剤の検討	有償（支出）
8	筑波大学	深宇宙サンプルリターン計画にむけた先進的サンプルリターンカプセル技術に関する研究	有償（支出）
9	東北大学	深宇宙サンプルリターン計画にむけた先進的サンプルリターンカプセル技術に関する研究	有償（支出）
10	早稲田大学	再使用型宇宙輸送システムにおける大気アシスト飛行の実証研究	有償（支出）
11	岩手大学	再使用型宇宙輸送システムにおける大気アシスト飛行の実証研究	有償（支出）
12	室蘭工業大学	再使用型宇宙輸送システムにおける大気アシスト飛行の実証研究	有償（支出）
13	静岡大学	再使用型宇宙輸送システムにおける大気アシスト飛行の実証研究	有償（支出）
14	帝京大学	再使用型宇宙輸送システムにおける大気アシスト飛行の実証研究	有償（支出）
15	名古屋大学	再使用型宇宙輸送システムにおける大気アシスト飛行の実証研究	有償（支出）
16	東京大学	展開型柔軟エアロシェル大気圏突入システムの技術実証	有償（支出）
17	横浜国立大学	将来深宇宙探査に向けた革新的超小型推進システム技術実証 RG	有償（支出）

	契約相手方	研究課題	契約額（円）
18	福岡大学	将来深宇宙探査に向けた革新的超小型推進システム技術実証 RG	無償
19	長岡技術科学大学	超遠方天体への自律ランデブー・着陸のための誘導航法技術	有償（支出）
20	青山学院大学	トランスフォーマー宇宙機の実現とその応用に関する研究	有償（支出）
21	東北大学	極低温における熱制御技術	有償（支出）
22	名古屋大学	極低温における熱制御技術	有償（支出）
23	名古屋大学	デトネーションキックモーター観測ロケット軌道投入実証	有償（支出）
24	慶應義塾大学	デトネーションキックモーター観測ロケット軌道投入実証	有償（支出）
25	広島大学	デトネーションキックモーター観測ロケット軌道投入実証	有償（支出）
26	横浜国立大学	デトネーションキックモーター観測ロケット軌道投入実証	有償（支出）
27	室蘭工業大学	デトネーションキックモーター観測ロケット軌道投入実証	有償（支出）
28	九州工業大学	デトネーションキックモーター観測ロケット軌道投入実証	有償（支出）
29	埼玉工業大学	デトネーションキックモーター観測ロケット軌道投入実証	有償（支出）
30	大阪府立大学	光学観測高度化に向けた高精度構造・材料システム統合	有償（支出）
31	早稲田大学	光学観測高度化に向けた高精度構造・材料システム統合	有償（支出）
32	摂南大学	光学観測高度化に向けた高精度構造・材料システム統合	有償（支出）
33	名城大学	光学観測高度化に向けた高精度構造・材料システム統合	有償（支出）
34	室蘭工業大学	超大型軽量展開膜面構造物の構造力学特性の解析法に関する研究	有償（支出）
35	名古屋大学	高比推力・高推力を両立する高効率多層ヒータによる電熱型電気推進	有償（支出）
36	室蘭工業大学	高比推力・高推力を両立する高効率多層ヒータによる電熱型電気推進	有償（支出）
37	名古屋大学	3D積層造形を用いた多機能部材の研究開発	有償（支出）
38	早稲田大学	熱的特性を考慮した衝撃吸収材の最適設計	有償（支出）
39	室蘭工業大学	極低温推進薬の長期保存を実現する革新的熱マネジメント技術の開発	有償（支出）
40	兵庫県立大学	極低温推進薬の長期保存を実現する革新的熱マネジメント技術の開発	有償（支出）
41	東京理科大学	複合材製液体酸素タンクの研究開発	有償（支出）
42	九州工業大学	低温環境下におけるボロン硝酸カリウム火薬のレーザ点火に関する研究	有償（支出）
43	東京大学	深宇宙・表面探査用ワンチップ無線機	無償

(4) 宇宙環境利用専門委員会 フロントローディング研究公募による共同研究

	契約相手方	研究課題	契約額（円）
1	群馬大学	宇宙放射線と重力環境変化による複合影響研究	有償（支出）
2	大阪市立大学	遺伝子改変マウスを用いた宇宙放射線の影響の解析	有償（支出）

	契約相手方	研究課題	契約額（円）
3	東北大学	植物の微小重力下における太陽光影響評価に向けた ISS 曝露部搭載型植物培養器（Plant-BioCube Unit）エンジニアリングモデル（EM）の開発	有償（支出）
4	大阪市立大学	スイートバジル子葉の腺毛発達と精油生産に対する重力の影響	有償（支出）
5	富山大学	根系の三次元形態の評価を通じた低重力植物栽培条件の最適化	有償（支出）
6	広島大学	粉塵爆発下限濃度付近の燃焼挙動	有償（支出）
7	北海道大学	気相からの氷の核生成と宇宙ダスト	有償（支出）

4. シンポジウム等

a. ISAS が助成するシンポジウム・研究会等

	名 称	開催日	参加人数	発表件数	世話人
1	第 36 回宇宙環境利用シンポジウム (*)	2022.1.18-19	99	26	橋本 博文
2	宇宙科学に関する室内実験シンポジウム (*)	2022.2.28-3.1	64	30	阿部 琢美 長谷川 直
3	第 4 回観測ロケットシンポジウム (*)	2022.3.14-15	84	26	阿部 琢美
4	重力天体 (月, 火星) 着陸探査シンポジウム	2022.2.17-18	367	20	春山 純一 白井 寛裕 倉本 圭 (北大) 寺田 直樹 (東北大) 中村 昭子 (神大)
5	第 36 回 宇宙構造・材料シンポジウム (*)	2021.12.2	92	21	戸部 裕史
6	太陽スペース研究シンポジウム	2021.9.21	93	9	清水 敏文
7	第 41 回宇宙エネルギーシンポジウム (*)	2022.3.29	56	10	田中 孝治 豊田 裕之
8	大気球シンポジウム (*)	2021.11.1-2	158	34	水村 好貴
9	第 31 回アストロダイナミクスシンポジウム (*)	2021.7.26-27	1307	78	津田 雄一
10	宇宙輸送シンポジウム (化学推進) (*) 宇宙輸送シンポジウム (非化学推進) (*)	2022.1.13-14	144 145	39 45	堀 恵一 徳留 真一郎 佐藤 哲也 (早大) 西山 和孝
11	第 4 回ハイブリッドロケットシンポジウム (*)	2022.2.14	45	21	嶋田 徹
12	第 65 回宇宙科学技術連合講演会	2021.11.9-12	1207	806	丸 祐介
13	宇宙航行の力学シンポジウム (*)	2021.12.20-21	158	63	山田 和彦 野中 聡 大山 聖
14	磁気圏・電離圏シンポジウム	2021.11.29-30	86	19	村上 豪 松田 昇也
15	惑星探査ワークショップ	2021.9.21-22,24	477	40	村上 豪 白井 寛裕 尾崎 直哉
16	衝撃波シンポジウム	2022.3.9-11	181	104	渡辺 圭子 (立命大) 山田 和彦
17	宇宙プラズマにおける粒子加速研究会	2021.11.15-19	442	60	坂尾 太郎 篠原 育
18	5th MMX International Science Team Meeting	2022.3.14-16	369	24	白井 寛裕
19	第 22 回宇宙科学シンポジウム (*)	2022.1.6-7	534	188	坂尾 太郎 羽生 宏人 片坐 宏一 大槻 真嗣 鈴木 志野
20	第 8 回宇宙物質科学シンポジウム (HAYABUSA2021)	2021.11.16-17	422	67	岡田 達明

	名 称	開催日	参加人数	発表件数	世話人
21	プラネタリーディフェンス・シンポジウム	2022.2.14-15	319	16	吉川 真
22	宇宙生命探査シンポジウム	2022.3.28-29	211	31	矢野 創
23	宇宙科学情報解析シンポジウム (*)	2022.2.18	99	15	高木 亮治
24	第5回 FORCE 研究会 「埋もれた AGN の宇宙論的進化」	2021.12.2-3	218	34	石田 学 上田 佳宏 (京大) 内田 裕之 (京大) 寺島 雄一 (愛媛大) 鳥羽 儀樹 (京大) 森 浩二 (宮崎大)
25	高エネルギー宇宙物理学の最新成果と将来計画	2022.3.9-11	206	40	山崎 典子
26	IR2022: An Infrared Bright Future for Ground-based IR Observatories in the Era of JWST	2022.2.14-18	287	38	LAU Ryan TASKER Elizabeth 山村 一誠
27	可変構造宇宙機シンポジウム	中止 (**)	0	0	佐藤 泰貴

(*) JAXA リポジトリにて電子版として公開.

(**) 新型コロナウイルス感染症拡大防止等により中止.

b. 宇宙科学談話会

ISAS Space Science Colloquium

宇宙科学談話会とは、宇宙科学研究所において、理学・工学・宇宙環境利用の枠を超えた研究の交流及び研究活動の活性化のために実施するコロキウムである。

回次	開催日	講演者	所属	テーマ
第184回	2021.9.29	和泉 究	ISAS/JAXA 宇宙物理学研究系	Development of gravitational wave detectors
第185回	2021.10.11	深沢 泰司 水野 恒史	広島大学	Recent results with Fermi-LAT gamma-ray space telescope
第186回	2021.11.17	水谷 忠均	宇宙航空研究開発機構 研究開発部門	3.6m 分割望遠鏡による静止光学観測用イメージャの検討
第187回	2021.12.1	大津 恭平	NASA ジェット推進研究所	Robotic Autonomy for Subterranean Exploration
第188回①	2022.3.2	LAU Ryan Masami	ISAS/JAXA 宇宙物理学研究系	Revisiting and Resolving Dusty Massive stars in the Infrared
第188回②	2022.3.2	兵頭 龍樹	ISAS/JAXA 太陽系科学研究系	Theoretical studies of planet formation towards planetary explorations
第189回①	2022.3.9	BONARDI Stéphane	ISAS/JAXA 宇宙機応用工学研究系	Novel Robotic Solutions for Space Exploration and Colonization
第189回②	2022.3.9	鳥海 森	ISAS/JAXA 太陽系科学研究系	From the Sun to the Stars: Theoretical and Observational Approaches to Understand Solar/Stellar Activities
第189回③	2022.3.9	O'DONOGHUE James	ISAS/JAXA 太陽系科学研究系	Giant planet astronomy in the Solar System and beyond
第190回	2022.3.16	村上 尚志	北海道大学	ハビタブル系外惑星探査のための高コントラスト撮像技術の開発

IX. 国際協力

1. 概要

宇宙は人類共通のフロンティアであり、宇宙科学ミッションの多くは国際協力によって行われてきた。我が国の宇宙科学ミッションにとっても同様に国際協力は重要な手段である。

我が国はこれまで多様な宇宙科学分野において世界をリードしてきた。宇宙科学研究所は大学共同利用機関として今後も継続的に中心的な役割を果たし、国内外の宇宙科学コミュニティに支持される価値の高い宇宙科学ミッションの創出に責任を持つことが求められる。そのためには国際パートナーとの緊密な連携や協力は極めて重要である。

宇宙科学ミッションにとって国際協力の意義は次の通り考えられる。

第一に、国際協力はより価値の高い宇宙科学ミッションをより効率的に実現する手段となる。ミッションの実現手段を国内だけに閉じるのではなく、国際的に広く、より優れた観測機器等の提供を受ける、或いは提供することでミッション全体の価値を向上させることができる。

第二に、厳しい財政状況を踏まえ宇宙科学ミッションの頻度が限定されるなか、国際協力はコミュニティにより多くの機会を提供することができる。国際パートナーの参画を受けることはもちろん、国際パートナーのミッションに我が国のコミュニティが参画することで、宇宙科学分野で価値を実現するうえでの基盤となるコミュニティの底上げにつながる。

第三に、国際協力による多様かつ優れた人材との交流は、我が国の宇宙科学コミュニティの知的基盤の活性化や、より多くの科学的データとの接触を促し、新たな科学的知見の発見や、宇宙技術のイノベーションの創出を促すことが期待できる。

上述の意義を踏まえ、宇宙科学研究所は世界中の優れた国際パートナーとの関係を強化するため、海外の宇宙機関や研究機関・大学と、戦略的な対話を継続する必要がある。

前年度に引き続き 2021 年度は新型コロナウイルスの影響により渡航制限をはじめとしたさまざまな制約がある中でも、宇宙科学研究所において多様な国際協力活動が行われた。

運用中のミッションのうち小惑星探査機「はやぶさ2」において「Ryugu」サンプルのキュレーション活動が進められ、国内・国外の研究者からなるサイエンス・チームにて初期分析等が進められている。フランス国立宇宙センター（CNES）から提供され JAXA 地球外試料キュレー

ションセンターに設置されている赤外分光顕微鏡（MicrOmega）がキュレーション活動に大きく貢献している。6 月より国内外への研究機関へのサンプル分配が開始され、11 月には米国航空宇宙局（NASA）との了解覚書（MOU）に基づき総重量の 10%（0.5g）を NASA ジョンソン宇宙センターにて引き渡した。並行して NASA のミッション OSIRIS-REx による小惑星「Bennu」のサンプルの受領に向けた準備が進められている。また、新たな天体の探査を目的とするはやぶさ 2 拡張ミッションにおいて、NASA 深宇宙ネットワークによる支援を継続して受けるとともに、米国研究者の参画等に向けた継続的な協力を調整している。

開発段階のミッションについては、X 線分光撮像衛星（XRISM）において、開発最終フェーズとなる組立・試験作業において、日本国内での NASA、オランダ宇宙機関（SRON）関係者による頻度の高い現場対応が必須であり、新型コロナウイルスの影響による入国制限への対策を関係政府機関と協議し、関係者の来日を適時に調整・実現することで必要な作業を進めてきた。NASA とは 12 月に実施責任者グループ（JESG）の第 2 回会合をオンラインで開催し、NASA の協力のもと実施された不具合対応の完了状況と打上げに向けた計画がレビューされ、3 月の ISAS 所長・NASA 科学局長会談においても報告され、打上げに向けた最終段階での更なる協力が確認された。

火星衛星探査計画（MMX）においては、NASA、欧州宇宙機関（ESA）、CNES、ドイツ航空宇宙センター（DLR）と多角的な協力推進を行っている。NASA とは試験用モデルやフライト品を用いた組合せ試験に向け実施取決めを改訂した。また、ESA とは 2021 年 2 月に締結した協力協定に基づき、ESA による通信機・地上局支援の提供やサイエンスにかかる協力を推進した。CNES とは赤外分光計や飛行力学の知見提供等にかかる実施取決めを締結した。CNES と DLR の共同開発による小型ローバの提供に向けても調整を継続した。

小型月着陸実証機（SLIM）において、NASA 深宇宙局（DSN）追跡支援、レーザーリフレクタ（LRA）搭載、月面データ交換についての取り決めを 12 月に締結し、打上げに向けた適合性試験や LRA の引渡しが行われた。公募型小型ミッション 2 号機に位置づけられている深宇宙探査技術実証機 DESTINY+ については、2021 年 11 月に締結した実施取り決めに基づき DLR からのダストアナライザの提供を中心とした協力を推進した。

検討段階のミッションについて、戦略的中型計画 2 号

機に選定されている宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星 LiteBIRD に関して国際協力を得べく調整を行い、CNES は欧州リードとして中・高周波望遠鏡や冷凍機等の提供に関し、検討フェーズの協力を推進するための実施取決めを 10 月にドバイで開催された国際宇宙会議 (IAC) にて JAXA 理事長・CNES 総裁の署名により締結した。

公募型小型ミッション 3 号機に選定された赤外線位置天文観測衛星：JASMINE においても国際協力を検討している。公募型小型ミッション 4 号機の高感度太陽紫外線分光観測衛星 (Solar-C EUVST) についても米国、欧州との協力調整を進め、開発段階の協力について 9 月に NASA と実施取決めを締結した。欧州については CNES、イタリア ASI 等と協力内容の合意文書の調整を進めている。以降の候補ミッションについても検討に必要な海外協力が得られるよう支援を行っている。

NASA の新型ロケット (SLS) 初号機である Artemis-1 に相乗りする超小型探査機 (CubeSat) EQUULEUS および OMOTENASHI に関して、7 月に NASA と打上げ・運用フェーズの活動を定義した MOU を締結した。探査機は本 MOU に基づき NASA ケネディ宇宙センター (KSC) 射場で引渡され、既に SLS ロケットに搭載された。別途の NASA 取り決めにて合意している NASA 深宇宙ネットワークと JAXA 追跡局による相互追跡支援と併せて、Artemis-1 打上げ、有人機 Orion の無人飛行実証、JAXA Cubesat 2 機の運用に向けた準備が進められている。

戦略的海外共同ミッションについては、ESA 木星氷衛星探査機 JUICE において、DLR、スウェーデン国家宇宙機関 (SNSA) への機器提供を通じて協力し、打上げに向けたハードウェア提供・搭載試験を進めた。NASA の宇宙物理分野の次期旗艦ミッションである広視野赤外線サーベイ望遠鏡 (Nancy Roman Grace Space Telescope) について、NASA との協力として観測装置提供、地上望遠鏡観測、地上局受信などのミッション協力につき、検討・開発に関する実施取決めを 4 月に締結し推進している。米欧共同の小惑星衝突・観測ミッション AIDA 計画のう

ち、ESA の小惑星探査機 Hera ミッションには「はやぶさ 2」への搭載実績に基づく熱赤外カメラの提供やサイエンスによる参画に向けた検討を 2021 年 2 月に締結した協力協定に基づき進めている。ロシア紫外線宇宙望遠鏡 WSO-UV については、ロシア天文研究所 (INASAN)、宇宙科学研究機構 (IKIRAS) と ISAS の 3 者間協力検討を進め、JAXA より系外惑星観測装置の分光器を提供すべく、ロスコスモスとの機関間協力方針を確認する覚書を 7 月に締結し、機器提供などを実施するための合意文書の調整を開始したが、2022 年に入りロシアのウクライナ侵攻による国際情勢悪化を受け、ロスコスモスとの調整作業は停止しているところ。

気球実験や観測ロケットについても国際協力による活動が行われた。豪州北部準州アリススプリングスで実施を予定していた気球実験は、新型コロナウイルスの影響を受け 2023 年に延期され、豪州連邦科学産業研究機構 (CSIRO) 及びニューサウスウェールズ大学との再調整を進めている。ノルウェー宇宙機関 (NOSA) と共同で計画していた観測ロケット SS-520-3 号機のニーオルスン射場からの打上げ実験は、2021 年の実施を新型コロナウイルスの影響により延期していたところ、本年度は NOSA や在ノルウェー日本大使館の協力を得て実験班の入国の特例許可をノルウェー政府より取得し、観測ロケットと実験機器も射場に輸送したうえで、2021 年 11 月に打上げは成功。取得したデータの解析が進められている。

以上の国際協力を進めるにあたっては、新型コロナウイルスの感染拡大を受け相互往来が困難な状況が続いたが、オンライン会合のメリットを活かし、宇宙機関レベル、宇宙科学研究所レベル、担当間の対話を積極的に行うことで、進行中の国際協力ミッションの確実な実施、新たな国際協力ミッションの創出などを推進した。米・欧の宇宙科学分野の動向を把握するとともに、日本の宇宙科学の計画を紹介することで更なる国際協力の可能性検討を推進している。国際パートナーとの機関間の対話を下表にまとめる。

2. 機関間会合一覧

年月日	会合相手機関	会合区分	相手方トップ	会合場所
2021/4/5	米 NASA, 仏 CNES, 独 DLR	はやぶさ 2 帰還カプセル展示視察	NASA, CNES, DLR 東京駐在	国立科学博物館
2021/4/8	在日豪州大使館	はやぶさ 2 帰還カプセル展示視察	ユ首席公使	国立科学博物館
2021/4/23	国連 COPUOS 科学技術小委	はやぶさ 2 テクニカル・プレゼンテーション	国連 COPUOS 各国代表	オンライン
2021/5/19	台湾 ASIAA	宇宙物理協定会合	ASIAA ワン所長	オンライン
2021/5/21	露ロスコスモス	WSO-UV ミッション協力調整	ティスチェンコ国際部長	オンライン/モスクワ駐参加
2021/06/07	仏 CNES	機関間会合	パティスト総裁	オンライン

2021/06/30	在日豪州大使館	日豪協力会合	マコチェカンワ国防科学技術担当参事官	JAXA 相模原キャンパス
2021/08/05	米 NASA	機関間会合	ネルソン長官	オンライン
2021/09/09	米 NASA	科学局宇宙物理会合	ハーツ宇宙物理部長	オンライン
2021/10/25-29	仏 CNES, 独 DLR, 欧 ESA, 米 NASA ほか	機関間会合	CNES バティスト総裁ほか	ドバイ (IAC 会場)
2021/10/06	ノルウェー-NOSA	観測ロケット実験会合	ハンセン長官	オンライン
2021/11/16	ノルウェー-NOSA	日・ノルウェー科学技術合同委 (観測ロケット実験協力報告)	日・ノルウェー 政府代表 (科学担当) NOSA ヴァール所長	オンライン
2021/11/24	米 NASA	科学局宇宙物理会合	ハーツ宇宙物理部長	オンライン
2021/11/30	米 NASA	はやぶさ2 サンプル NASA 引渡し式	ジョンソン宇宙センター シェイファー副センター長	NASA JSC
2021/12/3	在日米国大使館	國中所長 宇宙科学/はやぶさ2 プレゼン	在日米国大使館	オンライン
2021/12/16	米 NASA	XRISM Joint Executive Steering Group 会合	ハーツ宇宙物理部長	オンライン
2022/2/10	米 NASA, 欧 ESA	Solar-C (EUVST) 会合	NASA フォックス太陽科学部長, ESA ファバタ科学局部長	オンライン
2022/02/24	タイ GISTDA	機関間会合	タニタ戦略協力室長	オンライン
2022/03/01	米 NASA	科学局惑星科学会合	グレイズ惑星科学部長	オンライン
2022/03/14	米 NASA	科学局太陽科学会合	フォックス太陽科学部長	オンライン
2022/03/17	米 NASA	科学局会合	ズブーケン科学局長	NASA Headquarters
2022/3/18	米 NASA GSFC, JHU-APL (ジョンズホプキンス大-応用物理研究所)	GSFC 会合, JHU-APL 会合	GSFC キニー副センター長, APL 国際担当	NASA GSFC, JHU-APL
2022/03/21	米 NASA/JPL	機関間会合	フリーマン惑星科学プログラムマネージャ	NASA JPL
2022/3/22	米 Space-X 社	Space-X 会合	Space-X 社員	Space-X 本社

3. 各種国際協力

a. 運用段階の衛星ミッションの国際協力

件 名	打上げ年	ミッションの概要	協力相手方	協力相手方の責務 (海外ミッションへの参加型については、日本側の責務)
磁気圏尾部観測衛星「GEOTAIL」	1992年7月24日	「GEOTAIL」は NASA との共同ミッション。地球磁気圏尾部の構造とダイナミクスの研究、太陽地球系物理学国際共同観測計画 (ISTP) への参加が目的。	NASA (アメリカ航空宇宙局)	ロケットの打上げと約 1/3 の観測機器を提供。
			MPS (ドイツ・マックスプランク太陽系研究所)	高エネルギー粒子計測装置 (HEP) の低エネルギー粒子探知機 (LD) を提供。
太陽観測衛星「ひので」(SOLAR-B)	2006年9月23日	世界に開かれた軌道上太陽天文台として、太陽表面や太陽コロナで起こる様々な爆発現象や加熱現象を観測。太陽大気中で発生する磁気エネルギーの変動現象を捉え、太陽の外層大気であるコロナの成因、および光球での磁気構造の変動とコロナでのダイナミックな現象の関係などの宇宙プラズマ物理学の基本的諸問題を解明する。	NASA (米)	可視光磁場望遠鏡 (SOT)、X線望遠鏡 (XRT) 等を日米共同で開発。また、極端紫外線撮像分光装置 (EIS) を日米英で共同開発。
			STFC (英国科学技術会議)	極端紫外線撮像分光装置 (EIS) を日米英で共同開発。
			ESA (欧), NSC (ノルウェー宇宙センター)	「ひので」の科学データの受信をノルウェーの受信設備で実施。

件 名	打上げ年	ミッションの概要	協力相手方	協力相手方の責務 (海外ミッションへの参加型 については、日本側の責務)
金星探査機「あかつき」 (PLANET-C)	2010年5月21日	惑星を取り巻く大気の運動の仕組みを本格的に調べる世界初のミッションとして、金星の雲の下に隠された気象現象を、新開発の赤外線観測装置等を用いて周回軌道から精密観測。これにより、従来の気象学では説明できない金星の大気力学(惑星規模の高速風)のメカニズムを解明し、惑星における気象現象の包括的な理解を得る。	NASA (米)	「あかつき」の深宇宙ネットワーク (DSN) 追跡データ等の提供、サイエンス支援。
			ESA (欧)	ESA の Venus Express チームの研究者が共同研究者として参加。
			ISRO (印)	「あかつき」と、ISRO が保有する DSN と JAXA の DSN 間の通信による金星大気の電波掩蔽観測を共同で行う。
小惑星探査機「はやぶさ 2」	2014年12月3日	C 型小惑星「Ryugu」からのサンプルリターンを行い、太陽系内の物質分布や起源と進化過程についての知見を得る。	NASA (米)	深宇宙ネットワーク (DSN) による「はやぶさ 2」の追跡・管制支援、小惑星地上観測支援、OSIRIS-REx のサンプル提供等。
			DLR (ドイツ航空宇宙センター)	「はやぶさ 2」の追跡支援、微小重力実験支援。
			豪州宇宙機関 (ASA)、国防省 (DOD)、産業科学エネルギー資源省 (豪)	サンプル回収カプセル帰還時の、豪州への着陸許可、着陸運用の支援。
			CNES (仏)	MicrOmega を JAXA 地球外試料キュレーションセンターに提供。
(以下、海外の衛星ミッションとの協力案件)				
ガンマ線バースト観測衛星「Swift」	2004年11月20日	「Swift」は米国、イギリス、イタリアによる国際共同ミッション。宇宙最大の爆発現象であるガンマ線バーストが、どこでどのように発生するのかを探究する。	NASA (米)	日本は JAXA、埼玉大学、東京大学が大面積ガンマ線検出器 (BAT) を提供。
磁気圏探査衛星群「THEMIS 計画」	2007年2月17日	「THEMIS」は米国主導のミッション。5 機の磁気圏探査衛星と全天カメラ、磁場観測装置を組み合わせ、オーロラが爆発的に発達する現象「サブストーム」の発生機構を解明する。	NASA (米)、カリフォルニア大学バークレー校 (米)	日本は JAXA の研究者がサイエンス担当として参加。
ガンマ線宇宙望遠鏡「Fermi」	2008年6月11日	「Fermi」は米国、フランス、ドイツ、日本、イタリア、スウェーデンも参加する国際共同ミッション。ブラックホールや中性子星、活動銀河核 (AGN)、超新星残骸やガンマ線バーストと呼ばれる宇宙で最もエネルギーの高いと思われる謎の爆発現象の観測などを行う。	NASA (米)	日本は広島大学がガンマ線大面積望遠鏡 (LAT) の半導体センサを提供。
磁気圏衛星「MMS」	2015年3月12日	「MMS」は NASA 主導のミッション。同一構成の 4 機衛星を用いた超高時間分解観測によって、磁気リコネクションをはじめとした地球周辺空間におこる宇宙プラズマ現象を解明する。	NASA (米)	JAXA は「MMS」の高時間分解能粒子観測器 (FPI) のイオン観測器 (DIS) 開発を技術支援。
ジオスペース探査衛星「ERG」	2016年12月20日	地球近傍の宇宙空間であるジオスペースの放射線帯 (ヴァン・アレン帯) に存在する、太陽風の擾乱に起因する宇宙嵐にともなって生成と消失を繰り返している高エネルギー電子がどのようにして生まれてくるのか、そして宇宙嵐はどのように発達するのかを明らかにする。	NASA (米)	NASA の「Van Allen Probes」との共同観測。
			CSA (加)	CSA の「ORBITALS」衛星との共同観測。
			AS (台湾中央研究院)	低エネルギー電子観測機器 (LEP-e) を提供。

件 名	打上げ年	ミッションの概要	協力相手方	協力相手方の責務 (海外ミッションへの参加型 については、日本側の責務)
水星探査計画 「BepiColombo」	2018年10月20日	日本と ESA 初の本格的な国際共同ミッション。 ESA の開発する水星表面探査機「MPO」と JAXA の開発する水星磁気圏探査機「MMO」の2機の衛星を用いて、謎に満ちた水星の磁場・磁気圏・内部・表層に渡る総合観測を行い、水星の現在と過去を明らかにする。	ESA (欧)	「MPO」の開発、ロケットの打上げ等。
			CNES (フランス国立宇宙研究センター)	「MMO」搭載の粒子系観測器 (MPPE)、波動観測器 (PWI) の一部を提供。また、「MPO」搭載の紫外光観測器 (PHEBUS) を日仏で共同開発。
			IWF (オーストリア宇宙科学研究所)	「MMO」搭載の磁場計測器 (MGF) を提供。
			SNSA (スウェーデン宇宙機関)	「MMO」搭載の中性粒子計測器 (ENA)、電界計測器 (MEFISTO) を提供。
			FSA (ロシア連邦宇宙局)	「MMO」搭載の水星大気分光撮像装置 (MSASI) を提供。
			DLR (独)	「MMO」搭載のイオン質量分析器用の関連機器を提供。

b. 開発段階の衛星ミッションの国際協力

件 名	打上げ年	ミッションの概要	協力相手方	協力相手方の責務 (海外ミッションへの参加型 については、日本側の責務)
X 線分光撮像衛星 「XRISM」	2022 年度予定	ASTRO-H のミッションを引き継ぎ、「宇宙の構造形成と銀河団の進化」、「宇宙の物質循環の歴史」、「宇宙のエネルギー輸送と循環」を研究するとともに、「超高分解能 X 線分光による新しいサイエンス」を開拓する。これらの科学目的を達成するために、これまでにない特長と性能で「宇宙の高温プラズマにおける物質循環・エネルギー輸送過程と天体の進化の解明」を進める。	NASA (米)	SXS 検出器、望遠鏡、地上 SW 開発、ミッション SE、科学運用、サイエンス
			ESA (欧)	SXS LHP 開発、STT 等調達、サイエンス
			SRON (蘭)	SXS FWM/E 開発、サイエンス
小型月着陸実証機「SLIM」	2022 年度予定	小型の探査機によって、月への高精度着陸技術の実証を目指す。従来に比べ軽量な月惑星探査機システムを実現し、月惑星探査の高頻度化に貢献する。	NASA (米)	レーザーリフレクタ (LRA)、搭載、地上局支援
深宇宙探査技術実証機「DESTINY+」	2024 年度予定	惑星航行間のダスト捕集、ふたご座流星群母天体「フェイトン」のフライバイ観測を通じて、ダストの物理化学組成や「フェイトン」の実態を明らかにするとともに、将来の深宇宙探査を低コスト・高頻度で持続的に実施するための技術実証を行う。	DLR (独)	ダストアナライザ
火星衛星探査計画「MMX」 (プロジェクトチーム)	2024 年度予定	火星衛星帰還サンプルの分析と周回軌道からの観測を実施することで、「前生命環境の進化の理解」という大目標に向かう以下の科学的意義がある。①火星衛星の起源を解明し、火星形成過程を読み解く準備をする。②(判明する衛星の起源に応じて) サンプル分析から火星形成過程へと制約を与える。③火星圏環境史を解説する。④火星大気・地表を大域的に観測する。	NASA (米)	中性子ガンマ線分光計等
			CNES (仏)	近赤外分光計、小型ローバ等
			ESA (欧)	通信システム等
			DLR (独)	小型ローバ、試験設備等

c. 準備/提案中の衛星ミッション（国際協力について調整中）

件 名	打上げ年	ミッションの概要	協力相手方	協力相手方の責務 (海外ミッションへの参加型 については、日本側の責務)
太陽観測衛星「SOLAR-C」	2026-27年度	太陽表面から太陽コロナおよび惑星間空間に繋がるプラズマダイナミクスをひとつのシステムとして理解するとともに、宇宙プラズマに普遍的に現れるプラズマ素課程を解明する。 このため、(I) 彩層・コロナと太陽風の形成機構の解明、(II) 太陽面爆発現象の発現機構の究明とその発生を予測するための知見の獲得、(III) 地球気候変動に影響を与える太陽放射スペクトルの変動機構の解明、の3課題を行う。	NASA (米)	ガイド望遠鏡の提供等
			ASI (伊), CNES (仏), DLR (独), ESA (欧) 等	ASI - スリットアッセンブリーの提供 CNES - グレーチングアッセンブリーの提供 DLR - MMC, PSHV と TV キャリブレーション ESA - SW CCD の提供
宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星「LiteBIRD」	2028年度予定	宇宙ビッグバン以前に存在したと考えられるインフレーション宇宙仮説を徹底的に検証することを目的とする。 インフレーション宇宙は原始重力波を作り出し、その痕跡が宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) 偏光マップの中に指紋のように B-モード揺らぎとして残っていると予測される。前景天体による強い信号を避けて最も原始重力波による偏光 B-モードの信号が強くなる全天スケールの観測を宇宙空間から実現する。	ESA (欧), CNES (仏), CSA (加) 等	協議中
(以下、海外の衛星ミッションとの協力案件)				
木星氷衛星探査機「JUICE」(所内チーム)	2023 年予定	「JUICE」は ESA 主導のミッション。木星及び木星を周回する大きな衛星 (ガニメデ、カリスト、エウロパ) の地表のマッピング、内部の調査等を行い、生命が存在しないかの調査等を行う。	ESA (欧), DLR (独), SNSA (スウェーデン) 等	DLR: GALA (Ganymede Laser Altimeter) の一部を提供。 SNSA: RPWI (Radio & Plasma Wave Investigation) 及び PEP/JNA (Particle Environment Package /Jovian energetic neutral atomic analyzer) の一部を提供。
高エネルギー天体物理学先進望遠鏡「ATHENA」(WG)	2028 年予定	「ATHENA」は ESA 主導のミッション。宇宙がどのようにして現在見られるような大構造をもつようになったかを理解することを目指し、銀河団の成長、銀河の形成と進化におけるブラックホールの基本的な役割などを解明する。	ESA (欧), CNES (仏) 等	協議中
広視野赤外線サーベイ望遠鏡「Nancy Grace Roman Telescope」(所内プロジェクト)	2026 年予定	系外惑星観測における次の大きなステップである直接撮像。日本からの機器提供、観測協力(地上局含む)等により、世界でひとつの宇宙望遠鏡計画を実現。	NASA (米)	コロナグラフ構成機器提供、すばる地上観測、地上局受信
二重小惑星探査計画「Hera」(所内プロジェクト)	2024 年予定	小惑星が地球に衝突するリスクに備え、太陽系探査における新展開であるプラネタリーディフェンスを、日欧米3極で協調して主体的に推進する。国際宇宙協力を強化し、広義の宇宙空間における安全保障の意義を有する。	ESA (欧)	熱赤外カメラ提供等

件 名	打上げ年	ミッションの概要	協力相手方	協力相手方の責務 (海外ミッションへの参加型 については、日本側の責務)
国際紫外線天文衛星 「WSO-UV」(所内プロジェ クト)	2025 年 予定	地球型系外惑星の高層大気組成 観測は、人類の系外惑星観測に おける次の大きなステップ。日 本独自では実行不可能な大口径 望遠鏡の活用。 日本製高感度検出器の組み合わ せて新たな地平を切り開く。	ロスコスモス(露)	系外惑星観測機器提供等

d. 観測ロケット実験の国際協力

件 名	打上げ年	実験の概要	協力相手方	協力相手方の責務 (海外ミッションへの参加型 については、日本側の責務)
量子力学的ハンレ効果を利用し ライマン α 線で太陽彩層・遷移層の磁場を計測する 国際共同観測ロケット実験「CLASP2」	2019 年 4 月	観測ロケットを用いて観測装置を宇宙空間に打上げ、太陽の彩層中にある電離マグネシウムが 出す紫外線を観測し、電離マグネシウム線における散乱偏光、 ハンレ効果の有無に加え、ゼーマン効果を検出することで、磁場情報の取得を目指す。	NASA(米)	観測ロケットの打上げ、搭載科学コンピュータ、CCDカメラの提供。
			フランス宇宙天体物理学研究所 IAS(仏)	回折格子の提供。
			カナリー天体物理観測研究所 IAC(スペイン)	ハンレ効果とゼーマン効果のモデル計算。

e. 大気球実験の国際協力

件 名	実験・協力の概要	協力相手方	協力相手方の責務 (海外ミッションへの参加型 については、日本側の責務)
プロトタイプ気球実験計画 「GAPS」	宇宙線中に微量に含まれている反粒子を高感度で探索することで、ダークマターの解明など宇宙物理学的な課題に挑む。	コロンビア大学(米)	JAXA と共同で、観測機器等を開発。
日仏大気球共同実験協力	海上回収技術に関する協力をはじめ、今後より幅広い協力関係の構築に向けた情報交換等を行う。	CNES(仏)	着水後の気球システム長時間追尾に関わる情報等を提供。
日豪大気球実験実施協力	日本国内の気球実験では困難な十数時間以上の長時間飛翔や陸上での実験機器回収を実現できる相補的な気球飛翔機会を利用した宇宙科学研究を実施する。	オーストラリア連邦科学産業研究機構(豪州)	実験場所の使用許可、及び実験支援等。

f. 海外の大学等との宇宙科学分野における包括協定

相 手 方	内 容
SRON(蘭)	将来の宇宙科学研究発展を視野に入れ、両機関の協力の可能性について協議を行う。
スタンフォード大学(米)	両組織の連携・協力を推進し、天文分野における研究協力の推進を行う。
イエール大学(米)	両組織の連携・協力を推進し、宇宙科学分野における学術研究、研究開発と教育の発展に貢献するための枠組みを検討する。
アリゾナ大(米)	ガンマ線検出システムの応用研究の実施に関して研究の協力を行う。
サウサンプトン大学(英)	ホールスラストなどの次世代大電力電気推進のための電子源(カソード)の基礎技術に関する共同研究を行う。

X. 施設・設備

1. 研究所の位置・敷地・建物

宇宙科学研究所施設

① 相模原キャンパス

位 置

神奈川県相模原市中央区由野台 3 丁目 1 番 1 号
北緯 35° 33′ 30″ 東経 139° 23′ 43″

敷地・建物

敷地 : 73,001 m²

延面積 : 58,733 m²

② 能代ロケット実験場

位 置

秋田県能代市浅内字下西山 1
北緯 40° 10′ 10″ 東経 139° 59′ 31″

敷地・建物

敷地 : 61,941 m²

延面積 : 3,633 m²

③ あきる野実験施設

位 置

東京都あきる野市菅生 1918 番地 1
北緯 35° 45′ 14″ 東経 139° 16′ 24″

敷地・建物

敷地 : 2,008 m²

延面積 : 698 m²

関連施設

① 内之浦宇宙空間観測所

位 置

鹿児島県肝属郡肝付町南方 1791 番地 13
北緯 31° 15′ 05″ 東経 131° 04′ 34″

敷地・建物

敷地 : 718,662 m²

延面積 : 16,117 m²

② 臼田宇宙空間観測所

位 置

長野県佐久市上小田切大曲 1831 番地 6
北緯 36° 07′ 59″ 東経 138° 21′ 43″

敷地・建物

敷地 : 97,111 m²

延面積 : 3,089 m²

③ 大樹航空宇宙実験場

位 置

北海道広尾郡大樹町字美成 169
北緯 42° 30′ 00″ 東経 143° 26′ 30″

敷地・建物

敷地 : 90,357 m²

延面積 : 4,554 m²

④ 筑波宇宙センター

位 置

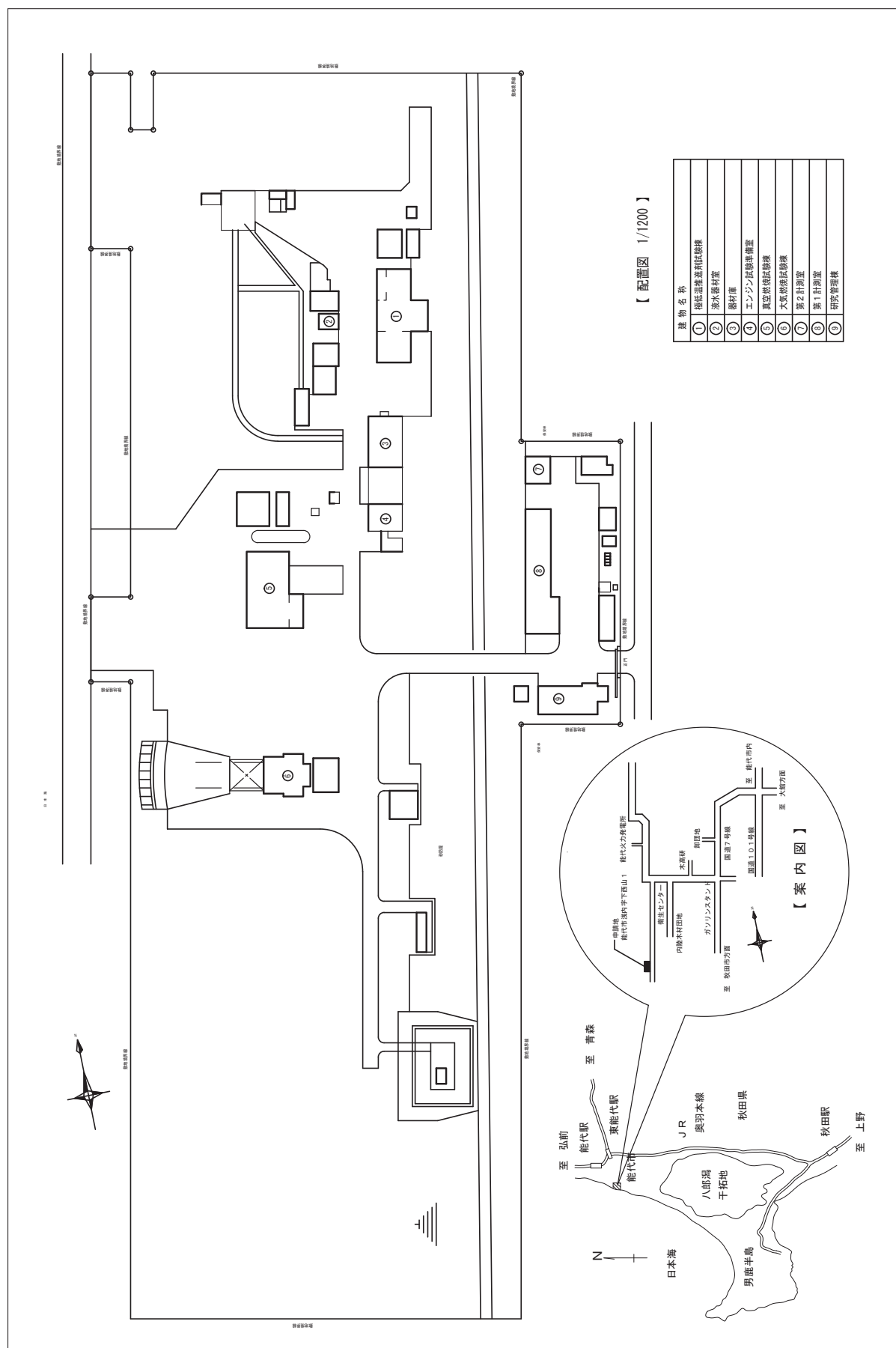
茨城県つくば市千現 2 丁目 1 番 1 号



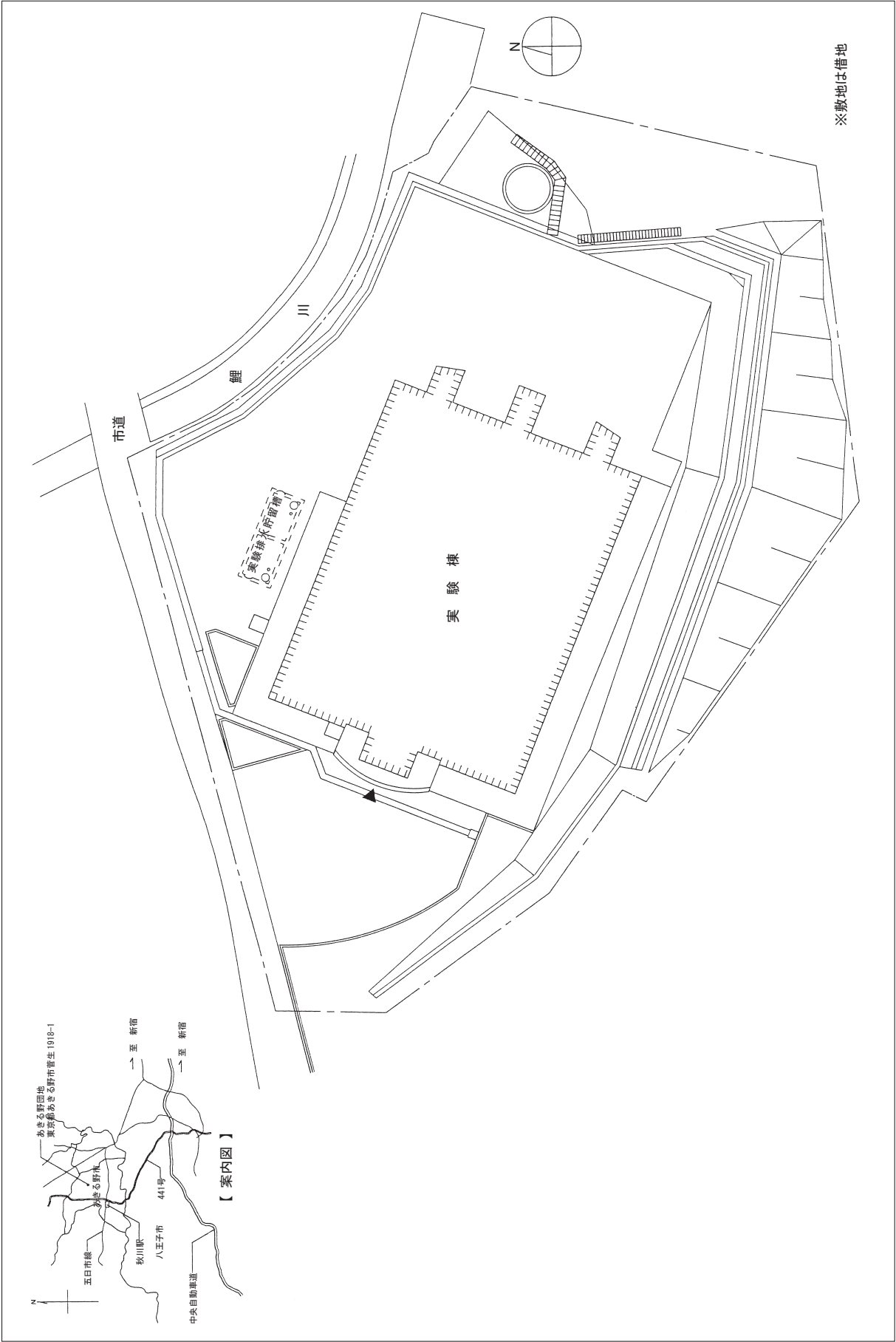
相模原キャンパス
(宇宙科学研究所)



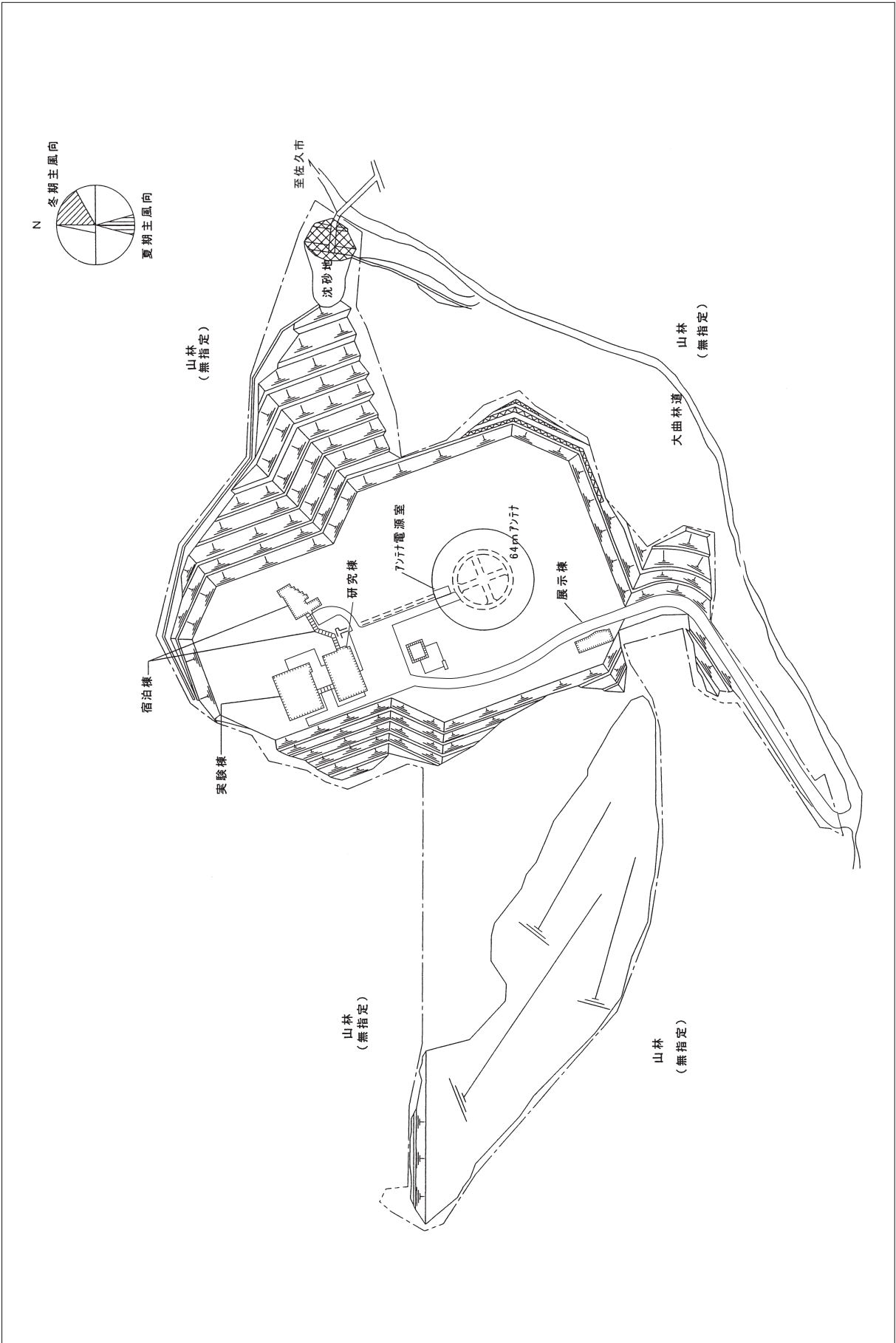
能代口ケット実験場



あきる野実験施設



白田宇宙空間観測所



2. 研究施設

a. 能代ロケット実験場 (Noshiro Rocket Testing Center)



能代ロケット実験場全景

能代ロケット実験場 (NTC) は、内之浦宇宙空間観測所から打ち上げられる観測ロケット、科学衛星打上げ用 L ロケット、科学衛星・宇宙探査機打上げ用 M ロケットの研究開発に必要な各種固体ロケットモータの地上燃焼試験を行うため、1962 年に開設された。1975 年から液酸・液水エンジンの研究開発が開始され、その基礎実験を行うための施設設備が増設された。秋田県能代市浅内の日本海に面した南北に細長い敷地に、固体ロケットモータの地上燃焼試験に必要な諸施設設備 (大型大気燃焼試験棟、真空燃焼試験棟、冷却水供給設備、高圧高純度窒素ガス製造気蓄設備、火薬庫、火工品操作室・接着剤調合室、エンジン準備室、第 1・第 2 計測室、研究管理棟、中央管制設備、器材庫等) 及び液酸・液水エンジンのシステム試験を行うための諸施設設備 (液水貯槽、液酸貯槽、極低温推進剤試験棟等) の主要建屋が設置されている。

固体ロケットモータ真空燃焼試験設備 (真空燃焼試験棟)

ここでは、長さ 10m、直径 3m、総重量 30ton、推力 150ton までの固体モータの燃焼試験を行うことができる。棟内には、幅 7.6m、高さ 6m、長さ 13.3m、内容積 475m³ の大型真空槽が設置されている。重量 60ton の真空槽天蓋部が油圧自走装置によって適宜退避できる構造になっており、槽天蓋を退避させた状態での大気燃焼試験、および真空槽に大気開放拡散筒を結合して行う真空燃焼試験の両方に対応する。主要付帯設備として、150m³ 横型冷却水槽、15ton・2 連天井走行クレーン、計測・操作・電源系準備室、実験班控室等が完備しており、1982 年の完工以来今日まで、様々な固体ロケットモータの燃焼試験が実施されてきた。また、同真空設備の大容量と構造上の利点を生かして、ペネトレータ貫入実験等、様々な理工学実験にも活用されている。

大型固体ロケットモータ大気燃焼試験設備 (大型大気燃焼試験棟)

M-V 型ロケット開発計画の始動に呼応して、総重量 82ton、薬量 71.7ton、推力約 400ton、可動ノズル推力方向制御装置装備の第 1 段モータ M-14 の地上燃焼試験を行うための大型大気燃焼試験設備の建設工事が 1990～1992 年の 3 年度にわたって行われ、1992 年 6 月に完工した。同設備は基礎、懸垂式テストスタンド設備、計測・操作・電源系準備室より構成され、試験準備作業中はテストスタンドを覆う固定及び移動ドームにより供試モータを屋外気象条件から保護する。テストスタンドから約 30m の距離に基礎と一体化して設置された耐火コンクリート製火炎偏向盤により、排気ブルームを上空に偏向、拡散させて隣接海域の汚染を予防する。

付帯設備として、一級火薬庫、危険物保管庫、火工品操作・接着剤調合室建屋がある。

30m³ 液水貯槽／20m³ 液酸貯槽

1979 年に設置された容量 10m³ の液化水素貯槽に代わり、2015 年に容量 30m³ の大型液化水素貯槽が設置された。本貯槽は、真空二重構造の断熱に加え、輻射熱を抑制する多層断熱 (スーパーインシュレーション) の採用によって、1 日あたりの蒸発率 0.5% 以下という優れた断熱性能を有する。このため、貯槽内の液化水素を数か月にわたって保持し、各種実験に供給することが可能となっている。本貯槽は、蒸発器による 0.5MPa までの自己加圧能力を持ち、1 時間に最大 20,000L の液化水素を送液することができる。各試験設備への送液は、第 2 計測室に設置された操作盤から遠隔で行うことができる。2017 年には、老朽化のため休止していた液体酸素供給設備を更新し、容量 20m³ の液化酸素貯槽を設置し、再使用ロケット実験機 RV-X の地上燃焼試験に利用されている。2019 年には液化水素貯槽を拡張して大規模水素供給技術実証用試験設備が整備され、様々な液体水素供給技術試験に活用されている。

極低温推進剤試験棟

推力 7～10ton 級液酸・液水ロケットエンジン用のターボポンプを試験する設備として 1977 年に設置された設備である。2011 年～2015 年にかけて老朽化配管等を段階的に更新し、現在では、液体/ガス水素、液体/ガス酸素、液体/ガス窒素、液体/ガスヘリウムを利用可能な汎用実験設備として再整備されており、液体水素の熱流動に関する基礎研究や、液体水素を冷媒とする超電導技術の研究に利用されている。

1989 年にはエアターボラムジェットエンジン (ATREX

エンジン) を試験するためのテストスタンドが設置された。ここでは液化水素を最大 6MPa に加圧してジェットエンジンに供給することができる。テストスタンドには、試験準備作業時の防風雨対策として、移動可能なドーム(7m×8m)が設置されており、燃焼試験時には開放状態にして使用する。また、この設備は高温高压空気供給設備(タンク最高圧力 1.5MPa、容量 6m³、1993 年製造)を保有している。プロパンガスを燃料とした熱容量型蓄熱方式によって最高温度約 1000℃ までの空気を 0.4kg/s の流量で、常温空気であれば 1.2kg/s まで、流すことができる。この設備を利用し、液体水素を冷媒とする熱交換器の性能試験を実施することができる。

ヘリウム回収・昇圧設備

使用済みの低圧カードル(あるいはボンベ)からヘリウムガスを回収し、別の使用済みカードル(ボンベ)に補充するための設備である。昇圧装置はエア駆動の 2 段式圧縮機より構成されており、1 段目で 8.8MPa まで圧縮し、更に 2 段目の圧縮機で 29.4MPa まで昇圧することができる。本設備は 554Nm³/day の回収・充填能力を有している。

超高压液化水素供給設備

液体水素をポンプによって 90MPa まで昇圧し供給する設備である。昇圧後に熱交換器で昇温した水素と低温水素を混合することで、常温以下の任意温度に調整して供

給する機能も有している。本設備は、水素ステーションの規制適正化に関する NEDO 事業実施のために 2017 年に設置されたもので、水素設備からの漏洩事故を模擬した微小な穴(ピンホール)から噴出する水素ガスの拡散挙動や着火した場合の火炎長、爆風圧、熱輻射等、事故や災害防止に向けた安全基準策定に必要な物理的な根拠等を取得した。NEDO 事業終了後、本設備は NEDO から JAXA に無償譲渡され、超高压水素機器(継手やバルブ、センサ等)の開発試験に活用されている。

計測設備

主要な建物間、部屋間に同軸(BNC)・キャプタイヤ(6 芯シールド多治見 7 ピン)ケーブルが敷設されていて、中継盤(コネクタは雌)が用意されている。

各種試験に汎用的に使用される装置として、動歪みアンプ(80 台 80 チャンネル)、直流アンプ(10 台 20 チャンネル)が用意されている。また、アンプとセンサの接続用に K 型補償ケーブル・キャプタイヤ(6 芯シールド多治見 7 ピン)ケーブルが用意されている。

無線／有線指令電話設備、場内放送設備

スタンド点、プリアンプ室、第 1、第 2 計測室、総務室など離れた建屋間の指示・指令として、有線指令電話、無線指令電話が活用されている。また、実験場全体への周知を目的として場内放送設備、個別内線電話によるページング機能が利用できる。

b. あきる野実験施設 (Akiruno Research Center)



あきる野実験施設

あきる野実験施設は、ロケット・探査機搭載推進系に関わる基礎的・教育的実験研究を継続的かつ発展的に推進するための付属施設として、1998 年 11 月に開設された。施設には、東京都あきる野市菅生の自然林に囲まれた山間の約 2,000 m² の敷地に、建築面積約 500 m²、延床面積約 700 m² の鉄筋コンクリート造 2 階建の総合試験棟が設置されている。容量 2ton・2 連の天井走行クレーンを備えた床面積 260 m² の耐爆試験室は 3 階建相当の天井

高を持ち、これに隣接する 2 階建部分の試験準備室建屋の 1 階には、試料準備室、機械加工・試験機器機材保管室および試験管制・計測室が、2 階には化学実験室、小会議室を兼ねた研究室および人員控室が設けられており、厚生設備として各階に洗面所、2 階に給湯・洗濯・入浴設備が完備されている。近年に実施を受け入れた代表的な実験研究課題は以下の通りである。

- ・固体ロケット・固体推進薬の燃焼に関する研究
- ・ハイブリッドロケットの燃焼に関する研究
- ・2 液系(亜酸化窒素・エタノール)無毒液体推進系の研究
- ・軽量ノズルの耐熱特性に関する研究
- ・推進系統合型燃料電池技術に関する研究
- ・触媒反応型亜酸化窒素スラスタに関する研究
- ・電気化学ハイブリッドスラスタに関する研究

以上のように、宇宙推進に係る多岐にわたるテーマの基礎実験が実施されている。

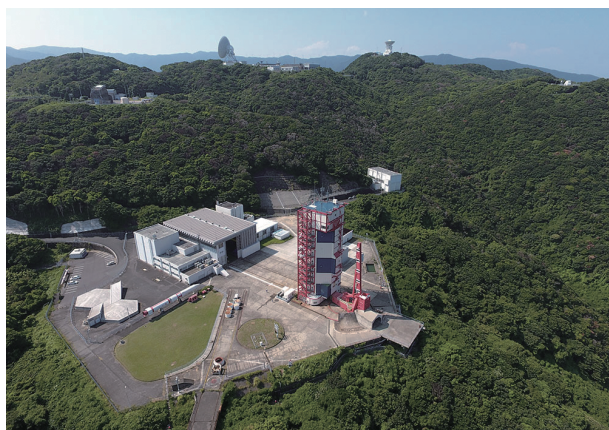
一方、JAXA 内部のプロジェクト支援を行う拠点としての機能も有している。例えば、OMOTENASHI の固体モータの機能試験、イプシロンの補助推進系や主モータ点火器の機能試験、観測ロケット実験向けの搭載機器(リ

チウム噴射装置)の開発, 火星衛星探査機用ヒートシールドの機能試験などの研究開発実績がある。

主に, 化学反応を伴う様々な技術開発における小規模

サイズの基礎試験を実施する拠点としての機能を有する施設として一定水準の稼働率で運営されている。

c. 内之浦宇宙空間観測所 (Uchinoura Space Center)



内之浦宇宙空間観測所 M台地



34m アンテナと 20m アンテナ (衛星追尾)

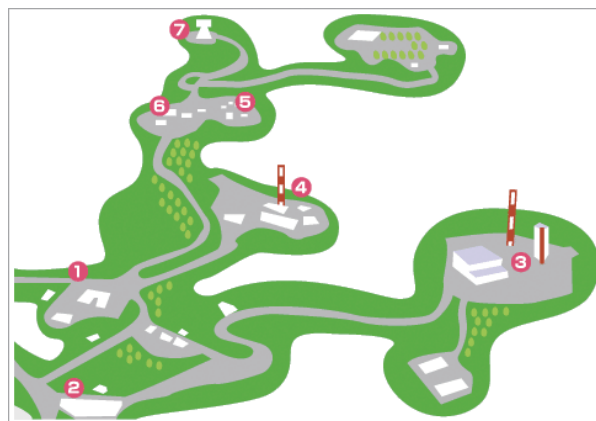
【宇宙輸送技術部門/追跡ネットワーク技術センター所属】

観測ロケット及び衛星打上げとその追跡データ取得のための実験場で, 1962 年 2 月に開設された。観測所は鹿児島県の東南岸, 肝付町の太平洋に面した長坪, 宮原地区にあり, 丘陵地を切り開いて造成された数個の台地で構成されている。観測ロケット打上げのための KS 台地と, イプシロンロケット打上げのための M 台地の二つの発射場, 観測ロケットの発射管制のためのコントロールセンター, イプシロンロケットの発射管制のためのイプシロン管制センター, ロケットからのテレメトリ受信及びロケットを追跡し飛翔経路を測定するレーダテレメータセンター, 衛星の整備調整のためのクリーンルーム, 衛星の追跡データ取得のための 34m・20m アンテナなど各種の施設・設備がおかれている。敷地総面積約 70ha, 建物数 42, 棟建屋延面積 16,117m²となっている。

尚, 科学衛星運用設備は, 追跡ネットワーク技術センター管轄となっている。

宇宙科学資料館

ロケット, 人工衛星, 宇宙観測器, 実験場設備などの実物, 模型あるいは写真を展示し, 広く一般の方々に宇宙探求の理解を深めてもらう目的で建設されたものである。



- | | |
|---------------------------|------------|
| 1. 管理棟 | 2. 宇宙科学資料館 |
| 3. M台地 | 4. KS 台地 |
| 5. コントロールセンター台地 | |
| 6. テレメータセンター台地 (34m アンテナ) | |
| 7. 気象台地 (20m アンテナ) | |

イプシロンロケット関係設備

長坪地区の M 台地にはイプシロンロケットの各段を組み立てる M 組立室及び, 全段結合と発射を担う M 型ロケット発射装置 (イプシロン対応) が設置されている。一方, 宮原地区には, 発射管制や発射までの衛星の状態監視等を行うためのイプシロン管制センター (ECC) と, ECC での作業支援のためのイプシロン支援センター (ESC) が設置されている。

この他に, ロケット組立, 運搬用の可動式の門型クレーン, 動作チェック時等に外部より搭載機器に対し, 適切かつ安全に電力を供給する電気系射場点検取扱設備, ヒドラジンを取り扱うためのスクラバ・ベントスタック, 作業者が着衣するスケープスーツなどへの空気呼吸器システム, 電源遮断を含むガス検知器警報システム, 高圧窒素ガス製造整備等が長坪地区に設置されている。

観測ロケット関係設備

長坪地区の KS 台地には S-520 型ロケット, S-310 型ロケット, 及び, 2 段式の SS-520 型ロケットの打上げ用設備として, S-520 ランチャ, 観測ロケット発射装置, 中型ランチャ (休止中) のランチャ 3 機他, KS ロケット用天蓋開閉式発射保護装置, 半地下室に観測ロケット点火タイマ管制装置, コントロールセンター台地の計算機室に KS 用発射管制司令装置が設置されている。

ロケット系共通設備

宮原地区には、観測ロケットの飛翔経路の精密標定と誘導制御や各種実験等に用いる指令信号を送信する機能を有する宮原精測レーダ（C帯）、並びに、観測ロケット、イプシロンロケット、H-IIA、H3 ロケットのテレメータ電波の受信に使用するテレメータ受信設備（11m アンテナ）が設置されている。

この他、観測所内各所には作業状況やロケットの発射状況を監視、記録する ITV 装置、時刻信号（標準時刻、X 時刻等）の発生と、関連する発射管制装置への配信を行う時刻装置、雷検知装置（コロナム）、各種ロケット系射場連絡及び衛星運用連絡用の射場管制・運用連絡用音声システム（指令電話）、観測ロケットの打上げを記録する光学観測装置、発射されたロケット機体の位置座標を計測する射点近傍光学式位置計測システム、WSS（ワイヤスカイスクリン）、PTP 通信システム、ネットワーク機器等が設置されている。

宮原 11m 科学衛星運用設備

宮原地区のテレメータ受信設備（11m アンテナ）は、科学衛星運用にも用いられており、科学衛星データ受信、復調装置、科学衛星コマンド送信装置が整備されている。

20m 科学衛星運用設備

長坪地区の気象台地には、20m φ パラボラ空中線装置が設置され、主として地球周回衛星の追跡用として使用されている。衛星からの S 帯、X 帯信号によるアンテナ角度の追尾、S 帯コマンド送信 10kW が可能である。この他、地球周回軌道に打ち上げられる科学衛星の追跡受信

に用いられる科学衛星追跡用 S/X 帯送受信設備、衛星運用に必要な指令信号の編集、送出、照合を行う科学衛星管制装置が整備されている。

34m 科学衛星運用設備

長坪地区のテレメータセンター台地には、主鏡 34m φ、S 帯捕捉送信用 2m φ、X 帯捕捉送信用 1m φ、X 帯捕捉送信用 0.8m φ のパラボラアンテナ系で構成される科学衛星追跡用大型アンテナ設備が設置されている。アンテナの自動追尾は S/X 帯受信周波数で行い、同時に Ka 帯の受信機能を有している。送信周波数帯域は S 帯と X 帯である。主に高速データを必要とする科学衛星に用いる。また、送信設備、受信復調復号装置、距離計測装置、試験較正装置、局、及び衛星運用管制装置等で構成され、通常は高速データレートを必要とする科学衛星や、惑星探査機等の追跡運用に用いる S/X 帯追跡管制設備も整備されている。

本設備は、臼田 64m アンテナのバックアップ機能を合わせ持つ。

科学衛星運用 共通設備

科学衛星を運用するために、相模原キャンパスと筑波宇宙センターと内之浦宇宙空間観測所とは専用回線で結ばれ、衛星軌道予報値の受信とレンジデータ/レンジレートデータ/設備制御データの伝送を行うほか、科学衛星のテレメトリの伝送も担当するデータ分配・蓄積装置、共通 QL 装置が整備されている。さらに、M 台地には、クリーンルーム、クリーンブース、衛星チェックアウト室が設置されている。

d. 臼田宇宙空間観測所（Usuda Deep Space Center）



臼田宇宙空間観測所（臼田エリア、美笹エリア）

1. 臼田宇宙空間観測所

臼田宇宙空間観測所（UDSC）は、わが国最初の深宇宙探査機であるハレー彗星観測ミッション、「さきがけ」、「すいせい」を支援するために整備された 64m 地上局

（Usuda64）の建設とともに 1984 年 10 月に宇宙科学研究所（当時）の元に当時の長野県臼田町（現在佐久市）に設置された観測所である。2021 年度で 64m パラボラアンテナは建設から 37 年が経過しており、その設計寿命を大

幅を超えている。その故障による探査機のミッションが途絶えることを避けるため、2015年度より、54m パラボラアンテナを持つ美笹深宇宙地上局 (MDSS: Misasa Deep Space Station) の開発が開始された。MDSS は 2020 年度に完成・立ち上げ試験を終了し、2021 年度からは探査機の実運用を開始している。臼田宇宙空間観測所は、2003 年の JAXA 発足により、現在の JAXA 追跡ネットワーク技術センター所管となっている。UDSC にはほかに、世界初のスペース VLBI プロジェクトである「はるか」プロジェクトを支援した 10m アンテナ、GNSS (Global Navigation Satellite System) 用アンテナ、搭載用スターセンサ実験設備が設置されている。また、UDSC から南方の 64m 立ち上げ初期に使用されたコリメーション設備 (アンテナ試験設備) が、観測所南方の佐久穂町にある八柱山の山頂に設置されている。

2. 深宇宙用地上局の役割と特徴

宇宙機のプロジェクトを支援する地上局の主な役割は a) 宇宙機との通信、つまり宇宙機に支持を送り、宇宙期から送られるデータを受信する。b) 宇宙機の軌道を推定するために必要な、天球上の位置、測距および相対速度のデータを取得する。宇宙機の時刻管理も含まれることがある。c) 地上局の通信設備を使った科学観測。(送信波を使った惑星大気を含む宇宙空間の測定、天文学など) である。支援するミッションは、要求される技術の違いから、深宇宙ミッションと近地球ミッションに分けられる。深宇宙ミッションは地球から、2,000,000km 以遠で運用されるものを深宇宙ミッションと呼ぶ。月や、天文衛星で使われている、L2 (太陽—地球系の Lagrange point #2) や L1 までは近地球ミッションとなる。深宇宙ミッションは典型的には惑星空間を飛行するものがほとんどで、実際には数天文単位 (1 天文単位=150,000,000km) の距離となる。たとえば、静止衛星の高度は 36,000km に対して、約 2.4 天文単位 (3.6 億 km) の距離にある探査機は静止衛星より約 1 万倍遠い。電波の強度は距離の 2 乗で弱くなるので、送信する信号も受信する信号も、約 1 億分の 1 の弱さになる。そのために、できるだけ大きなアンテナで弱い電波を受信し、さらに高出力の電波で宇宙機に届くよう指令を送信しなければならない。また、遠距離にあるために、指示を送ってから応答を確認するまでに、数 10 分以上の時間がかかったり、遠距離で必要な軌道決定精度を得るために、測定装置の時刻精度が原子時計並みのものが必要となったり、さらにアンテナの設置精度がセンチメートル程度必要となったりと、近地球衛星の地上局に無い多くの性能要求がある。それらが UDSC の地上設備には整備されている。

3. UDSC に整備されている各装置

1) Usuda 64

Usuda64 は、口径 64m のビーム給電式カセグレン型パ

ラボラアンテナである。宇宙機運用は、S 帯 (送信 2.0 GHz, 受信 2.2 GHz), X 帯 (送信 7.145-7.235 GHz, 受信 8.4-8.5 GHz) に対応している。4 つの給電部 (ホーン) を持っており、宇宙機運用には、その中の 1 つの S 帯 X 帯共用ホーンが使われている。残りの 3 つは、建設当初運用で使われていた実験用の S 帯/X 帯共用ホーンと、X 帯受信専用ホーン、「はるか」プロジェクトで整備された L 帯 (1.35-1.75GHz), C 帯 (4.6-6.7GHz) の受信専用ホーンが整備されている。アンテナは駆動範囲が、方位角が北を 0 度として、-90~450 度、仰角が 7.5~90 度の範囲で駆動し、駆動速度は 1 秒あたり 0.3 度である。指向精度は約 0.003 度 rms で、仰角軸支持部の重力、熱、日射による変形の影響を避けるために、マスターコリメータ方式を採用している。また、当初の Usuda64 の試験のために、コリメーション設備が八柱山に整備され、そのエリアは、後述の 10m アンテナの試験時にも使用された。



臼田 64m 地上局と研究棟、10m アンテナ

受信用の初段低雑音増幅器はガスヘリウム冷却式により物理温度約 10K (-263℃) に冷却された HEMT LNA を使用している。受信機 (復調器) は、信号復調方式は、PCM/PSK/PM または PCM/PM で、リードソロモン/畳み込み接続符号、TURBO 符号に対応している。また、高出力送信機は、X 帯については、最大送信出力 23kW であるクライストロン管を使った高出力増幅器 (HPA) を使っている。HPA に必要な高出力電源装置および水冷による冷却システムも装備している。信頼性をあげるため、2005 年 3 月に、送信設備を新たに追加整備し、2 台の冗長構成となっている。測距方式として、探査機側で受信した測距信号を折り返す従来型と探査機側で測距信号を再生して折り返す再生型の 2 種類の測距方式に対応している。従来型および再生型は、コード内容は異なるがともに積分型の組み合わせ PN コード方式による測距方式であり、最高 99 回まで連続計測可能である。ドップラ計測は、インテグレートドップラ計測方式により最大 $\pm 30\text{km/sec}$ まで測定が可能である。また、探査機までの往復時間を必要な精度で測定するために、時刻周波数設備において原子時計 (水素メーザ) を採用し、周波数安定度約 10^{-16} の超高安定周波数基準信号を供給している。S 帯送受信測距設備については、深宇宙に対応した帯域

がS帯での廃止後も Usuda64 にはデジタル型 S 帯送受信測距設備が導入されている。S 帯は GEOTAIL 衛星運用で使われていたが、近地球衛星と定義される SLIM 等の将来の月ミッションにおいても使われる予定である。

64m アンテナの X 帯受信専用給電部には、運用で使われている S 帯/X 帯給電部より広帯域、低雑音を実現したヘリウム冷却の低雑音増幅器 (LNA) が搭載されており、システム雑音温度 25K、観測帯域 8.2-8.7 GHz を実現している。また、L 帯/C 帯給電部には右旋、左旋の両円偏波同時受信可能な LNA が接続されている。これらは、世界初の本格スペース VLBI 衛星「はるか」と共同観測するために整備された LNA で、現在は主に天文観測に利用されている。さらに L 帯、C 帯に加え、運用で使える S 帯 X 帯も含めた各信号は共通の IF (Intermediate Frequency 中間周波数) に変換され、研究棟に送られ、VLBI 用の記録装置で A/D 変換後にデジタルデータとして記録することが可能となっている。この経路および VLBI 用の記録装置によって、軌道決定精度を向上のため行われている DDOR 測定や「あかつき」による電波科学観測 (探査機からの送信信号を太陽コロナや金星の大気を通るタイミングで受信、記録し解析することにより、太陽プラズマや金星の大気を探ることができる。) が行われている。この記録装置で得られたデータは、信号の分光観測も可能で比較的簡単に高分散 (たとえば R が、1,000,000 以上) 分光観測可能であり、これら装置でパルサー観測や、宇宙からのスペクトル線放射 (1.6 GHz 帯 OH ラジカルからのスペクトルなど) の天文観測も行われている。L 帯/C 帯受信部、IF 系および VLBI 用記録装置は宇宙科学研究所によって維持管理されている。

64m アンテナは「さきがけ」、「すいせい」のハレー彗星探査ミッションに始まり、「ひてん」、GEOTAIL、「のぞみ」、「はやぶさ」、「かぐや」、Procyon、IKAROS の宇宙機運用を行ってきた。また、「はるか」計画では、送受信は後述の 10m アンテナで行っていたが、衛星と一緒に天体を観測する電波望遠鏡として Usuda64 が使われた。2021 年度は、金星探査機「あかつき」および小惑星探査機「はやぶさ 2」の運用を主に行っている。頻度は多くないが、BepiColombo 計画により「みお」とともに水星へ向かっている MPO のデータの受信も行なわれている。



MDSS 54m 地上局

2) MDSS

MDSS は、宇宙科学研究所にて開発が行われていたが、2020 年度で開発は完了し、2021 年度初めにプロジェクトチームも解散し、維持管理は追跡ネットワーク技術センターに引き継がれているため、本報告では 2021 年度からここで報告する。MDSS は設計寿命を大幅に超えた Usuda64 が長期運用停止に陥った時に深宇宙ミッションの中止の事態に起きることを回避するために Usuda64 の後継地上局として建設された。すでに、「はやぶさ 2」、「みお」については、宇宙機開発が終了していたため、これらの宇宙機に対する、Usuda64 での性能、機能を維持できることが要求されており、X 帯については Usuda64 の機能を引き継いでいる。さらに、「はやぶさ 2」で搭載されている Ka 帯伝送システムに対応するため、Ka 帯 (31.8-32.3GHz) の受信設備も整備されている。一方、S 帯は、当時 JAXA で想定されている深宇宙の宇宙機で使うミッションが無かったため整備されていない。

アンテナの口径は 54m と Usuda64 より小さいが、アンテナの最新光学系設計を取り入れ、鏡面精度の向上、システム雑音温度低下を進めることにより、設計上は Usuda64 より同等の性能が得られる予定であったが、さらに良い性能のアンテナおよび低雑音 LNA が製作されたため、インテグレーション試験において計測した結果、X 帯において Usuda64 より、送信性能で同等以上、受信性能で 2 倍を超える性能の地上局となっていることが示されている。また、Ka 帯の性能も仕様値を大幅に上回る性能となっている。X 帯と Ka 帯は周波数選択鏡面によって、反射波は X 帯の給電部 (ホーン)、透過波は、Ka 帯の給電部に導かれ、X 帯、Ka 帯の右旋円偏波、左旋円偏波それぞれが同時に受信できるようになっている。

アンテナの指向精度は、0.002 度 rms、駆動速度は、仰角方位角ともに 1 秒当たり 1 度の速度となっている。アンテナの局位置精度は、開発時は GNSS アンテナ + コロケーション方法で決定され、VLBI による測地観測により維持管理されている。S 帯が受信できないため、Usuda64 のように一般的な S/X 帯の測地 VLBI による測定ができないため、NASA と協力し、X/Ka 帯同時測定ができる NASA DSN34m 局との VLBI 観測により局位置を要求精度 3mm 以下にて維持管理していくこととしている。

高出力増幅装置は、新規に開発された SSPA (Solid State Power Amplifier) ベースの増幅装置が整備された。1 素子あたり 125W 出力の GaN 半導体増幅器を 384 個使い、出力信号を導波管で合成して出力信号を作る。合成後の出力端では、30kW の出力が得られているが、給電部の I/F 点で約 20kW となっている。また、Ka 帯低雑音増幅器は、宇宙科学研究所内にて開発され整備された。

受信機 (復調器) や、VLBI 観測装置も Usuda64 と同等のものが整備されている。Ka 帯については、一旦 X 帯に変換されたのち X 帯の復調器にて復調されるため、現在 X 帯、Ka 帯の同時復調はできない。VLBI 観測装置につ

いては、X, Ka 各低雑音増幅器から信号を分岐し、オープンループ記録装置系において VLBI 記録装置を接続している。

2021 年度からは、主に「はやぶさ 2」の運用が行われているが、そのほか BepiColombo の MPO、および NASA の木星探査機の Juno の運用が行われている。また、2021 年度から、信頼性を向上するための整備が追跡ネットワーク技術センターで進んでおり、冗長系の整備、補用品の確保、バックアップ電源（NAS 電池）の整備などが行われている。さらに、L2 ミッションからのデータ受信のための K 帯（25.5-27.0 GHz）での広帯域データ受信設備の整備も行われている。

3) 10m アンテナ

世界初の本格スペース VLBI 衛星「はるか」において、地上局として 1995 年に整備された。当時はアップリンク 15.3 GHz、ダウンリンク 14.2 GHz で運用され、128Mbps のスペース VLBI データの伝送や、位相リンク実験に成功した。その後、さまざまな宇宙科学の実験用のアンテナとして使われており、2017 年度には気球 VLBI 実験のために、K バンド（19.5 – 23 GHz）の整備が行われ、地上局間での VLBI 実験には成功したが気球 VLBI 実験は放球時の条件がそろわず、2021 年度時点でまだ行われていない。

また、2019 年 1 月に打ち上げられた革新小型衛星 1 号機（RAPIS-1）との実験のために X 帯冷却 LNA とその受信システムが整備され、2019 年度に X 帯広帯域データ伝送実



白田 10m アンテナ

験が行われた。その結果、256APSK 変調により、3.3Gbps のデータ伝送が X 帯で成功するという成果を上げている。

5) スタートラッカー試験設備

UDSC では星が良く見えるため、宇宙科学研究所時代に姿勢制御グループにより、宇宙機に搭載するスタートラッカーの開発のための試験設備が設置された。その設備は 2021 年度も研究開発本部により維持管理されている。

6) GNSS 受信設備

UDSC には、NASA が整備した受信装置が設置されており、IGS（International GNSS service, <https://igs.org/>）に登録されている。MDSS においても GNSS アンテナが JAXA の第一宇宙技術部門で整備され、IGS への登録も行われている。

4. 広報・施設見学

UDSC では、10:00 – 16:00 の時間帯で施設内の一部を公開している。また、見学者向けの展示館も設置されている。2021 年度は展示館については、コロナの対応ができていなかったために非公開としていたが、2022 年 4 月からは再開している。美笹エリアに関しては、施設内への公開は行っていないが、道路わきにある見学者用駐車場から MDSS を見ることができる。なお、冬季（11 月から 4 月）にはアクセス路は凍結した坂道になり危険であるために Usuda64 側の施設見学は休止しているため、冬季は JAXA の広報関係の HP での確認が必要である。また、美笹エリアへのアクセス路である蓼科スカイラインは佐久市により冬季（通常は 11 月から 6 月）は閉鎖されるので佐久市の HP で確認が必要である。

e. 大樹航空宇宙実験場（Taiki Aerospace Research Field）



大樹航空宇宙実験場全景

大樹航空宇宙実験場（TARF）は、北海道広尾郡大樹町と JAXA の間で締結された連携協力協定に基づく連携協

力拠点として、大樹町多目的航空公園内におかれている。1997 年に北海道大樹町と旧航空宇宙技術研究所（現 JAXA 航空本部）との間で大樹町多目的航空公園の利用に関する協定が結ばれ、実験用航空機を用いたさまざまな飛行実験が始められた。2001 年から 2004 年には成層圏プラットフォーム定点滞空飛行試験を行うために大樹町、JAXA 及び通信総合研究所（現 情報通信研究機構）により航空公園の拡張と施設の整備が行われた。

2008 年からは、1971 年から岩手県大船渡市の三陸大気球観測所において実施していた大気球による宇宙科学実験を大樹町多目的航空公園にて実施することになり、大気球指令管制棟およびスライダー放球装置等を設置した。より広範な航空宇宙実験を円滑に実施していくために大樹

町との連携強化が必要とされることから、2008年に連携協力協定を締結し、JAXAの実験施設のおかれるエリアを「大樹航空宇宙実験場」と称することとした。大樹航空宇宙実験場は航空技術部門などとの調整により年間を通じてJAXAなどによる効率的な実験実施に供されている。

大気球指令管制棟

大樹航空宇宙実験場において大気球実験を実施するために2007年度に建設された、地上4階の建屋および屋上に設置された地上高35mの鉄塔からなる。鉄塔最上部に主系送受信アンテナが、建屋屋上に副系受信アンテナが設置されている。天井高約12mの気球組立室をはじめ、観測器準備室、放球指令室、受信管制室、会議室など20以上の部屋があり、観測器の組立調整等を容易に行うために、気球組立室に2機、観測器準備室に1機の2ton天井走行クレーンを設置している。三陸大気球観測所では放球台地、受信台地、大窪山受信点の3か所に分散されていた諸機能が全て大気球指令管制棟内に集約されたため、総床面積（約1,200m²）は三陸大気球観測所とほぼ同じであるが、より一層効率的な実験運営が可能となっている。

大気球指令管制棟内にはJAXA標準ネットワークと観測データ配信システムが敷設されているとともに、気球実験準備作業や放球作業の安全かつ円滑な実施に不可欠な視覚的な情報共有を目的とした実験監視システムが構築されている。大気球指令管制棟内やJAXA格納庫内、実験場屋外に設置された計10台のハイビジョンデジタルカメラ（うち屋外の2台は夜間作業時にも鮮明な映像を得られる近赤外線カメラ）からの映像は棟内放送設備により大気球指令管制棟内に設置されたすべてのモニターで共有できる。

遠距離長時間追尾受信設備

気球から送信されるテレメトリ電波を受信し、観測データを得ると共にコマンド送信装置を併用して測距を行い、気球の航跡計算、表示を行う気球追尾受信システムである。直径3.6mのパラボラアンテナ（主系）、直径1.8mのパラボラアンテナ（副系）、自動追尾受信装置、復調装置、データ記録装置、コマンド変調装置、コマンド送信装置、測距装置及び非常用電源装置などから構成されており、大気球指令管制棟に設置されている。主系アンテナ、副系アンテナにおいて受信された信号は中間周波数へと変換されて受信室へと伝送されており、それぞれに接続された二台のテレメトリ用受信機と一台のITV用受信機によって同時に三周波の受信が可能である。

さらに、2017年度からは、大樹航空宇宙実験場敷地内に3式目のパラボラアンテナ（直径1.8m）ならびに関連

諸設備を設置し、高高度を飛翔する大気球から供試体を切り離して降下中に実験を行うような理学観測、工学実証に対してもより優れた実験環境を整備した。

コマンド送信装置の制御方式はFSK方式が用いられている。測距装置は2波の正弦波をコマンド回線及びテレメトリ回線を経由して往復させ、300m以下の精度で気球までの直距離を計測する。データ記録受信信号を記録する装置を有している。瞬時及び長時間の停電に対応するために、非常用電源装置としてUPS（無停電装置）及び55kVAの水冷ディーゼル発電機を備えている。

また、気球追尾受信可能範囲を放球点の見通し圏外まで拡大するための海上コンテナに収納された移動型追尾受信システム3式を整備し、国外気球実験での長時間飛翔実施にも対応している。直径1.8mのパラボラアンテナ、自動追尾受信装置、復調装置、データ記録装置、コマンド変調装置、コマンド送信装置、測距装置及び自家発電装置等を積載している。本システムは、気球からのデータ収集及び気球へのコマンド制御を、インターネットを経由した遠隔操作で行うことができる。

大気球放球設備

総重量1トン以上の搭載機器を高高度に打ち上げるために、全長100m以上の大型気球に1トン以上の総浮力を得るためにヘリウムガスを注入し、地上風等のさまざまな気象条件に対応しながら安全に放球を行うための大気球実験に特化した設備で、日本特有のセミダイナミック放球を実現するスライダ放球装置、ヘリウム充填装置などから構成される。

スライダ放球装置は、観測器を保持、開放する放球装置台車及び気球頭部を保持、開放するローラー台車から構成される世界でもユニークな大型気球放球装置である。気球に充填した浮力（3トン未満）を保持したまま、2台の台車が同じ速度でレール上を同期走行し、JAXA格納庫内でガス充填された気球を屋外に引き出して放球できる。

ヘリウム充填装置は減圧器を用いた充填装置ではなく、流量調節弁による大気開放型の充填装置である。装置は小型・軽量化され、操作も簡単化されている。流量調節弁は電流コントロールにより遠隔操作でき、ガス充填者が気球の状態を見ながら充填流量を操作できる。充填口は独立に二系統あり、気球の二つの注入口から同時に充填可能で、充填時間が短縮できる。

その他、気球を安全・確実に放球するために地上から200m程度までの地上風の風向・風速を等間隔に連続測定するドップラ音波レーダ装置や、放球時、着水時の大樹航空宇宙実験場周辺海域の海上保安を確保するための海上監視レーダを設置している。

3. おもな研究設備

a. 大学共同利用設備

設備	構成要素	概 要
高速気流総合実験設備	超音速風洞	<p>高速気流総合実験設備は ISAS/JAXA プロジェクトにおける高速飛翔体の開発研究に供されると共に、全国の大学共同利用施設として学術研究にも広く利用され、国内における空気力学研究の拠点となっている。本設備は超音速風洞と遷音速風洞から構成され、宇宙科学・探査ロードマップにおける「宇宙工学分野の将来構想」に対応した次の 3 つのカテゴリの高速飛翔体研究を推進している：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) ロケットやサンプルリターンカプセルなどの JAXA プロジェクトに関連する空力設計ならびに開発試験。 2) 将来の ISAS/JAXA プロジェクト化を目指した戦略的宇宙工学研究。具体的には、「重力天体への大気突入・降下・着陸技術、地球帰還および目標天体における EDL 技術」ならびに「高頻度繰り返し運用が可能な再使用ロケット／サブオービタル飛行」研究。 3) 高速飛翔体研究における大学共同利用機関として、大学との共同研究として、風洞計測技術等の基盤技術や、「将来型宇宙輸送システム」のための萌芽的研究。
	遷音速風洞	
	空気源	
	貯気槽	
惑星大気突入環境模擬装置		<p>惑星大気突入環境模擬装置は、アーク加熱されプラズマ化した気流によって惑星突入時の高加熱率を模擬できる高エンタルピー風洞であり、太陽系惑星等からのサンプルリターンカプセルの地球帰還時等の高速大気突入環境を模擬できる世界有数の設備として宇宙研に設置されたものである。</p> <p>これまでに、はやぶさシリーズの帰還カプセル熱防護材の開発の中心となったほか、今後計画されているサンプルリターンカプセルに用いられるべき革新的な熱防護材料の研究開発に使用されるものである。</p> <p>また本設備は、大学共同利用設備として、多くの大学の研究に使用され、最先端耐熱材料の開発や地球外物質の分光測定等を通じた研究等、様々な先端研究成果を生み出している設備である。</p>
惑星風洞		<p>惑星環境風洞設備は低速の風洞設備で、真空排気装置により大気圧下の試験が可能である。本設備は①イプシロンロケットなどプロジェクトにおけるシステム設計や開発試験、②再使用ロケットや火星飛行機など将来のプロジェクト化を目指した戦略的宇宙工学研究、③装置を管理する宇宙飛翔工学研究系の各研究室の流体力学的研究および大学との共同研究、を目的として使用されている。これらは宇宙科学・探査ロードマップの「宇宙工学分野の将来構想」における、「重力天体への大気突入・降下・着陸技術、地球帰還および目標天体における EDL 技術」、「再使用型軌道宇宙輸送技術」に対応する。また大学との共同研究により、流体力学研究や惑星環境研究など幅広いコミュニティとのつながりを持って研究を行うと共に、人材の教育及び学生の研究の場としての役割も持つ設備である。</p>
スペースチェンバー実験設備	大型・中型・小型スペースチェンバー	<p>スペースチェンバー実験設備は、宇宙環境を地上で模擬し、宇宙空間に生起する現象を再現した研究、および現象を観測するための機器開発、人工衛星等への搭載を目指した機器開発を行うことを目的としている。これらは宇宙科学・探査ロードマップに記載された科学衛星および惑星探査プロジェクトに密接に関連し、近未来のミッション用の搭載機器開発のための基盤となる設備である。</p> <p>近年では、超高層大気や電離圏および磁気圏のプラズマを観測するための測定器開発、宇宙空間に生起する様々な大気・プラズマ現象に関するシミュレーション実験、将来宇宙機に搭載することを目的とした革新的宇宙航行システムの開発等に本設備が用いられている。</p> <p>小型振動試験機は飛翔体搭載用のコンポーネントレベルの比較的小さな供試体を振動試験・衝撃試験に供するための装置で、簡単に操作できる点が特徴である。</p>
	高密度プラズマ発生装置	
	低エネルギー荷電粒子計測器校正装置	
	先端プラズマ推進実験用チャンバ	
	小型振動試験機	

超高速衝突実験施設	横型飛翔体加速器	超高速衝突実験施設は超高速衝突現象を模擬するための大学共同利用実験施設であり、基礎的な宇宙工学・理学の研究開発から実際の搭載機器開発のため実験・試験を行い、科学的成果を創出することを目的としている。本設備は、はやぶさ2・BepiColombo・EQUULEUSなどのミッションにおける機器開発に使用され、将来計画として検討中の深宇宙探査（DESTINY+・火星衛星探査計画（MMX））の実現のためにも使用される。超高速衝突実験施設を使用して得られた科学的成果により、宇宙、物質、太陽系、生命の起源について理解を深化させ、新たな観測機器の開発を推進させている。
	縦型飛翔体加速器	
宇宙放射線実験設備	赤外線装置	宇宙から飛来するものの、地球の大気と磁場に遮られて、地上にはほとんど届かない電磁波や粒子である宇宙放射線の観測機器開発に利用可能な大学共同利用実験設備である。赤外線装置とX線実験装置は、それぞれ低・高エネルギー量子を対象とする観測機器開発に必要となる、測定器、光源、クライオスタット、加工装置で構成されている。熱真空試験装置は、開発した観測機器の宇宙空間環境を模擬した試験に利用できる。赤外線モニタ観測装置は口径1.3mの赤外線望遠鏡で、天体を用いた観測機器の試験に利用できる。諸元詳細は http://www.isas.jaxa.jp/researchers/application/radiation/ から取得できる大学共同利用（宇宙放射線装置）公募要領にて公開されている。
	X線実験装置	
	熱真空試験装置	
	赤外線モニタ観測装置	

b. 研究系設備

設備	構成要素	概 要
センサー極低温冷却試験装置	冷却試験装置	1K以下の極低温環境を作り出し、低温検出器の試作・試験等を行うための設備である。冷凍機、計測装置等から成る。宇宙応用を考慮した1K以下の冷却技術は限られた拠点しか有しておらず、X線や赤外線などの宇宙観測分野において、これから主流となる低温検出器の基礎研究のための設備である。
VLBI観測装置	VLBI観測設備（臼田）	<p>以下の目的で使用する設備である。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 本装置を臼田64mアンテナ、内之浦34mアンテナ等と組み合わせて電波天文観測を行い天文学の研究を行う。2021年度は、この装置により、パルサーやFRB（Fast Radio Burst）、水酸基輝線からの電波の観測的研究が行われた。また、国内外の電波望遠鏡と協力してVLBI観測を行った。 2) 探査機からの信号をこの設備を利用して受信して、探査機の送信波を利用した太陽系天体の観測を行う。「あかつき」の金星大気の電波科学観測のデータ取得を行っている。 3) 高精度軌道決定データの取得のため、通常の追跡設備とは違う方法で探査機からの受信信号の増幅、伝送、周波数変換等の信号処理を行う。 4) この装置を使って国土地理院との協力のもと、測地VLBI観測を行うことにより、臼田64mのアンテナの局位置（アンテナのAz軸、El軸直交点）を深宇宙探査の追跡データ取得のために十分な精度で決定する。 5) 64mの運用支援としてこの装置を使って、指向精度観測を行い、器差補正パラメータを決め直している。また、最近増加している外来波の64mアンテナへの影響についての調査を行う。 6) 64mの性能の維持管理のための測定を行う。 7) 10mアンテナは、各種のアンテナを使った電波科学実験に利用する。2021年度放球予定であった気球VLBI計画の地上VLBI観測局として19,22GHzの受信系を整備したが、放球はされず延期となった。
	10mアンテナ	
	VLBI観測設備（内之浦）	
模擬宇宙実験システム	超電導マグネット	<p>地上にて宇宙環境を模擬して主に物質科学実験を行うための設備である。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 超電導マグネット：強磁場を印加することで導電性流体中の対流を抑制する。 2) 試料浮遊装置：電磁力またはガスジェットにより試料を浮遊させレーザ加熱することで無容器凝固を行う。 3) 28m落下管：28m金属チューブ中を真空または制御雰囲気中にしその中で高温液滴を自由落下させる。 4) 遠心機：回転テーブル上に実験装置を配置し回転数を制御することで可変重力環境を提供する。
	試料浮遊加熱装置	
	28m落下管	
	遠心機	

プラズマ推進実験設備	プラズマ推進実験装置【A棟】	「より遠く」「より自在な」「より多面的な」宇宙探査活動を実現するため、電気ロケットは根幹技術の1つである。本設備は、電気推進システムの基礎研究に資して、基本的な性能試験や小規模なデモンストレーション等を行い、その後の長時間耐久試験やシステム開発等に繋げる。「はやぶさ1・2」小惑星探査機の主推進装置マイクロ波放電式イオンエンジンは、本設備から果立ち成果を取めた。
	プラズマ推進実験装置【D棟】	
電気推進耐久試験装置		大容積・高排気能力・高頻度試験・自動運転を特徴としており、電気ロケットの長時間耐久試験やシステム開発に貢献してきた。特に、本設備を用いて「はやぶさ1・2」小惑星探査機の主推進装置マイクロ波放電式イオンエンジン8機を宇宙実現させた。大電力ホールスラストの研究開発にも供されている。電気ロケット専用の大型試験装置としては日本有数のものであり、今後の宇宙探査を支える技術研究開発に関し日本全体を先導する拠点である。
先進的大気圏突入気体力学実験装置	高速衝撃波駆動装置（自由ピストン2段隔膜衝撃波管）	先進的な大気圏突入や惑星探査技術の基盤となる気体力学実験を実施する設備である。将来の深宇宙探査（火星、木星等の大気エントリーミッション）、サンプルリターン、惑星着陸探査で鍵となる技術である大気圏突入カプセルの開発等において必須である気体力学（特に、高速&高温という極限環境の気体力学）実験を行う。本設備を構成する各装置は、小型ではあるが運用が容易であり、低コストで繰り返し試験が実施できるため、機動的に挑戦的な課題に取り組むことが可能である。先進的なミッションの芽だしに迅速かつ多面的に対応でき、大型の大学共同利用設備で行う各種風洞実験の前段階の試験を行うとともに、既存設備では実施できない挑戦的な課題に先駆的に取り組んでいる。
	ICP加熱装置	
	小型アーク風洞	
飛翔航法制御試験システム（モーションテーブル）		観測ロケットや科学衛星打上げ用ロケットの姿勢制御系の試験を行うための装置で、テーブルをピッチ・ヨー・ロール3軸ごとに独立に揺動できる。ロケットの毎号機で実施するフライト品を使用した誘導制御試験に不可欠の装置であり、今後10年以上継続が想定されるイプシロンロケットの各号機の試験に使用されるとともに、将来の新ロケット開発時にも必ず必要になる装置であるほか、一部の人工衛星・探査機の姿勢制御の開発研究に重要な役割を果たす。
小型吸込風洞	小型超音速風洞（真空チャンバー）	流体力学に関する基礎研究を行う設備である。本設備の実験の手法とコンピュータシミュレーション解析を組み合わせ、主として、物体周りの気流の研究、流れ場解析（ブルーム音響試験等）、翼型供試体の流体実験、プラズマアクチュエータ研究等を行う。例えば、ブルーム音響解析は、ブルーム気流と壁面干渉の流れ場を解析するもので、JAXA ロケット射点の設計や衛星音響試験軽減化に向けた理論予測を可能とする。プラズマアクチュエータ研究は、物体周りの流れ場の制御に関して、従来の形状を工夫する受動的制御から、マイクロデバイスをを用いた能動的制御に転換させる工学的革新をもたらすことが期待され、将来的に実用化されれば、宇宙分野のみならず、車・航空機・ヘリコプターなどの輸送機器や、ガスタービン・扇風機・風車などの流体機器の効率化や低騒音化等、広く産業界にインパクトを与えるポテンシャルを有する革新技術である。
	小型低速風洞	
	真空ポンプ	
耐熱材料試験評価装置	高温特性評価装置	宇宙往還機の再使用耐熱材料の研究のために導入されたもので、耐熱材料の基礎研究を行うための設備である。将来の再使用型の有翼宇宙機やエンジン材料等の研究で使用するほか、同様のセラミック系複合材の研究としても使用する。
	高温クリープ試験装置	
耐熱性宇宙電子材料作成・評価装置	耐熱性宇宙電子材料作成装置	クリーンルームに設置された超高真空チャンバー3室から成る設備であり、超高純度な結晶成長とその場観察（物理分析）が可能。半導体、素子、チップ等の材料・デバイスレベルの研究を行う。これにより、他では手に入らない素材を作り出し、世界トップレベルのセンサ開発を行うとともに放射線が半導体素子に与える効果を解明する。自律性を有する研究所として、エレクトロニクス分野において自ら所有すべき基盤的な設備である。将来の科学衛星に搭載するためのセンサ開発を行うなど、将来の科学衛星・学術研究計画のベースとなる設備である。
	耐熱性宇宙電子材料評価装置	

熱光学特性測定装置	太陽光吸収率測定装置	宇宙機に使用される熱制御材料の熱光学特性（太陽光吸収率 α , 赤外放射率 ε ）を複数の手法を使って高精度に測定する他、紫外線による熱光学特性の劣化を評価する、断熱材をはじめとする熱制御材料の熱伝導率測定を行うための装置である。これらの測定値は、宇宙機の熱設計を行うために必須であり、今後の様々なミッションからの測定要求に対応するため、測定手法を日々進化させている。
	赤外放射率測定装置	
	UV 照射試験装置	
	小型熱真空チャンバー	
プロジェクト支援用構造・材料評価試験装置	高温試験装置	ロケットおよび衛星を構成する材料の各種特性取得試験を実施するために使用する。開発、および運用において発生する各種不具合に迅速に対応するために設置されている基盤的设备である。
	樹脂系試験装置	
	構造材料試験装置	
電子顕微鏡		材料関連の研究に広く利用するほか、不具合対策や突発的事象等の解析用途としても使用する。以下の TEM, SEM, 試料準備設備からなる。
	透過型電子顕微鏡 (TEM)	高分解能型分析電子顕微鏡 JEM3010 (JEOL)
	走査型電子顕微鏡 (SEM)	電界放射形走査電子顕微鏡 JSM-7100F (JEOL) , エネルギー分散型 X 線分析装置 (EDS) および電子後方散乱回折装置 (EBSP) 付属
	試料準備設備	光学顕微鏡, レーザ顕微鏡, 無ひずみ切断機, クロスセクションポリッシャ, ツインジェット電解研磨装置, ディンプルグラインダ, イオンミリング装置等
集積回路設計シミュレーションシステム		ISAS の電子デバイス分野における研究に利用するものである。米国 Cadence Design Systems, Inc. 製ソフトウェアからなる。電子デバイスが厳しい宇宙環境に晒された時にどうなるのかを研究したり、将来の天文ミッションなどで要求されるような、半導体を用いたセンサ技術を研究することに使われている。
SA 電源	大面積ロングパルスソーラーシミュレータ	2.5m×1.5m の大面積に、最大 800ms のパルス AM0 模擬光を照射する装置である。衛星の開発過程で使用する小型の太陽電池パネルから、フライトに供する大型のパネルまで、電気特性の取得が可能である。
	ソーラーシミュレータ	10cm 四方の面積に AM0 模擬光を照射する装置である。宇宙用太陽電池の特性評価はもちろん、あわせて備えられた小型の熱真空チャンバを用いた熱真空試験や、表面材料の長期劣化特性評価にも使用できる。
	充放電試験装置	バッテリーやキャパシタといった蓄電デバイスの長期充放電サイクル試験を、真空条件や各種温度条件下で実施可能である。当グループでは、宇宙用や民生品の蓄電デバイスの長期評価を行っている。
ダイシング加工装置	ダイシング加工装置	シリコン等のウエハを高回転ブレードで切断し、チップ化などを行なうためのセミオートダイシング装置である。Φ6inch ウエハに対応している（切削可能範囲 160mm）
ナノエレクトロニクスクリーンルーム	薬品処理用ドラフト	ISO クラス 1 の高浄度クリーンルームで宇宙用マイクロ・ナノデバイスの作製が可能である。主な装置として露光装置、成膜装置、深掘りエッチング装置、EB 描画装置、原子層堆積装置などがあり、数十 nm から数 cm のデバイスが作製可能である。現在、宇宙用の X 線デバイスや赤外線デバイス、MEMS デバイスなどがこの設備で研究開発されている。
	深掘りエッチング装置 (ICP-RIE)	
	両面露光装置	
	プラズマ式気相堆積装置 (PE-CVD)	
	走査型電子顕微鏡 (SEM)	
	電子線描画装置	
	原子層成膜装置 (ALD)	
	マスクレス描画装置	
	酸化炉	

相模原 3.8m アンテナ局		「れいめい」(INDEX)の地上運用局(主局)として設置した設備である。Sバンドのアップリンク・ダウンリンク、及びXバンドのダウンリンクの2周波に対応。直径3.8mで研究者が直接運用できる低コストで小回りが利く地上局である。 このような地上局が他にないため、「れいめい」の他、東京大学との共同研究において小型衛星による高速データ通信の研究実証が行われている。将来的にも、50～100kgクラスの超小型衛星による磁気圏プラズマグループのフォーメーションフライト計画や、工学実験衛星、6Uクラスの天体観測衛星などでの活用を想定している。
----------------	--	---

c. 小型飛翔体

設備	構成要素	概 要
大気球実験設備	気球放球設備	総重量500kg以上の搭載機器を高高度に打ち上げる全長100m以上の大型気球に1トン以上の総浮力を得るためにヘリウムガスを注入し、地上風等のさまざまな気象条件に対応しながら安全に放球を行うための大気球放球設備や、飛翔中の気球から送信されるテレメトリ電波を受信し、観測データを得ると共にコマンド送信装置を併用して測距を行い、気球の航跡計算、表示を行う気球追尾受信システムなどが大樹航空宇宙実験場に設置されている。また搭載機器を気球飛翔環境を模擬して試験するための恒温恒圧器が相模原キャンパスに設置されている。
	遠距離長時間追尾受信設備	
	恒圧恒温器	
	GPS シミュレータ	地上から人工衛星までの幅広い高度範囲に対応し、各種飛翔体の運動を模擬したGPS衛星信号を出力できる装置である。科学衛星、観測ロケット、大気球などの位置、姿勢決定に用いられるGPSシステムの試験のために、プロジェクト等にて横断的に使用されている。
観測ロケット実験設備	統合型アビオニクス管制装置	相模原における飛翔前試験のため、統合型アビオニクスおよび電源・タイマ・点火系機器の管制装置やテレメータ・レーダ系機器の試験装置を維持・管理している。また、内之浦宇宙空間観測所には、小型ロケット打上げ用の飛行管制システム、上層風観測・風補正システムが整備されており、飛行解析・飛行安全機能を司っている。
	タイマ・点火管制装置	
	テレメータ・レーダ試験装置	
	小型ロケット打上げ用飛行管制追跡システム	

d. 科学衛星データ利用

設備	構成要素	概 要
科学衛星・探査機運用及びデータ処理・利用促進向け設備	衛星・探査機管制装置(コマンド発行、状態監視、テレメ監視、共通QL・姿勢系QL等)	科学衛星運用・データ利用ユニット(C-SODA)は、各科学衛星・探査機プロジェクトチームと協力の下に、衛星・探査機の管制システムおよび衛星運用に必要な関連システムの開発・整備・維持やインフラの維持をしており、各衛星・探査機システムの打上げ前の試験フェーズから、運用終了まで使用される。 また、C-SODAは、科学衛星・探査機から取得されたテレメトリデータを処理し、科学観測データを広く国内外の研究者に公開し、データ解析研究を推進するためのシステムやソフトウェアを開発・提供している。(各科学衛星のテレメトリデータの時刻較正を共通化したシステム(衛星時刻較正システム)、時刻較正・ソート・重複除去等の処理を行い保存・提供するデータベース(SIRIUS)、バス機器や観測機器からのテレメトリデータを工学値変換し、各科学コミュニティが使用するファイルフォーマットにて提供する汎用的なツール(レベル1時系列データフォーマット変換ツールL1TSD)、JAXAの科学衛星・探査機等による科学データを広く国内外の研究者にアーカイブ・公開するサイエンスデータアーカイブ(DARTS)、公開データ作成用データ処理に必要な計算機リソースを提供するサービス(Reformatter)、衛星や探査機の円滑な運用を支援することを目的とした衛星運用工学データベース(EDISON)、等)
	科学衛星運用支援システム	
	衛星管制室向け無停電電源装置	
	衛星運用向け指令電話(OIS)	
	SINET アクセス回線	
	科学衛星データ処理システム(相模原固有ネットワークを含む)	
	科学衛星データベースシステム(SIRIUS)	
	レベル1時系列データフォーマット変換ソフトウェア(L1TSD)	
	サイエンスデータベースシステム(DARTS)	
	科学データ処理環境提供サービス(Reformatter)	
	衛星工学データベース(EDISON)	

e. キュレーション

設備	構成要素	概 要
キュレーション設備	クリーンルームおよびユーティリティー	主にサンプルリターンミッションによって持ち帰られた地球外物質試料の受入、記載、分配、保管といったキュレーション活動を行う設備。設備の特徴としては、試料を大気に触れさせない状態で取扱い、地球物質による汚染を極力排除していることである。現在取り扱っている「はやぶさ」および「はやぶさ2」帰還試料は10ミクロン以下の微小サイズからcmサイズまで幅広いサイズレンジであり、さまざまなサイズ試料のハンドリング技術を備えた各種装置を有している。「はやぶさ2」帰還試料受入れを2020年末に無事完了し、各種記載装置を用いた記載作業と、地球外物質試料のデータベースの構築および研究成果最大化に向けた研究促進を目的とした整備を進めている。
	クリーンチャンバー	
	各種洗浄装置	
	各種試料ハンドリング装置	
	各種グローブボックス	
	走査型電子顕微鏡	
	透過型電子顕微鏡	
	X線回折装置	
	フーリエ変換赤外分光光度計	
	ラマン分光計	
	ウルトラマイクロトーム	
	集束イオンビーム加工装置	
	FIB-SEM 複合装置	
	安定同位体質量分析計	
	各種岩石薄片作成器具	

f. プロジェクト・事業特化設備

設備	構成要素	概 要
能代ロケット実験場	大型大気燃焼試験設備	推力500トン級の固体モータ燃焼試験まで対応可能な日本で唯一の大気燃焼試験設備。固体・液体を問わず真空環境下での燃焼試験が可能な真空燃焼試験設備、超高压液体水素製造設備を含む極低温推進剤供給・試験設備等を擁し、多種の固体モータ及び液体ロケットエンジンの燃焼試験に対応するための施設である。半径1kmの保安距離が確保可能で、大規模な燃焼試験や様々な実験に極めて自在性の高い試験環境を提供している。推進系工学研究に係る多種の実験や大学共同利用の多様な試験要望に応えるため、能代ロケット実験場は試験設備に特化し、実験要求に応じて試験環境を自在に構築できる運営形態としている。
	真空燃焼試験設備	
	極低温推進剤試験設備	
	第一／第二計測室	

g. 宇宙科学基盤技術

設備	構成要素	概 要
宇宙機組立試験設備	クリーンルーム	科学衛星・ロケットなどの宇宙機・飛翔体の基礎研究及び開発・組立試験に供する試験設備であり、プロジェクト開発の飛翔前試験を実施する上で必要不可欠な設備である。またプロジェクトのみならずワーキンググループや大学との共同研究にも使用され最先端の研究開発を支援している。
	宇宙環境試験設備	
	機械環境試験設備	
	磁気シールド試験設備	
	電波無響試験設備	
	計測設備	
	構造機能試験設備	
	姿勢制御系試験設備	

工作室・エレクトロニクスショップ	工作室	研究・実験用機器類の製作および、設計、試作、改造、修理などを行なうための設備。専任スタッフにより、5 軸マシニングセンタ・NC 複合旋盤・ワイヤー放電加工機・接触式三次元測定機など高精度な加工・測定機器を運用して試作開発を行なっている。また、許可を得た利用者には、汎用工作機械をはじめ、各種工具・測定器類の利用・貸し出しほか、各種金属材料、ボルトナット類、電気電子部品等の供給も行なっている。
	エレクトロニクスショップ	
SJ, RCS	IPA 洗浄装置	科学衛星・ロケットなどに搭載する液体推進系の①製造過程の検査装置、②打上げまでの地上支援設備、③基礎開発・不具合調査などの試験機材などに分類される装置群である。これらは、科学衛星、探査機、イプシロンロケット、観測ロケット、再使用高頻度など共同で使用するための機材類である。
	気密試験装置・ガス供給装置	
	GN ₂ /He 供給装置	
	一液燃焼試験設備	
	二液スラスト用推進供給装置	
	一液排ガス処理設備	
	ヘリウムリークディテクタ	
	シグトレ装置	
	水流し試験装置	
	コンタミチェッカー	
	露点計	
	データ収録装置	
	高圧 He ガードル	
	GN ₂ 注気装置・GHe 注気装置	
	ヘリウムリークディテクタ (ISAS-clean room 用)	
	He 充填装置	
	計測装置類 (バルブ駆動モニタ)	
あきる野実験施設	高空性能試験設備	固体及び液体の化学推進系の基礎的な燃焼実験を行うための施設であり、主に推力 1 トン程度までの小規模な燃焼実験を行える設備が設置されている。近隣に火薬庫を設置していることから、火薬類を用いた実験に適している。また、大学等では実施困難な燃焼実験環境 (例えば、真空環境でのロケット燃焼) が整っているため、JAXA や大学等の化学推進系の基礎研究を支える基盤的施設である。
	X 線発生装置付き燃焼装置	
	高圧ガス製造設備	

h. その他の設備

設備	構成要素	概 要
DDOR デジタルバックエンド設備 (白田・内之浦)		深宇宙ミッション (はやぶさ2, あかつき等) の高精度軌道決定を行なうための VLBI 観測で使用する設備である。海外機関によって運用される深宇宙探査機 (BepiColombo 等) の軌道決定支援にも使用する。また、回線状況が悪く通常の運用設備ではキャリアがロックせずデータ (レンジ・ドップラ・テレメトリ) が取得できない状況下の探査機運用において open-loop レコーダとして利用される (IKAROS)。電波天文・惑星電波科学観測用のバックエンド受信機としても使用する (パルサー観測, RADIO ASTRON 観測, あかつき電波掩蔽観測等)。

XI. 教育・広報

1. 大学院教育

JAXA における大学院教育は、大学共同利用機関であった宇宙科学研究所が、国公立の大学院教育への協力として、その学生を受け入れて教育及び研究指導等を行ってきたことを継承し、宇宙研が中核となって行っている。

宇宙研においては、教授等に任命された教育職職員を中心に、大学等からの要請に応じ受け入れた学生に対し、実験的・理論的研究及び先端的な開発研究の実践を通じた高度な専門的教育を行う体制としている。

宇宙研は、相模原キャンパス等において学生たちに宇宙工学と宇宙理学について包括的研究指導を行い、通常の大学では実施することが困難な大規模プロジェクト型研究やその準備研究に直接的に関与させることにより、豊かな学識のみならず宇宙科学プロジェクトなどの企画・立案能力習得の場を提供し、将来の宇宙科学や宇宙航空分野を先導する人材をはじめ、関連機器産業・利用産業・ユーザー産業において研究開発利用を支える人材、さらには広く社会においてプロジェクトをまとめあげる総合力を有する人材の育成に貢献している。

宇宙研における大学院教育を推進する組織としては、大学院教育委員会が宇宙研所長決定により設置され、大学院教育協力に係る基本的な方針、総合研究大学院大学及び東京大学との大学院教育協力並びに連携大学院等の学生受入に関する事項等の審議にあたっている。

表1 大学院教育への職員の担当状況（2022年3月31日現在）

	宇宙科学研究所			
	教授	准教授	助教	計
総合研究大学院大学	20	40	15	75
東京大学大学院 理学系研究科/ 工学系研究科	8/9	4/5	7/9	19/23

2018年度からは、これまでの受入制度を整理し、新制度のもとで学生受入を行っている。現行制度は受入れの目的により大きく2つのカテゴリーに分け、更に指導内容や受入期間等の運用上の差異を反映しそれぞれ2つの方式、大学院生教育・研究指導制度（連携大学院方式・受託指導学生方式）、学生実習制度（技術習得方式・インターンシップ方式）に整理した。学生受入にあたって、共通的な、費用の考え方、保険・損害賠償、知財の取扱いなどの条件を明確にし、責任ある受入れを行うべく、いずれの方式による場合も受入元の大学等と組織間の協

定を締結することとした。また、受入後に責任を持って指導が行えるよう、JAXA 職員の資格を定めたほか、学生の安全確保や必要な研修・指導を行う JAXA 職員の義務を明確にした。

宇宙研の主な大学院生等の受入制度とその特徴は以下のとおり。

1. 概要

1.1 総合研究大学院大学物理科学研究科宇宙科学専攻（総研大）

総研大は、1988年（昭和63年）に我が国初の大学院大学として設立され、全国の大学共同利用機関と大学共同利用システムを運用する宇宙研を基盤機関としており、宇宙研は、2003年（平成15年）から参加している。宇宙研は、数物科学研究科（当時）に宇宙科学専攻を組織し、宇宙研の教育職職員を総研大教員として5年一貫制博士課程（3年次編入可）の学生への教育・指導を行っている。

表2 2021年度入試状況（一般入試）

入学定員	志願者数	合格者数
5	0（10月入学）	0（10月入学）
（定員の内3名は 博士後期課程）	11（4月入学）	7（4月入学）

1.2 東京大学大学院理学系研究科/工学系研究科（東大大学際理学/工学講座）

東大大学際講座は、宇宙研が旧東京大学宇宙航空研究所時代から同大学院生を受け入れたことに由来するものであり、東京大学の8専攻（理学系研究科の物理学、天文学、地球惑星科学及び化学の各専攻、工学系研究科の航空宇宙工学、電気系工学、マテリアル工学及び化学システム工学の各専攻）に宇宙研の教育職職員が参画し、東大教員として修士課程及び博士後期課程の学生の受入れ、教育・指導を行っている。

1.3 大学院生教育・研究指導制度

国内外の大学院生を対象として、大学からの要請に基づき、JAXA 職員が大学等から客員の委嘱を受け、大学院教育（教育及び研究指導）の実施について協力する制度であり、以下の2つの方式により受入を行っている。

1.3.1 連携大学院方式

JAXA と大学の継続的・包括的な協定に基づき、JAXA 職員を大学の客員教授等に委嘱し、JAXA 職員が大学教員と同等の立場で、一定期間、学生を JAXA 内に受入れて大学院教育を行う。論文指導を含む教育・研究指導を行うほか、教員となった JAXA 職員が学位論文の指導教員となる。

宇宙研では大学院生の受入れ、教育指導を 12 大学 14

研究科等と連携して行っている（2021 年度実績）。

1.3.2 受託指導学生

連携大学院方式に拠れない場合で、個別の学生の受入につき、JAXA と大学の協定に基づき、JAXA 職員を大学の客員等に委嘱し、特定のテーマによる大学院教育を行う。

表 3 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構法（機構法）及び業務方法書上の実施根拠

総合研究大学院大学	機構法 18 条 9 号、業務方法書第 31 条 1 項
東京大学大学院（東大国際講座）	機構法 18 条 9 号、業務方法書第 31 条 1 項
連携大学院	機構法 18 条 9 号、業務方法書第 31 条 2 項
受託指導学生	機構法 18 条 9 号、業務方法書第 31 条 2 項
（参考）技術習得	機構法 18 条 8 号、業務方法書第 30 条
<p>国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構法 （業務の範囲等）</p> <p>第 18 条 機構は、第四条の目的を達成するため、次の業務を行う。</p> <p>八 宇宙科学並びに宇宙科学技術及び航空科学技術に関する研究者及び技術者を養成し、及びその資質の向上を図ること。</p> <p>九 大学の要請に応じ、大学院における教育その他その大学における教育に協力すること。</p> <p>国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構業務方法書 （研究者及び技術者の養成及び資質の向上）</p> <p>第 30 条 機構は、民間企業、関係機関、大学等の研究者及び技術者を、機構の職員、研修生等として受け入れ、機構の業務の実施、研修等により養成し、その資質を向上する。</p> <p>（大学院教育その他大学における教育への協力）</p> <p>第 31 条 機構は、宇宙科学に関する学術研究の遂行現場において、総合研究大学院大学との緊密な連係及び協力による大学院宇宙科学専攻の教育、東京大学大学院理学系及び工学系研究科との協力による大学院教育など、高度な人材養成のための大学院教育を実施する。</p> <p>2 機構は、大学の要請に応じ、多様な形態で幅広く大学院教育その他大学における教育に協力する。</p>	

表4 大学院教育における研究指導状況 (2021年度実績)

	指導学生数					内、外国籍					内、女性				
	修士	博士	小計	研究生	合計	修士	博士	小計	研究生	合計	修士	博士	小計	研究生	合計
総合研究大学院大学 物理科学研究科宇宙科学専攻	6	20	26	1	27	0	6	6	0	6	2	3	5	0	5
東京大学大学院 理学系研究科 工学系研究科	50	29	79	0	79	8	2	10	0	10	5	1	6	0	6
	17	11	28	0	28	3	0	3	0	3	3	1	4	0	4
	33	18	51	0	51	5	2	7	0	7	2	0	2	0	2
連携大学院	40	5	45	—	45	0	0	0	—	0	5	1	6	—	6
北海道大学 大学院工学院	0	1	1	—	1	0	0	0	—	0	0	0	0	—	0
東北大学 大学院理学研究科	1	0	1	—	1	0	0	0	—	0	0	0	0	—	0
東京大学 大学院新領域創成科学研究科	5	2	7	—	7	0	0	0	—	0	0	0	0	—	0
東京工業大学 大学院理学院	3	0	3	—	3	0	0	0	—	0	1	0	1	—	1
東京都立大学 大学院理学研究科	2	1	3	—	3	0	0	0	—	0	1	1	2	—	2
青山学院大学 大学院理工学研究科	5	1	6	—	6	0	0	0	—	0	0	0	0	—	0
東海大学 大学院理学研究科	1	0	1	—	1	0	0	0	—	0	1	0	1	—	1
東海大学 大学院工学研究科	6	0	6	—	6	0	0	0	—	0	0	0	0	—	0
東京理科大学 大学院理学研究科	1	0	1	—	1	0	0	0	—	0	0	0	0	—	0
東京理科大学 大学院先進工学研究科	5	0	5	—	5	0	0	0	—	0	2	0	2	—	2
法政大学 大学院理工学研究科	5	0	5	—	5	0	0	0	—	0	0	0	0	—	0
早稲田大学 大学院創造理工学研究科	1	0	1	—	1	0	0	0	—	0	0	0	0	—	0
静岡大学 大学院総合科学技術研究科	4	0	4	—	4	0	0	0	—	0	0	0	0	—	0
関西学院大学 大学院理工学研究科	1	0	1	—	1	0	0	0	—	0	0	0	0	—	0
受託指導学生	11	4	15	1	16	1	1	2	—	2	3	1	4	—	4
主要大学名															
国立 東京工業大学 東京農工大学	1	1	2	1	3	0	0	0	—	0	0	0	0	—	0
公立	0	0	0	—	0	0	0	0	—	0	0	0	0	—	0
私立 東海大学 日本大学 東京理科大学 青山学院大学 千葉工業大学 工学院大学	9	1	10	—	10	0	0	0	—	0	3	0	3	—	3
海外	1	2	3	—	3	1	1	2	—	2	0	1	1	—	1
合計	107	58	165	2	167	9	9	18	0	18	15	6	21	0	21

※研究生＝正規課程学生に準じ研究指導を受ける者。（総研大）研究生，特別研究学生（東大）外国人研究生，特別研究学生。

※総研大は5年一貫制博士課題だが，便宜上，D1～D2を修士（課程），D3～D5を博士（課程）の欄に記載。

2. 学位取得状況

	2021.9 取得者			2022.3 取得者			合計		
	修士	博士	計	修士	博士	計	修士	博士	計
総合研究大学院大学	0	1	1	1	2	3	1	3	4
東京大学大学院	4	2	6	19	4	23	23	6	29
内、理学系研究科	0	1	1	6	1	7	6	2	8
内、工学系研究科	4	1	5	13	3	16	17	4	21
連携大学院	0	1	1	17	0	17	17	1	18
受託指導学生	0	0	0	9	0	9	9	0	9
計	4	4	8	46	6	52	50	10	60

2021 年度学位取得者一覧

(総合研究大学院大学物理科学研究科)

※取得学位, 取得年月, 指導教員名, 学生氏名の順

取得学位 取得年月	氏名	学位取得論文	指導教員
修士（工学） 2022 年 3 月	竝木 芳	タッチアンドゴーサンプリングプローブを用いたサンプルリターンミッションの検討	澤井 秀次郎
博士（工学） 2021 年 9 月	MUDASSIR Raza	Precise Beam Control System for Solar Power Satellite	田中 孝治
博士（工学） 2022 年 3 月	PUSHPARAJ Nishanth	Transfer design via bifurcated retrograde orbits around Phobos	川勝 康弘
博士（理学） 2022 年 3 月	小野寺 圭祐	Subsurface structure of the Moon and Mars deduced from 3D seismic wave propagation simulation and analysis of Apollo and InSight seismic data	田中 智
博士 （地球環境科学） 2022 年 3 月			
※複数学位取得者は、パリ大学とのコチュテル（デュアル・ディグリー）プログラムによるものである			

(東京大学大学院理学系研究科)

※取得学位, 取得年月, 指導教員名, 学生氏名の順

取得学位 取得年月	氏名	学位取得論文	指導教員
修士(理学) 2022 年 3 月	平田 佳織	Constraints on the origin of Phobos based on the multivariate analysis using the elemental composition database of astromaterials	白井 寛裕
修士(理学) 2022 年 3 月	山本 直輝	月極域探査 LUPEX に向けた質量分析器 TRITON の開発	齋藤 義文
修士(理学) 2022 年 3 月	大谷 健人	あらせ衛星の観測データ統計解析に基づく周波数特性を持つ ULF 波動の研究	篠原 育
修士(理学) 2022 年 3 月	児山 真夕	磁気流体波動による太陽彩層加熱: 磁場の傾きに対する依存性	清水 敏文
修士(理学) 2022 年 3 月	大城 勇憲	X 線撮像分光観測による Ia 型超新星残骸の親星解明	山口 弘悦
修士(理学) 2022 年 3 月	田中 圭太	TES 型マイクロカロリーメータの電熱フィードバックを考慮した熱的・電気的応答の研究	山崎 典子
博士(理学) 2021 年 9 月	長谷川 隆祥	Characterization of the EUV Hydrogen Lyman Transitions in the Solar Atmosphere	清水 敏文
博士(理学) 2022 年 3 月	大西 崇介	Study of the Inner Structure of the Molecular Tori in Active Galactic Nuclei with Velocity Decomposition of CO Rovibrational Absorption Lines (一酸化炭素振動回転遷移吸収線の速度成分分離による活動銀河核分子トーラスの内部構造の研究)	中川 貴雄

(東京大学大学院工学系研究科)

※取得学位, 取得年月, 指導教員名, 学生氏名の順

取得学位 取得年月	氏名	学位取得論文	指導教員
修士(工学) 2021 年 9 月	岩元 和茂	小型 UAV を用いた火星縦孔探査手法に関する研究	久保田 孝
修士(工学) 2021 年 9 月	竹下 聡人	ハイブリッドロケット内 乱流拡散燃焼流の圧力型スキームによる数値解析 (Numerical analysis of turbulent diffusion combustion flow inside a chamber of hybrid rocket motor using a pressure-based scheme)	嶋田 徹
修士(工学) 2021 年 9 月	BERTRAN RABAT Roger	Deep Reinforcement Learning for Transformer Mission	津田 雄一
修士(工学) 2021 年 9 月	PADILHA Danilo domingues	Composable Astrodynamics Software via Multiple Dispatch and Meta-Programming	津田 雄一
修士(工学) 2022 年 3 月	金子 賢人	超小型火星飛行機による火星のダスト観測の実現可能性の実証	大山 聖
修士(工学) 2022 年 3 月	佐藤 元紀	火星探査機用高性能ロータ開発に向けた鋭い前縁を持つロータの翼型の多目的空力設計最適化	大山 聖
修士(工学) 2022 年 3 月	福嶋 勇揮	マルチコプタによる火星縦孔探査実現に向けた複数ローターの空力干渉がホバリング効率へ与える影響に関する研究	大山 聖

修士（工学） 2022年3月	本橋 優俊	自律型惑星探査ローバのための画像に基づく探査行動決定手法に関する研究	久保田 孝
修士（工学） 2022年3月	西 遼太郎	Ti-6Al-4V 低圧液相拡散接合の確立	佐藤 英一
修士（工学） 2022年3月	李 孝範	Ti-Hf-Pd 高温形状記憶合金の開発	佐藤 英一
修士（工学） 2022年3月	山田 修平	Numerical Study on Deployment Dynamics of a Space Membrane with Strong Inter-Membrane Interactions	津田 雄一
修士（工学） 2022年3月	濃野 歩	マイクロ波放電式中和器の電流制御に関する研究	西山 和孝
修士（工学） 2022年3月	服部 華奈	推力向上型マイクロ波放電型イオンスラスタ $\mu 10$ の経年劣化に関する実験的研究	西山 和孝
修士（工学） 2022年3月	松谷 栄祐	探査機のスロッシングを伴う着陸ダイナミクス解析と姿勢安定化に向けた検討	橋本 樹明
修士（工学） 2022年3月	中小路 健	フローリアクタ技術を適用したニトロ化反応を含む高エネルギー物質合成の研究	羽生 宏人
修士（工学） 2022年3月	出口 拓実	二光子吸収過程を利用したパルスレーザ照射による重イオン誘起電流波形の再現可能性	廣瀬 和之
修士（工学） 2022年3月	川路 晃汰	イベントカメラを用いた太陽条件にロバストなステレオ視の実験的検討	福田 盛介
博士（工学） 2021年9月	武藤 智太郎	垂直離着陸型ロケットの帰還飛行における姿勢転回のダイナミクスと空力制御	小川 博之
博士（工学） 2022年3月	久保 勇貴	Simultaneous Body Reconfiguration and Nonholonomic Attitude Reorientation of Free-flying	津田 雄一
博士（工学） 2022年3月	森下 貴都	マイクロ波放電式中和器の性能向上及びプラズマ計測 Performance Enhancements and Plasma Diagnostics of Microwave Discharge Cathode	西山 和孝
博士（工学） 2022年3月	山下 裕介	Investigation of plasma mode-transition by two-photon absorption laser-induced fluorescence and particle simulation in microwave discharge ion thruster	西山 和孝

(連携大学院)

※取得学位、取得年月、所属大学院名（国公立別）、指導教員名、学生氏名の順

取得学位 取得年月	氏名	所属大学院	学位取得論文	担当教員
修士（科学） 2022年3月	神林 賢	東京大学大学院 新領域創成科学研究科	宇宙機のフォーメーション維持における推進残量を考慮した推進バランスング手法	坂井 真一郎
修士（理学） 2022年3月	増村 亮	東京工業大学大学院 理学院	LiteBIRD 衛星搭載低周波望遠鏡の開発に向けた TES ボロメータのノイズ特性評価	堂谷 忠靖
修士（理学） 2022年3月	海老原 大路	東京工業大学大学院 理学院	大型赤外線天文衛星搭載に向けた極低温で動作する読み出し集積回路の低雑音化・低発熱化	松原 英雄
修士（工学） 2022年3月	今口 大輔	静岡大学大学院 総合科学技術研究科	輻射加熱型 LaB6 ホローカソードのイオンエネルギー特性及び不安定性	船木 一幸
修士（工学） 2022年3月	山浦 遼太郎	青山学院大学大学院 理工学研究科	平織 CFRP の吸水による圧縮強度低下要因の評価	後藤 健
修士（工学） 2022年3月	池田 宏太郎	青山学院大学大学院 理工学研究科	変形可能な宇宙機のリンク運動の連成による摩擦を考慮した関節角度制御	森 治
修士（理工学） 2022年3月	中上 裕輔	青山学院大学大学院 理工学研究科	GAPS におけるニューラルネットワークを用いた粒子識別法の開発	吉田 哲也
修士（工学） 2022年3月	大西 惟仁	東海大学大学院 工学研究科	2kW 級高比推力ホールスラスタの実験研究	船木 一幸
修士（工学） 2022年3月	二田 竜太	東海大学大学院 工学研究科	メガワット級準定常 MPD スラスタの性能評価	船木 一幸
修士（工学） 2022年3月	常盤 大地	東海大学大学院 工学研究科	ドップラー LIDAR への Si-PM 検出器の適用に関する研究	水野 貴秀
修士（理学） 2022年3月	阿久津 壮希	東京理科大学大学院 理学研究科	宇宙環境における大電力マイクロ波システムの RF 放電現象に関する研究	田中 孝治
修士（工学） 2022年3月	秋山 風也	東京理科大学大学院 先進工学研究科	大気圏突入用形状記憶合金型エアロシェルの加熱展開技術に関する研究	山田 和彦
修士（工学） 2022年3月	太田 智成	東京理科大学大学院 先進工学研究科	超高速再突入カプセル用の薄殻型ヒートシールドに関する研究	山田 和彦

修士(理工学) 2022年3月	渡部 雅海	法政大学大学院 理工学研究科	Dither lock 法を用いた衛星初期捕捉技術の地上実証実験	船木 一幸
修士(工学) 2022年3月	膽澤 宏太	法政大学大学院 理工学研究科	エアロゲルによる宇宙固体微粒子の衝突捕集に関する実験 および数値解析	矢野 創
修士(工学) 2022年3月	武田 悠希	法政大学大学院 理工学研究科	宇宙往還した垂直配向カーボンナノチューブによる低速衝突不定形粒子の捕集	矢野 創
修士(工学) 2022年3月	佐茂 亮太	早稲田大学大学院 創造理工学研究科	風洞試験と数値解析を用いた大気圏再突入カプセル用パラシュート評価手法	鈴木 俊之
博士(科学) 2021年9月	伊藤 琢博	東京大学大学院 新領域創成科学研究科	Throttled Explicit Guidance: Indirect Approach to Propellant-Optimal Pinpoint Landing	坂井 真一郎

(受託指導学生)

※取得学位, 取得年月, 所属大学院名(国公私立別), 指導教員名, 学生氏名の順

取得学位 取得年月	氏名	所属大学院	学位取得論文	担当教員
修士(工学) 2022年3月	FROISSART Lucas	EPFL (Swiss Federal Institute of Technology)	Design and Production of a Robotic Exoskeleton for Space Exploration	久保田 孝
修士(工学) 2022年3月	西田 涼馬	工学院大学大学院 工学研究科	静粛で高性能な eVTOL を目指した革新的な空力技術の検討	高木 亮治
修士(工学) 2022年3月	尾原 咲穂	東海大学大学院 工学研究科	電離圏イオンドリフト測定器開発のための低エネルギーイオン加速装置の開発	阿部 琢美
修士(工学) 2022年3月	田中 勇人	東海大学大学院 工学研究科	観測ロケット搭載熱圏大気測定用真空計の開発	阿部 琢美
修士(工学) 2022年3月	藤田 彩花	東海大学大学院 工学研究科	水溶液の浮力による重力補償を行った膜構造物の形状評価	森 治
修士(技術経営) 2022年3月	皆島 拓真	東京農工大学大学院 工学府	火星ドローンの実現に向けたローターオーバーラップに関する実験的研究	高木 亮治
修士(工学) 2022年3月	松尾 賢治	東京農工大学大学院 工学府	膜翼展開式の超小型火星探査飛行機に関する研究	山田 和彦
修士(工学) 2022年3月	木下 英明	東京理科大学大学院 理工学研究科	スパイキングニューラルネットワークを用いた宇宙機の着陸における障害物検知手法	福田 盛介
修士(工学) 2022年3月	藤井 瞳	日本大学大学院 理工学研究科	スターシェード技術実証ミッション Euryops における超小型望遠鏡の光学系の概念設計	宮崎 康行

3. 学位取得者の進路・就職先

修士課程総数 50 名

進学 7 名

就職 40 名うち、宇宙分野 16 名

・公共機関 0 名

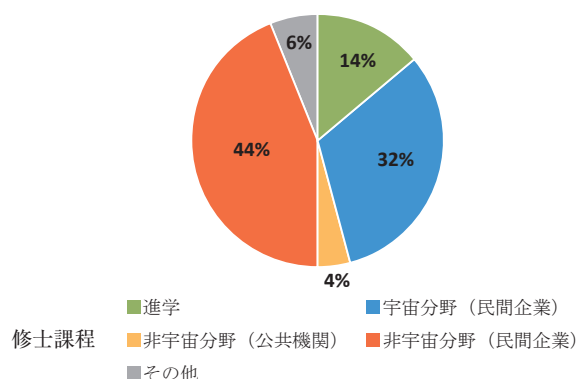
・民間企業 16 名

うち、非宇宙分野 24 名

・公共機関 2 名

・民間企業 22 名

その他 3 名



博士課程総数 10 名

就職 10 名うち、宇宙分野 4 名

・公共機関 3 名

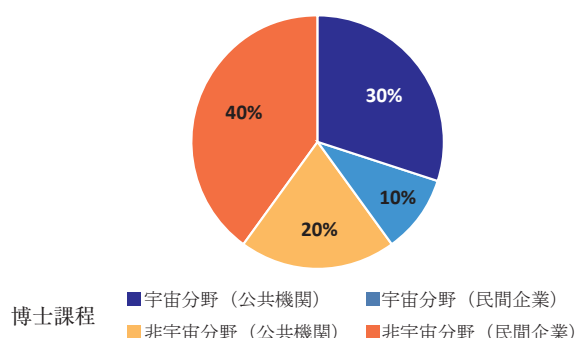
・民間企業 1 名

うち、非宇宙分野 6 名

・公共機関 2 名

・民間企業 4 名

その他 0 名



4. 大学院生の研究費獲得状況

氏名	指導教員	所属大学院	研究費の名称
大平 元希	吉川 真	総合研究大学院大学 物理科学研究科	科学研究費補助金 (特別研究員奨励費)
大間々 知輝	辻本 匡弘	総合研究大学院大学 物理科学研究科	科学研究費補助金 (特別研究員奨励費)
大西 崇介	中川 貴雄	東京大学大学院 理学系研究科	科学研究費補助金 (特別研究員奨励費)
森下 貴都	西山 和孝	東京大学大学院 工学系研究科	科学研究費補助金 (特別研究員奨励費)
御堂岡 拓哉	海老沢 研	東京大学大学院 理学系研究科	科学研究費補助金 (特別研究員奨励費)
高倉 隼人	関本 裕太郎	東京大学大学院 理学系研究科	科学研究費補助金 (特別研究員奨励費)
富永 愛侑	海老沢 研	東京大学大学院 理学系研究科	科学研究費補助金 (特別研究員奨励費)
近澤 拓弥	川勝 康弘	東京大学大学院 新領域創成科学研究科	科学研究費補助金 (特別研究員奨励費)
滑川 拓	齋藤 義文	東京大学大学院 理学系研究科	国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) の次世代研究者挑戦的研究プログラム (SPRING) 事業 (東京大学 グリーン・トランスフォーメーション (GX))
山田 哲嗣	峯杉 賢治	東京大学大学院 工学系研究科	国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) の次世代研究者挑戦的研究プログラム (SPRING) 事業 (東京大学 グリーン・トランスフォーメーション (GX))
楠本 哲也	津田 雄一	東京大学大学院 工学系研究科	国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) の次世代研究者挑戦的研究プログラム (SPRING) 事業 (東京大学 グリーン・トランスフォーメーション (GX))
藤田 雅大	津田 雄一	東京大学大学院 工学系研究科	国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) の次世代研究者挑戦的研究プログラム (SPRING) 事業 (東京大学 グリーン・トランスフォーメーション (GX))

二村 成彦	大山 聖	東京大学大学院工学系研究科	国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）の次世代研究者挑戦的研究プログラム（SPRING）事業
高澤 秀人	山田 和彦	北海道大学大学院工学院	国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）の次世代研究者挑戦的研究プログラム（SPRING）事業
高久 諒太	山崎 典子	東京大学大学院理学系研究科	東京大学 宇宙地球フロンティア国際卓越大学院プログラム（IGPEES）
三平 舜	臼井 寛裕	東京大学大学院理学系研究科	東京大学 宇宙地球フロンティア国際卓越大学院プログラム（IGPEES）
久保 勇貴	津田 雄一	東京大学大学院工学系研究科	（公財）日本国際教育支援協会（JEES）留学生奨学金（就職促進）
武尾 舞	石田 学	東京都立大学大学院理学研究科	東京都立大学 多視座を涵養する「双対型」人材育成プロジェクト

2. 人材養成

JAXA では、大学院教育に含まれない研究者及び技術者の養成を目的とした学習実習制度による受入を行っている。受入方式は技術習得方式とインターンシップ方式がある。技術習得方式は大学等の要請に基づき、JAXA の技

術、知見等を学生が習得できるよう、JAXA に受入れて指導する。インターンシップ方式は学生のキャリア形成のための、JAXA の職場での就業又は研究開発業務の短期での体験をする。

表5 宇宙研における技術習得の指導状況（2021年度実績）

	技術習得						内、外国籍						内、女性					
	高専	学部	修士	博士	研究生	計	高専	学部	修士	博士	研究生	計	高専	学部	修士	博士	研究生	計
国立	0	8	7	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	3
公立	0	5	1	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2
私立	0	36	17	0	0	53	0	0	0	0	0	0	0	9	3	0	0	12
海外	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
計	0	50	25	0	0	75	0	1	0	0	0	1	0	11	6	0	0	17

表6 宇宙研におけるインターンシップの指導状況（2021年度実績）

	インターンシップ						内、外国籍						内、女性					
	高専	学部	修士	博士	研究生	計	高専	学部	修士	博士	研究生	計	高専	学部	修士	博士	研究生	計
国立	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
公立	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
私立	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
海外	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

※受入テーマを指定した公開公募による受入れは含まない。

3. 図 書

1. 図書室

宇宙科学研究所図書室は、宇宙科学及び関連分野の図書・雑誌・レポート等の情報資料を積極的に収集し、広く研究者の利用に供してきた。2003年4月から総合研究大学院大学の基盤機関図書室となり、電子資料の共同購入等により大学院教育にも広く貢献している。さらに、2003年10月1日のJAXA発足に伴い、宇宙科学研究本部図書室として、新たにホームページの公開、電子資料の共同利用、外部利用者への各種サービス等の実施も含め、機構内の他の図書室等との連携を図っている。2010年4月1日より宇宙科学研究本部の名称変更により、宇宙科学研究所図書室と改めた。2018年3月より、JAXA Library Portal (<https://www-std01.unity.jp/jaxalib/>) にてサービスを提供している。2021年度は、8-9月緊急事態宣言が発令されたが、感染症対策を実施しながら開室しサービスを継続した。また空調設備の更新が実施された。



宇宙科学研究所図書室 更新した空調設備

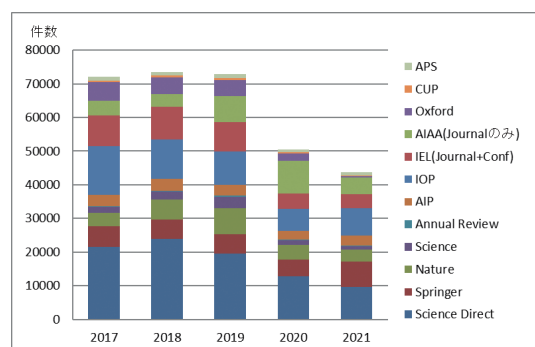
なお、2022年3月末現在の蔵書数・学術雑誌等は次のとおりである。

蔵書数	95,935冊（増加内訳）
洋書	76,588冊（図書19 製本雑誌12）
和書	19,347冊（図書239 製本雑誌19）

所蔵雑誌種数	1,200種
洋雑誌	959種
和雑誌	241種

うち2021年受入雑誌種数	164種
洋雑誌	10種
電子ジャーナル	91種
国内欧文誌	5種
和雑誌	58種

電子ジャーナル	約4,100種
IEL Online	195種
IOP Journal	98種
Elsevier Science Direct	118種
Springer Journal	約1,600種
Wiley-Blackwell	約1,400種
JSTOR	約680種
その他	



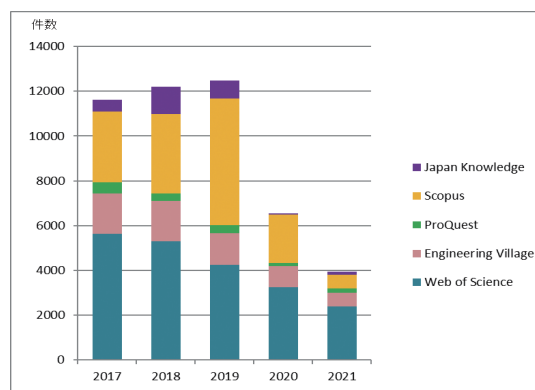
電子ジャーナルダウンロード件数（年別）

電子ブック

AGU Geophysical Monograph Series 他	618冊
AIAA Education Series	69冊
Cambridge Books Online	160冊
Net Library	585冊
Oxford Scholarship Online (Physics)	216冊
Springer eBOOK	約134,000冊
ProQuest Ebook Central	222冊
理科年表プレミアム	

データベース

ProQuest (CSA Technology Research Database)
Engineering Village
Scopus
Web of Science
Japan Knowledge



検索データベースアクセス件数（年別）

購読雑誌リスト

欧文雑誌

タイトル	所蔵巻号 []内は欠号あり.	
Acta Astronautica.	1(1974)-18,[19],20-76,88-119,142-157,159,162-176,178-187(2021)	オンライン購読中
Acta Materialia.	44(1996)-58(2010)	オンライン購読中
Advances in Space Research.	1(1981)-46(2010)	オンライン購読中
Aeronautical Journal.	72(1968)-83,86-98,[99],100-117,[118],119,120(2016)	オンライン購読中
Aerospace America.	22(1984)-58(2020)+	
AIAA Journal.	1(1963)-51(2013)	オンライン購読中
AIP Conference Proceedings.	(1970)+	オンライン購読中
American Ceramic Society Bulletin.	61(1982)-65,[66-82],83-99(2020)+	
Annual Review of Astronomy and Astrophysics.	1(1963)-4,6-7,10,16-17,22,24-59(2021)+	オンライン購読中
Applied Optics.	11(1972)-18,[19],21-52(2013)	オンライン購読中
Applied Physics Express.	1(2008)-6(2013)	オンライン購読中
Applied Physics Letters.	1(1962)-9,[10-11],12-103(2013)	オンライン購読中
Astrodynamic.		オンライン購読中
Astronomical Journal.	50(1942/44),71-146(2013)	オンライン購読中
Astronomy & Astrophysics.	1(1969)-47,[48-422],423-560(2013)	オンライン購読中
Astronomy and Astrophysics Review.	10(2000/2002)-12,15,17-21(2013)	オンライン購読中
Astrophysical Journal.	1(1895)-93,100,103-779(2013)	オンライン購読中
Astrophysical Journal. Letters.	148(1967)-779(2013)	オンライン購読中
Astrophysical Journal. Supplement series.	[7(1962)-15],16-209(2013)	オンライン購読中
Astrophysics and Space Science.	1(1968)-348(2013)	オンライン購読中
Autonomous Robots.		オンライン購読中
Aviation Week & Space Technology.	[72(1960)-125],126-182(2020)+	
Bulletin of the Chemical Society of Japan. *	[53(1980)],54-92(2019)	オンライン購読中
Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy.	46(1989)-117(2013)	オンライン購読中
Combustion, Explosion and Shock Waves.	1(1965-67)-15,18-49(2013)	オンライン購読中
Combustion and Flame.	1(1957)-12,[13-39],44-144(2006)	オンライン購読中
Earth, Moon, and Planets.	30(1984)-113(2014)	オンライン購読中
Experimental Astronomy.	1(1989/91)-18,21-36(2013)	オンライン購読中
Experiments in Fluids.		オンライン購読中
Flow, Turbulence and Combustion.		オンライン購読中
Geophysical Research Letters.	1(1974)-40(2013)	オンライン購読中
IEL Online		オンライン購読中
IOP science extra		オンライン購読中
ISIJ International. *	29(1989)-60(2020)+	
International Journal of Applied Ceramic Technology.	1(2004)-10(2013)	オンライン購読中
International Journal of Applied Glass Science.	1(2010)-4(2013)	オンライン購読中
International Journal of Hydrogen Energy.		オンライン購読中
International Journal for Numerical Methods in Engineering.	2(1970)-26,[27],28-64,[65],66-96(2013)	オンライン購読中
International Journal of Thermophysics.		オンライン購読中
Japanese Journal of Applied Physics. *	47(2008)-52(2013)	オンライン購読中
Journal of Aircraft.	3(1966)-4,8-26,[27],28-50(2013)	オンライン購読中
Journal of the American Ceramic Society.	65(1982)-96(2013)	オンライン購読中
Journal of Applied Physics.	24(1953)-48,53-114(2013)	オンライン購読中
Journal of the Astronautical Sciences.	7(1960)-58(2011)	オンライン購読中
Journal of the Atmospheric Sciences.	20(1963)-70(2013)	オンライン購読中
Journal of the British Interplanetary Society.	[17(1959)-42],43-73(2020)+	
Journal of Geophysical Research. A.	83(1978)-118(2013)	オンライン購読中
Journal of Geophysical Research. B.	83(1978)-118(2013)	オンライン購読中
Journal of Geophysical Research. C.	83(1978)-84,[85],86-118(2013)	オンライン購読中
Journal of Geophysical Research. D.	89(1984)-118(2013)	オンライン購読中
Journal of Geophysical Research. E.	96(1991)-99,[100],101-118(2013)	オンライン購読中
Journal of Geophysical Research. F.	108(2003)-118(2013)	オンライン購読中
Journal of Geophysical Research. G.	110(2005)-118(2013)	オンライン購読中
Journal of Guidance, Control, and Dynamics.	5(1982)-20,[21],22-36(2013)	オンライン購読中
Journal of Low Temperature Physics.		オンライン購読中
Journal of Materials Science.	17(1982)-48(2013)	オンライン購読中
Journal of the Physical Society of Japan. *	32(1972)-45,48-86(2017)	オンライン購読中
Journal of Physics. B.	1(1968)-43(2010)	オンライン購読中

タイトル	所蔵巻号 []内は欠号あり.	
Journal of Physics. D.	1(1968)-43(2010)	オンライン購読中
Journal of Propulsion and Power.	1(1985)-7,[8],9-29(2013)	オンライン購読中
Journal of Spacecraft and Rockets.	1(1964)-3,[4-5],6-50(2013)	オンライン購読中
Journal of Terramechanics.		オンライン購読中
Journal of Thermophysics and Heat Transfer.	24(2010)- 25,[26],27(2013)	オンライン購読中
Materials Science & Engineering. A.	101(1988)-417(2006)	オンライン購読中
Materials Transactions.*	42(2001)-61(2020)+	
Metallurgical and Materials Transactions. A.	25(1994)-44(2013)	オンライン購読中
Microwave Journal.	6(1963)-10,[11],12-49,51-62(2019)+	
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.	110(1950)-129,[131-229],230-436(2013)	オンライン購読中
Nature.	213(1967)-215,[216-452],453-504(2013)	オンライン購読中
Nature Astronomy.		オンライン購読中
Nature Digest.		オンライン購読中
Nature Geoscience.		オンライン購読中
Optical Engineering.	11(1972)-18,21-45,[46],47-52(2013)	オンライン購読中
Origins of Life and Evolution of Biospheres.	15(1984)-43(2013)	オンライン購読中
PASJ : Publications of the Astronomical Society of Japan.	1(1949)-68(2016)	オンライン購読中
Physica Scripta.	25(1982)-52,[53],54-82(2010)	オンライン購読中
Physical Review. A.	1(1970)-88(2013)	オンライン購読中
Physical Review. B.	1(1970)-6,[7-9],10-88(2013)	オンライン購読中
Physical Review. C.	1(1970)-88(2013)	オンライン購読中
Physical Review. D.	1(1970)-7,[8],9-88(2013)	オンライン購読中
Physical Review. E.	47(1993)-88(2013)	オンライン購読中
Physical Review Letters.	1(1958)-75,[76],77-111(2013)	オンライン購読中
Physics of Fluids.	1(1989)-25(2013)	オンライン購読中
Physics of Plasmas.	1(1994)-20(2013)	オンライン購読中
Physics Today.	[19(1966)],20-28,39-66(2013)	オンライン購読中
Planetary and Space Science.	1(1959)-42,[43],44-58(2010)	オンライン購読中
Plasma Sources Science and Technology.		オンライン購読中
Proceedings of the Combustion Institute.		オンライン購読中
Progress in Aerospace Sciences.	11(1970)-33,[34(1998)]	オンライン購読中
Propellants, Explosives, Pyrotechnics.	7(1982)-38(2013)	オンライン購読中
Publications of the Astronomical Society of the Pacific.	85(1973)-89,95-125(2013)	オンライン購読中
Review of Scientific Instruments.	1(1930)-84(2013)	オンライン購読中
Reviews of Geophysics.	1(1963)-4,[5],6-51(2013)	オンライン購読中
Reviews of Modern Physics.	2(1930)-85(2013)	オンライン購読中
Science.	[103(1946)-275],276-342(2013)	オンライン購読中
Scientific American.	[126(1922)-276],277-323(2020)+	
Scripta Materialia.	34(1996)-63(2010)	オンライン購読中
Shock Waves.		オンライン購読中
Sky & Telescope.	33(1967)-52,[53],54-118,[119],120-140(2020)+	
Solar Physics.	1(1967)-220,223-288(2013)	オンライン購読中
Space Science Reviews.	1(1962)-7,[9-110],112-181(2014)	オンライン購読中
Spaceflight.	2(1959/1960)-62(2020)+	
Tech Briefs.	[15(1991)],16-31,33-37,[38],39-44(2020)+	
Theoretical and Computational Fluid Dynamics		オンライン購読中
Transactions of the ASME. Journal of Heat Transfer.	104(1982)-135(2013)	オンライン購読中
Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan.*		オンライン購読中
(* 印は国内欧文雑誌)		

和文雑誌

タイトル	所蔵巻号
朝日新聞縮刷版	355(1951/s.26)-495,497-1203(2021/r.3)+
分光研究	35(1986/s.61)-68(2019/r.1)+
電気化学	86(2018/h.30)-88(2020/r.2)+
電子情報通信学会誌	70(1987/s.62)-103(2020/r.2)+
EXPLOSION	1(1991/h.3)-29(2019/r.1)+
ふえらむ：日本鉄鋼協会会報	1(1996/h.8)-25(2020/r.2)+
表面と真空	61(2018/h.30)-63(2020/r.2)+
JIS (日本工業規格) W 航空	継続購読中
JIS (日本工業規格) 総目録	継続購読中

JIS 要覧（機械要素）	継続購読中
JIS 要覧（鉄鋼関係）	継続購読中
時刻表	継続購読中
情報処理	[11(1970/s.45)-25],[26-61(2020/r.2)+
情報の科学と技術	継続購読中
科学	1(1931/s.6)-29,[30-70],71-90(2020/r.2)+
軽金属	10(1960/s.35)-18,[19-37],39-70(2020/r.2)+
計測自動制御学会論文集	22(1986/s.51)-56(2020/r.2)+
計測と制御	[8(1969/s.44)-24],25-59(2020/r.2)+
航空宇宙技術	オンライン購読中
固体物理	15(1980/s.55)-16,[20-41],43-55(2020/r.2)+
まてりあ 日本金属学会会報	33(1994/h.6)-59(2020/r.2)+
Newton	[2](1982/s.57),3-14,18-29,31-34(2014/h.26)+
日経サイエンス	継続購読中
日本物理学会誌	1(1946/s.21)-75(2020/r.2)+
日本複合材料学会誌	6(1980/s.55)-46(2020/r.2)+
日本原子力学会誌	6(1964/s.39)-19,[20],21-62(2020/r.2)+
日本ゴム協会誌	1(1928/s.3)-53,[58-72],73-93(2020/r.2)+
日本機械学会誌	49(1946/s.21)-123(2020/r.2)+
日本金属学会誌	32(1968/s.43)-84(2020/r.2)+
日本航空宇宙学会誌	16(1968/s.43)-68(2020/r.2)+
日本航空宇宙学会論文集	47(1999/h.11)-68(2020/r.2)+
日本ロボット学会誌	[2(1984/s.59)-10],11-38(2020/r.2)+
応用物理	40(1971/s.46)-47,[48],49-89(2020/r.2)+
繊維学会誌	31(1975/s.50)-44,[45],46-76(2020/r.2)+
数理科学	29(1991/h.3),32-58(2020/r.2)+
天文月報	77(1984/s.59)-113(2020/r.2)+
鉄と鋼	58(1972/s.47)-73,[74],75-106(2020/r.2)+
図書館雑誌	21(1927/s.2)-38,[40-90],91-114(2020/r.2)+
有機合成化学協会誌	1(1943/s.18)-13,15-21,23-78(2020/r.2)+
遊星人	1(1992/h.4)-29(2020/r.2)+
材料とプロセス	7(1994/h.6)-34(2021/r.3)+

新 聞

Japan Times
朝日新聞
科学新聞
毎日新聞

日本経済新聞
日刊工業新聞
東京大学新聞
読売新聞

2. JAXA リポジトリ

<https://jaxa.repo.nii.ac.jp/>



JAXA リポジトリでは、おもに JAXA が刊行する文献や学術雑誌論文、学位論文、JAXA 及び ISAS 主催シンポジウムの講演集等を公開しており、研究開発の成果をまとめた文献等の書誌情報や本文（一部除く）を閲覧することができる。

2009 年の JAXA リポジトリの開始以来、ISAS では毎年約 1,000 件以上のデータを登録し、着々と登録件数を増やし、リポジトリ＝貯蔵庫としての役割を果たしている。

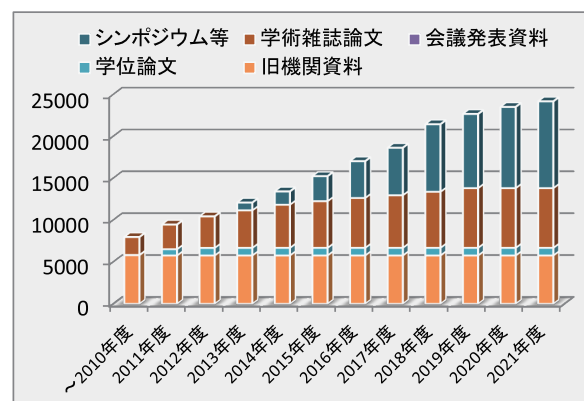
2013 年度より ISAS 主催のシンポジウムの成果の発表の場としてリポジトリを活用する動きが活発となり、多くの ISAS 主催シンポジウムの本文データをリポジトリにて公開し、講演集として利用されている。

2015 年度には ISAS にてシンポジウムシステムを導入し、シンポジウムの開催からリポジトリでの講演集公開までの作業が効率化した。現在は JAXA 設立（2003 年）以降に行われた ISAS 主催のシンポジウムのほぼ全ての書誌情報の登録が完了している。

2016 年度からは JAXA 出版物の一部（査読誌）への DOI（Digital Object Identifier: 電子データのコンテンツに付与される国際的な識別子）の付与を開始し、2019 年度には国立情報学研究所（NII）とオープンアクセスリポジトリ推進協会（JPCOAR）が共同運営するクラウド型リポジトリサービス JAIRO Cloud へシステム移行を行った。

また、ISAS が所蔵する図書資料の恒久的な保存を目指し、2020 年度より主に ISAS 出版した資料のデジタル化を行っている。2021 年度はそれらのうち、宇宙科学研究所（JAXA 統合前の旧機関含む）にて発行している「宇宙科学研究所 年次要覧」のデジタルアーカイブを JAXA リポジトリにて実施した。

今後、JAIRO Cloud の機関リポジトリソフトウェアである WEKO2 が WEKO3 にバージョンアップされ、新たな機能が搭載される予定である。それに伴い、データのアクセシビリティをさらに担保し、機構の研究成果である学術コンテンツのオープンアクセス化の一端を担っていく所存である。



JAXA リポジトリ登録件数 (ISAS 分)

4. 広報・普及

はじめに

「はやぶさ2」への大きな注目等を踏まえ、ISAS における活動をこれまで以上に積極的に発信する必要があると、研究所レベルで判断された。これにより、体制を整備し、それぞれが何をすべきかを明快なものとする組織変革を2020年夏に行った。新しい体制下での最初の大仕事は、2020年12月、「はやぶさ2」サンプル帰還カプセルの豪州ウーメラにおける回収事業の広報を実施することだった。2021年度では、はやぶさ2帰還カプセルの全国巡回展示、リュウグウから帰還させたサンプルの展示等を行った。また、発信力の強化も継続して行っている。

1. 新しい広報体制

広報活動をあらためて、事業広報、科学広報、交流棟運営の三本柱で整理することとした。事業広報とは、プロジェクトの進捗状況の報告といった、研究所としての事業に関して発信を行うものであり、報道対応の側面が強い。科学広報とは、ISAS が研究所であることを象徴するもので、宇宙科学への理解を広め深めるため、ISAS からの研究成果や世界の研究動向に関する説明を行うものである。交流棟運営とは、文字通り相模原キャンパスにある宇宙科学交流棟の運営のことであるが、そこを通じての地元との交流や協力、市立博物館との協力ということも含む。あらためて整理したことに加え、事業広報においては JAXA 本部と協調して進めること、科学広報においては発信力強化を行うこと、交流棟運営においてはシビックプライドという観点、具体的には「ISAS が相模原にあって嬉しい」と市民の方々に思ってもらえることという基準に照らして行動すること、この三点に力点を置くことを確認した。

2021 年度も、この三本柱を意識して活動を行ってきた。

2. はやぶさ2

2020 年度に引き続き、2021 年度の事業広報におけるハイライトは、「はやぶさ2」であろう。帰還後、サンプルの初期分析が進められ、様々なマイルストーンのたびにオンライン会見や交流棟での記者説明会等を開催してきた。

一方で、はやぶさ2ミッションが進行中であった頃のミッションそのものへの興味に比較して、サンプル分析成果への一般からの興味は低いという課題が見えてきた。これは、世の中における「何に興味を持つか」ということの分布を考えれば当然の結果ではあるものの、ISAS としては、何の努力もせずに受け入れるべき結果ではなく、模索するところである。

3. 発信力の強化

以前から、より研究所らしい発信をすべきではないか、という議論が研究所執行部であったことを受け、以下の対応を行った：科学広報に、記事のライターとして、広報活動の経験があり、英語を母国語とする教育職メンバーを追加した。さらに、英語能力のある推進部メンバーのエフォートの一部を記事作成（具体的には、英→日翻訳）のために投入してもらうようアレンジした。これにより ISAS 発の記事を効果的に発信できる体制が整った。具体的には、(1) 研究成果のプレスリリースの文面に対して、研究者自身が執筆する際に、ISAS 観点から述べて欲しいポイントを事前に示唆すること、(2) 研究者ごとの、ではなく、ISAS の観点から記事を書く活動を活性化したこと、(3) 日英同時発信を原則とすること。「ISAS が何を考えているか」という軸をしっかりと入れた上での記事発信となっているが、ここでは、広報主幹が執行部メンバーでもあり、ISAS の論点ということを実際に把握している要素も効いている。

並行して、研究者自身による発信も強化すべきであるという議論となった。そこで、研究情報の収集及び管理、

そのインフラの整備，そして研究情報発信強化を目的とし，2020年6月にISAS 所内委員会である図書・出版委員会を研究情報委員会に改組した。2021年2月には宇宙科学研究所 研究者総覧「あいさす map」を立ち上げ，研究者が自ら研究情報を発信できる仕組みの構築を行っている。

2021年度には，枠組みに微修正を加えながら，これらのコンテンツを充実させることを確実に実行した。また，ISAS メンバー側の意識に変化も見られ，より積極的に発信していく姿勢が見えつつある。

4. 交流棟の魅力増大へ

交流棟は，保有物が醸し出す「ここだけ」感によるポテンシャルは高く，さらに魅力的な場所にできるはずである，という意見が複数寄せられている。一方で，予算とマンパワーには限りがあるため，効率的に運用をすること，外部の力を借りること，（外部の力を引き出す程度には予算増をすること）を検討している。これを踏まえ，様々な相手との意見交換を開始した。教材的な「展示物を見る」場とするだけでなく，それほど宇宙科学に興味のない層がたまたま来館してみたら「宇宙で活動するこ

とのワクワク感」が共有され，そこから「宇宙科学のことが何だか気になる」ようにできないだろうか？前者は交流棟で，後者はウェブの記事で引き受けるといった多層的な対応も，体制をあらためて整理した今，組織的に行うことができるはずである。

2021年度は，交流棟運営体制を再整備し，交流棟新装計画の検討を進めた。相模原市立博物館とはイベントを共催しての NASA 主催の International Observe the Moon Night に新規参加等，協力関係を強化している。外部との連携を模索すべく，お台場の科学未来館やロンドンのサイエンス・ミュージアムとの協議を開始した。今後の ARTEMIS による盛り上がりを考えれば，外部との連携は月探査がキーコンテンツとなっていくであろう。

5. 2021 年度の特別公開

オンラインで開催した。二回目であったこともあり，これを運用する若手を中心とするチームの手際の良さが目立つ結果となった。それを受け，今後の ISAS 発信活動に若手チームが活躍する場をつくってもよいのではないかという議論が立ち上がった。



JAXA 相模原キャンパス オンライン特別公開 2021

XII. 成果発表

1. 研究成果の発表状況等

項 目	実 績	参 照
1. Web of Science による発表状況		
1) 著名な学術誌での論文掲載数	Nature 2 編, Science 2 編 (2021 年 4 月-2022 年 3 月)	
2) 査読付き学術誌掲載論文	363 編 (2021 年 1 月 - 12 月)	図 1
3) 高被引用論文数 (共著者に ISAS 所属の著者を含む)	48 編 (過去 10 年間における高引用論文数)	図 2
2. JAXA 出版物 (ISAS 出版分)	11 件 (RR : 5 件, RM : 4 件, SP : 2 件)	XII-2 (p.168)
3. 外部の学術雑誌等に発表のもの		
a. 単行本に発表のもの	7 件	XII-3-a (p. 169～)
b. 査読付き学術誌に発表のもの	404 編	XII-3-b (p. 169～)
4. 外部の国内, 国際会議等に発表のもの	電子版に掲載	電子版に掲載
5. 表彰・受賞	39 件	XII-5 (p. 190～)
6. 特許権等	出願公開 17 件, 特許登録 13 件	XII-6 (p. 193～)

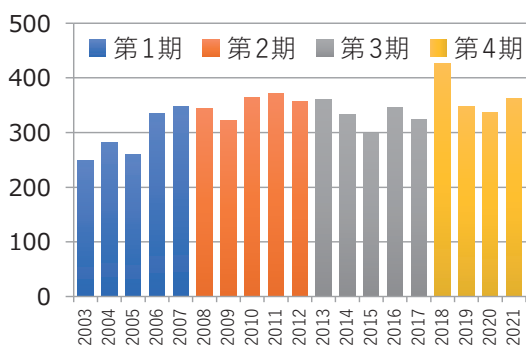


図1 論文数の推移 (注1)
Number of papers (Web of Science)

(注1) ISAS の研究者を共著者に含む論文の中で, Web of Science (WOS) が調査の対象としている学術誌に掲載された論文のみの数。従って, 全査読付き論文数よりも少ない。また, 集計は年度ではなく暦年。(各年 1 月～12 月)

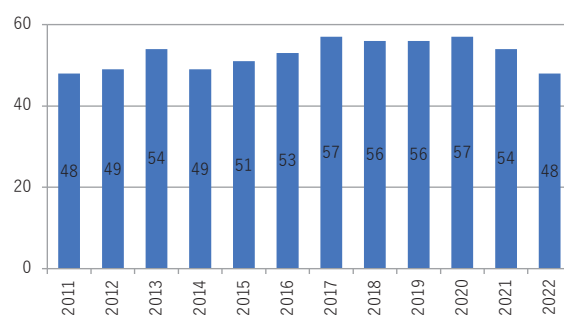


図2 高被引用論文の推移
(2022 年 3 月に更新された ESI (Essential Science Indicators) データに基づく) (注2)

(注2) 過去 10 年間における高被引用論文数。クラリベイト・アナリティクス・ジャパン株式会社のデータベースである Essential Science Indicators (ESI) において, 科学全体を大きく 22 の研究分野に分類しており, それぞれの分野において被引用数が上位 1 % の論文を高被引用論文(Highly Cited Papers)と定義している。

2. JAXA 出版物 (ISAS 出版分)

所内の研究成果の一部は、JAXA 出版物として毎年刊行される。JAXA 出版物の種類としては、「研究開発報告 (JAXA Research and Development Report: 略称 RR)」や「研究開発資料 (JAXA Research and Development Memorandum: 略称 RM)」、「特別資料 (JAXA Special Publication: 略称 SP)」等がある。このうち「RR」は、「宇宙科学研究所報告 (ISAS Report)」を継承するものである。

また、JAXA 出版物として刊行されたものについては、原則として JAXA リポジトリに登録され、インターネット上にて公開されている。現在「RR」には DOI (Digital Object Identifier) を付与している。

研究開発報告 (JAXA Research and Development Report) (2021/4~2022/3)

機構の研究開発成果を学術論文等の形に取りまとめたもので、査読の結果、科学的もしくは技術的観点から刊行する価値を有すると認められたもの。

RR-21-002

松永浩貴, 伊東山登, 塩田謙人, 松本幸太郎, 伊里友一朗, 勝身俊之, 羽生宏人: 高エネルギー物質研究会; 令和3年度研究成果報告書

RR-21-003

大気球研究報告

RR-21-007E

山岸光義, 山村一誠, 大藪進喜, 大坪貴文, 和田武彦, 石原大助, 中川貴雄, 金田英宏, 平原靖大: SPICA Mid-instrument Calibration plan

RR-21-008

宇宙科学情報解析論文誌: 第11号

RR-21-009

矢田 達, 藤村彰夫, 安部正真, 野口高明, 中村智樹, 岡崎隆司, 小川真帆, 岡田達明, 石橋之宏, 白井 慶, 唐牛 譲, 上相真之, 中藤亜衣子, 熊谷和也, 西村征洋, 松井重雄, 坂本佳奈子, 吉武美和, 与賀田佳澄, 岩前絢子: Development of electrostatically controlled micro-manipulation system in purified ultra-clean nitrogen environment and its performances to handle micrometer-sized asteroidal regolith particles

研究開発資料 (JAXA Research and Development Memorandum) (2021/4~2022/3)

機構の研究開発成果のうち、速報性または資料的観点から刊行する価値を有するもので、例えば、研究開発の現況報告、技術試験報告、実験・観測データ、一次資料データを取りまとめたものなど。

RM-21-007

春山純一, 原 誠一: SELENE (かぐや) 地形カメラオルソ画像と DEM におけるクレータ検知手法

RM-21-008

春山純一, 出村裕英, 原 誠一, 藤原友宏: SELENE (かぐや) 地形カメラによるオルソ画像と DTM/DEM を利用した月面クレータ自動抽出 GUI ツールの研究開発

RM-21-009

野澤仁史, 春山純一, 岩田隆浩: 月における縦孔陥没地形とその周辺地下構造

RM-21-010

池谷広大, 春山純一, 三宅 互: 静の海の縦孔周囲の精細な地史の研究 その1

特別資料 (JAXA Special Publication) (2021/4~2022/3)

機構の研究開発成果のうち、プロジェクト等の活動報告、成果報告、研究会議の前刷集や後刷集など。

SP-21-006E

YADA Toru, *et al.*: Hayabusa2 Asteroid Sample Catalog 2021

SP-21-007E

YADA Toru, *et al.*: Hayabusa2 Asteroid Sample Catalog 2021

3. 外部の学術雑誌等に発表のもの

a. 単行本に発表のもの

- 津田雄一（著）：はやぶさ 2 のプロジェクトマネージャ
なぜ「無駄」を大切にしたのか？=Why did the project
manager of Hayabusa2 value “futility”?：朝日新聞出版：
(2022) 978-4-02-331929-5
- 津田雄一（監修）：「はやぶさ 2」リュウグウからの玉手
箱：文溪堂：(2021) 978-4-7999-0422-0
- Edited by Hiroshi Hasegawa, *et al.*: Magnetospheres in the
Solar System Space Physics and Astronomy, vol.2):
Wiley: (2021)9781119507529
- Elizabeth J. Tasker, Jonathan I. Lunine(分担執筆): Sample
Return Missions: The Last frontier of Solar System
Exploration : Chapter 10: Future missions: pp.207-222:
Elsevier: (2021)
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818330-4.00010-0>
- 清水敏文（分担執筆）：太陽地球圏環境予測 オープン・
テキストブック (PSTEP Open Textbook), 3-1-4 コ
ロナと太陽風:磁場が支配する高温大気 (3-1.太陽大
気の構造と磁気現象)：宇宙地球環境研究所：教材：
(2021)
- 鳥海 森（分担執筆）：太陽地球圏環境予測 オープン・
テキストブック (PSTEP Open Textbook), 3-3-1 フレ
ア活動領域の形成 (3-3 太陽風の予測)：宇宙地球環
境研究所：教材：(2021)
<https://doi.org/10.18999/pstep.2021.3.3.1>
- Kiwamu Izumi, Karan Jani（分担執筆）：Handbook of
Gravitational Wave Astronomy: Detection Landscape
in the deci-Hertz Gravitational-Wave Spectrum:,
pp.479-492: Springer: (2021) 9789811643057

b. 査読付き学術誌に発表のもの

- Y. Yamashita *et al.*, Plasma Hysteresis Caused by
High-Voltage Breakdown in Gridded Microwave Dis-
charge Ion Thruster mu 10. *Acta Astronautica*, Vol.185,
pp.179-187 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2021.05.001>
- N. Pushparaj *et al.*, Transfers and Orbital Maintenance of
Spatial Retrograde Orbits for Phobos Exploration. *Acta
Astronautica*, Vol.189, pp.452-464 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2021.09.008>
- H. Tanaka *et al.*, Experimental Demonstration of Deforma-
ble Reflector Antenna System with High Accuracy De-
formation Measurement. *Acta Astronautica*, Vol.194,
pp.93-105 (2022)
<https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2022.02.002>
- Y. Takahashi *et al.*, Trajectory Reconstruction for Nanosat-
ellite in Very Low Earth Orbit using Machine Learning.
Acta Astronautica, Vol.194, pp.301-308 (2022)
<https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2022.02.010>
- H. Tobe *et al.*, Facilitation of Detwinning through Control-
ling Crystal Structure in Ti-Zr-Ni-Pd High Tempera-
ture Shape Memory Alloys. *Acta Materialia*, Vol.229,
117811 (2022)
<https://doi.org/10.1016/j.actamat.2022.117811>
- N. Ohmae *et al.*, Transportable Strontium Optical Lattice
Clocks Operated Outside Laboratory at the Level of
10(exp -18) Uncertainty. *Advanced Quantum Technolo-
gies*, Vol.4(8), 2100015 (2021)
<https://doi.org/10.1002/qute.202100015>
- R. Doyle *et al.*, Recent Research and Development Activi-
ties on Space Robotics and AI. *Advanced Robotics*,
Vol.35(21-22), pp.1244-1264 (2021)
<https://doi.org/10.1080/01691864.2021.1978861>
- V. Parque *et al.*, Packaging of Thick Membranes Using a
Multi-Spiral Folding Approach: Flat and Curved Sur-
faces. *Advances in Space Research*, Vol.67(9),
pp.2589-2612 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.asr.2020.09.040>
- M. Hirabayashi *et al.*, Hayabusa2 extended mission: New
voyage to rendezvous with a small asteroid rotating
with a short period. *Advances in Space Research*,
Vol.68(3), pp.1533-1555 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.asr.2021.03.030>
- S. Kikuchi *et al.*, Hayabusa2 Pinpoint Touchdown Near the
Artificial Crater on Ryugu: Trajectory Design and
Guidance Performance. *Advances in Space Research*,
Vol.68(8), pp.3093-3140 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.asr.2021.07.031>
- R. Fuse *et al.*, Stray Light Analysis by Ray Tracing Simula-
tion for the Wide-Angle Multiband Camera OROCHI
onboard the Martian Moons eXploration (MMX)
Spacecraft. *Advances in Space Research*, Vol.69(2),
pp.1236-1248 (2022)
<https://doi.org/10.1016/j.asr.2021.11.011>
- R. Serizawa *et al.*, Modeling the Particle Capture Perfor-
mance by Vertically Aligned Carbon Nanotubes for a
Comet Rendezvous Sample Return. *Advances in Space*

- Research*, Vol.69(7), pp.2787-2797 (2022)
<https://doi.org/10.1016/j.asr.2021.10.013>
- Y. Yamada *et al.*, Attitude Control of Spin-Type Space Membrane Structures using Electromagnetic Force in Earth Orbit. *Advances in Space Research*, Vol.69(10), pp.3864-3879 (2022)
<https://doi.org/10.1016/j.asr.2022.02.050>
- S. Toriumi, Flux Emergence and Generation of Flare-Productive Active Regions. *Advances in Space Research*, Vol.70(6), pp.1549-1561 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.asr.2021.05.017>
- H. Kurokawa *et al.*, Distant Formation and Differentiation of Outer Main Belt Asteroids and Carbonaceous Chondrite Parent Bodies. *AGU Advances*, Vol.3(1), e2021AV000568 (2022)
<https://doi.org/10.1029/2021AV000568>
- M. Akamine *et al.*, Interpretation of Multilobe Wavepackets in Spectral Proper Orthogonal Decomposition of Supersonic Jet. *AIAA Journal*, Vol.60(1), pp.56-64 (2022)
<https://doi.org/10.2514/1.J060341>
- K. Tominaga *et al.*, Diffusion Coefficient Analysis Method Using Data Statistical Processing to Reduce Interference Fringe Noise Effects. *AIChE Journal*, Vol.68(3), e17497 (2021)
<https://doi.org/10.1002/aic.17497>
- T. Usui *et al.*, Effect of Sulfur on Siderophile Element Partitioning between Olivine and a Primary Melt from the Martian Mantle. *American Mineralogist*, Vol.107(3), pp.357-368 (2022)
<https://doi.org/10.2138/am-2021-7743>
- M. Volwerk *et al.*, Venus's Induced Magnetosphere during Active Solar wind Conditions at BepiColombo's Venus 1 flyby. *Annales Geophysicae*, Vol.39(5), pp.811-831 (2021)
<https://doi.org/10.5194/angeo-39-811-2021>
- AF. Brooks *et al.*, Point absorbers in Advanced LIGO. *Applied Optics*, Vol.60(1), pp.4047-4063 (2021)
<https://doi.org/10.1364/AO.419689>
- T. Hasebe *et al.*, Fabrication of Three-Layer Silicon Antireflection Structures in 200-450 GHz Using Deep Reactive Ion Etching. *Applied Optics*, Vol.60(33), pp.10462-10467 (2021)
<https://doi.org/10.1364/AO.441969>
- K. Odagiri *et al.*, Three-Dimensional Heat Transfer Analysis of Flat-Plate Oscillating Heat Pipes. *Applied Thermal Engineering*, Vol.195, 117189 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2021.117189>
- N. Iwata *et al.*, Thermal Performance and Flexibility Evaluation of Metallic Micro Oscillating Heat pipe for Thermal Strap. *Applied Thermal Engineering*, Vol.197(Vol.197, 117342), 117342 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2021.117342>
- S. Okazaki *et al.*, Performance of Circular Oscillating Heat Pipe for Highly Adaptable Heat Transfer Layout. *Applied Thermal Engineering*, Vol.198(Vol.198, 117497), 117497 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2021.117497>
- A. Yamagishi *et al.*, Scientific Targets of Tanpopo: Astrobiology Exposure and Micrometeoroid Capture Experiments at the Japanese Experiment Module Exposed Facility of the International Space Station. *Astrobiology*, Vol.21(12), pp.1451-1460 (2021)
<https://doi.org/10.1089/ast.2020.2426>
- A. Yamagishi *et al.*, Four-Year Operation of Tanpopo: Astrobiology Exposure and Micrometeoroid Capture Experiments on the JEM Exposed Facility of the International Space Station. *Astrobiology*, Vol.21(12), pp.1461-1472 (2021)
<https://doi.org/10.1089/ast.2020.2430>
- S. Kodaira *et al.*, Space Radiation Dosimetry at the Exposure Facility of the International Space Station for the Tanpopo Mission. *Astrobiology*, Vol.21(12), pp.1473-1478 (2021)
<https://doi.org/10.1089/ast.2020.2427>
- K. Kobayashi *et al.*, Space Exposure of Amino Acids and Their Precursors during the Tanpopo Mission. *Astrobiology*, Vol.21(12), pp.1479-1493 (2021)
<https://doi.org/10.1089/ast.2021.0027>
- D. Fujiwara *et al.*, Mutation Analysis of the rpoB Gene in the Radiation-Resistant Bacterium *Deinococcus radiodurans* R1 Exposed to Space during the Tanpopo Experiment at the International Space Station. *Astrobiology*, Vol.21(12), 1494-1504 (2021)
<https://doi.org/10.1089/ast.2020.2424>
- K. Tomita-Yokotani *et al.*, Investigation of *Nostoc* sp. HK-01, Cell Survival over Three Years during the Tanpopo Mission. *Astrobiology*, Vol.21(12), pp.1505-1514 (2021)
<https://doi.org/10.1089/ast.2021.0152>
- L. A. Hillenbrand *et al.*, Outbursting Young Stellar Object PGIR 20dci in the Perseus Arm. *Astronomical Journal*, Vol.161(5), 220 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-3881/abe406>
- W. C. Zang *et al.*, Systematic KMTNet Planetary Anomaly Search. I. OGLE-2019-BLG-1053Lb, a Buried Terrestrial Planet. *Astronomical Journal*, Vol.162(4), 163 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-3881/ac12d4>
- J. C. Yee *et al.*, OGLE-2019-BLG-0960 Lb: the Smallest Microlensing Planet. *Astronomical Journal*, Vol.162(5), 180 (2021)

- <https://doi.org/10.3847/1538-3881/ac1582>
- S. Arakawa *et al.*, Tidal Evolution of the Eccentric Moon around Dwarf Planet (225088) Gonggong. *Astronomical Journal*, Vol.162(6), 226 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-3881/ac1f91>
- K. H. Hwang *et al.*, Systematic KMTNet Planetary Anomaly Search. II. Six New $q < 2 \times 10^{-4}$ Mass-ratio Planets. *Astronomical Journal*, Vol.163(2), 43 (2022)
<https://doi.org/10.3847/1538-3881/ac38ad>
- H. T. Ishikawa *et al.*, Elemental Abundances of nearby M Dwarfs Based on High-resolution Near-infrared Spectra Obtained by the Subaru/IRD Survey: Proof of Concept. *Astronomical Journal*, Vol.163(2), 72 (2022)
<https://doi.org/10.3847/1538-3881/ac3ee0>
- A. Praet *et al.*, Hydrogen Abundance Estimation Model and Application to (162173) Ryugu. *Astronomy & Astrophysics*, Vol.649, L16 (2021)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202140900>
- J. E. Silva *et al.*, Characterising Atmospheric Gravity Waves on the Nightside Lower Clouds of Venus: a systematic analysis. *Astronomy & Astrophysics*, Vol.649, A34 (2021)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202040193>
- T. Suzuki *et al.*, [CII] Emission Properties of the Massive Star-Forming Region RCW 36 in a Filamentary Molecular Cloud. *Astronomy & Astrophysics*, Vol.651, A30 (2021)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/201935739>
- T. Tsuchikawa *et al.*, A systematic Study of Silicate Absorption Features in Heavily Obscured AGNs Observed by Spitzer/IRS. *Astronomy & Astrophysics*, Vol.651, A117 (2021)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202140483>
- S. Charnoz *et al.*, Forming Pressure Traps at the Snow Line to Isolate Isotopic Reservoirs in the Absence of a Planet. *Astronomy & Astrophysics*, Vol.652, A35 (2021)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202038797>
- N. Blagorodnova *et al.*, The Luminous Red Nova AT 2018bwo in NGC 45 and its Binary Yellow Supergiant Progenitor. *Astronomy & Astrophysics*, Vol.653, A134 (2021)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202140525>
- C. Han *et al.*, KMT-2021-BLG-0912Lb: a Microlensing Super Earth around a K-type Star. *Astronomy & Astrophysics*, Vol.658, A94 (2022)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202142495>
- S. L. Yardley *et al.*, Widespread Occurrence of High-Velocity Upflows in Solar Active Regions. *Astronomy & Astrophysics*, Vol.650, L10 (2021)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141131>
- C. Han *et al.*, KMT-2021-BLG-0322: Severe Degeneracy between Triple-Lens and Higher-Order Binary-Lens Interpretations. *Astronomy & Astrophysics*, Vol.655, A24 (2021)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141939>
- P. Zhang *et al.*, Diverse Space Weathering Effects on Asteroid Surfaces as Inferred via Laser Irradiation of Meteorites. *Astronomy & Astrophysics*, Vol.659, A78 (2022)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202142590>
- R. Hyodo *et al.*, A "no-drift" Runaway Pile-up of Pebbles in Protoplanetary Disks II. Characteristics of the Resulting Planetesimal Belt. *Astronomy & Astrophysics*, Vol.660, A117 (2022)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202142345>
- R. Munini *et al.*, The Antinucleus Annihilation Reconstruction Algorithm of the GAPS Experiment. *Astroparticle Physics*, Vol.133, 102640 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.astropartphys.2021.102640>
- P. Machado *et al.*, Venus Atmospheric Dynamics at Two Altitudes: Akatsuki and Venus Express Cloud Tracking, Ground-Based Doppler Observations and Comparison with Modelling. *Atmosphere*, Vol.12(4), 506 (2021)
<https://doi.org/10.3390/atmos12040506>
- N. Sugimoto *et al.*, Kelvin Wave and Its Impact on the Venus Atmosphere Tested by Observing System Simulation Experiment. *Atmosphere*, Vol.13(2), 182 (2022)
<https://doi.org/10.3390/atmos13020182>
- P. Machado *et al.*, Venus' Cloud-Tracked Winds Using Ground- and Space-Based Observations with TNG/NICS and VEx/VIRTIS. *Atmosphere*, Vol.13(2), 337 (2022)
<https://doi.org/10.3390/atmos13020337>
- Y. Yoshimura *et al.*, Life Explorations for Biosignatures in Space. *BUNSEKI KAGAKU*, Vol.70(6), pp.309-326 (2021)
<https://doi.org/10.2116/bunsekikagaku.70.309>
- S. Sasaki *et al.*, In situ bio/chemical characterization of Venus cloud particle using Life-signature Detection Microscope for Venus. *Canadian Journal of Microbiology*, Vol.68(6), pp.413-425 (2022)
<https://doi.org/10.1139/cjm-2021-0140>
- M. Inoue *et al.*, Practical Application Study of Highly Active CO₂ Methanation Catalysts Prepared Using the Polygonal Barrel-Sputtering Method: Immobilization of Catalyst Particles. *Catalysis Letters*, Vol.152, pp.276-281 (2021)
<https://doi.org/10.1007/s10562-021-03623-7>
- K. Nagano *et al.*, Demonstration of a Dual-Pass Differential Fabry-Perot Interferometer for Future Interferometric Space Gravitational Wave Antennas. *Classical and*

- Quantum Gravity*, Vol.38(8), 85018 (2021)
<https://doi.org/10.1088/1361-6382/abed60>
- Y. Sato *et al.*, Lifetime Test of the 4K Joule-Thomson Cryocooler. *Cryogenics*, Vol.116, 103306 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.cryogenics.2021.103306>
- K. De *et al.*, Evolution of Pyrrhae Fossae, Mars: an Explication from the Age Estimation Using the Buffered Crater Counting Technique. *Current Science*, Vol.121(7), pp.906-911 (2021)
<https://doi.org/10.18520/cs/v121/i7/906-911>
- A. Rajsic *et al.*, Numerical Simulations of the Apollo S-IVB Artificial Impacts on the Moon. *Earth, Planets and Space*, Vol.8(12), e2021EA001887 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2021EA001887>
- S. Matsuda *et al.*, ISEE_Wave: Interactive Plasma Wave Analysis Tool. *Earth, Planets and Space*, Vol.73(1), 110 (2021)
<https://doi.org/10.1186/s40623-021-01430-3>
- T. Arai *et al.*, Geometric Correction for Thermographic Images of Asteroid 162173 Ryugu by TIR (thermal infrared imager) onboard Hayabusa2. *Earth, Planets and Space*, Vol.73(1), 115 (2021)
<https://doi.org/10.1186/s40623-021-01437-w>
- W. Fujiya *et al.*, Analytical Protocols for Phobos Regolith Samples Returned by the Martian Moons eXploration (MMX) Mission. *Earth, Planets and Space*, Vol.73(1), 120 (2021)
<https://doi.org/10.1186/s40623-021-01438-9>
- S. Nakano *et al.*, EUV Signals Associated with O⁺ Ions Observed from ISS-IMAP/EUVI in the Nightside Ionosphere. *Earth, Planets and Space*, Vol.73(1), 151 (2021)
<https://doi.org/10.1186/s40623-021-01479-0>
- K. Kusano *et al.*, PSTEP: Project for Solar-Terrestrial Environment Prediction. *Earth, Planets and Space*, Vol.73(1), 159 (2021)
<https://doi.org/10.1186/s40623-021-01486-1>
- M. A. Barucci *et al.*, MIRS: an Imaging Spectrometer for the MMX Mission. *Earth, Planets and Space*, Vol.73(1), 211 (2021)
<https://doi.org/10.1186/s40623-021-01423-2>
- H. Miyamoto *et al.*, Surface Environment of Phobos and Phobos Simulant UTPS. *Earth, Planets and Space*, Vol.73(1), 214 (2021)
<https://doi.org/10.1186/s40623-021-01406-3>
- S. Yokota *et al.*, In Situ Observations of Ions and Magnetic Field around Phobos: the Mass Spectrum Analyzer (MSA) for the Martian Moons eXploration (MMX) Mission. *Earth, Planets and Space*, Vol.73(1), 216 (2021)
<https://doi.org/10.1186/s40623-021-01452-x>
- S. Kameda *et al.*, Design of Telescopic Nadir Imager for Geomorphology (TENGOO) and Observation of Surface Reflectance by Optical Chromatic Imager (OROCHI) for the Martian Moons Exploration (MMX). *Earth, Planets and Space*, Vol.73(1), 218 (2021)
<https://doi.org/10.1186/s40623-021-01462-9>
- H. Senshu *et al.*, Light Detection and Ranging (LIDAR) Laser altimeter for the Martian Moons Exploration (MMX) Spacecraft. *Earth, Planets and Space*, Vol.73(1), 219 (2021)
<https://doi.org/10.1186/s40623-021-01537-7>
- K. Matsumoto *et al.*, MMX Geodesy Investigations: Science Requirements and Observation Strategy. *Earth, Planets and Space*, Vol.73(1), 226 (2021)
<https://doi.org/10.1186/s40623-021-01500-6>
- T. Nakamura *et al.*, Science Operation Plan of Phobos and Deimos from the MMX Spacecraft. *Earth, Planets and Space*, Vol.73(1), 227 (2021)
<https://doi.org/10.1186/s40623-021-01546-6>
- Y. Liu *et al.*, Simulation Study on Parametric Dependence of Whistler-Mode Hiss Generation in the Plasmasphere. *Earth, Planets and Space*, Vol.73(1), 230 (2021)
<https://doi.org/10.1186/s40623-021-01554-6>
- Y. Cho *et al.*, In Situ Science on Phobos with the Raman Spectrometer for MMX (RAX): Preliminary Design and Feasibility of Raman Measurements. *Earth, Planets and Space*, Vol.73(1), 232 (2021)
<https://doi.org/10.1186/s40623-021-01496-z>
- K. Ogohara *et al.*, The Mars System Revealed by the Martian Moons eXploration Mission. *Earth, Planets and Space*, Vol.74, 1 (2022)
<https://doi.org/10.1186/s40623-021-01417-0>
- M. N. Nishino *et al.*, An Event Study on Broadband Electric Field Noises and Electron Distributions in the Lunar Wake Boundary. *Earth, Planets and Space*, Vol.74, 9 (2022)
<https://doi.org/10.1186/s40623-021-01566-2>
- Y. Sone *et al.*, Performance of Li-CFx Cells Installed in Earth Re-entry Capsule of Interplanetary Spacecraft 'HAYABUSA'. *Electrochemistry*, Vol.89(6), pp.606-612 (2021)
<https://doi.org/10.5796/electrochemistry.21-00070>
- H. Nakajima *et al.*, Water Transport Analysis in a Polymer Electrolyte Electrolysis Cell Comprised of Gas/Liquid Separating Interdigitated Flow Fields. *Electrochemistry*, Vol.90(1), 017002 (2022)
<https://doi.org/10.5796/electrochemistry.21-00097>
- F. J. Romero *et al.*, Memcapacitor and Meminductor Circuit Emulators: A Review. *Electronics*, Vol.10(11), 1225 (2021)

- <https://doi.org/10.3390/electronics10111225>
- E. Roussos *et al.*, The In-Situ Exploration of Jupiter's Radiation Belts. *Experimental Astronomy*, (2021)
<https://doi.org/10.1007/s10686-021-09801-0>
- G. Choble *et al.*, Enceladus as a Potential Oasis for Life: Science Goals and Investigations for Future Explorations. *Experimental Astronomy*, (2021)
<https://doi.org/10.1007/s10686-021-09808-7>
- A. Retino *et al.*, Particle Energization in Space Plasmas: towards a Multi-Point, Multi-Scale Plasma Observatory. *Experimental Astronomy*, (2021)
<https://doi.org/10.1007/s10686-021-09797-7>
- L. Z. Hadid *et al.*, BepiColombo's Cruise Phase: Unique Opportunity for Synergistic Observations. *Frontiers in Astronomy and Space Sciences*, Vol.8, 718024 (2021)
<https://doi.org/10.3389/fspas.2021.718024>
- A. Kouchi *et al.*, UV-Induced Formation of Ice XI Observed Using an Ultra-High Vacuum Cryogenic Transmission Electron Microscope and its Implications for Planetary Science. *Frontiers in Chemistry*, Vol.9, 799851 (2021)
<https://doi.org/10.3389/fchem.2021.799851>
- T. Mukai *et al.*, Indirect Routes to Aminoacyl-tRNA: The Diversity of Prokaryotic Cysteine Encoding Systems. *Frontiers in Chemistry*, Vol.12, 794509 (2022)
<https://doi.org/10.3389/fgene.2021.794509>
- Y. Inoue *et al.*, Gamma-ray and Neutrino Signals from Accretion Disk Coronae of Active Galactic Nuclei. *Galaxies*, Vol.9(2), 36 (2022)
<https://doi.org/10.3390/galaxies9020036>
- M. Ito *et al.*, Assessing the Debris Generated by the Small Carry-on Impactor Operated from the Hayabusa2 Mission. *Geochemical Journal*, Vol.55(4), pp.223-239 (2021)
<https://doi.org/10.2343/geochemj.2.0632>
- F. Matsuura *et al.*, Spatial Distribution and Speciation of Sulfur in Ediacaran Limestones with μ -XRF Imaging and XANES Spectroscopy: Implications for Diagenetic Mobilization of Sulfur Species. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol.306, pp.20-43 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.gca.2021.05.010>
- M. Shidare *et al.*, Survey of Impact Glasses in Shergottites Searching for Martian Sulfate Using X-ray Absorption Near-edge Structure. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol.313, pp.85-98 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.gca.2021.08.026>
- D. Yamamoto *et al.*, An Experimental Study on Oxygen Isotope Exchange Reaction between CAI Melt and low-pressure water vapor under simulated Solar nebular conditions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol.314, pp.108-120 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.gca.2021.09.016>
- Y. J. Lee *et al.*, Investigation of UV Absorbers on Venus Using the 283 and 365 nm Phase Curves Obtained From Akatsuki. *Geophysical Research Letters*, Vol.48(7), e2020GL090577 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2020GL090577>
- M. Sato *et al.*, Shock Remanent Magnetization Intensity and Stability Distributions of Single-Domain Titanomagnetite-Bearing Basalt Sample Under the Pressure Range of 0.1-10 GPa. *Geophysical Research Letters*, Vol.48(8), e2021GL092716 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2021GL092716>
- S. Zhang *et al.*, A Concise Empirical Formula for the Field-Aligned Distribution of Auroral Kilometeric Radiation Based on Arase Satellite and Van Allen Probes. *Geophysical Research Letters*, Vol.48(8), e2021GL092805 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2021GL092805>
- G. Liuzzi *et al.*, Probing the Atmospheric Cl Isotopic Ratio on Mars: Implications for Planetary Evolution and Atmospheric Chemistry. *Geophysical Research Letters*, Vol.48(9), e2021GL092650 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2021GL092650>
- S. Aoki *et al.*, Annual Appearance of Hydrogen Chloride on Mars and a Striking Similarity With the Water Vapor Vertical Distribution Observed by TGO/NOMAD. *Geophysical Research Letters*, Vol.48(11), e2021GL092506 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2021GL092506>
- J. Ren *et al.*, The Link Between Wedge-Like and Nose-Like Ion Spectral Structures in the Inner Magnetosphere. *Geophysical Research Letters*, Vol.48(13), e2021GL093930 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2021GL093930>
- T. K. M. Nakamura *et al.*, Fast Cross-Scale Energy Transfer During Turbulent Magnetic Reconnection. *Geophysical Research Letters*, Vol.48(13), e2021GL093524 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2021GL093524>
- Y. Kazama *et al.*, Arase Observation of Simultaneous Electron Scatterings by Upper-Band and Lower-Band Chorus Emissions. *Geophysical Research Letters*, Vol.48(14), e2021GL093708 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2021GL093708>
- Y. Harada *et al.*, Global Maps of Solar Wind Electron Modification by Electrostatic Waves Above the Lunar Day Side: Kaguya Observations. *Geophysical Research Letters*, Vol.48(17), e2021GL095260 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2021GL095260>
- M. Kawamura *et al.*, Simultaneous Pulsating Aurora and Microburst Observations With Ground-Based Fast Auroral Imagers and CubeSat FIREBIRD-II. *Geophys-*

- cal Research Letters*, Vol.48(18), e2021GL094494 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2021GL094494>
- G. Liuzzi *et al.*, First Detection and Thermal Characterization of Terminator CO₂ Ice Clouds With Exo-Mars/NOMAD. *Geophysical Research Letters*, Vol.48(22), e2021GL095895 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2021GL095895>
- S. Matsuda *et al.*, Multipoint Measurement of Fine-Structured EMIC Waves by Arase, Van Allen Probe A, and Ground Stations. *Geophysical Research Letters*, Vol.48(23), e2021GL096488 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2021GL096488>
- M. N. Chowdhury *et al.*, Saturn's Weather-Driven Aurorae Modulate Oscillations in the Magnetic Field and Radio Emissions. *Geophysical Research Letters*, Vol.49(3), e2021GL096492 (2022)
<https://doi.org/10.1029/2021GL096492>
- Y. Zhou *et al.*, Spatial Scales of the Velocity Shear Layer and Kelvin-Helmholtz Waves on the Magnetopause: First Statistical Results. *Geophysical Research Letters*, Vol.49(4), e2021GL097271 (2022)
<https://doi.org/10.1029/2021GL097271>
- A. Bruno *et al.*, EMIC-Wave Driven Electron Precipitation Observed by CALET on the International Space Station. *Geophysical Research Letters*, Vol.49(6), e2021GL097529 (2022)
<https://doi.org/10.1029/2021gl097529>
- R. Ogawa *et al.*, Crater Shape as a Possible Record of the Impact Environment of Metallic Bodies: Effects of Temperature, Impact Velocity and Impactor Density. *Icarus*, Vol.362, 114410 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2021.114410>
- S. Charnoz *et al.*, Tidal Pull of the Earth Strips the Proto-Moon of Its Volatiles. *Icarus*, Vol.364, 114451 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2021.114451>
- K. Sugiura *et al.*, SPH Simulations for Shape Deformation of Rubble-Pile Asteroids through Spinup: The Challenge for Making Top-Shaped Asteroids Ryugu and Bennu. *Icarus*, Vol.365, 114505 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2021.114505>
- C. Sugimoto *et al.*, High-Resolution Observations of Bright Boulders on Asteroid Ryugu: 1. Size Frequency Distribution and Morphology. *Icarus*, Vol.369, 114529 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2021.114529>
- R. Honda *et al.*, Resurfacing processes on asteroid (162173) Ryugu caused by an artificial impact of Hayabusa2's Small Carry-on Impactor. *Icarus*, Vol.366, 114530 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2021.114530>
- C. Sugimoto *et al.*, High-Resolution Observations of Bright Boulders on Asteroid Ryugu: 2. Spectral Properties. *Icarus*, Vol.369, 114591 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2021.114591>
- T. Ruj *et al.*, A Global Investigation of Wrinkle Ridge Formation Events; Implications Towards the Thermal Evolution of Mars. *Icarus*, Vol.369, 114625 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2021.114625>
- Y. Shimaki *et al.*, Tensile Strength and Elastic Properties of Fine-Grained Ice Aggregates: Implications for Crater Formation on Small icyBodies. *Icarus*, Vol.369, 114646 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2021.114646>
- H. Nagaoka *et al.*, Investigation of the Source Region of the Lunar-Meteorite Group with the Remote Sensing Datasets: Implication for the Origin of Mare Volcanism in Mare Imbrium. *Icarus*, Vol.370, 114690 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2021.114690>
- H. Kurokawa *et al.*, Can We Constrain the Origin of Mars' Recurring Slope Lineae Using Atmospheric Observations?. *Icarus*, Vol.371, 114688 (2022)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2021.114688>
- D. Takir *et al.*, Observations of Phobos and Deimos with SpeX at NASA Infrared Telescope Facility. *Icarus*, Vol.371, 114691 (2022)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2021.114691>
- M. Arakawa *et al.*, Dispersion and Shattering Strength of Rocky and Frozen Planetesimals Studied by Laboratory Experiments and Numerical Simulations. *Icarus*, Vol.373, 114777 (2022)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2021.114777>
- L. Riu *et al.*, The M3 Project: 3-Global Abundance Distribution of Hydrated Silicates at Mars. *Icarus*, Vol.374, 114809 (2022)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2021.114809>
- Ç. Onur *et al.*, A Numerical Simulation Approach to the Crater-Scaling Relationships in Low-Speed Impacts under Microgravity. *Icarus*, Vol.377, 114882 (2022)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2022.114882>
- K. Toyokawa *et al.*, Kilometer-Scale Crater Size-Frequency Distributions on Ceres. *Icarus*, Vol.377, 114909 (2022)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2022.114909>
- N. Takaki *et al.*, Resurfacing Processes Constrained by Crater Distribution on Ryugu. *Icarus*, Vol.377, 114911 (2022)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2022.114911>
- T. Michikami *et al.*, Three-axial Shape Distributions of Pebbles, Cobbles and Boulders Smaller than a Few Meters on Asteroid Ryugu. *Icarus*, Vol.381, 115007 (2022)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2022.115007>

- T. Maeda *et al.*, Direct RF Sampling Hyperspectral Microwave Radiometer (DS mu RAD) for Ground Use. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, Vol.18(6), pp.1084-1088 (2021)
<https://doi.org/10.1109/LGRS.2020.2990707>
- Y. Matsunaga *et al.*, Wide-Output Range Power Processing Unit for 6-kW Hall Thruster. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, Vol.58(3), pp.1609-1620 (2022)
<https://doi.org/10.1109/taes.2021.3117520>
- N. Iyomoto *et al.*, Development of Gamma-Ray Position-Sensitive Transition-Edge-Sensor Microcalorimeters. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, Vol.31(5), 2101004 (2021)
<https://doi.org/10.1109/TASC.2021.3063649>
- T. Okumura *et al.*, Dynamical Response of Transition-Edge Sensor Microcalorimeters to a Pulsed Charged-Particle Beam. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, Vol.31(5), 2101704 (2021)
<https://doi.org/10.1109/TASC.2021.3067793>
- T. Tsuruta *et al.*, Transition Edge Sensor Microcalorimeter With Bismuth Absorber for Gamma-Ray Measurement. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, Vol.31(5), 2102104 (2021)
<https://doi.org/10.1109/TASC.2021.3074065>
- S. Hara *et al.*, Development of Liquid Hydrogen Cooling System for a Rotor of Superconducting Generator. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, Vol.31(5), 5202505 (2021)
<https://doi.org/10.1109/TASC.2021.3065814>
- H. Ueno *et al.*, On-Orbit Pile-Up Detection and Digital Pulse Shape Measurement Results in the Radiation Telescope. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, Vol.68(8), pp.1764-1771 (2021)
<https://doi.org/10.1109/TNS.2021.3078515>
- T. Orita *et al.*, Double-Photon Emission Imaging With High-Resolution Si/CdTe Compton Cameras. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, Vol.68(8), pp.2279-2285 (2021)
<https://doi.org/10.1109/TNS.2021.3086799>
- D. Kobayashi *et al.*, An SRAM SEU Cross Section Curve Physics Model. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, Vol.69(3), pp.232-240 (2022)
<https://doi.org/10.1109/TNS.2021.3129185>
- N. Miyazawa *et al.*, Improvement of ZnO/Si Heterojunctions With a Coaxial Circular Transmission Line Model Applicable to Both Ohmic and Schottky. *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, Vol.34(3), pp.256-261 (2021)
<https://doi.org/10.1109/TSM.2021.3083069>
- N. Usami *et al.*, Drop-In Test Structure to Evaluate Residual Stress in Conformally Grown Films. *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, Vol.34(3), pp.270-277 (2021)
<https://doi.org/10.1109/TSM.2021.3082905>
- T. Mizuno *et al.*, 1K pixel silicon-MPPC three-dimensional image sensor for flash LIDAR. *IEICE Electronics Express*, Vol.19(3), 20210518 (2022)
<https://doi.org/10.1587/elex.19.20210518>
- T. Kaneko *et al.*, SRAM: A Septum-Type Polarizer Design Method Based on Superposed Even- and Odd-Mode Excitation Analysis. *IEICE Transactions on Electronics*, Vol.E105C(1), pp.9-17 (2022)
<https://doi.org/10.1587/transele.2021ECP5012>
- H. G. Changela *et al.*, Mars: New Insights and Unresolved Questions. *International Journal of Astrobiology*, Vol.20(6), pp.394-426 (2021)
<https://doi.org/10.1017/S1473550421000276>
- I. Orikasa *et al.*, Natural Convection Induced by Unintended Horizontal Temperature Distribution in a Narrow-Closed Container Heated from Above. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol.183, 122018 (2022)
<https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2021.122018>
- K. Tani *et al.*, Pressure Recovery during Pressure Reduction Experiment with Large-Scale Liquid Hydrogen Tank. *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol.46(57), pp.29583-29596 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.12.184>
- A. A. H. Tajuddin *et al.*, Corrosion-Resistant Non-Noble Metal Electrodes for PEM-Type Water Electrolyzer. *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol.46(78), pp.38603-38611 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.09.116>
- T. Ishikawa *et al.*, Status of the Electrostatic Levitation Furnace in the ISS - Surface Tension and Viscosity measurements. *International Journal of Microgravity Science and Application*, Vol.39(1), 390101 (2022)
<https://doi.org/10.15011/jasma.39.390101>
- M. S. Tashiro XRISM: X-ray Imaging and Spectroscopy Mission. *International Journal of Modern Physics D*, Vol.31(2), 2230001 (2022)
<https://doi.org/10.1142/S0218271822300014>
- K. Odagiri *et al.*, Thermo-Fluid Dynamic Analysis in a Micro-Textured Evaporator Based on Microscale Infrared/Visible Observations for Loop Heat Pipes. *International Journal of Multiphase Flow*, Vol.140, 103623 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2021.103623>
- L. J. Bird *et al.*, Serpentinimonas gen. nov., Serpentinimonas

- raichei sp. nov., Serpentinimonas barnesii sp. nov. and Serpentinimonas maccroryi sp. nov., hyperalkaliphilic and facultative autotrophic bacteria isolated from terrestrial serpentinizing springs. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, Vol.71(8), 4945 (2021)
<https://doi.org/10.1099/ijsem.0.004945>
- Y. Oshio *et al.*, Cathode Temperature Measurement of a Hydrogen Self-Field MPD Thruster during 1 ms Quasi-Steady Operation. *Journal of Applied Physics*, Vol.130(17), 173306 (2021)
<https://doi.org/10.1063/5.0063942>
- T. Morishita *et al.*, Plasma Parameters Measured Inside and Outside a Microwave-Discharge-Based Plasma Cathode Using Laser-Induced Fluorescence Spectroscopy. *Journal of Applied Physics*, Vol.131(1), 013301 (2022)
<https://doi.org/10.1063/5.0071294>
- Y. Zhou *et al.*, Diagnosing Flux Penetration Condition of the Mo/Au Bilayer Transition-Edge Sensor. *Journal of Applied Physics*, Vol.131(10), 104501 (2022)
<https://doi.org/10.1063/5.0076157>
- T. Midooka *et al.*, X-Ray Transmission Calibration of the Gate Valve for the X-Ray Astronomy Satellite XRISM. *Journal of Astronomical Telescopes Instruments and Systems*, Vol.7(2), 28005 (2021)
<https://doi.org/10.1117/1.JATIS.7.2.028005>
- Y. Terada *et al.*, Detailed Design of the Science Operations for the XRISM Mission. *Journal of Astronomical Telescopes Instruments and Systems*, Vol.7(3), 37001 (2021)
<https://doi.org/10.1117/1.JATIS.7.3.037001>
- T. Ishikawa *et al.*, Spectral Emissivity, Hemispherical Total Emissivity, and Constant Pressure Heat Capacity of Liquid Vanadium Measured by an Electrostatic Levitator. *Journal of Chemical Thermodynamics*, Vol.163, 106598 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.jct.2021.106598>
- H. Daikoku *et al.*, Density, Surface Tension, and Viscosity of liquid Si-Cr Alloys and Influence on Temperature and Fluid Flow during Solution Growth of SiC. *Journal of Chemical Thermodynamics*, Vol.160, 106476 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.jct.2021.106476>
- S. L. Stever *et al.*, Simulations of Systematic Effects arising from Cosmic Rays in the LiteBIRD Space Telescope, and Effects on the Measurements of CMB B-Modes. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, Vol.2021(9), 13 (2021)
<https://doi.org/10.1088/1475-7516/2021/09/013>
- N. Krachmalnicoff *et al.*, In-Flight Polarization Angle Calibration for LiteBIRD: Blind Challenge and Cosmological Implications. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, Vol.2022, 039 (2022)
<https://doi.org/10.1088/1475-7516/2022/01/039>
- S. Baba *et al.*, Numerical Investigation of Growth Interface Shape and Compositional Distributions in SiGe Crystals Grown by the TLZ Method in the International Space Station. *Journal of Crystal Growth*, Vol.566-567, 126157 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2021.126157>
- R. Ghrilti *et al.*, Estimation of the Diffusion Coefficient of GaSb in InSb Melt Using Bayesian Optimization and the ISS Experimental Results. *Journal of Crystal Growth*, Vol.573, 126280 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2021.126280>
- H. Maeshima *et al.*, Infrared Absorption and Its Sources of CdZnTe at Cryogenic Temperature. *JOURNAL OF ELECTRONIC MATERIALS*, Vol.51, pp.564-576 (2022)
<https://doi.org/10.1007/s11664-021-09361-1>
- M. C. Cook *et al.*, Assessing Geochemical Bioenergetics and Microbial Metabolisms at Three Terrestrial Sites of Serpentinization: The Tablelands (NL, CAN), The Cedars (CA, USA), and Aqua de Ney (CA, USA). *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, Vol.126(6), e2019JG005542 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2019JG005542>
- M. C. Cook *et al.*, A Geochemical Comparison of Three Terrestrial Sites of Serpentinization: The Tablelands, the Cedars, and Aqua de Ney. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, Vol.126(11), e2021JG006316 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2021JG006316>
- Y. Cho *et al.*, Geologic History and Crater Morphology of Asteroid (162173) Ryugu. *Journal of Geophysical Research: Planets*, Vol.126(8), e2020JE006572 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2020JE006572>
- N. Yoshida *et al.*, Seasonal and Dust-Related Variations in the Dayside Thermospheric and Ionospheric Compositions of Mars Observed by MAVEN/NGIMS. *Journal of Geophysical Research: Planets*, Vol.126(11), e2021JE006926 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2021JE006926>
- M. Yoda *et al.*, Field Investigations of Chemical Partitioning and Aqueous Chemistry of Freezing Closed-Basin Lakes in Mongolia as Analogs of Subsurface Brines on Icy Bodies. *Journal of Geophysical Research: Planets*, Vol.126(11), e2021JE006972 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2021JE006972>
- M. Kanamaru *et al.*, YORP Effect on Asteroid 162173 Ryugu: Implications for the Dynamical History. *Journal of Geophysical Research: Planets*, Vol.126(12),

- e2021JE006863 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2021JE006863>
- S. Yamamoto *et al.*, Global Distribution and Geological Context of Co-Existing Occurrences of Olivine-Rich and Plagioclase-Rich Materials on the Lunar Surface. *Journal of Geophysical Research: Planets*, Vol.127(2), e2021JE007077 (2022)
<https://doi.org/10.1029/2021je007077>
- F. Daerden *et al.*, Explaining NOMAD D/H Observations by Cloud - induced Fractionation of Water Vapor on Mars. *Journal of Geophysical Research: Planets*, Vol.127(2), e2021JE007079 (2022)
<https://doi.org/10.1029/2021je007079>
- S. Katsuda *et al.*, New Measurement of the Vertical Atmospheric Density Profile From Occultations of the Crab Nebula With X-Ray Astronomy Satellites Suzaku and Hitomi. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(4), e2020JA028886 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2020JA028886>
- S. Saito *et al.*, Data-Driven Simulation of Rapid Flux Enhancement of Energetic Electrons With an Upper-Band Whistler Burst. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(4), e2020JA028979 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2020JA028979>
- N. Kitamura *et al.*, Energy Transfer Between Hot Protons and Electromagnetic Ion Cyclotron Waves in Compressional Pc5 Ultra-low Frequency Waves. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(5), e2020JA028912 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2020JA028912>
- A. Shinbori *et al.*, Relationship Between the Locations of the Midlatitude Trough and Plasmapause Using GNSS-TEC and Arase Satellite Observation Data. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(5), e2020JA028943 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2020JA028943>
- M. Takada *et al.*, Low-Altitude Ion Upflow Observed by EISCAT and its Effects on Supply of Molecular Ions in the Ring Current Detected by Arase (ERG). *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(5), e2020JA028951 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2020JA028951>
- S. Matsuda *et al.*, Direct Antenna Impedance Measurement for Quantitative AC Electric Field Measurement by Arase. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(6), e2021JA029111 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2021JA029111>
- C. W. Jun *et al.*, The Characteristics of EMIC Waves in the Magnetosphere Based on the Van Allen Probes and Arase Observations. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(6), e2020JA029001 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2020JA029001>
- S. Kumar *et al.*, Contribution of Electron Pressure to Ring Current and Ground Magnetic Depression Using RAM-SCB Simulations and Arase Observations During 7-8 November 2017 Magnetic Storm. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(6), e2021JA029109 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2021JA029109>
- I. Park *et al.*, Characterization and Calibration of High-Energy Electron Instruments Onboard the Arase Satellite. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(7), e2021JA029110 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2021JA029110>
- M. Szabó - Roberts *et al.*, Preliminary Statistical Comparisons of Spin - Averaged Electron Data From Arase and Van Allen Probes Instruments. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(7), e2020JA028929 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2020ja028929>
- T. Namekawa *et al.*, Rocket Observation of Sub - Relativistic Electrons in the Quiet Dayside Auroral Ionosphere. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(7), e2020JA028633 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2020ja028633>
- A. G. Yahnin *et al.*, Evening Side EMIC Waves and Related Proton Precipitation Induced by a Substorm. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(7), e2020JA029091 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2020ja029091>
- M. Nose *et al.*, Field-Aligned Low-Energy O⁺ Flux Enhancements in the Inner Magnetosphere Observed by Arase. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(8), e2021JA029168 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2021JA029168>
- T. Nakagawa *et al.*, Polarization Reversal of Low-Frequency Magnetic Variation in the Lunar Wake. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(8), e2021JA029299 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2021JA029299>
- S. Haaland *et al.*, 20 Years of Cluster Observations: The Magnetopause. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(8), e2021JA029362 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2021JA029362>
- O. Santolik *et al.*, Inter-Calibrated Measurements of Intense Whistlers by Arase and Van Allen Probes. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(9), e2021JA029700 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2021JA029700>
- K. Kawai *et al.*, First Simultaneous Observation of a Night

- Time Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbance From the Ground and a Magnetospheric Satellite. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(9), e2020JA029086 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2020JA029086>
- Y. Miyashita *et al.*, Magnetic Field and Energetic Particle Flux Oscillations and High-Frequency Waves Deep in the Inner Magnetosphere During Substorm Dipolarization: ERG Observations. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(9), e2020JA029095 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2020JA029095>
- Y. Obana *et al.*, Field-Aligned Electron Density Distribution of the Inner Magnetosphere Inferred From Coordinated Observations of Arase and Van Allen Probes. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(10), e2020JA029073 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2020JA029073>
- R. Nakamura *et al.*, Thin Current Sheet Behind the Dipolarization Front. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(10), e2021JA029518 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2021JA029518>
- T. Nagai *et al.*, Dawn-Dusk Confinement of Magnetic Reconnection Site in the Near-Earth Magnetotail and Its Implication for Dipolarization and Substorm Current System. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(11), e2021JA029691 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2021JA029691>
- H. Hasegawa *et al.*, Reconstruction of the Electron Diffusion Region With Inertia and Compressibility Effects. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(11), e2021JA029841 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2021JA029841>
- N. Takahashi *et al.*, Relative Contribution of ULF Waves and Whistler-Mode Chorus to the Radiation Belt Variation During the May 2017 Storm. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(11), e2020JA028972 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2020JA028972>
- AV. Artemyev *et al.*, Role of Ducting in Relativistic Electron Loss by Whistler-Mode Wave Scattering. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(11), e2021JA029851 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2021JA029851>
- Y. Sneha *et al.*, Study of an Equatorward Detachment of Auroral Arc from the Oval using Ground - Space Observations and the BATS - R - US - CIMI Model. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(12), e2020JA029080 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2020ja029080>
- K. Keika *et al.*, Preferential Energization of Lower-Charge-State Heavier Ions in the Near-Earth Magnetotail. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.127(1), e2021JA029786 (2022)
<https://doi.org/10.1029/2021JA029786>
- M. N. Nishino *et al.*, Transport Path of Cold-Dense Plasmas in the Dusk Magnetotail Plasma Sheet: MMS Observations. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.127(1), e2021JA029747 (2022)
<https://doi.org/10.1029/2021JA029747>
- M. Teramoto *et al.*, Off-Equatorial Pi2 Pulsations Inside and Outside the Plasmapause Observed by the Arase Satellite. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.127(1), e2021JA029677 (2022)
<https://doi.org/10.1029/2021JA029677>
- K. Yamamoto *et al.*, A Statistical Study of the Solar Wind Dependence of Multi-Harmonic Toroidal ULF Waves Observed by the Arase Satellite. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.127(1), e2021JA029840 (2022)
<https://doi.org/10.1029/2021JA029840>
- M. Nosé *et al.*, Flux Enhancements of Field-Aligned Low-Energy O⁺ Ion (FALEO) in the Inner Magnetosphere: A Possible Source of Warm Plasma Cloak and Oxygen Torus. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.127(3), e2021JA030008 (2022)
<https://doi.org/10.1029/2021ja030008>
- N. Baresi *et al.*, Trajectory Design and Maintenance of the Martian Moons eXploration Mission Around Phobos. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, Vol.44(5), pp.996-1007 (2021)
<https://doi.org/10.2514/1.G005041>
- S. Kikuchi *et al.*, Frozen Orbits Under Radiation Pressure and Zonal Gravity Perturbations. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, Vol.44(11), pp.1924-1946 (2021)
<https://doi.org/10.2514/1.G005564>
- Y. Takao *et al.*, Delta-V Earth-Gravity-Assist Trajectories with Hybrid Solar Electric-Photonic Propulsion. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, Vol.45(1), pp.162-170 (2022)
<https://doi.org/10.2514/1.G006136>
- Y. Takahashi *et al.*, Kinematics Control of Electromagnetic Formation Flight Using Angular-Momentum Conservation Constraint. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, Vol.45(2), pp.280-295 (2022)
<https://doi.org/10.2514/1.G005873>
- Y. Miyazawa *et al.*, Evaluation of Damage Coefficient for Minority-Carrier Diffusion Length of Triple-Cation Perovskite Solar Cells under 1 MeV Electron Irradia-

- tion for Space Applications. *Journal of Physical Chemistry C*, Vol.125(24), pp.13131-13137 (2021)
<https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.1c01590>
- Y. Takahashi *et al.*, Nonequilibrium Shock Layer in Large-Scale Arc-Heated Wind Tunnel. *Journal of Physics D: Applied Physics*, Vol.55(23), 235205 (2022)
<https://doi.org/10.1088/1361-6463/ac5991>
- Y. T. Du *et al.*, Capacity Fade Characteristics of Nickel-Based Lithium-Ion Secondary Battery after Calendar Deterioration at 80 °C. *Journal of Power Sources*, Vol.501, 230005 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2021.230005>
- S. Li *et al.*, Constant-Rate Heating-Induced Thermal Runaway in 18650-Type Li-Ion Cells Charged/Discharged at 1 Degrees C: Effect of Undischargeable Li at Anode. *Journal of Power Sources*, Vol.505, 230082 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2021.230082>
- S. Sawada *et al.*, Torque Around Axial Direction on Rotating Detonation Engines. *Journal of Propulsion and Power*, Vol.38(1), pp.59-70 (2022)
<https://doi.org/10.2514/1.B38374>
- K. Goto *et al.*, Cylindrical Rotating Detonation Engine with Propellant Injection Cooling. *Journal of Propulsion and Power*, Vol.38(3), pp.410-420 (2022)
<https://doi.org/10.2514/1.B38427>
- S. Higashino *et al.*, Position Identification Using Image Processing for UAV Flights in Martian Atmosphere. *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol.33(2), pp.254-262 (2021)
<https://doi.org/10.20965/jrm.2021.p0254>
- T. Kusumoto *et al.*, Shadow-Based Trajectory Estimation of a Deployable Payload. *Journal of Spacecraft and Rockets*, Vol.59(2), pp.600-610 (2022)
<https://doi.org/10.2514/1.A35043>
- T. Shibata *et al.*, A Contactless Micro-Vibration Isolator Using the Flux Pinning Effect for Space Telescopes. *Journal of Spacecraft and Rockets*, Vol.59(2), pp.651-659 (2022)
<https://doi.org/10.2514/1.A35045>
- V. Buyakofu *et al.*, Development of an S-Shaped Pulse Detonation Engine for a Sounding Rocket. *Journal of Spacecraft and Rockets*, Vol.850-860 (2022)
<https://doi.org/10.2514/1.A35200>
- M. Nozaki *et al.*, Robust Control System Against Temperature Variance for Space-Use Shape-Memory-Alloy Actuators. *Journal of Spacecraft and Rockets*, Vol.1062-1073 (2022)
<https://doi.org/10.2514/1.A35135>
- H. Kobayashi *et al.*, Conceptual Design Study of a Vertical Takeoff and Landing Airbreather. *Journal of Spacecraft and Rockets*, Vol.58(5), pp.1279-1292 (2022)
<https://doi.org/10.2514/1.A34988>
- Y. Takao *et al.*, Active Shape Control of Membrane Structures Using Spin-Synchronous Vibrations. *Journal of Spacecraft and Rockets*, Vol.59(1), 295-311 (2022)
<https://doi.org/10.2514/1.A35084>
- T. Nonomura *et al.*, Computational Study on Aeroacoustic Fields of a Transitional Supersonic Jet. *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol.149(6), pp.4484-4502 (2021)
<https://doi.org/10.1121/10.0005313>
- N. Ozaki *et al.*, PROCYON Mission Reanalysis: Low-Thrust Asteroid Flyby Trajectory Design leveraging Convex Programming. *Journal of the Astronautical Sciences*, Vol.69, pp.1-27 (2022)
<https://doi.org/10.1007/s40295-021-00299-4>
- F. S. Ong *et al.*, Residual Stress Induced Failure of Ti-6Al-4V/Si₃N₄ Joints Brazed with Ag-Cu-Ti filler: The Effects of Brazing Zone's Elasto-Plasticity and Ceramics' Intrinsic Properties. *Journal of the European Ceramic Society*, Vol.41(13), pp.6319-6329 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2021.06.038>
- Y. Tobata *et al.*, Mechanism of Cumulative Damage to Short Fiber Type C/SiC under Tension. *Journal of the European Ceramic Society*, Vol.41(16), pp.113-122 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2021.09.041>
- F. S. Ong *et al.*, Strength optimization of two-step-bonded Ti-6Al-4V/Si₃N₄ joint with Nb interlayer via transient-liquid-phase bonding and active-metal brazing. *Journal of the European Ceramic Society*, Vol.42(6), pp.2707-2717 (2022)
<https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2022.01.039>
- S. Nomura *et al.*, Nonequilibrium Effects in Precursor Electrons Ahead of Shock Waves. *Journal of thermophysics and Heat Transfer*, Vol.35(3), pp.518-523 (2021)
<https://doi.org/10.2514/1.T6057>
- A. N. E. Asaah *et al.*, High- μ signature in lavas of Mt. Oku: Implications for lithospheric and asthenospheric contributions to the magmatism of the Cameroon Volcanic Line (West Africa). *Lithos*, Vol.400, 106416 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.lithos.2021.106416>
- Y. Hayasaka *et al.*, Nucleation-Controlled Phase Selection in Rapid Solidification from Undercooled Melt of DyO₃. *Materials Transactions*, Vol.62(7), pp.982-987 (2021)
<https://doi.org/10.2320/matertrans.MT-M2021047>
- N. Fujita *et al.*, Microstructural Evolution in Magnesium after Hyper-Velocity Impact of Alumina Projectile. *Materials Transactions*, Vol.62(9), pp.1401-1406 (2021)
<https://doi.org/10.2320/matertrans.MT-L2021003>
- T. Nonomura *et al.*, Generalized Estimation Methods of

- Turbulent Fluctuation of High-Speed Flow with Single-Pixel Resolution Particle Image Velocimetry. *Measurement Science and Technology*, Vol.32(12), 125306 (2021)
<https://doi.org/10.1088/1361-6501/ac27e9>
- N. Kawasaki *et al.*, Oxygen and Al-Mg Isotopic Constraints on Cooling Rate and Age of Partial Melting of an Al-lende Type B CAI, Golfball. *Meteoritics & Planetary Science*, Vol.56(6), pp.1224-1239 (2021)
<https://doi.org/10.1111/maps.13701>
- H. Suga *et al.*, A New Constraint on the Physicochemical Condition of Mars Surface during the Amazonian Epoch Based on Chemical Speciation for Secondary Minerals in Martian Nakhilites. *Minerals*, Vol.11(5), 514 (2021)
<https://doi.org/10.3390/min11050514>
- K. Takahata *et al.*, Relationship between Magnetic Field Properties and Statistical Flow Using Numerical Simulation and Magnetic Feature Tracking on Solar Photosphere. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol.503(3), pp.3610-3616 (2021)
<https://doi.org/10.1093/mnras/stab710>
- T. Hayashi *et al.*, Application of a New X-ray Reflection Model to V1223 Sagittarii. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol.504(3), pp.3561-3661 (2021)
<https://doi.org/10.1093/mnras/stab809>
- R. E. Miura *et al.*, A Giant Molecular Cloud Catalogue in the Molecular Disc of the Elliptical Galaxy NGC 5128 (Centaurus A). *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol.504(4), pp.6198-6215 (2021)
<https://doi.org/10.1093/mnras/stab1210>
- S. Bergman *et al.*, Flow Directions of Low-Energy Ions in and around the Diamagnetic Cavity of Comet 67P. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol.507(4), pp.4900-4913 (2021)
<https://doi.org/10.1093/mnras/stab2470>
- T. C. Huang *et al.*, Optically Detected Galaxy Cluster Candidates in the AKARI North Ecliptic Pole Field Based on Photometric Redshift from the Subaru Hyper Suprime-Cam. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol.506(4), pp.6063-6080 (2021)
<https://doi.org/10.1093/mnras/stab2128>
- E. Kim *et al.*, The Evolution of Merger Fraction of Galaxies at $z < 0.6$ depending on the Star Formation Mode in the AKARI NEP-Wide Field. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol.507(3), pp.3113-3124 (2021)
<https://doi.org/10.1093/mnras/stab2090>
- D. J. D. Santos *et al.*, Environmental Effects on AGN Activity via Extinction-Free Mid-Infrared Census. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol.507(2), pp.3070-3088 (2021)
<https://doi.org/10.1093/mnras/stab2352>
- D. H. Brooks *et al.*, Signature and Escape of Highly Fractionated Plasma in an Active Region. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol.508(2), pp.1831-1841 (2021)
<https://doi.org/10.1093/mnras/stab2681>
- M. Ishiguro *et al.*, Polarimetric Properties of the Near-Sun Asteroid (155140) 2005 UD in Comparison with Other Asteroids and Meteoritic Samples. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol.509(3), pp.4128-4142 (2022)
<https://doi.org/10.1093/mnras/stab3198>
- E. Gatuzzo *et al.*, Measuring Sloshing, Merging, and Feedback Velocities in the Virgo Cluster. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol.511(3), pp.4511-4527 (2022)
<https://doi.org/10.1093/mnras/stab2661>
- Y. Sunada *et al.*, Herschel Discovery of Far-Infrared Emission from the Hot Spot D in the Radio Galaxy Cygnus A. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol.512(4), pp.5995-6006 (2022)
<https://doi.org/10.1093/mnras/stac826>
- K. Fukuya *et al.*, The Nightside Cloud-Top Circulation of the Atmosphere of Venus. *Nature*, Vol.595(7868), 511 (2021)
<https://doi.org/10.1038/s41586-021-03636-7>
- J. O'Donoghue *et al.*, Global Upper-Atmospheric Heating on Jupiter by the Polar Aurorae. *Nature*, Vol.596(7870), pp.54-57 (2021)
<https://doi.org/10.1038/s41586-021-03706-w>
- N. Sakatani *et al.*, Anomalously porous boulders on (162173) Ryugu as primordial materials from its parent body. *Nature Astronomy*, Vol.5, pp.766-774 (2021)
<https://doi.org/10.1038/s41550-021-01371-7>
- M. S. Chaffin *et al.*, Martian Water Loss to Space Enhanced by Regional Dust Storms. *Nature Astronomy*, Vol.5, pp.1036-1042 (2021)
<https://doi.org/10.1038/s41550-021-01425-w>
- T. Yada *et al.*, Preliminary Analysis of the Hayabusa2 Samples Returned from C-type Asteroid Ryugu. *Nature Astronomy*, Vol.6, pp.214-220 (2021)
<https://doi.org/10.1038/s41550-021-01550-6>
- C. Pilorget *et al.*, First Compositional Analysis of Ryugu Samples by the MicroOmega Hyperspectral Microscope. *Nature Astronomy*, Vol.6, pp.221-225 (2021)
<https://doi.org/10.1038/s41550-021-01549-z>
- A. Yagishita *et al.*, Simultaneous Visualization of Multiple Radionuclides in Vivo. *Nature Biomedical Engineering*, Vol.6(5), pp.640-647 (2022)

- <https://doi.org/10.1038/s41551-022-00866-6>
- E. Tatsumi *et al.*, Spectrally Blue Hydrated Parent Body of Asteroid (162173) Ryugu. *Nature Communications*, Vol.12(1), 5837 (2021)
<https://doi.org/10.1038/s41467-021-26071-8>
- M. Hamm *et al.*, Mid-Infrared Emissivity of Partially Dehydrated Asteroid (162173) Ryugu Shows Strong Signs of Aqueous Alteration. *Nature Communications*, Vol.13(1), 364 (2022)
<https://doi.org/10.1038/s41467-022-28051-y>
- R. Garcia *et al.*, Particle Identification and Analysis in the SciCRT using Machine Learning Tools. *Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Section A: Accelerators Spectrometers Detectors and Associated Equipment*, Vol.1003, 165326 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.nima.2021.165326>
- S. Ri *et al.*, Optical Three-Dimensional Displacement Measurement Based on Moire Methodology and its Application to Space Structures. *Optics and Lasers in Engineering*, Vol.148, 106752 (2022)
<https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2021.106752>
- K. Komori *et al.*, Improving Force Sensitivity by Amplitude Measurements of Light Reflected from a Detuned Optomechanical Cavity. *Physical Review A*, Vol.104(3), L031501 (2021)
<https://doi.org/10.1103/PhysRevA.104.L031501>
- N. Numadate *et al.*, Polarization Measurement of L-shell Radiative Recombination X Rays from Highly Charged Bismuth Ions. *Physical Review A*, Vol.105(2), 23109 (2022)
<https://doi.org/10.1103/PhysRevA.105.023109>
- R. Abbott *et al.*, Upper Limits on the Isotropic Gravitational-Wave Background from Advanced LIGO and Advanced Virgo's Third Observing Run. *Physical Review D*, Vol.104(2), 22004 (2021)
<https://doi.org/10.1103/PhysRevD.104.022004>
- R. Abbott *et al.*, Search for Anisotropic Gravitational-Wave Backgrounds Using Data from Advanced LIGO and Advanced Virgo's First Three Observing Runs. *Physical Review D*, Vol.104(2), 22005 (2021)
<https://doi.org/10.1103/PhysRevD.104.022005>
- K. Nagano *et al.*, Axion Dark Matter Search Using Arm Cavity Transmitted Beams of Gravitational Wave Detectors. *Physical Review D*, Vol.104(6), 62008 (2021)
<https://doi.org/10.1103/PhysRevD.104.062008>
- R. Abbott *et al.*, All-Sky Search for Continuous Gravitational Waves from Isolated Neutron Stars in the Early O3 LIGO Data. *Physical Review D*, Vol.104(8), 82004 (2021)
<https://doi.org/10.1103/PhysRevD.104.082004>
- R. Abbott *et al.*, All-Sky Search for Long-Duration Gravitational-Wave Bursts in the Third Advanced LIGO and Advanced Virgo Run. *Physical Review D*, Vol.104(10), 102001 (2021)
<https://doi.org/10.1103/PhysRevD.104.102001>
- R. Abbott *et al.*, All-Sky Search for Short Gravitational-Wave Bursts in the Third Advanced LIGO and Advanced Virgo Run. *Physical Review D*, Vol.104(12), 122004 (2021)
<https://doi.org/10.1103/PhysRevD.104.122004>
- R. Abbott *et al.*, Search for Continuous Gravitational Waves from 20 Accreting Millisecond X-Ray Pulsars in O3 LIGO Data. *Physical Review D*, Vol.105(2), 022002 (2022)
<https://doi.org/10.1103/PhysRevD.105.022002>
- M. Amenomori *et al.*, First Detection of sub-PeV Diffuse Gamma Rays from the Galactic Disk: Evidence for Ubiquitous Galactic Cosmic Rays beyond PeV Energies. *Physical Review Letters*, Vol.126(14), 141101 (2021)
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.126.141101>
- R. Abbott *et al.*, Constraints on Cosmic Strings Using Data from the Third Advanced LIGO-Virgo Observing Run. *Physical Review Letters*, Vol.126(24), 241102 (2021)
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.126.241102>
- O. Adriani *et al.*, Measurement of the Iron Spectrum in Cosmic Rays from 10 GeV/n to 2.0 TeV/n with the Calorimetric Electron Telescope on the International Space Station. *Physical Review Letters*, Vol.126(24), 241101 (2021)
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.126.241101>
- M. Amenomori *et al.*, Gamma-Ray Observation of the Cygnus Region in the 100-TeV Energy Region. *Physical Review Letters*, Vol.127(3), 31102 (2021)
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.127.031102>
- T. Okumura *et al.*, Deexcitation Dynamics of Muonic Atoms Revealed by High-Precision Spectroscopy of Electronic K X Rays. *Physical Review Letters*, Vol.127(5), 53001 (2021)
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.127.053001>
- K. Asamura *et al.*, Cross-Energy Couplings from Magneto-sonic Waves to Electromagnetic Ion Cyclotron Waves through Cold Ion Heating inside the Plasmasphere. *Physical Review Letters*, Vol.127(24), 245101 (2021)
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.127.245101>
- T. Hashimoto *et al.*, Measurements of Strong-Interaction Effects in Kaonic-Helium Isotopes at Sub-eV Precision with X-Ray Microcalorimeters. *Physical Review Letters*, Vol.128(11), 112503 (2022)
<https://doi.org/10.1103/physrevlett.128.112503>

- O. Adriani *et al.*, Direct Measurement of the Nickel Spectrum in Cosmic Rays in the Energy Range from 8.8 GeV/n to 240 GeV/n with CALET on the International Space Station. *Physical Review Letters*, Vol.128(13), 131103 (2022)
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.128.131103>
- R. Yamada *et al.*, Reduction of Quantum Noise Using the Quantum Locking with an Optical Spring for Gravitational Wave Detectors. *Physics Letters A*, Vol.402, 127365 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.physleta.2021.127365>
- S. W. Alqeeq *et al.*, Investigation of the Homogeneity of Energy Conversion Processes at Dipolarization Fronts from MMS Measurements. *Physics of Plasmas*, Vol.29(1), 012906 (2022)
<https://doi.org/10.1063/5.0069432>
- T. K. M. Nakamura *et al.*, Multi-Scale Evolution of Kelvin–Helmholtz Waves at the Earth's Magnetopause during Southward IMF Periods. *Physics of Plasmas*, Vol.29(1), 012901 (2022)
<https://doi.org/10.1063/5.0067391>
- K. A. Blasl *et al.*, Multi-scale Observations of the Magnetopause Kelvin–Helmholtz Waves during Southward IMF. *Physics of Plasmas*, Vol.29(1), 012105 (2022)
<https://doi.org/10.1063/5.0067370>
- J. H. Roberts *et al.*, Rotational States and Shapes of Ryugu and Bennu: Implications for Interior Structure and Strength. *Planetary and Space Science*, Vol.204, 105268 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.pss.2021.105268>
- N. Tanabe *et al.*, Development of Image Texture Analysis Technique for Boulder Distribution Measurements: Applications to Asteroids Ryugu and Itokawa. *Planetary and Space Science*, Vol.204, 105249 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.pss.2021.105249>
- Y. Mimasu *et al.*, Hayabusa2 Operation for MASCOT Delivery to Ryugu Surface. *Planetary and Space Science*, Vol.205, 105288 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.pss.2021.105288>
- R. D. Lorenz *et al.*, Wind and Surface Roughness Considerations for Seismic Instrumentation on a Relocatable Lander for Titan. *Planetary and Space Science*, Vol.206, 105320 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.pss.2021.105320>
- S. Kato *et al.*, Suppression of Cortical Microtubule Reorientation and Stimulation of Cell Elongation in Arabidopsis Hypocotyls under Microgravity Conditions in Space. *Plants-Basel*, Vol.11(3), 465 (2022)
<https://doi.org/10.3390/plants11030465>
- Y. Yamashita *et al.*, Investigation of Plasma Mode Transition and Hysteresis in Electron Cyclotron Resonance Ion Thrusters. *Plasma Sources Science & Technology*, Vol.30(9), 95023 (2021)
<https://doi.org/10.1088/1361-6595/ac243b>
- T. Hiroi *et al.*, UV-Visible-Infrared Spectral Survey of Antarctic Carbonaceous Chondrite Chips. *Polar Science*, Vol.29, 100723 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.polar.2021.100723>
- G. Sazaki *et al.*, In-situ Optical Microscopy Observation of Elementary Steps on Ice Crystals Grown in Vpor and Their Growth Kinetics. *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials*, Vol.67(4), 100550 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.pcrysgrow.2021.100550>
- R. Nagata *et al.*, A Numerical Study of Observational Systematic Errors in Lensing Analysis of CMB Polarization. *Progress of Theoretical and Experimental Physics*, Vol.2021(5), 530 (2021)
<https://doi.org/10.1093/ptep/ptab040>
- K. Izumi *et al.*, A Back-Linked Fabry-Perot Interferometer for Space-Borne Gravitational Wave Observations. *Progress of Theoretical and Experimental Physics*, Vol.2021(7), 073F01 (2021)
<https://doi.org/10.1093/ptep/ptab067>
- T. Ikeda *et al.*, Development of convolutional neural networks for an electron-tracking Compton camera. *Progress of Theoretical and Experimental Physics*, Vol.2021(8), 083F01 (2021)
<https://doi.org/10.1093/ptep/ptab091>
- Y. Sueno *et al.*, Characterization of Two-Level System Noise for a Microwave Kinetic Inductance Detector Comprising Niobium Film on a Silicon Substrate. *Progress of Theoretical and Experimental Physics*, Vol.2022(3), 033H01 (2022)
<https://doi.org/10.1093/ptep/ptac023>
- L. Spinoglio *et al.*, Mid-IR Cosmological Spectrophotometric Surveys from Space: Measuring AGN and Star Formation at the Cosmic Noon with a SPICA-Like Mission. *Publications of the Astronomical Society of Australia*, Vol.38, e021 (2021)
<https://doi.org/10.1017/pasa.2021.13>
- I. Kamp *et al.*, The Formation of Planetary Systems with SPICA. *Publications of the Astronomical Society of Australia*, Vol.38, e055 (2021)
<https://doi.org/10.1017/pasa.2021.31>
- R. Nakata *et al.*, Spatially Resolved X-Ray Spectroscopy of the Archetype Type 2 Active Galactic Nucleus NGC 1068 with Chandra. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.73(2), pp.338-349 (2021)
<https://doi.org/10.1093/pasj/psab001>
- H. Inoue Wandering of the Central Black Hole in a Galactic

- Nucleus and Correlation of the Black Hole mass with the Bulge Mass. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.73(2), pp.431-438 (2021)
<https://doi.org/10.1093/pasj/psab009>
- K. Asakura *et al.*, Suzaku Detection of Solar Wind Charge Exchange Emission from a Variety of Highly Ionized Ions in an Interplanetary Coronal Mass Ejection. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.73(3), pp.504-518 (2021)
<https://doi.org/10.1093/pasj/psab015>
- Y. Ishigaki *et al.*, Particle-Particle Particle-Tree Code for Planetary System Formation with Individual Cut-Off Method: GPLUM. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.73(3), pp.660-667 (2021)
<https://doi.org/10.1093/pasj/psab028>
- T. Omama *et al.*, Extracting Common Signal Components from the X-ray and Optical Light Curves of GX 339-4: New View for Anti-Correlation. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.73(3), pp.716-727 (2021)
<https://doi.org/10.1093/pasj/psab032>
- H. Inoue Properties of the Accretion Ring in an X-ray Binary, and Accretion and Excretion Two-Layer Flows from it. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.73(4), pp.795-808 (2021)
<https://doi.org/10.1093/pasj/psab043>
- M. Numazawa *et al.*, Suzaku Observations of Jovian Diffuse Hard X-ray Emission. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.73(4), pp.894-911 (2021)
<https://doi.org/10.1093/pasj/psab053>
- R. Miyawaki *et al.*, Hot Molecular Core Candidates in the Galactic Center 50 km s⁻¹ Molecular Cloud. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.73(4), pp.943-969 (2021)
<https://doi.org/10.1093/pasj/psab056>
- S. Fujita *et al.*, Massive Star Formation in the Carina Nebula Complex and Gum 31. II. A cloud-cloud collision in Gum 31. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.73(5), pp.1255-1261 (2021)
<https://doi.org/10.1093/pasj/psab071>
- M. Takeo *et al.*, Spatial Distribution of the X-Ray-Emitting Plasma of SS Cygni in Quiescence and Outburst. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.73(5), pp.1418-1428 (2021)
<https://doi.org/10.1093/pasj/psab086>
- H. Inoue, Accretion Environments of Active Galactic Nuclei. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.73(5), pp.1429-1441 (2021)
<https://doi.org/10.1093/pasj/psab087>
- W. B. Iwakiri *et al.*, Discovery of a Strong 6.6 keV Emission Feature from EXO 1745-248 after the Superburst in 2011 October. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.73(5), 1405-1417 (2021)
<https://doi.org/10.1093/pasj/psab085>
- H. Maeshima *et al.*, Dust Dissipation Timescales in the Intermediate and Outer Regions of Protoplanetary Disks. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.73(6), 1589-1603 (2021)
<https://doi.org/10.1093/pasj/psab095>
- M. Uchiyama *et al.*, High-Spatial Resolution Long-Mid-Infrared Observations of Massive Star-Forming Regions: Local Star Formation Sequence. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.73(6), pp.1638-1655 (2021)
<https://doi.org/10.1093/pasj/psab101>
- E. K. Sansom *et al.*, The scientific Observation Campaign of the Hayabusa-2 Capsule Re-entry. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.74(1), pp.50-63 (2022)
<https://doi.org/10.1093/pasj/psab109>
- H. Inoue, Origin of Cool Cores, Cold Fronts, and Spiral Structures in Cool Core Clusters of Galaxies. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.74(1), pp.152-160 (2022)
<https://doi.org/10.1093/pasj/psab114>
- H. Inoue, X-ray Observations of Accretion Disks. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.74(1), pp.R1-R44 (2022)
<https://doi.org/10.1093/pasj/psab066>
- K. Morihana *et al.*, Deep Near-infrared Imaging Observation of the Faint X-ray Point Sources Constituting the Galactic Bulge X-ray Emission. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.74(2), pp.283-297 (2022)
<https://doi.org/10.1093/pasj/psab124>
- Y. Nishikawa *et al.*, Modeling of 3D trajectory of Hayabusa2 re-entry based on acoustic observations. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.74(2), pp.308-317 (2022)
<https://doi.org/10.1093/pasj/psab126>
- T. Tamba *et al.*, Simulation-based Spectral Analysis of X-ray CCD Data Affected by Photon Pile-up. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.74(2), pp.364-383 (2022)
<https://doi.org/10.1093/pasj/psab131>
- H. Kawai *et al.*, X-ray/H α Scaling Relationships in Stellar Flares. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.74(2), pp.477-487 (2022)
<https://doi.org/10.1093/pasj/psac008>
- T. Nakagawa *et al.*, Diffuse Whistler-Mode Waves Detected

- by Kaguya in the Lunar Polar Region. *Radio Science*, Vol.57(1), e2021RS007369 (2022)
<https://doi.org/10.1029/2021RS007369>
- Y. Tsuzuki *et al.*, An Application of a Si/CdTe Compton Camera for the Polarization Measurement of Hard X Rays from Highly Charged Heavy Ions. *Review of Scientific Instruments*, Vol.92(6), 63101 (2021)
<https://doi.org/10.1063/5.0050826>
- K. Kinefuchi *et al.*, Additive-Manufactured Single-Piece Thin Multi-Layer Tungsten Heater for an Electro-thermal Thruster. *Review of Scientific Instruments*, Vol.92(11), 114501 (2021)
<https://doi.org/10.1063/5.0068926>
- R. Hyodo *et al.*, Searching for Life on Mars and its Moons. *Science*, Vol.373(6556), 742-742 (2021)
<https://doi.org/10.1126/science.abj1512>
- S. Tachibana *et al.*, Pebbles and Sand on Asteroid (162173) Ryugu: On-site Observation and Returned Particles from Two Landing Sites. *Science*, Vol.375(6584), pp.1011-1016 (2022)
<https://doi.org/10.1126/science.abj8624>
- H. Matsunaga *et al.*, Influence of Copper Compounds on the Exothermic Reactions of an Ammonium Dinitramide-Based Energetic Ionic Liquids. *Science and Technology of Energetic Materials*, Vol.82(4), pp.103-108 (2021)
https://doi.org/10.34571/stem.82.4_103
- M. Shoji *et al.*, Discovery of Proton Hill in the Phase Space during Interactions between Ions and Electromagnetic Ion Cyclotron Waves. *Scientific Reports*, Vol.11(1), 13480 (2021)
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-92541-0>
- Y. Miyoshi *et al.*, Penetration of MeV Electrons into the Mesosphere Accompanying Pulsating Aurorae. *Scientific Reports*, Vol.11(1), 13724 (2021)
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-92611-3>
- K. Amikura *et al.*, Discovery of Spatial Pattern of Prickles on Stem of Rosa Hybrida 'Red Queen' and Mathematical Model of the Pattern. *Scientific Reports*, Vol.11(1), 13857 (2021)
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-93133-8>
- I-H. Chiu *et al.*, Non-destructive 3D Method using Muonic X-rays and a CdTe Double-sided Strip Detector. *Scientific Reports*, Vol.12, 5261 (2022)
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-09137-5>
- J. Onoda *et al.*, Enhancement of Surge-Induced Synchronized Switch Harvesting on Inductor Strategy. *Smart Materials and Structures*, Vol.30(6), 65014 (2021)
<https://doi.org/10.1088/1361-665X/abfa66>
- S. Chiba *et al.*, Observation of the Solar Corona Using Radio Scintillation with the Akatsuki Spacecraft: Difference Between Fast and Slow Wind. *Solar Physics*, Vol.297(3), 34 (2022)
<https://doi.org/10.1007/s11207-022-01968-9>
- D. Heyner *et al.*, The BepiColombo Planetary Magnetometer MPO-MAG: What Can We Learn from the Hermean Magnetic Field? *Space Science Reviews*, Vol.217(4), 52 (2021)
<https://doi.org/10.1007/s11214-021-00822-x>
- C. Grava *et al.*, Volatiles and Refractories in Surface-Bounded Exospheres in the Inner Solar System. *Space Science Reviews*, Vol.217(5), 61 (2021)
<https://doi.org/10.1007/s11214-021-00833-8>
- Y. Saito *et al.*, Pre-Flight Calibration and Near-Earth Commissioning Results of the Mercury Plasma Particle Experiment (MPPE) Onboard MMO (Mio). *Space Science Reviews*, Vol.217(5), 70 (2021)
<https://doi.org/10.1007/s11214-021-00839-2>
- J. Benkhoff *et al.*, BepiColombo-Mission Overview and Science Goals. *Space Science Reviews*, Vol.217(8), 90 (2021)
<https://doi.org/10.1007/s11214-021-00861-4>
- P. Wurz *et al.*, Particles and Photons as Drivers for Particle Release from the Surfaces of the Moon and Mercury. *Space Science Reviews*, Vol.218(3), 10 (2022)
<https://doi.org/10.1007/s11214-022-00875-6>
- I. Sandberg *et al.*, Harmonization of RBSP and Arase Energetic Electron Measurements Utilizing ESA Radiation Monitor Data. *Space Weather*, Vol.19(6), e2020SW002692 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2020SW002692>
- V. R. Karambelkar *et al.*, Census of R Coronae Borealis Stars. I. Infrared Light Curves from Palomar Gattini IR. *The Astrophysical Journal*, Vol.910(2), 132 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/abe5aa>
- M. Shidatsu *et al.*, The Peculiar X-Ray Transient Swift J0840.7-3516: An Unusual Low-mass X-Ray Binary or a Tidal Disruption Event? *The Astrophysical Journal*, Vol.910(2), 144 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/abe6a1>
- K. De *et al.*, A Population of Heavily Reddened, Optically Missed Novae from Palomar Gattini-IR: Constraints on the Galactic Nova Rate. *The Astrophysical Journal*, Vol.912(1), 19 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/abeb75>
- Y. Toba *et al.*, How Does the Polar Dust Affect the Correlation between Dust Covering Factor and Eddington Ratio in Type 1 Quasars Selected from the Sloan Digital Sky Survey Data Release 16? *The Astrophysical Journal*, Vol.912(2), 91 (2021)

- <https://doi.org/10.3847/1538-4357/abe94a>
- R. Hyodo *et al.*, Erosion and Accretion by Cratering Impacts on Rocky and Icy Bodies. *The Astrophysical Journal*, Vol.913(2), 77 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/abf6d8>
- K. J. Hwang *et al.*, Microscale Processes Determining Macroscale Evolution of Magnetic Flux Tubes along Earth's Magnetopause. *The Astrophysical Journal*, Vol.914(1), 26 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/abf8b1>
- K. Morokuma-Matsui *et al.*, A Phase-Space View of Cold-gas Properties of Virgo Cluster Galaxies: Multiple Quenching Processes at Work? *The Astrophysical Journal*, Vol.914(2), 145 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/abedb6>
- K. Lee *et al.*, A Forecast of the Sensitivity on the Measurement of the Optical Depth to Reionization with the GroundBIRD Experiment. *The Astrophysical Journal*, Vol.915(2), 88 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac024b>
- T. Uzuo *et al.*, Circumnuclear Multi-phase Gas in Circinus Galaxy IV: Absorption Owing to High-J CO Rotational Transitions. *The Astrophysical Journal*, Vol.915(2), 89 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac013d>
- D. H. Brooks *et al.*, The Formation and Lifetime of Outflows in a Solar Active Region. *The Astrophysical Journal*, Vol.917(1), 25 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac0917>
- I. Endo *et al.*, On the Nature of Organic Dust in Novae. *The Astrophysical Journal*, Vol.917(2), 103 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac0cf1>
- A. Kouchi *et al.*, Transmission Electron Microscopy Study of the Morphology of Ices Composed of H₂O, CO₂, and CO on Refractory Grains. *The Astrophysical Journal*, Vol.918(2), 45 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac0ae6>
- M. Kubo *et al.*, A Massive Quiescent Galaxy Confirmed in a Protocluster at $z=3.09$. *The Astrophysical Journal*, Vol.919(1), 6 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac0cf8>
- Y. T. Cheng *et al.*, Probing Intra-Halo Light with Galaxy Stacking in CIBER Images. *The Astrophysical Journal*, Vol.919(2), 69 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac0f5b>
- H. Sano *et al.*, ALMA CO Observations of the Mixed-morphology Supernova Remnant W49B: Efficient Production of Recombining Plasma and Hadronic Gamma Rays via Shock-Cloud Interactions. *The Astrophysical Journal*, Vol.919(2), 123 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac0dba>
- J. E. Jencson *et al.*, AT 2019qyl in NGC 300: Internal Collisions in the Early Outflow from a Very Fast Nova in a Symbiotic Binary. *The Astrophysical Journal*, Vol.920(2), 127 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac1424>
- R. Abbott *et al.*, Searches for Continuous Gravitational Waves from Young Supernova Remnants in the Early Third Observing Run of Advanced LIGO and Virgo. *The Astrophysical Journal*, Vol.921(1), 80 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac17ea>
- S. Onishi *et al.*, Study of the Inner Structure of the Molecular Torus in IRAS 08572+3915 NW with Velocity Decomposition of CO Rovibrational Absorption Lines. *The Astrophysical Journal*, Vol.921(2), 141 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac1c6d>
- R. M. Lau *et al.*, Discovery of a 310 Day Period from the Enshrouded Massive System NaSt1 (WR 122). *The Astrophysical Journal*, Vol.922(1), 5 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac2237>
- R. Abbott *et al.*, Constraints from LIGO O3 Data on Gravitational-Wave Emission Due to R-Modes in the Glitching Pulsar PSR J0537-6910. *The Astrophysical Journal*, Vol.922(1), 71 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac0d52>
- T. Shimizu *et al.*, Simultaneous ALMA-Hinode-IRIS Observations on Footpoint Signatures of a Soft X-Ray Loop-like Microflare. *The Astrophysical Journal*, Vol.922(2), 113 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac27a4>
- K. Yano *et al.*, Anomalous Hydrogen Recombination Line Ratios in Ultraluminous Infrared Galaxies. *The Astrophysical Journal*, Vol.922(2), 272 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac26be>
- A. Artemyev *et al.*, Comparative Study of Electric Currents and Energetic Particle Fluxes in a Solar Flare and Earth Magnetospheric Substorm. *The Astrophysical Journal*, Vol.923(2), 151 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac2dfc>
- D. Tateishi *et al.*, Possible Detection of X-Ray Emitting Circumstellar Material in the Synchrotron-dominated Supernova Remnant RX J1713.7-3946. *The Astrophysical Journal*, Vol.923(2), 187 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac2c00>
- Y. X. Zhong *et al.*, A Morphological Study of Galaxies Hosting Optical Variability-selected AGNs in the COSMOS Field. *The Astrophysical Journal*, Vol.925(2), 157 (2022)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac3edb>
- K. Takimoto *et al.*, Polarization Spectrum of Near-Infrared Zodiacal Light Observed with CIBER. *The Astrophysical*

- Journal*, Vol.926(1), 6 (2022)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac416f>
- P. M. Korngut *et al.*, Inferred Measurements of the Zodiacal Light Absolute Intensity through Fraunhofer Absorption Line Spectroscopy with CIBER. *The Astrophysical Journal*, Vol.926(2), 133 (2022)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac44ff>
- M. Shidatsu *et al.*, Discovery and Long-term Broadband X-Ray Monitoring of Galactic Black Hole Candidate MAXI J1803-298. *The Astrophysical Journal*, Vol.927(2), 151 (2022)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac517b>
- S. Toriumi *et al.*, Universal Scaling Laws for Solar and Stellar Atmospheric Heating. *The Astrophysical Journal*, Vol.927(2), 179 (2022)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac5179>
- H. Yamaguchi *et al.*, Discovery of Double-ring Structure in the Supernova Remnant N103B: Evidence for Bipolar Winds from a Type Ia Supernova Progenitor. *The Astrophysical Journal Letters*, Vol.910(2), L24 (2021)
<https://doi.org/10.3847/2041-8213/abee8a>
- D. Kuroda *et al.*, Implications of High Polarization Degree for the Surface State of Ryugu. *The Astrophysical Journal Letters*, Vol.911(2), L24 (2021)
<https://doi.org/10.3847/2041-8213/abee25>
- R. Abbott *et al.*, Diving below the Spin-down Limit: Constraints on Gravitational Waves from the Energetic Young Pulsar PSR J0537-6910. *The Astrophysical Journal Letters*, Vol.913(2), L27 (2021)
<https://doi.org/10.3847/2041-8213/abffcd>
- Y. Ohshiro *et al.*, Discovery of a Highly Neutronized Ejecta Clump in the Type Ia Supernova Remnant 3C 397. *The Astrophysical Journal Letters*, Vol.913(2), L34 (2021)
<https://doi.org/10.3847/2041-8213/abff5b>
- R. Abbott *et al.*, Observation of Gravitational Waves from Two Neutron Star-Black Hole Coalescences. *The Astrophysical Journal Letters*, Vol.915(1), L5 (2021)
<https://doi.org/10.3847/2041-8213/ac082e>
- D. H. Brooks *et al.*, Measurements of Coronal Magnetic Field Strengths in Solar Active Region Loops. *The Astrophysical Journal Letters*, Vol.915(1), L24 (2021)
<https://doi.org/10.3847/2041-8213/ac0c84>
- S. Hasegawa *et al.*, Discovery of Two TNO-like Bodies in the Asteroid Belt. *The Astrophysical Journal Letters*, Vol.916(1), L6 (2021)
<https://doi.org/10.3847/2041-8213/ac0f05>
- H. Z. Wang *et al.*, Energetic Neutral Atom Distribution on the Lunar Surface and Its Relationship with Solar Wind Conditions. *The Astrophysical Journal Letters*, Vol.922(2), L41 (2021)
<https://doi.org/10.3847/2041-8213/ac34f3>
- M. Kamibayashi *et al.*, Effect of Hydrogen Gas Pressure on Calcium-Aluminum-rich Inclusion Formation in the Protosolar Disk: a Laboratory Simulation of Open-system Melt Crystallization. *The Astrophysical Journal Letters*, Vol.923(1), L12 (2021)
<https://doi.org/10.3847/2041-8213/ac3c41>
- S. Hasegawa *et al.*, The Appearance of a Fresh Surface on 596 Scheila as a Consequence of the 2010 Impact Event. *The Astrophysical Journal Letters*, Vol.924(1), L9 (2022)
<https://doi.org/10.3847/2041-8213/ac415a>
- M. Watanabe *et al.*, Density, Surface Tension, and Viscosity of Co-Cr-Mo Melts Measured using Electrostatic Levitation Technique. *Thermochimica Acta*, Vol.710, 179183 (2022)
<https://doi.org/10.1016/j.tca.2022.179183>
- M. Chono *et al.*, Performance of a Miniature Hall Thruster and an In-house PPU. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences*, Vol.64(3), pp.189-192 (2021)
<https://doi.org/10.2322/tjsass.64.189>
- M. Matsui *et al.*, Temperature Measurement of HEK-X Expansion Tube Flow by Laser Absorption Spectroscopy. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences*, Vol.64(3), pp.193-194 (2021)
<https://doi.org/10.2322/tjsass.64.193>
- T. Ishida *et al.*, Crater Detection Robust to Illumination and Shape Changes using Convolutional Neural Network. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences*, Vol.64(4), pp.197-204 (2021)
<https://doi.org/10.2322/tjsass.64.197>
- J. Kinoshita *et al.*, Position and Attitude Tolerances of Carbon Nanotube Field Emission Cathode as a Neutralizer in an Ion Engine System. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences*, Vol.64(5), pp.288-291 (2021)
<https://doi.org/10.2322/tjsass.64.288>
- H. Inoue *et al.*, Spatio-Temporal Path Planning for Lunar Polar Exploration with Robustness against Schedule Delay. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences*, Vol.64(6), pp.304-311 (2021)
<https://doi.org/10.2322/tjsass.64.304>
- S. Imai *et al.*, The Effect of Discharge Mode on Ion Energy and Plasma Potential in the Plume Plasma Region. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences*, Vol.65(1), pp.1-10 (2022)
<https://doi.org/10.2322/tjsass.65.1>
- A. Tatara *et al.*, Scaling Law for Spin Deployment of Large-Membrane Structures Acceptable for Geomet-

- rical Mismatch. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences*, Vol.65(1), pp.11-22 (2022)
<https://doi.org/10.2322/tjsass.65.11>
- M. Fujiwara *et al.*, Damage Assessment for Electrodynamic Tape Tether against Space Debris Impact. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.19(1), pp.34-41 (2021)
<https://doi.org/10.2322/tastj.19.34>
- K. Wakamatsu *et al.*, Packaging of Mixed Materials in Peristaltic Mixer for Solid Propellant Production. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.19(2), pp.205-210 (2021)
<https://doi.org/10.2322/tastj.19.205>
- S. Shimizu *et al.*, Flash LiDAR Development for Space Rendezvous. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.19(3), pp.304-309 (2021)
<https://doi.org/10.2322/tastj.19.304>
- S. Ueda Low-Energy Lunar Transfer with Specific Landing Conditions. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.19(3), pp.334-343 (2021)
<https://doi.org/10.2322/tastj.19.334>
- Y. Murata *et al.*, Power Management of Lunar CubeSat Mission EQUULEUS Under Uncertainties of Power Generation and Consumption. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.19(3), pp.377-383 (2021)
<https://doi.org/10.2322/tastj.19.377>
- K. Kitagawa *et al.*, Flight Results of Solid Propulsion Systems for Epsilon-4. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.19(3), pp.400-406 (2021)
<https://doi.org/10.2322/tastj.19.400>
- N. Morishita *et al.*, Separation Experiment for OMOTENASHI Moon Lander at Extremely High Spin Rates. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.19(4), pp.453-460 (2021)
<https://doi.org/10.2322/tastj.19.453>
- M. Ito *et al.*, A Feasible Study of In-Situ Measurements of Light Isotopes and Organic Molecules with High Resolution Mass Spectrometer MULTUM on the OKEANOS Mission. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.19(4), pp.477-484 (2021)
<https://doi.org/10.2322/tastj.19.477>
- T. Yamada *et al.*, Return and Recovery Operation of the Hayabusa2 Sample Return Capsule. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.19(4), pp.514-522 (2021)
<https://doi.org/10.2322/tastj.19.514>
- M. Saito *et al.*, Numerical Prediction of the Spontaneous Ignition of Cool Flame for the Microgravity Experiment by Using Sounding Rocket. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.19(4), pp.539-544 (2021)
<https://doi.org/10.2322/tastj.19.539>
- S. Taniguchi *et al.*, Optimization for Solar Angle Free Attitude Motion Model by Solar Sail IKAROS. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.19(4), pp.584-590 (2021)
<https://doi.org/10.2322/tastj.19.584>
- M. Matsushita *et al.*, Shape of a Square Solar Sail Consisted of Four Trapezoid Petals with Curved Thin-Film Devices: Simulations and Experiments. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.19(4), pp.604-611 (2021)
<https://doi.org/10.2322/tastj.19.604>
- J. Kikuchi *et al.*, Development and Attitude Disturbance Estimation of Separation Mechanism for Nano Moon Lander OMOTENASHI. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.19(5), pp.629-638 (2021)
<https://doi.org/10.2322/tastj.19.629>
- T. Okada *et al.*, Thermophysical Properties of C-Type Asteroid 162173 Ryugu Revealed by the Thermal Infrared Imager TIR on Hayabusa2. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.19(5), pp.654-659 (2021)
<https://doi.org/10.2322/tastj.19.654>
- Y. Maru *et al.*, Aerodynamic Stabilization of Flat Plate for Parachute Drawing Device. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.19(5), pp.660-666 (2021)
<https://doi.org/10.2322/tastj.19.660>
- H. Takayanagi *et al.*, Development of Parachute System for Large-Scale Sample Return Capsule. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.19(5), pp.682-689 (2021)
<https://doi.org/10.2322/tastj.19.682>
- Y. Fujino *et al.*, Consideration of SPS Test Satellite Receiving Station Arrangement Using Reconstruction by Least Squares Method. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Tech-*

- nology Japan*, Vol.19(5), pp.753-759 (2021)
<https://doi.org/10.2322/tastj.19.753>
- K. Minami *et al.*, Development Results of Laser Ignition System for Solid Rocket Motor. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.19(5), pp.807-811 (2021)
<https://doi.org/10.2322/tastj.19.807>
- K. Tokunaga *et al.*, A Study on Mars Aerocapture Using Spinning Solar Sail. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.19(6), pp.838-844 (2021)
<https://doi.org/10.2322/tastj.19.838>
- R. Tsukizaki *et al.*, Neutral Atom Density Measurements of Xenon Plasma Inside a μ 10 Microwave Ion Thruster using Two-photon Laser-induced Fluorescence Spectroscopy. *Vacuum*, Vol.190, 110269 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2021.110269>
- Y. Yamashita *et al.*, Effect of Ion Beam Extraction on Neutral Density Distribution inside a Gridded Microwave Discharge Ion Thruster. *Vacuum*, Vol.200, 110962 (2022)
<https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2022.110962>
- 谷口翔太 *ほか*, 火星飛行機の空力特性に対する圧縮性効果. *航空宇宙技術*, Vol.20, pp.52-58 (2021)
<https://doi.org/10.2322/astj.20.52>
- 菊池隼仁 *ほか*, 超小型月着陸機 OMOTENASHI の構造設計とセミハード着陸技術. *航空宇宙技術*, Vol.20, pp.59-68 (2021)
<https://doi.org/10.2322/astj.20.59>
- 宮本悠矢 *ほか*, スピン型ソーラーセイル展開における著しい非対称性に関する研究. *航空宇宙技術*, Vol.20, pp.73-80 (2021)
<https://doi.org/10.2322/astj.20.73>
- 藤田昂志 *ほか*, 光学式モーションキャプチャによる慣性センサの精度評価法. *航空宇宙技術*, Vol.20, 101-104 (2021)
<https://doi.org/10.2322/astj.20.101>
- 片野将太郎 *ほか*, 軌道上大面積電力伝送用フェーズドアンテナへの段階的サブアレー構成素子数増加法を用いた電力分布実装. *航空宇宙技術*, Vol.20, pp.125-133 (2021)
<https://doi.org/10.2322/astj.20.125>
- 道上啓亮 *ほか*, 宇宙機推進系用酸化剤用推進剤の洗浄方法に関する研究. *航空宇宙技術*, Vol.20, pp.134-137 (2021)
<https://doi.org/10.2322/astj.20.134>
- 福島洋介, 観測ロケット観測機器用慣性プラットフォーム. *航空宇宙技術*, Vol.20, pp.142-153 (2021)
<https://doi.org/10.2322/astj.20.142>
- 町井佳菜子 *ほか*, 地域観測衛星コンステレーション最適軌道設計のための問題定義検討. *進化計算学会論文誌*, Vol.12(2), pp.37-44 (2021)
<https://doi.org/10.11394/tjpnsec.12.37>
- 古谷克司 *ほか*, 真空環境における岩石のワイヤソー切断加工 (第 2 報) —加工時の温度上昇—. *精密工学会誌*, Vol.88(2), pp.198-205 (2021)
<https://doi.org/10.2493/jjspe.88.198>
- N. Miyazawa *et al.*, PbS Colloidal Quantum Dots/ZnO/Si Hybrid Photodiode with Various Reverse Bias Voltages. *電気学会論文誌E (センサ・マイクロマシン部門誌)*, Vol.142(1), pp.8-12 (2022)
<https://doi.org/10.1541/ieeejssmas.142.8>
- 鈴木大和 *ほか*, 絶対位置推定精度を考慮した探査 UAV の経路計画手法. *日本ロボット学会誌*, Vol.40(1), pp.55-61 (2022)
<https://doi.org/10.7210/jrsj.40.55>
- 柴田拓馬 *ほか*, 数値解析と実験による非接触微小擾乱抑制機構の振動特性評価. *日本航空宇宙学会論文集*, Vol.69(2), pp.60-67 (2021)
<https://doi.org/10.2322/jjsass.69.60>
- 久保勇貴 *ほか*, 汎用 IoT モジュール開発と同報型自律分散ヒーター制御システムへの適用. *日本航空宇宙学会論文集*, Vol.69(2), pp.68-71 (2021)
<https://doi.org/10.2322/jjsass.69.68>
- 茂渡修平 *ほか*, 機械式冷凍機における事前モデルを必要としないフィードフォワード 擾乱抑制制御. *日本航空宇宙学会論文集*, Vol.69(4), pp.138-145 (2021)
<https://doi.org/10.2322/jjsass.69.138>
- 竹内伸介 *ほか*, 超弾性チタン合金薄板を用いた展開式ノズルの基本概念と試作結果. *日本航空宇宙学会論文集*, Vol.69(4), pp.146-153 (2021)
<https://doi.org/10.2322/jjsass.69.146>
- 山田裕己 *ほか*, 地球低軌道における電磁力を用いた宇宙展開膜面構造物の展開. *日本航空宇宙学会論文集*, Vol.69(5), pp.187-196 (2021)
<https://doi.org/10.2322/jjsass.69.187>
- 木下順平 *ほか*, イオンエンジンにおける複数台の電界放出型電子が中和性能に及ぼす影響. *日本航空宇宙学会論文集*, Vol.69(5), pp.215-218 (2021)
<https://doi.org/10.2322/jjsass.69.215>
- 高木雄哉 *ほか*, ダブルコーン型再使用ロケットの迎角 60°での横力特性に関する風洞試験と数値解析. *日本航空宇宙学会論文集*, Vol.70(1), pp.14-21 (2021)
<https://doi.org/10.2322/jjsass.70.14>
- K. Yokota *et al.*, スマートアンテナにおけるアクチュエータ故障後の機能回復を考慮したレジリエント運用に対する信頼性評価. *日本航空宇宙学会論文集*, Vol.70(2), pp.31-39 (2022)
<https://doi.org/10.2322/jjsass.70.31>
- 富岡孝太 *ほか*, 誘電体多層膜を用いた宇宙用熱制御材料

の熱光学特性評価. 熱物性, Vol.35(1), pp.5-11 (2021)

<https://doi.org/10.2963/jjtp.35.5>

(注) 査読付き論文は基本的に本年度 (2021 年度) 内に accept されたものまでを実績の対象としてカウント. ただし accept のタイミングなどにより前年度 (2020 年度) 実績に含まれていない研究成果について本年度実績に含めた形で集計.

4. 外部の国内, 国際会議等に発表のもの

基調

- Y. Tsuda. “Hayabusa 2”. 18th International Planetary Probe Workshop (IPPW 2021), (2021)
- Y. Tsuda. “Hayabusa2: Successful Sample Return from Asteroid Ryugu”. 6th IEEE Electron Devices Technology and Manufacturing (EDTM) Conference 2022, KL : (2021)
- J. O'donoghue. “What the fragile upper atmospheres of Giant Planets reveal”. European Planetary Science Congress, KT2L : (2021)
- 石川毅彦. “静電浮遊法を用いた高温融体の熱物性計測”. 金属学会第 169 回講演大会, 日本金属学会, S9.8L : (2021)
- 吉川 真. “小惑星探査ミッション「はやぶさ 2」の挑戦とその成果: プロジェクトを成功に導く鍵”. 第 31 回日本呼吸ケア・リハビリテーション学会学術集会 : (2021)

招待

- S. Kimura *et al.* “Current status of planetary protection and its importance in closed eco-systems”. Japan Geoscience Union Meeting 2021, HCG29-05 : (2021)
- E. Tatsumi *et al.* “Impact histories inferred from exogenic boulders on asteroids Ryugu and Bennu”. Japan Geoscience Union Meeting 2021, PPS04-19 : (2021)
- S. Suzuki *et al.* “Comparative metagenomic studies of diverse serpentinized ecosystems”. Japan Geoscience Union Meeting 2021, MIS14-07 : (2021)
- C. Ikuta. “The Strategy and Implementation of the Hayabusa2 Outreach Activities during the Phase of the Near Asteroid Operation”. Japan Geoscience Union Meeting 2021, G02-01 : (2021)
- K. Fukuya *et al.* “Day-night contrast of the atmospheric circulation at the cloud top of Venus revealed by Akatsuki LIR”. Japan Geoscience Union Meeting 2021, PPS02-15 : (2021)
- Y. Tsuda *et al.* “Flight Result and Engineering Achievements of Asteroid Explorer Hayabusa2”. Japan Geoscience Union Meeting 2021, U03-01 : (2021)
- T. Yoshimitsu *et al.* “Asteroid Surface Exploration by Mi-

- nerva-II Small Rovers”. 18th Annual Meeting of the Asia Oceania Geosciences Society (AOGS 2021), Asia Oceania Geosciences Society : (2021)
- H. Hasegawa *et al.* “Fast Magnetic Field Annihilation in Magnetotail Electron-scale Current Sheet”. IAGA-IASPEI 2021, 407 : (2021)
- M. Nishino. “Reporter review: Magnetotail Plasma Transport”. IAGA-IASPEI 2021, Sr No: 371 : (2021)
- Y. Tsuda. “IAF World Space Award Highlight Lecture, Hayabusa2: Interplanetary round-trip flight to the world of asteroids”. 72nd International Astronautical Congress(IAC 2021), International Astronautical Federation (IAF) : (2021)
- N. Narukage *et al.* “Satellite mission: PhoENiX (Physics of Energetic and Non-thermal plasmas in the X (= magnetic reconnection) region)”. IPMU Workshop: Particle Acceleration in Solar Flares and the Plasma Universe - Deciphering its features under magnetic reconnection : (2021)
- N. Shimosako. “Contamination Control for Spacecrafts Using Photocatalysts”. MIRAI 2.0 Materials Science Workshop : (2021)
- T. Mizuno *et al.* “Geiger-mode Three Dimensional Image Sensor for Flash LIDAR”. The 28th International Display Workshops(IDW21), International Display Workshops General Incorporated Association, PRJ1/AIS4-3 : (2021)
- 津田雄一. “はやぶさ 2 の科学・マネジメント上の挑戦”. UNISEC Takumi Conference, 大学宇宙工学コンソーシアム (UNISEC) , UNISEC 2021-01 : (2021)
- 鳥海 森. “太陽恒星に普遍的な磁気活動現象としての黒点・フレア爆発”. 2021 年度 第 51 回 天文・天体物理若手夏の学校, 天文・天体物理若手の会, 招待講演 : (2021)
- 大山 聖. “多目的進化アルゴリズム入門”. 進化計算の数理 | 共 20200017 : (2021)
- 岡野泰則ほか. “国際宇宙ステーションを利用した混晶半導体結晶育成に関する数値解析”. 2021 年 第 82 回応用物理学会秋季学術講演会, 10a-N102-6 : (2021)

- 水村好貴, “大気球実験と教育”. 第 11 回小型衛星の科学教育利用を考える会 : (2021)
- 津田雄一, “小惑星探査機はやぶさ 2 の成果と技術マネジメント”. 第 34 回秋季信頼性シンポジウム, 日本信頼性学会 : (2021)
- 深井稜汰, “小惑星ができた場所と、地球の材料”. 太陽系小天体若手研究会 2021 (SSBW2021), I-02 : (2021)
- 稲富裕光, “宇宙探査における物質・材料科学”. 2021 年度 (第 71 回) 全国工作責任者大会, 日本ボイラ協会 : (2021)
- 島海 森, “恒星としての太陽：惑星への影響を視野に入れて”. 2021 年度太陽研連シンポジウム, 名古屋大学宇宙地球環境研究所 (ISEE), セッション 3) 太陽物理周辺諸分野との連携による太陽物理学の展望 : (2022)
- 堀田英之ほか, “太陽ダイナモ・内部研究のまとめ-太陽極域ミッションを目指すにあたって-”. 2021 年度太陽研連シンポジウム, 名古屋大学宇宙地球環境研究所 (ISEE), セッション 2) ポスト Solar-C 時代(2030 年代)の太陽物理学の展望 part2 : (2022)
- 和泉 究, “宇宙機での重力波検出実験 (LISA, DECIGO) の紹介”. 第一回「素粒子と重力波」研究会 : (2022)
- 鈴木志野, “ゲノム情報から紐解く蛇紋岩生命圏”. 第 16 回日本ゲノム微生物学会年会, S-1 : (2022)
- 成影典之ほか, “PhoENiX”. 第 21 回高宇連研究会「今後の高宇連宇宙科学ミッション推進へ向けて」 + 「高宇連博士論文発表会」 : (2022)
- 吉光徹雄, “はやぶさ 2 搭載 MINERVA-II ローバに見る宇宙探査ロボットの開発”. 第 27 回ロボティクスシンポジウム : (2022)
- 戸部裕史, “超塑性 SP-700 チタン合金の「超塑性」展開構造への適用”. 第 169 回超塑性研究会 : (2022)

おもな国際会議

7th IAA Planetary Defense Conference, VIENNA INTERNATIONAL CENTRE, VIENNA, AUSTRIA (HYBRID CONFERENCE), 2021.4.26-30

- Y. Tsuda *et al.* “Summary of Hayabusa2 Mission”.
- M. Hirabayash *et al.* “Hayabusa2 Extended Mission to rendezvous with Asteroid 1998 KY26: Investigations of an extremely small fast rotator for planetary defense”.

Aeromat 2021, Quebec City, Canada, 2021.5.24-26

- O. Fei Shen *et al.* “Microstructures' Elasto-plasticity and Failure Analysis of Ti-6Al-4V/Si3N4 Dissimilar Joints Brazed with AgCuTi Fillers for Thruster Development”.
- P. Amit *et al.* “Effect of Oxidizing Environment on High-Temperature Fatigue of an Advanced SiC/SiC Ceramic Matrix Composite Component”.

Japan Geoscience Union Meeting 2021, Online, 2021.5.30-6.6, Japan Geoscience Union (JGU)

- K. Saiki *et al.* “Development of Advanced Lunar Imaging Spectrometer (ALIS) for Lunar Polar Exploration Mission (LUPEX)”. PPS05-P04
- M. Ohtake *et al.* “Light Source Investigation of the Volatile Spectral signals observed at the lunar polar regions”. PPS05-09
- Y. Nakauchi *et al.* “Auto-Focus system of Multi-Band Camera (Engineering Model) on SLIM”. PPS05-10
- S. Kasahara *et al.* “Challenges for ion measurements in a comet mission”. PCG17-P01
- Y. Sekine *et al.* “Jupiter Icy Moons Explorer JUICE: Science Perspectives from Planetary Formation and Geochemistry of the JUICE Japan Team”. PPS01-P06
- M. Kikukawa *et al.* “Development and Integration of the High-Speed Current Detection Circuits in Particle Sensors”. PCG17-P07
- Y. Harada *et al.* “Kaguya Observations of Solar Wind Electron Modification by Electrostatic Waves Above the Lunar Day Side: Preliminary Results”. PEM14-09
- Y. Saito *et al.* “Investigation of Lunar Volatile by a Triple-Reflection Compact Time-Of-Flight Mass Spectrometer TRITON”. PPS05-P02
- K. Sakanoi *et al.* “Future formation-flight satellite mission FACTORS: Development of far-ultra-violet imagers and simulation of Alfvén wave observations”. PEM09-P25
- N. Yamamoto *et al.* “Development of a Time of Flight Mass Spectrometer (TRITON) for Lunar Polar Exploration (LUPEX)”. PCG17-07
- M. Kayama *et al.* “Scientific Approaches to Promotion of the Lunar polar Exploration”. PPS05-07
- N. Takuji *et al.* “Achievements and Prospects of the Committee on Space Research (COSPAR): Promoting International Activities through the Science Council of Japan (SCJ)”. U06-02
- O. Kawashima *et al.* “Development of a Miniature Ion-Trap Fourier-Transform Mass Spectrometer For Future Space Missions”. PCG17-P03
- T. Nakagawa *et al.* “Elliptically Polarized 0.01-0.3 Hz Magnetic Field Variation in the Lunar Wake”. PEM14-10
- M. Hirahara *et al.* “Current Status of the FACTORS mission for the Space-Earth Coupling System Exploration”. PEM09-P24
- N. Kitamura *et al.* “Observation of Non-gyrotropy of Electrons Caused by Wave-Particle Interaction with Intense Whistler Mode Waves in Mirror Mode Structures in the Magnetosheath”. PEM15-01
- Y. Yokota *et al.* “Regional Photometric Properties on Aster-

- oid Ryugu in Visible Wavelength". PPS04-13
- R. Honda *et al.* "Brightness Change of Hayabusa2 SCI Crater Ejecta Observed by ONC-T and Its Implication to the Surface Status of Asteroid Ryugu". PPS03-11
- M. Sato *et al.* "Shock remanent magnetization intensity and stability structures of single-domain titanomagnetite-bearing basalt sample". PPS06-15
- Y. Shimaki *et al.* "Investigation of potential candidates for a sample return mission". PCG17-P13
- Y. Shimaki *et al.* "High-resolution global thermal images of Ryugu acquired from the dawn side". PPS04-P11
- D. Kuroda *et al.* "Implications of High Polarization Degree for the Surface State of Ryugu". PPS04-P04
- M. Kiuchi *et al.* "High-velocity impact experiments in reduced gravity: The Effect of cohesive strength of particle layers". PPS03-09
- K. Horikawa *et al.* "Experimental Study on Momentum Transfer in High-Velocity Impact on Asteroid". PPS04-P06
- M. Hirabayashi *et al.* "Hayabusa2 Extended Mission to rendezvous with Asteroid 1998 KY26: Investigations of an extremely small fast rotator for planetary defense". PPS04-21
- S. Hasegawa *et al.* "Characteristics of high-albedo C-complex asteroids". PPS04-P02
- H. Hasegawa *et al.* "Fast Magnetic-Field Annihilation in Electron-scale Current Sheet in Earth's Magnetotail". PEM09-03
- A. Nakamura *et al.* "Study of Porosity Change of Simulated Chondrite Materials by Impact Experiments". PPS07-P01
- K. Nomura *et al.* "Experimental Study of High-Speed Rock Ejecta Reaching the Escape Velocity of Planetary Bodies". PPS06-P11
- M. Ito *et al.* "Assessing the Debris Generated by the Small Carry-on Impactor Operated from the Hayabusa2 Mission". PPS04-P14
- T. Ebihara *et al.* "Orientation of Boulders and Relationship with Gravitational Slope on Asteroid Ryugu: Implications for Surface Evolution". PPS04-P09
- R. Kishi *et al.* "Super-resolution and colorization of small body images by Generative Adversarial Network". MGI34-P09
- H. Kikuchi *et al.* "Development of a Hayabusa2 ONC Image Retrieval System with 2D/3D Switchable Maps in a Web Browser". PPS06-09
- Y. Takai *et al.* "Surface Age of Ryugu's Boulders Based on Small Crater Statistics". PPS04-09
- S. Sasaki *et al.* "Thermally Controlled Crack Orientation of Boulders on Ryugu: N-S Preference and Exfoliation Structure". PPS04-P08
- R. Yamada *et al.* "Reconstruction of the past rotation state of asteroid (162173) Ryugu from a crater shape analysis". PPS04-P07
- K. Yumoto *et al.* "Quantitative Analysis of Spectral Evolution of Craters, Boulders, and Regolith on Ryugu and Bennu". PPS04-17
- K. Wada *et al.* "Particle size of Ryugu's Subsurface Layer Inferred from Observation of SCI Crater's Ejecta Curtain". PPS03-P03
- Y. Shimaki *et al.* "Ryugu's surface change formed by SCI forward debris". PPS03-P04
- A. Tei *et al.* "EUV Synthesis Project for the Solar-C (EUVST) Mission". PEM10-P11
- M. Nakata *et al.* "Cross-disciplinary study on heating, transport, and turbulence dynamics in solar/astrophysical and fusion/laboratory plasmas: SoLa-Bo-X". PEM10-11
- S. Nagata *et al.* "Solar-C(EUVST) coordination with and ground based and space observatories". PEM10-P12
- S. Imada *et al.* "Current Status of the Solar-C_EUVST Mission". PEM10-09
- T. Miyoshi *et al.* "Development of a divergence-free scheme for the MHD relaxation method". PEM15-P09
- R. Yamashiro *et al.* "Mission Concept Study for Japan's Next Venus Exploration". PPS02-02
- S. Murakami *et al.* "Current status and future plan of Hayabusa2 Science Data Archive in PDS4". PPS04-P13
- H. Hotta *et al.* "Formation of Super-Strong Magnetic Field in a Delta Type Sunspots Pair in Radiation Magnetohydrodynamic Simulations". MGI35-P01
- N. Sakatani *et al.* "Local variation in thermal inertia around the artificial impact crater on Ryugu". PPS03-10
- M. Nishino *et al.* "On the Origin of Cold-Dense Plasmas in the Dusk Magnetotail Plasma Sheet: MMS and Geotail Observations". PEM09-05
- 18th International Planetary Probe Workshop(IPPW 2021), Virtual, 2021. 6-8**
- F. Akiyama *et al.* "Passive Deployment Demonstration of Shape Memory Alloy Type Aeroshell Using Hyper Sonic Wind Tunnel".
- S. Kawata *et al.* "Hypersonic boundary-layer transition measurement".
- T. Kondo *et al.* "Heat flux measurements of Hayabusa capsule Earth reentry".
- 50th International Conference on Environmental Systems, VIRTUAL EVENT, 2021. 7. 12-15**
- S. Saijo *et al.* "Thermal Design of SPICA Cryogenic Cooling

System”. ICES-2021-188

- X. Chang *et al.* “Development of Cryogenic Loop Heat Pipe for Deep Space Mission”. ICES-2021-111

18th Annual Meeting of the Asia Oceania Geosciences Society(AOGS 2021), VIRTUAL, 2021.8.1-6, Asia Oceania Geosciences Society

- Y. Saito *et al.* “Development of a Triple-reflection Compact Time-of-flight Mass Spectrometer for Lunar Polar Exploration”.
- H. Hotta *et al.* “Radiation magnetohydrodynamics simulations of sunspot formation with influence of deep thermal convection”.
- H. Hasegawa *et al.* “Fast magnetic field annihilation in electron-scale current sheet in Earth’s magnetotail”.
- K. Namekata *et al.* “Observational Studies of Star Spot Emergence/decay on Solar-type Stars with Kepler Data”.
- S. Toriumi *et al.* “Testing the Multi-wavelength Photometry for Probing Stellar Active Regions with the Solar Data”.
- S. Toriumi *et al.* “Local Heating Events in Emerging Flux Regions as Revealed by Hinode and IRIS”.
- O. Mori *et al.* “HELIOS and 6U CubeSat Missions using Generalized Solar Power Sails”. PS07-A006

35th Small Satellite Conference, Virtually, Logan, UT, 2021.8.7-12

- H. Saito *et al.* “Technical Challenges for Small SAR Satellites with High Performance”. SSC21-VI-01
- T. Kusumoto *et al.* “Development of a Multifunctional Lightweight Membrane with a High Specific Power Generation Capacity”. SSC21-WKIV-01

AIAA Propulsion and Energy 2021 Forum, VIRTUAL EVENT, 2021.8.9-12

- D. Imai *et al.* “Characterization of a Hollow Cathode Plasma with Magnetic Fields”. AIAA 2021-3388
- K. Ota *et al.* “Study of Cylindrical Rotating Detonation Engine with Propellant Injection Cooling System”. AIAA 2021-3650
- G. Fujii *et al.* “Verification of the Transient Behavior of the SLIM Propulsion System (Smart Lander for Investigating Moon)”. AIAA 2021-3582
- K. Nakata *et al.* “Experimental Study on Truncated Conical Rotating Detonation Engine with Diverging Flows”. AIAA 2021-3657

General Assembly 2021(vEGU21), Online, 2021.8.19-30

- Y. Saito *et al.* “Development of a Triple-Reflection Compact Time-Of-Flight Mass Spectrometer for Lunar Polar Exploration”. EGU21-14240

- T. Nakamura *et al.* “Micro-scale tearing mode turbulence in the diffusion region during macro-scale evolution of turbulent reconnection”. EGU21-827

Europlanet Science Congress 2021, Virtual meeting, 2021.9.13-24, European Planetary Science Congress

- L. O’Rourke *et al.* “The 3.1 μ m Absorption Feature on Asteroids (24) Themis and (65) Cybele is not Due to Surface Water Ice”. EPSC2021-796
- J. O’Donoghue *et al.* “Global upper-atmospheric heating at Jupiter by the recirculation of auroral energy”. EPSC2021-808

2021 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference(NSS/MIC), Online Conference, 2021.10.16-23

- M. Kozai *et al.* “Analysis of mass-production data of the GAPS Si(Li) detectors using data-mining methods”. N-28-196
- H. Fuke *et al.* “Potential and applications of large-area Si(Li) detectors developed for the GAPS project”. N-09-123

MMS Community Workshop, Waterville Valley NH and remotely, 2021.10.19-21

- N. Kitamura *et al.* “Energy transfer between hot protons and electromagnetic ion cyclotron waves in compressional Pc5 ultra-low frequency waves”.
- R. Denton *et al.* “Polynomial reconstruction of the magnetic field for an MMS event without spacecraft 4 FPI data”.
- H. Hasegawa *et al.* “Reconstruction of the electron diffusion region with inertia and compressibility effects”.

Hinode-14 IRIS-11 Joint Science Meeting, Virtual, 2021.10.25-28

- E. David *et al.* “Demonstration of Chromospheric Magnetic Mapping with CLASP2.1”.
- S. Toriumi *et al.* “Sun-as-a-star Observations of Transiting Active Regions: Toward the Understanding of Stellar Superflares”.

72nd International Astronautical Congress(IAC 2021), 2021.10.25-29

- Y. Tsuda *et al.* “Sample Return Accomplished: Flight Result of Asteroid Explorer Hayabusa2”. IAC-21,A3,4A,1,x65577
- D. Shiraiwa *et al.* “Development of 500N class bipropellant ceramic thruster for SLIM (Smart Lander for Investigating Moon)”. IAC-21,C4,2,1,x64404

**18th International Conference on Flow Dynamics,
Online Conference, 2021.10.27-29**

- K. Odagiri *et al.* “Development of a thermal-vacuum chamber for study on cryogenic heat transfer device”. CRF-37
- M. Hirata *et al.* “Effect of Evaporator Preheating on Startup Behavior of Capillary Pumped Loop”. GS1-2
- T. Shimada. “Review on Internal Ballistics Research on Hybrid Rockets”. OS4-9

**AGU Fall Meeting 2021, New Orleans, LA & Online
Everywhere, 2021.12.13-17**

- S. Toriumi *et al.* “Sun-as-a-star Spectral Irradiance Observations of Transiting Active Regions: a Milestone for Characterization of Stellar Active Regions”. U43B-05
- L. Hadid *et al.* “BepiColombo and Solar Orbiter VGAM2: coordinated observations of the ion composition and the total ion flux in the induced magnetosphere of Venus”. SM52C-01
- N. Kitamura *et al.* “Direct observations of electron current in whistler-mode waves”. SM35D-2001
- WJ. Sun *et al.* “Enhancement of planetary ions at Mercury’s cusp during flux transfer event showers: MESSENGER observations”. SM55C-1786
- Y. Saito *et al.* “Initial Results of Venus and Mercury Fly-by Observations by MPPE-MIA on BepiColombo/Mio”. SM53C-01
- K. Alexander Blasl *et al.* “Multi-scale observations of the magnetopause Kelvin-Helmholtz waves during southward IMF”. SM15E-2014
- H. Hasegawa *et al.* “Reconstruction of the electron diffusion region with inertia and compressibility effects”. SM32A-08
- S. Aizawa *et al.* “First results of Mercury Electron Analyzer onboard Mio/BepiColombo during Mercury and Venus flybys”. SM53C-02
- T. Nakamura *et al.* “Vortex-induced reconnection at the Earth’s magnetopause”. SM33B-01
- DE. McKenzie *et al.* “Demonstration of Chromospheric Magnetic Mapping with CLASP2.1”. SH52A-06

**2022 AIAA SciTech Forum, San Diego, CA & Virtual,
2022.1.3-7**

- S. Surendranath *et al.* “Upwind Interpolation near 1-D Hanging Node Interfaces for Compressible Euler Equation Building-Cube Method Simulations”. AIAA 2022-1373
- Y. Yuki *et al.* “Aerodynamic interaction of overlapping rotors for Mars drone”. AIAA 2022-0731
- Y. Tsunoda *et al.* “Accuracy Improvement Technique of

DNN for Accelerating CFD Simulator”. AIAA 2022-1437

- S. Taniguchi *et al.* “Numerical Analysis of Propeller Mounting Position Effects on Aerodynamic Propeller/Wing Interaction”. AIAA 2022-0153

**PERC Int’l Symposium on Dust & Parent Bodies 2022,
Zoom, 2022.2.21-22**

- J. Nakazawa *et al.* “A Study on Flyby Collection and Analytical Methods for Microparticles Impacted at Hypervelocity”.
- T. Hirai *et al.* “Development and ground calibration of DESTINY+ Dust Analyser: Status report in 2021-2022”.

**33rd International Symposium on Space Technology
and Science(33rd ISTS), Beppu in Oita, JAPAN,
2022.2.26-3.4**

- A. Kawasaki *et al.* “In-Space Flight Demonstration Results of a Detonation Engine System on Sounding Rocket S-520-31: System Design”. 2022-m-10
- D. Imaguchi *et al.* “The Fluctuation Characteristics in the Hollow Cathode with Magnetic Fields”. 2022-b-05
- H. Watanabe *et al.* “In-Space Flight Demonstration Results of a Detonation Engine System on Sounding Rocket S-520-31: Flight Path and Attitude”. 2022-m-12
- I. Funaki *et al.* “The R&D Program of 6-kW-class Hall Thruster at JAXA”. 2022-b-12
- K. Watanabe *et al.* “Thrust Generation Characteristics through Interaction of Ultraviolet Light-emitting Diodes and Solid Polymers”. 2022-b-44
- M. Matsushita *et al.* “Proto-flight Model Development of a Lightweight Membrane Deployment Structure with Power Generation and Antenna Functions, HELIOS”. 2022-c-18
- R. Shiraki *et al.* “Investigation of Plasma Conditions in Ion Engine with Sublimable Propellants”. 2022-b-01
- S. Imai *et al.* “The Effect of Azimuthal Magnetic Field Uniformity on Thrust Performance of the 6-kW-class Hall Thruster”. 2022-b-18
- V. Buyakofu *et al.* “In-Space Flight Demonstration Results of a Detonation Engine System on Sounding Rocket S-520-31: Pulse Detonation Engine”. 2022-m-13
- Y. Nagasaki *et al.* “Reinforcement Method of High Temperature Superconducting Coil for Magneto Plasma Sail”. 2022-b-43
- Y. Kajimura *et al.* “Quantitative Evaluation of Energy Distribution for Charged Particles Invading the Magnetic Shield for the Protection of Cosmic Rays”. 2022-r-25p
- Y. Matsunaga *et al.* “New Discharge Power Supply of 6-kW

- Hall Thruster using Voltage-Doubler-Type Rectifier,”. 2022-b-15
- Y. Murayama *et al.* “Magnetohydrodynamic Analysis of Magnetoplasma Sail for Plasma Injection Angle considering Thermal Pressure and Dynamic Pressure”. 2022-b-42
- Y. Matsumoto *et al.* “Scaling Laws for the design of High – voltage Hall Thrusters”. 2022-b-20
- R. Shimonishi *et al.* “Thermophysical property measurements of high temperature melts using the Electrostatic Levitation Furnace in the International Space Station (ISS-ELF)”. 2022-h-03
- S. Kanaya *et al.* “Development of Thin Perovskite Solar Cells for Balloon Experiments”. 2022-q-12
- H. Fuke *et al.* “Flight Tests of Perovskite Solar Cell toward Applications to Balloon Envelope”. 2022-m-05
- Y. Tomikawa. “LODEWAVE (Long-Duration balloon Experiment of gravity WAVE over Antarctica)”. 2022-m-07
- K. Nakashino *et al.* “Optimum Configuration of Super-Pressure Balloon Covered by a Diamond-Shaped Net”. 2022-m-16
- H. Kinoshita *et al.* “Real-time Hazard Detection for Planetary Landing using Spiking Neural Networks”. 2022-d-52
- H. Mita *et al.* “Space Exposure Experiments in Post-Tanpopo Experiments in Progress and in Future”. 2022-p-04
- H. Fuke *et al.* “Thermal Control System to easily cool GAPS Balloon-borne Instrument on the Ground”. 2022-i-01
- T. Kaneta *et al.* “Experimental Study on Airflow Mixing with a Lobed Mixer”. 2022-a-38s
- Y. Takei *et al.* “The Deep Space Orbital Transfer Vehicle Inspired by the Hayabusa2 Technology”. 2022-k-18
- M. Yamakawa *et al.* “Scattering tendency of a surface object during thrusting in the vicinity of a celestial body”. 2022-h-05
- Y. Maru *et al.* “A Streamline-traced Air Inlet for the Reusable Sounding Rocket with Airbreathing Engines”. 2022-a-13
- Y. Mizumura *et al.* “Flight Prediction and Control System for JAXA Scientific Balloon Operation”. 2022-m-02
- H. Nagasaki *et al.* “Integrated Fuel Cell Development for Spacecraft Applications”. 2022-q-13
- Y. Sone *et al.* “Degradation and State Estimation of Li-ion Batteries in Aerospace”. 2022-q-14
- S. Ikari *et al.* “Development of Compact and Highly Capable Integrated AOCS Module for CubeSats”. 2022-f-41
- T. Matsumoto *et al.* “Conceptual Design of Telemetry & Command system enhanced by LPWA for 6U “ONGLAISAT””. 2022-f-49
- S. Iwabuchi *et al.* “Touchdown Experiments on Landing Gear with Electromagnetic Dampers for Planetary Landers”. 2022-c-10
- K. Nakao *et al.* “Experimental Study of a Flow Multimeter for Gas–Liquid Two-Phase Flow Using Bidirectional Long Short-Term Memory Network”. 2022-e-24
- S. Akutsu *et al.* “Discharge Phenomena occurred on High-Power Radiation Antennas and Circuit”. 2022-q-02
- T. Hashimoto *et al.* “Ready for launch: CubeSat Moon Lander OMOTENASHI”. 2022-l-04
- H. Toyota *et al.* “Deep Space Exploration Technology Demonstrator DESTINY+”. 2022-l-07
- M. Kambayashi *et al.* “Propellant Balancing Considering the Propellant Remaining Difference Using a Virtual Chief”. 2022-d-45
- Y. Kubo *et al.* “Evaluation of space debris impact on atomic oxygen protectant materials for MLI”. 2022-c-04
- Y. Tsuda *et al.* “Reentry Terminal Guidance Operation of Hayabusa2”. 2022-d-56
- H. Yano *et al.* “A Brief History of Low-Cost Planetary Missions ~ From “Faster, Better, Cheaper” Missions to Interplanetary Probes and Cubesats~”. 2022-l-01
- Y. Kishida *et al.* “Evaluation of Space Environment Resistance of WPT System for Solar Power Satellite”. 2022-q-04
- 53rd Lunar and Planetary Science Conference(LPSC), Hybrid Conference(The Woodlands Waterway Marriott Hotel and Convention Center, Texas), 2022.3.7-11, USRA/LPI**
- Y. Miyamoto *et al.* “Classification of Track Types in Tanpopo Mission by Deep Learning”. #1911
- R. Honda *et al.* “Apparent Brightness Change of Hayabusa2’s Artificial Crater Ejecta Observed by the ONC-T at Different Phase Angles and Implications for the Physical State of Natural Crater Ejecta”. #2549
- M. Yamada *et al.* “Sensitivity Change Analysis of Optical Navigation Camera (ONC) for HAYABUSA2 Extended Mission”. #1862
- H. Kikuchi *et al.* “JAXA Asteroid Data Explorer (JADE) for Accessing and Retrieving Hayabusa2 ONC Image Data with 2D/3D Switchable Maps in a Web Browser”. #1779
- Y. Yokota *et al.* “Regional Photometry of Asteroid Ryugu with Multiple Photometric Models”. #2385
- S. Sugita *et al.* “The Representativeness of Ryugu Samples Estimated from Statistical Analysis of Boulder Color Distribution”. #1839

16th International Conference on Martensitic Transformation (ICOMAT 2022), Virtual Website, 2022.3.13-18, KIM (The Korean Institute of Metals and Materials)

- H. Tobe *et al.* “Stabilization of the Martensitic Transformation Temperatures in Ti-Zr-Pd High Temperature Shape Memory Alloys”. 4-1384
- R. Matsuda *et al.* “Grain Size Effect on Large-Strain Superelastic Axial-Bending in Cu-Al-Mn Shape Memory Alloy”. 10-1631

その他の国際会議

- M. Yoshikawa *et al.* “Hayabusa2: Operational Challenges and Results on Asteroid Ryugu’s Properties”. Space Resources Week : (2021)
- Y. Tsuda. “Achievements of Hayabusa2: Unveiling the World of Asteroid by Interplanetary Round Trip Technology”. 58th Scientific and Technical Subcommittee of the United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space : (2021)
- K. Hamaguchi *et al.* “NICER observations of the solar-type star, kappa1 Cet”. NICER Analysis Workshop : (2021)
- C. Ikuta. “Hayabusa2’s Outreach Activities”. Communicating Astronomy with the Public (CAP) 2021, 21.2 : (2021)
- M. Kozai *et al.* “Mass production of large-area lithium-drifted silicon detectors for the GAPS silicon tracker”. TIPP2021 : (2021)
- S. Toriumi *et al.* “Sun-as-a-star Spectral Irradiance Observations: Milestone For Characterizing The Stellar Active Regions”. 238th Meeting of the American Astronomical Society, 205.03 : (2021)
- T. Ito *et al.* “Utilizing Low Earth Orbit for a Space Interferometer Laboratory by Three Satellites”. 11th International ESA Conference on Guidance, Navigation & Control Systems (ESA GNC & ICATT 2021) : (2021)
- R. Fukai *et al.* “Initial distribution of the volatile-rich asteroids inferred from the isotopic records: Implication for return samples from Ryugu”. Goldschmidt 2021 : (2021)
- M. Bröse *et al.* “Temperature and Differential Emission Measure Evolution of a Limb Flare on 13 January 2015”. RHESSI-20 Workshop: Preparing for the Next Decade in High-Energy Solar Physics Research : (2021)
- D. Kobayashi *et al.* “An SRAM SEU Cross Section Curve Physics Model”. IEEE Nuclear and Space Radiation Effects Conference (NSREC), Radiation Effects Steering Committee : (2021)
- T. Hayashi *et al.* “A quantitative study in STEM-EDS with a

broadband TES X-ray microcalorimeter toward astromaterials analysis”. 19th International Workshop on Low Temperature Detectors (LTD19), P6-3 : (2021)

- M. Hirabayash *et al.* “Hayabusa2 Extended Mission to Rendezvous with Asteroid 1998 KY26, A Small Fast Rotator, to Explore Planetary Defense and Material Transport”. Joint NASA Exploration Science Forum/European Lunar Symposium (NESF&ELS 2021) : (2021)
- Y. Maeda *et al.* “XRISM’s observations of Eta Carinae”. nuclear burning in massive stars – towards the formation of binary black holes – : (2021)
- L. J. Bolay *et al.* “State Estimation of Lithium-Ion Batteries in Aerospace”. 4th International Conference on Uncertainty Quantification in Computational Sciences and Engineering(UNCECOMP 2021), U 19007 : (2021)
- K. Kariya *et al.* “Neuromorphic computing for spacecraft’s terrain relative navigation: A case of event-based crater classification task”. 2021 IEEE Space Computing Conference, Track #5 Presentation 5 : (2021)
- K. Shiokawa *et al.* “Japanese Contributions to the PRESTO Program”. URSI GASS 2021 : (2021)
- Y. Nakatsugawa *et al.* “Thermo-fluid behavior in a micro-grooved evaporator of LHP based on microscale infrared / visible observations”. Joint 20th International Heat Pipe Conference and 14th International Heat Pipe Symposium : (2021)
- H. Zhang *et al.* “Dayside Transient Phenomena and Their Impact on the Magnetosphere and Ionosphere”. 5th Asia-Pacific Conference on Plasma Physics(AAPPS-DPP2021) : (2021)
- H. Fuke *et al.* “Balloon flight test of thin-film-type perovskite solar cell”. International Symposium on Solar Energy and Efficient Energy Usage (11th SOLARIS 2021), A-61 : (2021)
- Y. Nakatsugawa *et al.* “Experimental and theoretical study of liquid-vapor interface behavior on a porous structure for enhancing performance of Loop heat pipe”. 2nd Asian Conference on Thermal Sciences(2nd ACTS), 50813 : (2021)
- O. Fei Shen *et al.* “Brazing of Ti-6Al-4V/Si3N4 joint with Ag-Cu-Ti filler for spacecraft thruster.”. International Brazing and Soldering Conference (IBSC2021) : (2021)
- M. Yoshikawa *et al.* “Science and outreach of Hayabusa2 mission”. 72nd International Astronautical Congress(IAC 2021), IAC-21,A3,4A,4,x66054 : (2021)
- M. Richardson *et al.* “ATRIUM Combined Cycle Propulsion Flight Test Project”. ASCEND 2021, American Institute of Aeronautics and Astronautics, AIAA-2021-4197 : (2021)

- S. Suzuki *et al.* “Life in serpentinized setting; Implications for metabolic strategies of early life”. Life in the Universe 2021 : (2021)
- T. Nakashima *et al.* “Multi-Objective Aerodynamic Shape Optimization of Simplified Automobile Using HPC”. FAHRZEUG-AERODYNAMIK TAGUNG MIT BEGLEITENDER FACHAUSSTELLUNG - XING : (2021)
- M. Sato *et al.* “Comparative Study of Crossovers for Decision Space Diversity of Non-Dominated Solutions”. IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (IEEE SSCI 2021), #1276 : (2021)
- S. Suzuki *et al.* “How does an extreme environment drive microbial adaptive evolution?; A case of integrative studies of deep subsurface setting”. 10th ELSI International Symposium : (2021)
- P. Hong *et al.* “Development of tracking mirror actuator for telescopic camera onboard DESTINY+”. International Symposium on Dust & Parent Bodies 2022 (IDP2022) : (2022)
- H. Toyota *et al.* “Overall and system development status”. The 2nd DESTINY+ Science Working Team (SWT) on-line meeting : (2022)
- K. Watanabe *et al.* “Design and heavy-ion testing of MTJ/CMOS hybrid LSIs for space-grade soft-error reliability”. 2022 IEEE International Reliability Physics Symposium (IRPS), P54 : (2022)
- C. Jacobs *et al.* “The X/Ka 2022a Celestial Frame”. 12th IVS General Meeting (GM2022) : (2022)

おもな国内会議

第 58 回日本伝熱シンポジウム, オンライン, 2021.5.25-27

- 常新 雨 *ほか*. “宇宙機用極低温ループヒートパイプの設計試作とその評価”. E212
- 平田大 *ほか*. “Capillary Pumped Loop の起動改善に関する実験的研究”. E221

第 53 回流体力学講演会／第 39 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム, ウェブ会議アプリによるオンライン会場, 2021.6.30-7.2, 日本航空宇宙学会, 国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構

- 岸 祐希 *ほか*. “移動重合格子ソルバを用いた火星探査ヘキサコプタ「HAMILTON」のロータ周りの空力特性調査”. 2E04
- 佐藤 允 *ほか*. “火星ヘリコプター「HAMILTON」のロータ空力特性における翼端マッハ数効果”. 2E03
- 谷口翔太 *ほか*. “プロペラ取り付け位置が主翼周りの流れ場に及ぼす影響”. 2E06

- 高木亮治. “CFD 構造格子プログラムの PRIMEHPC FX1000 向け高速化チューニングについて”. 2C05
- 高木亮治. “埋め込み境界法における表面分布予測精度の検証”. 3C02

第 63 回構造強度に関する講演会, オンライン会場, 2021.8.4-6,

- 山田哲嗣 *ほか*. “非線形電気的多重動吸振器を用いた梁の振動制御”. 2A12
- 多々良飛鳥 *ほか*. “力学的相似則に基づく小型モデルでの地上試験結果を用いたスピン展開式ソーラーセイルの展開挙動予測”. 2A01

日本天文学会 2021 年秋季年会, 京都産業大学 (オンライン開催), 2021.9.13-15

- 堂谷忠靖 *ほか*. “CMB 偏光観測衛星 LiteBIRD 計画の進展”. V112a
- 松田フレドリック *ほか*. “CMB 偏光観測衛星 LiteBIRD 低周波望遠鏡の熱構造歪みによる光学性能への影響”. V113a
- 生田ちさと. “「はやぶさ 2」のメディアリレーション”. Y04a
- 海老原大路 *ほか*. “将来衛星搭載に向けた高感度赤外線検出システムの低雑音・低発熱化”. V212b
- 吉川 真 *ほか*. “はやぶさ 2 プロジェクトにおける教育・広報・アウトリーチ活動”. Y02a
- 金子岳史 *ほか*. “太陽内部対流が黒点形成・進化へ与える影響”. M03a
- 坂尾太郎 *ほか*. “PhoENiX 衛星計画に向けた高精度 Wolter ミラー保持機構の検討”. V326a
- 桜井 隆 *ほか*. “太陽フレア、恒星フレアのエネルギー頻度分布”. M46a
- 三好隆博 *ほか*. “Constrained-Transport 法を用いた磁気流体力学緩和法の開発”. M47a
- 山村一誠 *ほか*. “SPICA(次世代赤外線天文衛星): 将来に向けた成果の継承”. V208a
- 森 浩二 *ほか*. “軟 X 線から硬 X 線の広帯域を高感度で撮像分光する衛星計画 FORCE の現状 (12)”. V313a
- 成影典之 *ほか*. “磁気リコネクションに伴う粒子加速の理解を目指す衛星計画 PhoENiX の進捗報告 (2021 年秋)”. M29a
- 清水敏文 *ほか*. “軟 X 線マイクロフレアの足元から分かること: ひので-IRIS-ALMA 観測から”. M40a
- 長谷川隆祥 *ほか*. “Lyman 線のダブルピーク強度に非対称性を作る彩層速度構造”. M34a
- 長澤俊作 *ほか*. “太陽観測ロケット実験 FOXSI-4 に向けたワイドギャップ CdTe ストリップ検出器の開発と性能評価”. V327a
- 鄭 祥子 *ほか*. “Solar-C (EUVST) に向けた EUV スペクトル線仮想分光観測 (M37a)”. M37a

鄭 祥子ほか, “Solar-C (EUVST) に搭載する超高精度太陽センサ「UFSS」: バイアス誤差の低減とバイアス誤差決定精度向上に向けた検討状況”. V211b
飯田佑輔ほか, “Solar-C (EUVST)における地上支援システムに関する検討”. V202a

日本金属学会 2021 年秋期 (第 169 回) 大会, オンライン開催, 2021.9.14-17

P. Amit *et al.* “Progressive failure prediction during bending of advanced SiC/SiC CMC component”. 9
O. Fei Shen *et al.* “Two-step bonding of Nb-interlayer inserted Ti-6Al-4V/Si3N4 joint via transient liquid phase bonding and brazing”. 236
松枝里奈ほか, “Cu-Al-Mn 形状記憶合金の超弾性大変形曲げモード”. P11
西遼太郎ほか, “Cu-Ni 複層フィラー-Ti-6Al-4V 液相拡散接合の接合圧力削減”. 237
李 孝範ほか, “Ti-Hf-Pd 高温形状記憶合金の熱サイクル安定性の改善”. 160

日本物理学会 2021 年秋季大会, オンライン, 2021.9.14-17, 20-23

高田淳史ほか, “SMILE 59 : 2018 年豪州気球実験 SMILE-2+による銀河系内拡散 MeV ガンマ線の解析報告”. 16pW3-4
津田雅弥ほか, “SMILE60 : MeV ガンマ線観測実験 SMILE-3 へ向けた MPPC を用いたシンチレーションカメラシステムの時間分解能調査”. 16pW3-5
小栗秀悟ほか, “CMB 偏光観測衛星 LiteBIRD の低周波望遠鏡の構造検討”. 15aW2-7
中澤知洋ほか, “広帯域 X 線の高感度観測衛星 FORCE : 広帯域撮像検出器のサブシステム検討と CdTe イメージャ開発の現状”. 16aW3-4

第 31 回設計工学・システム部門講演会, 2021.9.15-17, 日本機械学会

稲塚遥香ほか, “打ち上げ日時の多様性を考慮した DESTINY+ スパイラル軌道の多目的設計最適化”. 1105
佐藤元紀ほか, “高性能な火星ドローンロータブレード開発に向けた鋭い前縁を持つ翼型形状の多目的空力設計最適化”. 1106

日本惑星科学会 2021 年秋季講演会, 名古屋市立大学田辺通キャンパス宮田専治記念ホール+オンライン, 2021.9.16-18

深井稜汰ほか, “隕石全岩の同位体組成・元素存在度による小惑星形成過程への制約”. O07-08
横田康弘ほか, “はやぶさ 2ONC 画像を用いたリュウグウの地域測光解析”. O01-06

笠原 慧ほか, “Comet Interceptor の科学目的とミッション要求”. P01-16

菊地 紘ほか, “はやぶさ 2 画像データ検索システム JADE の進捗”. P02-12

佐々木晶ほか, “リュウグウ表面の熱疲労”. P02-30

山田理央奈ほか, “クレーター形状の非対称性からの小惑星リュウグウの過去の自転状態の推定”. P02-05

杉田精司ほか, “小惑星リュウグウ上の岩塊のスペクトルの統計解析による母天体不均一性の定量評価”. O01-01

道上達広ほか, “小惑星リュウグウにおけるメートルサイズ以下のボルダー形状分布”. O01-05

菊地 紘ほか, “はやぶさ 2 画像データ検索システム JADE の進捗”. P02-12

藤澤由貴子ほか, “金星大気の新しい衛星観測計画に向けた観測システムシミュレーション実験”. P01-06

藤澤由貴子ほか, “あかつき観測から得られる水平風速を用いた金星客観解析データ作成の試み”. O09-05

吉田二美ほか, “TMT を使った新時代の太陽系研究”. O10-02

山本裕也ほか, “小惑星上の低強度粗粒レゴリス層を伝播する衝突励起地震波”. P02-31

石田紗那ほか, “層構造含水微惑星の模擬物質への衝突実験: デジタル画像相関法による標的内部の粒子速度分布の計測”. P01-27

大川初音ほか, “ラブルパイル天体上の衝突クレーターからのボルダー放出過程”. S04

長野 巧ほか, “フラッシュ X 線による衝突破片の速度—質量分布の計測: 粘土を用いた延性標的の衝突破壊実験”. P02-34

野村啓太ほか, “高速度衝突による微小クレーターの形状”. P02-11

寫生有理ほか, “弾丸アスペクト比がクレーター形状に与える影響”. P01-41

寫生有理ほか, “小天体サンプルリターンミッションの候補天体検討”. P02-09

日本宇宙生物科学会 第 35 回大会, 金沢市長土塀青少年交流センター, 2021.9.24-26

横堀伸一ほか, “国際宇宙ステーションにおけるたんばぼ ミッションで宇宙曝露された放射線耐性菌 *Deinococcus radiodurans* R1 の rpoB 遺伝子変異分析”. 講演 A4

加藤 浩ほか, “たんばぼ計画における分裂酵母の宇宙曝露実験状況報告”. 講演 B6

小林憲正ほか, “たんばぼ計画での有機物曝露実験のまとめと展望”. 講演 A15

日本マイクログラビティ応用学会第 33 回学術講演会, オンライン開催 (ZOOM), 2021.10.13-15

小山千尋 *ほか*. “軌道上及び地上静電浮遊炉を利用した酸化物融体の熱物性測定”. OR1-10

渡邊勇基 *ほか*. “軌道上静電浮遊炉 (ELF) 実験に係る地上準備”. OR1-9

第 42 回日本熱物性シンポジウム, オンライン開催, 2021.10.25-27

小山千尋 *ほか*. “軌道上静電浮遊炉を利用した単成分酸化物融体の熱物性測定”. A112

渡邊勇基 *ほか*. “静電浮遊炉におけるバナジウム融体の放射率測定および比熱の算出 (第 2 報)”. A111

第 150 回地球電磁気・地球惑星圏学会 総会・講演会 および一般公開イベント, オンライン開催, 2021.10.31-11.4

藤澤由貴子 *ほか*. “金星探査機「あかつき」の水平風速を用いた客観解析データ作成の試み”. R009-37

土屋史紀 *ほか*. “惑星科学、生命圏科学、および天文学に向けた紫外線宇宙望遠鏡計画の提案”. S001-11

佐藤雅彦 *ほか*. “Basic properties of shock remanent magnetization for single-domain titanomagnetite”. R004-17

西野真木 *ほか*. “The future direction of SGEPS: Subcommittee on the environment of airless bodies, moons, and spacecraft”. S001-08

西野真木 *ほか*. “An event study on electrostatic solitary wave excitation and electron distributions in the lunar wake boundary”. R007-08

日本機械学会 第 99 期流体工学部門講演会, Web 開催, 2021.11.8-10

坂本勇樹 *ほか*. “気泡崩壊が誘発する水素着火現象に関する検討”. OS06-06

渡辺綾乃 *ほか*. “深層強化学習を利用した翼周りの効率的な剥離抑制制御の実験的研究”. OS05-18

第 65 回宇宙科学技術連合講演会, オンライン会場, 2021.11.9-12, 日本航空宇宙学会

古賀 勝 *ほか*. B73:I184 “国際宇宙探査シナリオにおける通信・航法アーキテクチャと日本の役割”. 1S15

辻野到磨 *ほか*. “キャビテーションによる水素着火の可能性に関する検討”. 2F17

向井孝簡 *ほか*. “新観測ロケット着陸時における逆流吸い込み特性に関する研究”. 2F04

武田悠希 *ほか*. “宇宙往還した垂直配向カーボンナノチューブによる低速衝突微粒子の捕集性能評価”. 3B16

阿久津壮希 *ほか*. “X バンド帯大電力マイクロ波システムでの放電現象に関する基礎研究”. 4H17

石丸貴博 *ほか*. “はやぶさ 2 カプセル回収における方向探索システム運用と次世代の地上回収システムの開発計画”. 2E17

石村康生 *ほか*. “高精度変位計測装置の実証実験について -2021 年度-”. 4J08

綿貫一也 *ほか*. “宇宙マイクロ波背景放射観測科学衛星 LiteBIRD 衛星システム開発における MBSE 適用計画”. 4A01

曾根理嗣. “超小型衛星による月以遠探査を実現するためのエネルギー技術”. 2I10

長崎仁志 *ほか*. “集積型燃料電池の宇宙利用に向けた検討”. 4D12

島明日香 *ほか*. “二酸化炭素還元-酸素製造タンデム型装置の研究”. 2H16

P. Alperen *et al.* “膜展開式軌道離脱装置の軌道上における展開動作実証成果報告”. 2J01

石丸貴博 *ほか*. “RATS の回収システムの開発と回収運用”. 1E17

安部明雄 *ほか*. “火星飛行機の第 2 回高々度飛行試験 MABE-2 の航法誘導制御系について”. 4B06

羽森仁志 *ほか*. “RATS 構造機構系の開発および実証試験”. 1E15

永田靖典 *ほか*. “展開型エアロシェルによるブレイクスルー技術実証超小型衛星 BEAK の開発とフライト計画”. 1E09

皆島拓真 *ほか*. “火星ドローンの実現に向けたローターオーバーラップに関する実験的研究”. 4B09

梶村好宏 *ほか*. “宇宙放射線防御を目指した磁気シールド内に侵入する荷電粒子の定量的評価”. 3G02

岸田祐輔 *ほか*. “SPS 用の位相制御増幅システムの耐宇宙環境性評価”. 4H18

吉川 真 *ほか*. “はやぶさ 2 のサイエンス成果ダイジェスト”. 2S09

宮崎康行. “自己伸展ブームの簡易伸展解析手法”. 2J08

宮澤 優 *ほか*. “車載用二次電池セルの宇宙機搭載に向けた研究開発”. 4D11

金崎雅博 *ほか*. “MABE-2 の空力計測結果と飛行試験を支えた空力技術”. 4B04

金子賢人 *ほか*. “ダスト観測を目的とした超小型火星飛行機の概念設計”. 4B12

洪 鵬 *ほか*. “深宇宙探査技術実証機 DESTINY+搭載小惑星追尾望遠カメラの駆動鏡検討”. 4S08

高島 健 *ほか*. “深宇宙探査技術実証機 DESTINY+プロジェクト概要”. 4S01

今口大輔 *ほか*. “軸方向磁場がホローカソードの放出プラズマに与える影響の評価”. P09

坂井真一郎 *ほか*. “小型月着陸実証機 SLIM プロジェクトの開発状況”. 3S05

山田和彦 *ほか*. “展開型柔軟エアロシェルによる先進的な大気圏突入技術の研究開発”. 1E05

市村峻 *ほか*. “地球周回低軌道における超小型スターシェードの編隊飛行に関する基礎検討”. 3G05

秋月祐樹 *ほか*. “DESTINY+イオンスラスターの排熱設計検

- 討”. 4S14
- 秋山風也 *ほか*. “超小型衛星 BEAK ミッション用 SMA エアロシェルフライトモデルの開発と検証試験”. 1E10
- 小田切公秀 *ほか*. “CMB 偏光観測衛星”. 4H02
- 小林隆士 *ほか*. “真空チャンバー内に設置したマルチパスレーザー吸収分光法による膨張波管気流診断”. P55
- 松下将典 *ほか*. “発電・アンテナ機能を有する軽量膜展開構造物 HELIOS の技術詳細”. 2J02
- 松尾賢治 *ほか*. “膜翼展開型超小型火星探査飛行機の空力特性”. 4B13
- 植田聡史 *ほか*. “機械学習による月着陸降下オフノミナル対応誘導則立案”. 3S12
- 森みなみ *ほか*. “大気圏突入機用インフレータブル構造体の ICP 加熱器による耐熱試験”. 1E16
- 森 治 *ほか*. “膜面実装 SMA ワイヤを用いた膜形状および太陽輻射圧トルクの制御”. 2J16
- 神林 賢 *ほか*. “推葉残量差を考慮したフォーメーション維持”. 2K10
- 杉浦正彦 *ほか*. “火星地下空洞探査を実現するヘリコプターの空力研究紹介”. 4B07
- 瀬田晴明 *ほか*. “エアターボロケットエンジン(ATRIUM)を搭載する「新観測ロケット」用インテークの設計および評価”. P03
- 石垣 希 *ほか*. “火星大気圏内を揚力飛行する全翼機形状飛行体の提案と概念検討”. 4B10
- 船木一幸. “宇宙探査イノベーションハブの取組み”. 2A09
- 太田智成 *ほか*. “超小型衛星 BEAK の熱解析・熱設計”. 1E11
- 太田方之 *ほか*. “DESTINY+フライバイ運用検証計画”. 4S09
- 大山 聖 *ほか*. “火星飛行機の第 2 回高々度飛行試験 MABE-2 の概要”. 4B02
- 大山 聖 *ほか*. “マルチコプタを使った火星の縦孔地下空洞探査ミッション検討”. 4K08
- 大野宗祐 *ほか*. “大気球を用いた成層圏微生物採取実験 Biopause プロジェクトの紹介”. 3B18
- 谷口 正 *ほか*. “SLIM 月スイングバイ後の軌道決定と軌道修正の最適化”. 3S08
- 丹治寛樹 *ほか*. “変分ベイズに基づく高精度画像照合による無人月面探査機の画像航行に関する研究”. 3S11
- 中条俊大 *ほか*. “超小型ソーラーセイルによる太陽-地球-月系航行ミッションの検討状況”. 2I05
- 中条俊大 *ほか*. “可変形状機能によるソーラーセイルの軌道・姿勢同時制御とセイル構造システムの設計”. 2J03
- 中西大樹 *ほか*. “ODM MACS 搭載デブリモニタ SDM の開発・性能試験”. 3B12
- 中村壮児 *ほか*. “スターシェード技術実証衛星「Euryops」における長距離フォーメーションフライト”. 1K08
- 中尾達郎 *ほか*. “観測ロケット実験データ回収モジュール”RATS”. 1E14
- 中野正勝 *ほか*. “昇華性物質をイオンエンジンに用いる上での課題”. 2L08
- 中澤淳一郎 *ほか*. “固体微粒子の溶融・電離物質の吸着・分析方法に関する一考察”. 3B17
- 仲内悠祐 *ほか*. “SLIM 搭載 Multi-Band Camera (MBC) の FM 光学性能・Auto-Focus 性能評価”. 3S09
- 津田雄一 *ほか*. “小惑星探査機はやぶさ 2 のミッション経緯と成果”. 2S04
- 田中寛人 *ほか*. “火星飛行機の第 2 回高々度飛行試験 MABE-2 の機体システム熱解析結果速報”. 4B05
- 渡邊秋人 *ほか*. “発電・アンテナ機能を有する軽量膜展開構造物の軌道上実証と開発状況”. 4I08
- 渡邊保真 *ほか*. “超小型衛星用水レジストジェット式軽量推進系 TWEET の開発と性能計測に関する研究”. 1E12
- 藤田彩花 *ほか*. “浮力を用いた重力補償によるブーム伸展型膜構造物の形状の評価”. 2J10
- 藤田昂志 *ほか*. “火星飛行機の第 2 回高々度飛行試験 MABE-2 の結果速報”. 4B03
- 道上啓亮 *ほか*. “小型月着陸実証機(SLIM)推進系の開発結果”. 3S06
- 福嶋勇揮 *ほか*. “火星の縦孔探査ヘリコプター実現に向けたローター同士の空力干渉が及ぼす性能への影響評価”. 4B08
- 平井隆之 *ほか*. “DESTINY+ダストアナライザの地上校正計画”. 4S05
- 平井隆之 *ほか*. “超小型深宇宙探査機 EQUULEUS に搭載する多層断熱材一体型ダスト計測器 CLOTH の開発状況 2021”. 3B13
- 平田 大 *ほか*. “蒸発器予熱が Capillary Pumped Loop の起動挙動に与える影響”. 4H07
- 豊田裕之 *ほか*. “深宇宙探査技術実証機 DESTINY+開発状況概要”. 4S02
- 木村駿太 *ほか*. “惑星保護に資する効率的な滅菌、除染のための基盤技術の確立”. 2A11
- 鈴木俊之 *ほか*. “火星衛星探査計画 MMX サンプルリターンカプセル (SRC) の EM 試験状況報告”. 3B01
- 和久井穀貴 *ほか*. “たんぽぽ捕集パネル上のエアロゲル捕集材から導く地球低軌道微粒子環境の経年変化”. 3B14
- 齋藤宏文 *ほか*. “軽量 CFRP 製展開パネルスロットアレイアンテナの開発 (その 2)”. 4D13
- 莊司泰弘 *ほか*. “リアクションホイールと磁気トルカを搭載した BEAK 姿勢決定/制御系の開発”. 1E13
- 齊藤拓実 *ほか*. “膜展開式軌道離脱装置の FEM シミュレーション解析に関する研究”. 2J09
- 吉光徹雄 *ほか*. “SLIM に搭載可能な小型月面探査プローブの開発”. 3S10
- 下迫直樹 *ほか*. “宇宙機応用を目的とした真空環境下における ZrO₂ 薄膜の光触媒活性評価”. 4E15

第 59 回燃焼シンポジウム, オンライン開催,

2021.11.22-24, 日本燃焼学会

後藤啓介 *ほか*. “推進剤噴射冷却型単円筒回転 detonation エンジン
の冷却特性に関する研究”. C313

石原一輝 *ほか*. “液体推進剤回転 detonation 燃焼器の
作動安定性に関する実験研究”. C323

長谷川大樹 *ほか*. “detonation 回折における反射点距
離の人工ニューラルネットワークを用いた予測モデル
の構築と評価”. C324

**第 62 回電池討論会, パシフィコ横浜・ノース (オンライ
ンとのハイブリッド), 2021.11.30-12.2**

杜 雅婷 *ほか*. “80°C カレンダー劣化後の Ni 系リチウムイ
オン二次電池の容量低下の解析”. 2D23

曾根理嗣 *ほか*. “人工衛星「れいめい」における宇宙での
リチウムイオンバッテリーの長期運用性評価”. 2D16

堤瑛智代 *ほか*. “ラミネート型リチウムイオン二次電池の低
温環境下における Li+脱挿入プロセスの検討”. 2D18

**第 17 回「運動と振動の制御」シンポジウム (MoViC2021)
/ 第 30 回スペース・エンジニアリング・コンファレンス
(SEC'21), 2021.12.9-12.10, 日本機械学会**

中条俊大 *ほか*. “地球および月近傍におけるソーラーセ
イルの利用と技術実証ミッション案”. A14

松永三郎 *ほか*. “スマート宇宙機器・システムの研究開発
拠点による活動成果と今後”. A13

**第 35 回数値流体力学シンポジウム, オンライン開催,
2021.12.14-16, 日本流体力学会**

谷口翔太 *ほか*. “複数のプロペラと固定翼間の空力干渉”.
D03-2

濱田玄太郎 *ほか*. “サロゲートモデルを併用した自動車空
力性能の多目的最適化シミュレーション”. D04-3

**第 7 回宇宙太陽発電シンポジウム(SSPS), 慶應義塾大学
+ WebEx によるハイブリッド, 2021.12.17-18, 宇宙太陽
発電学会**

阿久津壮希 *ほか*. “大電力マイクロ波放射アンテナで発生
する放電現象の光学的観測”.

山神達也 *ほか*. “カーボンナノチューブアクチュエータの
ハイブリッド型 SPS への応用に関する研究”.

**進化計算シンポジウム 2021, オンライン開催,
2021.12.25-26, 進化計算学会**

森 穂高 *ほか*. “実問題のためのアーカイブベース多目的
進化アルゴリズムの開発”. S4-05

二村成彦 *ほか*. “四分木構造最適化による二次元のトポロ
ジー最適化手法の検討”. S2-03

**超小型衛星利用シンポジウム 2022, X-NIHONBASHI
TOWER とオンラインのハイブリッド開催, 2022.1.18,
JAXA(新事業促進部)**

船瀬 龍 *ほか*. “Comet Interceptor ミッションの検討状
況”.

松下将典 *ほか*. “大電力・軽量の太陽電池膜(世界最軽量級
展開型太陽電池パドル)の開発状況と運用計画”.

成影典之 *ほか*. “超小型衛星を用いた太陽フレア X 線集光
撮像分光観測のコンセプト”.

中川貴雄 *ほか*. “天体物理観測のための超小型衛星プラッ
トフォームの提案”.

**日本天文学会 2022 年春季年会, 広島大学 (オンライン
開催), 2022.3.2-5**

R. Ishikawa *et al.*. “Demonstration of the mapping of chro-
mospheric magnetic fields by CLASP2.1”. M18a

S. Toriumi *et al.*. “Universal Atmospheric Heating Mecha-
nisms of the Sun and Sun-like Stars”. N07a

X. Zhou *et al.*. “Ca II 8542Å synthetic Stokes profile on
chromospheric reconnection events in 2D RMHD sim-
ulation of solar active region”. M16a

吉田 南 *ほか*. “PFSS モデルを用いたオープンフラック
ス問題の研究”. M45a

高橋弘充 *ほか*. “X 線分光撮像衛星 XRISM の観測データ
処理とその準備状況”. V327a

桜井 隆 *ほか*. “太陽黒点群の出現頻度分布、面積分布、
及び総面積分布”. M08a

小高裕和 *ほか*. “CMOS イメージセンサを用いた硬 X 線
撮像偏光計の開発 V”. V305a

松田フレドリック *ほか*. “CMB 偏光観測衛星 LiteBIRD 計
画の開発と進展”. V126a

森 浩二 *ほか*. “軟 X 線から硬 X 線の広帯域を高感度で撮
像分光する衛星計画 FORCE の現状 (13)”. V330a

成影典之 *ほか*. “太陽フレア X 線集光撮像分光観測ロケッ
ト実験 FOXSI-4”. V317a

清水敏文 *ほか*. “高感度太陽紫外線分光観測衛星 So-
lar-C(EUVST) の最新状況”. V226a

生田ちさと *ほか*. “オンライン講演会の参加者層と事後ア
ンケート分析”. Y09a

大藪進喜 *ほか*. “大質量星形成領域の遠赤外線 [CII] 輝線
広域観測を進める日印共同気球実験”. P115a

長澤俊作 *ほか*. “太陽観測ロケット実験 FOXSI-4 に向けた
ワイドギャップ CdTe ストリップ検出器の開発と性
能評価 II”. V318a

土屋史紀 *ほか*. “LAPYUTA(Life-environmentology, As-
tronomy, and Planetary Ultraviolet Telescope Assem-
bly) 計画の検討状況”. V228a

林 克洋 *ほか*. “X 線分光撮像衛星 XRISM の科学運用
準備の現状”. V326a

鈴木仁研 *ほか*. “接合型 Ge 検出器の平面展開構造によ

る未開拓な赤外線波長帯の高感度化”. V235a

その他の国内会議

日本金属学会 2022 年春期 (第 170 回) 大会, オンライン開催, 2022.3.15-17, 22

高橋直也 *ほか*. “大気炉超弾性熱処理を施した Ti-4.5Al-3V-2Fe-2Mo を用いた伸張ノズルの開発”. 111

西遼太郎 *ほか*. “Ti-6Al-4V 低圧液相拡散接合における保持時間短縮を目的とした複層インサート材元素選択”. 228

李 孝範 *ほか*. “Ti-Hf-Pd 高温形状記憶合金の時効処理の最適化”. 30

日本物理学会 第 77 回年会(2022 年), オンライン, 2022.3.15-19

高橋弘充 *ほか*. “硬 X 線偏光観測 XL-Calibur 気球実験の 2022 年フライトへ向けた準備状況”. 17pA422-4

荻尾真吾 *ほか*. “SMILE62 : MeV ガンマ線観測気球実験 SMILE-2+ の高エネルギー事象解析の現状”. 17pA422-2

小財正義 *ほか*. “GAPS 実験用ヒートパイプの運用システムの開発”. 17aA431-2

小林滉一郎 *ほか*. “次期計画 SMILE-3 に向けた有効面積向上のための CF₄ メインのガス特性とガス利得”. 15aA573-4

池田智法 *ほか*. “SMILE61 : 2018 年豪州気球実験 SMILE2+におけるバックグラウンド”. 17pA422-1

田原圭祐 *ほか*. “SMILE63 : MeV ガンマ線観測気球実験 SMILE-3 に向けたトリガー回路開発”. 17pA422-3

安藤美唯 *ほか*. “気球実験用ミニ半導体コンプトン望遠鏡に向けたBGOアクティブシールドの開発”. 17pA422-11

岩田季也 *ほか*. “CMOS イメージャを用いた X 線偏光撮像システムの開発 X : X 線偏光撮像実験”. 17pA422-5

増村 亮 *ほか*. “CMB 偏光観測衛星 LiteBIRD の開発に向けた TES ボロメータのノイズ特性評価システムの構築”. 16pA422-7

中村信行 *ほか*. “二電子性再結合 X 線の偏光度測定 III”. 17pE26-1

中澤知洋 *ほか*. “広帯域 X 線の高感度観測衛星 FORCE : 高精度の姿勢決定系の検討と汎用天文台としての位置づけ”. 17aA422-6

辻 結菜 *ほか*. “気球実験のための Si/CdTe 両面ストリップ検出器と BGO アクティブシールドを用いたミニ半導体コンプトン望遠鏡の開発”. 17pA422-10

南 喬博 *ほか*. “宇宙ガンマ線観測用厚型 CdTe 両面ストリップ検出器の性能評価及び応答の研究”. 17pA422-13

林 克洋 *ほか*. “X 線分光撮像衛星 XRISM の科学運用準備の現状”. 17aA422-1

山田和彦. “展開型エアロシエルを利用した超小型惑星探査プローブ SPUR”. 宇宙理工学連携研究機構シンポジウム「宇宙理工学の現状と未来を語る」 : (2021)

H. Yano *et al.* “Fundamental Development of Microparticle Capture System through Hypervelocity Impact Simulations and Experiments at >10 km/s”. 光・量子ビーム科学合同シンポジウム 2021(OPTO2021), 2020B1-017YANO : (2021)

石田貴行 *ほか*. “太陽条件変化に強い特徴点検出法の考察”. 電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス (SANE)研究会, SANE2021-9 : (2021)

鈴木志野. “使えるものは何でも使え！オミックス・培養・合成生物学・地球科学で迫る初期生命進化”. 極限環境生物学会 第 22 回シンポジウム, 極限環境生物学会 : (2021)

齋藤芳隆 *ほか*. “南極域での大気重力波観測実験 (LODEWAVE: LOng-Duration balloon Experiment of gravity WAVE over Antarctica)”. 電子情報通信学会アンテナ・伝播研究会(A・P), SAT2021-21 : (2021)

S. Suzuki *et al.* “Carbon fixation in highly alkaline and highly reducing serpentinized settings”. 日本進化学会第 23 回東京大会 : (2021)

中津川克久 *ほか*. “高熱流束 LHP 蒸発器開発に向けた多孔体内気液二相熱流動現象の観測”. 混相流シンポジウム 2021, 日本混相流学会, E0018 : (2021)

三浦 昭. “コンテンツ制作に適した宇宙科学データの活用方法”. 第 20 回情報科学技術フォーラム, I-028 : (2021)

深井稜汰 *ほか*. “高精度 Nd 同位体比測定による平衡論的同位体効果の同定”. 日本地球化学会第 68 回年会, 日本金属学会地球化学会, PR0142 : (2021)

中津川克久 *ほか*. “マイクロスケール赤外・可視観察に基づく多孔体内熱流動現象の理解 (三相界線増加と濡れ性改善が蒸発熱伝達に及ぼす影響)”. 日本機械学会 2021 年度年次大会, 日本機械学会, J052-14 : (2021)

齋藤宏文 *ほか*. “小型合成開口レーダ衛星用の CFRP 製 2 次元スロットアレーアンテナ”. 2021 年電子情報通信学会ソサエティ大会, B-1-29 : (2021)

高橋弘充 *ほか*. “硬 X 線偏光観測 XL-Calibur 気球実験の 2022 年フライトへ向けた準備状況”. 日本物理学会 2021 年秋季大会, 日本物理学会, 16pW3-6 : (2021)

成影典之 *ほか*. “磁気リコネクションに伴う粒子加速の理解を目指す衛星計画 PhoENiX”. シンポジウム「太陽研究:30 年代の科学研究戦略」, 太陽研究者連絡会 : (2021)

坂本勇樹 *ほか*. “月に社会をつくる：ムーンビレッジ勉強会における検討状況”. 日本宇宙生物科学会第 35 回大会, 日本宇宙生物学会, 講演 1 : (2021)

- 秋月祐樹ほか. “形状記憶合金を用いた宇宙用小型サーマルルーバの研究”. 日本機械学会熱工学コンファレンス 2021, A221 : (2021)
- 戸部裕史ほか. “Cu-Al-Mn 形状記憶合金を用いた機械式ヒートスイッチの開発”. 日本銅学会第 61 回講演大会, 日本銅学会, 50 : (2021)
- 鈴木志野. “極限環境に生きる生命から考える地球外生命の可能性”. 大学共同利用機関シンポジウム 2021, 大学共同利用機関協議会, 大学共同利用機関法人機構長・総合研究大学院大学長会議 : (2021)
- 宇佐美尚人ほか. “コンフォーマルな製膜手法向け MEMS 応力センサ”. 「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム論文集 電気学会センサ・マイクロマシン部門, 電気学会センサ・マイクロマシン部門, 11P2-SS2-3 : (2021)
- 西遼太郎ほか. “低接合圧力下における Ti-6Al-4V の液相拡散接合”. 軽金属学会第 141 回秋期大会, 軽金属学会, P37 : (2021)
- 船木一幸. “宇宙機用次世代ホールスラスタの研究開発”. 第 38 回プラズマ・核融合学会 年会, プラズマ・核融合学会, 22Ba01 : (2021)
- 土居明広. “気球 VLBI の状況と今後”. VLBI 懇談会シンポジウム 2021 「国内 VLBI の現在地を知る」 : (2021)
- 藤澤由貴子ほか. “熱潮汐波に着目したあかつき水風速のデータ同化－金星客観解析データ作成の試み－”. 日本気象学会 2021 年度秋季大会, SP3-06+ : (2021)
- 大山 聖. “多目的最適化の未来”. 日本学術会議第 11 回計算力学シンポジウム, 日本学術会議, 講演 5 : (2021)
- 川路晃汰ほか. “太陽条件にロバストなイベントカメラステレオ視の実験的検討”. 電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス(SANE)研究会, SANE2021-80 : (2021)
- 渡辺綾乃ほか. “電力効率を考慮した深層強化学習に基づく翼周り剥離流れ制御の実験研究”. 「プラズマアクチュエータ研究会」第 8 シンポジウム, PA8-P05 : (2022)
- 船木一幸. “これまでの歩みとこれからの探査ハブについて”. 2021 年度宇宙探査オープンイノベーションフォーラム : (2022)
- 吉川 真. “プラネタリーディフェンスの概要説明”. 2021 年度プラネタリーディフェンス・シンポジウム, JAXA : (2022)
- 成影典之ほか. “磁気リコネクションに伴う粒子加速の理解を目指す衛星計 PhoENiX / 日米共同・太陽フレア X 線集光撮像分光観測ロケット実験 FOXSI-4”. 2021 年度太陽研連シンポジウム, 名古屋大学宇宙地球環境研究所(ISEE), 一般講演 part2 : (2022)
- 三浦政司ほか. “システムモデルを用いた対話型上流設計によるサービス開発 - モデルで納品・モデルで開発・モデルで検証 -”. 情報処理学会第 84 回全国大会, 情報処理学会, 1B-01 : (2022)
- 戸部裕史ほか. “折り畳み可能なチタン合金薄板の開発”. 超異分野学会 東京大会 2022, P-030 : (2022)
- 大西隆広ほか. “太陽電池一体型アンテナの開発”. 電子情報通信学会無線電力伝送研究会(WPT), WPT2021-35 : (2022)
- 松本和真ほか. “新観測ロケット用 ATRIUM エンジンエアインテークの流路形状設計と性能評価”. 第 61 回航空原動機・宇宙推進講演会, 日本航空宇宙学会 : (2022)
- A. Patel. “Progressive failure simulation during bending-fatigue of advanced SiC/SiC CMC component”. 2022 年 年会, 日本セラミック協会, 2A10 : (2022)
- 膽澤宏太ほか. “エアロゲルによる宇宙固体微粒子の衝突捕集に関する数値解析モデルの検討”. 日本機械学会関東支部 第 28 期総会・講演会, 日本機械学会, 15I25 : (2022)
- 浅田啓幸ほか. “高忠実 LES を実現する圧縮性流体解析手法 ～航空機離着陸形態まわり LES～”. 「富岳」成果創出加速プログラム 研究交流会, 一般財団法人 高度情報科学技術研究機構 : (2022)
- 東川宗嗣ほか. “薄膜材料を応用した太陽発電衛星用薄膜構造の研究”. 関東学生会第 61 回学生員卒業研究発表講演会, 1113 : (2022)
- 三浦 昭ほか. “SFQ 伝搬回路のインタラクティブ可視化”. 2022 年 電子情報通信学会 総合大会, C-8-5 : (2022)
- 門馬圭吾ほか. “設計変数空間での解分布の多様性を評価するための新しい指標の提案とそれに基づいた交叉法の実問題における特性評価”. 第 21 回進化計算研究会 : (2022)
- 高木亮治. “FFVHC-ACE のキー技術紹介 3 : 「富岳」高速化チューニング”. 第 1 回「富岳」航空機プロジェクトシンポジウム : (2022)
- 松下将典. “発電・アンテナ機能を有する軽量膜展開構造物 HELIOS の研究開発と軌道上実証計画”. 第 5 回スマート宇宙機器システムシンポジウム (研究会) : (2022)
- 坂本勇樹. “Moon Village 活動の全体概要”. 日本宇宙航空環境医学会令和 3 年度宇宙基地医学研究会, 日本宇宙航空環境医学会 : (2022)

5. 表彰・受賞

第8回宇宙科学研究所賞

受賞対象者	所属	受賞理由	受賞年月日
(特別賞) Hansjörg DITTUS	プレーメン大学： 受賞当時	「はやぶさ2搭載マスコット（ロボット）への貢献」	2022年1月6日
船崎 健一	岩手大学理工学部 教授：受賞当時	「ISAS 先端工作技術グループと岩手大学の協力関係構築に貢献」	2022年1月6日

職員

受賞対象者	所属	受賞内容	受賞年月日
小惑星探査機 「はやぶさ2」 国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 (JAXA)		第26回 AMD Award「Digital Contents of the Year '20 優秀賞」 デジタルメディア協会	2021年4月
はやぶさ2プロジェクト		Le Prix international d'astronautique 2020 à l'équipe de l'Agence spatiale japonaise (Jaxa), qui a mené l'incroyable mission Hayabusa-2 de collecte d'échantillons sur l'astéroïde (162173) Ryugu. (「はやぶさ2」の小惑星リュウグウからのサンプルリターン成功に関して)	2021年4月
小惑星探査機 「はやぶさ2」		日刊工業新聞社 日本産業技術大賞審査委員会 特別賞	2021年4月8日
大嶽 久志 佐藤 広幸 井上 博夏 ほか	月惑星探査データ 解析グループ ほか	令和3年度文部科学大臣表彰 科学技術賞（科学技術振興部門） 「かぐや等の探査ビッグデータ解析による国際宇宙探査への貢献」	2021年4月14日
月崎 竜童	宇宙飛翔工学研究系	令和3年度文部科学大臣表彰 若手科学者賞「小惑星探査機「はやぶさ2」を実現したイオンエンジンの研究の功績」	2021年4月14日
尾川 順子 吉川 健人 ほか	はやぶさ2 プロジェクト ほか	市村清新技術財団 第53回市村学術賞功績賞「はやぶさ2による小惑星へのタッチダウンのための高精度画像航法誘導制御技術の確立」	2021年4月19日
森 治 櫛木 賢一 成尾 芳博 澤井 秀次郎 志田 真樹 丸 祐介 道上 啓亮 中塚 潤一 ほか	宇宙飛翔工学研究系 ほか	第30回（2020年度）日本航空宇宙学会賞（論文賞）「はやぶさ2の化学推進系の開発と往路運用」日本航空宇宙学会	2021年4月20日
吉光 徹雄 久保田 孝 富木 淳史 ほか	宇宙機応用工学系	第30回（2020年度）日本航空宇宙学会賞（技術賞 プロジェクト部門）「はやぶさ2搭載 MINERVA-II ローバ」日本航空宇宙学会	2021年4月20日
岡田 達明 津田 雄一 佐伯 孝尚 三桝 裕也 吉光 徹雄 ほか	はやぶさ2 プロジェクト ほか	Outstanding Manuscript for Space Ops2021 “Outstanding Manuscript” Space Ops (International Committee on Technical Interchange for Space Mission Operations & Ground Data Systems)	2021年5月

羽生 宏人 ほか	宇宙飛行工学研究系 ほか	日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門 部門優秀論文表彰「蠕動運動型混合搬送機による固体推進薬連続製造の検討」	2021年6月7日
ODAGIRI Kimihide <i>et al.</i>	宇宙飛行工学研究系	15th International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics, Best Paper Award, “Characteristics of Thermo-Fluid Behavior in a Micro-Grooved Evaporator of Loop Heat Pipe Based on Microscale Infrared / Visible Observations and Modeling”	2021年7月
福家 英之 金谷 周朔 宮澤 優 豊田 裕之 廣瀬 和之	学際科学研究系 宇宙機応用工学研究系 ほか	11th SOLARIS 2021 (International Symposium on Solar Energy and Efficient Energy Usage), Best Paper Award “Balloon flight test of thin-film-type perovskite solar cell”	2021年9月
吉光 徹雄 久保田 孝	宇宙機応用工学研究系	第 35 回学会誌論文賞「小惑星探査ローバ MINERVA-II による工学実験」(日本ロボット学会誌第 38 巻第 8 号, pp.754-761) 日本ロボット学会	2021年9月8日
狩谷 和季 福田 盛介	宇宙機応用工学研究系	日本神経回路学会優秀研究賞「クレータ分類を例としたニューロモーフィックコンピューティングの宇宙機航法に対する適用」	2021年9月23日
O'DONOGHUE James	太陽系科学研究系	2021 Europlanet Prize for Public Engagement	2021年9月27日
國中 均	宇宙科学研究所所長	2021 年（第 91 回）服部報公会 報公賞 「電子サイクロトン共鳴放電式プラズマ源の研究開発と小惑星探査機への宇宙実用並びに産業への応用展開」	2021年10月08日
はやぶさ 2 プロジェクト		IAF World Space Award 2021 “Hayabusa2 Team” International Astronautical Federation (IAF)	2021年10月21日
JAXA「はやぶさ 2」 プロジェクトチーム		日本航空協会「航空特別賞」JAXA「はやぶさ 2」プロジェクトチーム	2021年11月
船木 一幸 羽生 宏人 竹内 伸介 荒川 聡 増田 純一 前原 健次 山田 和彦 中尾 達郎 ほか	宇宙飛行工学研究系 ほか	日本燃焼学会 2021 年『美しい炎』の写真展最優秀作品賞「世界初！デトネーションエンジン宇宙実証」	2021年11月
西 遼太郎 ONG Fei Shen 戸部 裕史 佐藤 英一	宇宙飛行工学研究系	軽金属学会第 141 回秋季大会 ポスターセッション軽金属溶接協会賞 「低接合圧力下における Ti-6Al-4V の液相拡散接合」	2021年11月13日
MIZUNO Takahide IKEDA Hirokazu <i>et al.</i>	宇宙機応用工学研究系	International Display Workshops, IDW '21 Best Paper Award, “Geiger-mode Three Dimensional Image Sensor for Flash LIDAR”	2021年12月24日
O'DONOGHUE James (Finalist)	太陽系科学研究系	American Association for the Advancement of Science (AAAS), Early Career Award for Public Engagement with Science, Finalist	2022年2月10日
鳥海 森	太陽系科学研究系	第 14 回宇宙科学奨励賞「衛星観測データを駆使した太陽の磁気活動現象の解明」	2022年3月8日
三浦 政司 ほか	宇宙飛行工学研究系	第 14 回 情報システム教育コンテスト (ISECON2021) 最優秀賞「ゲームを用いた疑似体験によるシステムデザインの導入教育」	2022年3月5日

学生

受賞対象者	所属大学院	指導教員	受賞内容	受賞年月日
高砂 民明	千葉工業大学大学院	堀 恵一	火薬学会 2021 年度春季研究発表会 優秀講演賞「高速度カメラを用いた GAP/AP 推進薬の燃焼表面観察	2021年5月
山下 裕介	東京大学大学院 工学系研究科	西山 和孝	IEPC Summer 2021, Second Place Award, "Novel diagnostics of neutral density inside gridded ion thruster by using two-photon absorption LIF"	2021年7月
松本 光生	東京大学大学院 理学系研究科	中川 貴雄	銀河・銀河間ガス研究会 2021 サマースクールグループワーク最優秀賞「銀河進化と Cold flow の関係」	2021年8月
NISHANTH Pushparaj	総合研究大学院大学 物理科学研究科 宇宙科学専攻	川勝 康弘	2021 IAF Emerging Space Leaders, the IAF Emerging Space Leaders Sub-Committee	2021年8月24日
八木 雄大	東京大学大学院 理学系研究科 物理学専攻	山崎 典子	2021 年度第 51 回天文・天体物理若手夏の学校 オーラルアワード「太陽アクシオン探索を目指した超伝導転移端温度計マイクロカロリメータの開発」	2021年8月26日
宮川 陸大	東京大学大学院 理学系研究科 物理学専攻	山崎 典子	2021 年度第 51 回天文・天体物理若手夏の学校 オーラルアワード「太陽アクシオン探索に向けた TES マイクロカロリメータの熱バスの熱伝導度評価」	2021年8月26日
王 昶欽 (WANG Chang-Chin) <i>et al.</i>	東京大学大学院 理学系研究科	臼井 寛裕	第 29 回衛星設計コンテスト 設計の部地球電磁気・地球惑星圏学会賞「MORSE (Moon Orbital Relay for South-polar Exploration)」	2021年11月23日
杉本 良介 ほか	総合研究大学院大学 宇宙科学専攻	山田 亨	2021 年秋季大会 日本物理学会学生優秀発表賞 (Student Presentation Award of the Physical Society of Japan) 「宇宙重力波望遠鏡における周波数安定化に向けた back-linked Fabry-Perot 干渉計の開発Ⅲ」	2021年9月14日
二村 成彦	東京大学大学院 工学研究科	大山 聖	進化計算シンポジウム 2021 進化計算コンペティション 準トップ賞「四分木構造最適化による 2 次元のトポロジー最適化手法の検討」	2021年12月26日
中澤 淳一郎	総合研究大学院大学 物理科学研究科 宇宙科学専攻	鈴木 志野	第 15 回宇宙ユニットシンポジウム優秀賞受賞「フライバイサンプリングに向けた極超高速衝突物質捕集機構の実現可能性」	2022年2月6日
伊藤 大智	総合研究大学院大学 物理科学研究科 宇宙科学専攻	川勝 康弘	Modi Memorial Jaya-Jayant Award, "Round Trip Trajectory Design by Trajectory Parts Connecting Method," 33rd International Symposium on Space Technology and Science (ISTS)	2022年3月4日
NISHANTH Pushparaj	総合研究大学院大学 物理科学研究科 宇宙科学専攻	川勝 康弘	SPSS (Society for Promotion of Space Science) President Award, "Bifurcated Quasi-Satellite Orbits for Martian Moons eXploration (MMX)," 33rd International Symposium on Space Technology and Science (ISTS)	2022年3月4日
NISHANTH Pushparaj	総合研究大学院大学 物理科学研究科 宇宙科学専攻	川勝 康弘	Best Poster Award (1st Prize), "Optimal Transfer Trajectory Analysis of Relative QSOs around Phobos," 33rd International Symposium on Space Technology and Science (ISTS)	2022年3月4日

叙勲・褒章

受賞者	賞賜	年月日
國中 均	紫綬褒章 功績概要：電気推進、マイクロ波放電、宇宙機のプラズマ干渉研究功績	2021年11月
二宮 敬虔	瑞宝中綬章 功績概要：教育研究功労	2021年11月

6. 特許権等

出願公開

発 明 の 名 称	機構内発明者	出願公開日	特許出願公開番号
(国内)			
燃料電池装置の制御方法	曾根理嗣	2021 年 9 月 2 日	2021-128921
燃料電池システム	曾根理嗣	2021 年 9 月 2 日	2021-128924
燃料電池装置の制御方法	曾根理嗣	2021 年 9 月 2 日	2021-128923
燃料電池装置の制御方法	曾根理嗣	2021 年 9 月 2 日	2021-128922
X線素子及びX線素子の製造方法	石川久美, 満田和久	2021 年 12 月 27 日	2021-196300
光学デバイス、及びこれを用いた宇宙機	杉原アフマッド清志, 森 治	2022 年 1 月 27 日	2022-018294
ガス供給システムおよび推進システム	月崎竜童	2022 年 1 月 26 日	2022-017929
(国外)			
メタン合成装置	曾根理嗣, MENDOZA Omar, 島明日香	2021 年 6 月 17 日	US2021/0179510
ジェネレータとその使用方法	曾根理嗣, 國中 均, 高島 健	2021 年 6 月 30 日	EP3843107
水素及び酸素生成システム並びに水素及び酸素生成方法	曾根理嗣	2021 年 7 月 1 日	DE112019005348
電池の充電状態又は放電深度を推定する方法及びシステム、 及び、電池の健全性を評価する方法及びシステム	曾根理嗣, 福田盛介	2021 年 7 月 16 日	TW202127052
ジェネレータとその使用方法	曾根理嗣, 國中 均, 高島 健	2021 年 8 月 19 日	US2021/0257122
燃料電池装置の制御方法	曾根理嗣	2021 年 8 月 26 日	WO2021/166429
燃料電池システム	曾根理嗣	2021 年 8 月 26 日	WO2021/166428
燃料電池装置の制御方法	曾根理嗣	2021 年 8 月 26 日	WO2021/166424
燃料電池装置の制御方法	曾根理嗣	2021 年 8 月 26 日	WO2021/166423
水素及び酸素生成システム並びに水素及び酸素生成方法	曾根理嗣	2021 年 11 月 18 日	US2021/0355590

特許登録

発 明 の 名 称	機構内発明者	特許登録日	特許登録番号
(国内)			
方位探知アンテナ	川崎繁男	2021 年 7 月 8 日	6910028
望遠鏡システム	前田良知, 石田 学, 飯塚 亮, 林多佳由	2021 年 7 月 30 日	6921391
繊維強化複合材料に利用される耐環境性の被覆強化繊維	後藤 健	2021 年 12 月 7 日	6989878

噴射システム	森 治, 川口淳一郎	2021 年 12 月 10 日	6991542
メタン合成装置	曾根理嗣, MENDOZA Omar, 島明日香	2022 年 1 月 17 日	7010430
(国外)			
電池の充電状態又は放電深度を推定する方法及びシステム、及び、電池の健全性を評価する方法及びシステム	曾根理嗣, 福田盛介	2021 年 5 月 21 日	TWI727957
固体高分子形発電方法およびシステム	曾根理嗣, 桜井誠人, 島明日香	2021 年 6 月 2 日	DE3046172
固体高分子形発電方法およびシステム	曾根理嗣, 桜井誠人, 島明日香	2021 年 6 月 2 日	EP3046172
固体高分子形発電または電解方法およびシステム	曾根理嗣, 桜井誠人, 島明日香	2021 年 6 月 23 日	DE3301206
固体高分子形発電または電解方法およびシステム	曾根理嗣, 桜井誠人, 島明日香	2021 年 6 月 23 日	EP3301206
望遠鏡システム	前田良知, 石田 学, 飯塚 亮, 林多佳由	2021 年 11 月 2 日	US11163148
電池の充電状態又は放電深度を推定する方法及びシステム、及び、電池の健全性を評価する方法及びシステム	曾根理嗣, 福田盛介	2022 年 1 月 11 日	TWI752787
メタン合成装置	曾根理嗣, MENDOZA Omar, 島明日香	2022 年 3 月 22 日	DE112018005397

略称

WO：PCT（Patent Cooperation Treaty） US：アメリカ合衆国 EP：ヨーロッパ特許庁 DE：ドイツ KR：大韓民国
GB：イギリス TW：台湾

[宇宙科学研究所 研究情報委員会]

委員長 齋藤 義文

委 員 磯部 直樹／佐藤 毅彦／齋藤 芳隆／竹内 伸介
吉光 徹雄／藤本 正樹／加持 勇介／遠藤 敬

宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所年次要覧 2021 年度
2022年 12月 発行

発 行 国立研究開発法人

宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所

連絡先 科学推進部

〒252-5210 神奈川県相模原市中央区由野台 3-1-1

