



宇宙航空研究開発機構
宇宙科学研究所年次要覧
2020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

2020 年度

所長挨拶



宇宙科学研究所のみならず全世界が、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）に翻弄された2020年度でありました。活動が著しく制限されるなか、資源を集中し2020年12月6日に小惑星探査機「はやぶさ2」カプセル回収を成功できましたことは、宇宙科学研究所の誇りです。ご協力いただいた日本国政府、相模原市役所、オーストラリア政府、南オーストラリア州政府、オーストラリア宇宙庁、オーストラリア国防省、アメリカ航空宇宙局（NASA）等、すべての関係者の皆さまに感謝申し上げます。また本事業に携わった宇宙科学研究所をはじめとする宇宙航空研究開発機構職員および関係者の方々の労をねぎらいたいと思います。地球帰還したカプセル実物を2021年3月より相模原市立博物館にて一般公開を開始し、次には国立博物館、さらには全国で巡回展示するべく計画しています。宇宙科学研究所地球外物質研究グループが中心となって、リュウグウから採取したサンプルのカタログ化と分別が行われており、キラキラと光り輝く科学成果が期待されます。

同年、10月15日には、日欧共同水星探査計画 BepiColombo/Mio の金星スイングバイに合わせて、金星探査機「あかつき」および惑星分光観測衛星「ひさき」との3機による金星共同観測に成功しました。まさに宇宙科学研究所が目標として定める「深宇宙探査船団」の一翼がその効果の片鱗を見せ始めたと感慨深い思いです。また2021年3月には口径54mアンテナ「美笹深宇宙探査用地上局」が完成し、その優美な姿を現し、今後の深宇宙通信の要となります。ここには世界初となる固体X帯20kW送信機が装備されました。

惑星科学の躍進とは対照的に、宇宙天文の停滞について述べなければなりません。2019年3月にNASAのAstrophysics Mission of Opportunityにて宇宙マイクロ波背景放射偏波観測衛星「LiteBIRD」、赤外線位置天文観測衛星「JASMINE」、赤外線宇宙望遠鏡「SPICA」の提案がすべて落選しました。これにより米国からの

技術提供が望めなくなり計画の練り直しが必要になりました。さらに「SPICA」の欧州所掌部が大幅なコスト超過を起こしていることが判明し、欧州宇宙機関（ESA）科学局との相談の上、10月に計画中止を判断しました。2011年の電波天文衛星「ASTRO-G」中止および2016年のX線天文衛星「ASTRO-H」喪失に続き、3つ立て続けの不首尾となります。宇宙天文が深化を続けた結果、大型化の一途をたどり、もはや日本単独では支えられず、勢い国際共同に傾倒してしまうも、調整や交渉の難しさからミッションの実現に至らなかったと分析し、所全体として反省しています。

今後に向け、まずはX線天文の正常化のため、X線分光撮像衛星「XRISM」の早期の打上げを目指します。さらに、戦略的中型ミッションへの海外からの協力の方策の再構築、海外寄与分を減らし宇宙科学研究所がより主体性を発揮できる開発方式の採用、「技術のフロントローディング」経費による先行的な研究開発などの施策を行います。また大型衛星のみでなく小型機を利用して新領域を開拓するといったブルーオーシャン戦略の立案検討を宇宙物理学研究系にて進めています。

かえすがえすもコロナ禍にて活動が制約され、消化不良の1年でありましたが、各構成員の旺盛な研究意欲により、多くの科学成果を創出しており、この年次要覧にてそれらをご紹介できることをたいへん嬉しく思います。本稿でご紹介した活動以外にも、北海道大樹町のご協力のもと大樹航空宇宙実験場から大気球実験を実施しましたし、NASA職員を日本に招き入れて「XRISM」の開発を進めました。また、これまで宇宙科学研究所にご来場いただく形で実施していた特別公開をオンライン開催に切り替え、多くのアクセスをいただきました。このように新型コロナを跳ね返す意気込みで活動してきたと自負しております。2020年は、日本初の人工衛星である「おおすみ」の打上げから50年目の節目の年であり、それを記念して秋田県能代市の能代ロケット実験場に記念碑を建立しました。本来であれば関係者にお集まりいただいで除幕式をと考えていたのですが諦めざるを得ず、たいへん残念です。

宇宙科学研究所の活動にご理解をいただき、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。

2021年10月



2020年12月 能代ロケット実験場に記念碑建立（2021年6月撮影）
（左から二番目が宇宙科学研究所 所長 國中 均、三番目が能代ロケット実験場 所長 石井信明）

目 次

I. 研究ハイライト	2	V. 宇宙科学プログラム室・S&MA	84
II. 概 要	27	1. 宇宙科学プログラム室	84
1. 沿 革	27	2. S&MA 総括.....	85
2. 宇宙開発体制	28	VI. 研究基盤・技術統括	86
3. 組織及び運営	29	1. 大学共同利用実験調整グループ	86
a. 組 織	29	2. 基盤技術グループ	86
b. 運 営	30	3. 先端工作技術グループ	86
c. 職員数	34	4. 大気球実験グループ	88
d. 職 員	35	5. 観測ロケット実験グループ	89
e. 予 算	38	6. 能代ロケット実験場	89
III. 研究系	39	7. あきる野実験施設	90
1. 宇宙物理学研究系	39	8. 科学衛星運用・データ利用ユニット	91
2. 太陽系科学研究系	42	9. 月惑星探査データ解析グループ	93
3. 学際科学研究系	48	10. 地球外物質研究グループ	94
4. 宇宙飛翔工学研究系	51	11. 深宇宙追跡技術グループ	95
5. 宇宙機応用工学研究系	53	12. 研究開発部門（相模原）	96
6. 国際トップヤングフェローシップ	57	a. 第一研究ユニット	96
IV. 宇宙科学プロジェクト	59	b. 第二研究ユニット	97
1. 宇宙科学・探査プロジェクト	59	VII. 研究委員会	100
2. 運用中の科学衛星・探査機	62	1. 宇宙理学委員会	100
a. 磁気圏観測衛星(GEOTAIL)	62	2. 宇宙工学委員会	102
b. 小型高機能科学衛星「れいめい(INDEX)」 ..	63	VIII. 外部資金・共同研究等	104
c. 太陽観測衛星「ひので(SOLAR-B)」	64	1. 概要	104
d. 金星探査機「あかつき(PLANET-C)」	65	2. 外部資金	104
e. 小型ソーラー電力セイル実証機「IKAROS」 ..	66	a. 科研費による研究	105
f. 惑星分光観測衛星「ひさき(SPRINT-A)」 ..	67	b. 受託研究	109
g. 小惑星探査機「はやぶさ2(Hayabusa2)」 ..	68	c. 民間等との共同研究	110
h. ジオスペース探査衛星「あらせ(ERG)」 ..	69	d. 使途特定寄附金	113
i. 水星探査計画/水星磁気圏探査機(BepiColombo/MMO)	70	3. 各種共同研究等	114
3. 開発中の科学衛星・探査機	71	a. 大学共同利用設備を用いた大学共同利用実験 ..	114
a. SLS 搭載超小型探査機(OMOTENASHI, EQUULEUS)	71	b. 国際共同ミッション推進研究	118
b. 小型月着陸実証機(SLIM)	72	c. ISAS 教育職職員申請による共同研究 ..	118
c. X 線分光撮像衛星(XRISM)	73	d. 理工学委員会による共同研究	120
d. 深宇宙探査技術実証機(DESTINY+)	74	4. シンポジウム等	123
e. 木星氷衛星探査計画(JUICE)	75	a. ISAS が助成するシンポジウム・研究会等 ..	123
f. 火星衛星探査計画(MMX)	76	b. 宇宙科学談話会	124
g. 宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星(LiteBIRD)	77	IX. 国際協力	125
h. ソーラー電力セイル探査機(OKEANOS) ..	78	1. 概要	125
i. 次世代赤外線天文衛星(SPICA)	79	2. 機関間会合一覧	126
4. その他のプロジェクト	80	3. 各種国際協力	128
a. 深宇宙探査用地上局 (GREAT)	80	a. 運用段階の衛星ミッションの国際協力 ..	128
b. 宇宙用冷凍機 (CC-CTP) 研究開発.....	82	b. 開発段階の衛星ミッションの国際協力 ..	129
c. 小型合成開口レーダシステム	82	c. 準備/提案中の衛星ミッション	130

d. 観測ロケット実験の国際協力.....	131	f. プロジェクト・事業特化設備	153
e. 大気球実験の国際協力	132	g. 宇宙科学基盤技術	153
f. 海外の大学等との宇宙科学分野における包括協定 ...	132	h. その他の設備	154
X. 施設・設備	133	XI. 教育・広報	155
1. 研究所の位置・敷地・建物	133	1. 大学院教育	155
2. 研究施設	140	2. 人材養成	162
a. 能代ロケット実験場	140	3. 図書	163
b. あきる野実験施設	141	4. 広報・普及	168
c. 内之浦宇宙空間観測所	142	XII. 成果発表	169
d. 臼田宇宙空間観測所	143	1. 研究成果の発表状況等	169
e. 大樹航空宇宙実験場	145	2. JAXA 出版物 (ISAS 出版分)	170
3. おもな研究設備	147	3. 外部の学術雑誌等に発表のもの	170
a. 大学共同利用設備	147	a. 単行本に発表のもの	170
b. 研究系設備	148	b. 査読付き学術誌に発表のもの	171
c. 小型飛翔体	151	4. 外部の国内, 国際会議等に発表のもの	189
d. 科学衛星データ利用	152	5. 表彰・受賞	201
e. キュレーション	152	6. 特許権等	203

表紙／裏表紙図説明

【表紙図】

南十字星にサンプルリターン成功の願いを

ウーメラ方面へ向けて飛行する「はやぶさ2」カプセルの火球を撮影した1枚。カプセルがリュウグウの「お宝」を携えて大気圏に再突入する際に火球として光り輝き、南十字星をはじめとする南半球の代表的な天体との共演を果たしました。写真上からピンク色に輝くイータカリーナ星雲、南十字星、コールサック、ケンタウルス座α星、β星が確認できます。左上の軌跡はスペースX社のスターリンク衛星です。撮影地のクーバーペディから見えた火球の軌跡は、空の見渡す限り、天頂近くを力強く横切るもので、写真の軌跡はその一部に過ぎません。宇宙の宝石箱のような星空を飛行するカプセルは、宝石箱の中身のほんの一部を拝借して、人類のフロンティアを美しく切り拓きました。撮影者は火球が見えなくなってから切れるシャッター音が、カプセル回収オペレーション開始の号砲に聞こえたそうです。まさしく、壮大な旅の終盤であり、回収隊の正念場が始まる瞬間でした。



【裏表紙図】

RV-X エンジンのショックダイヤモンド

宇宙科学研究所では2018年度から研究開発部門と協力して小型実験機RV-X (Reusable Vehicle eXperiment) の地上燃焼試験を能代ロケット実験場で実施している。2020年度に実施されたRV-X-2の燃焼試験の画像である。中央やや上のロケットエンジンノズル出口から噴射された燃焼ガスは、壁面保護のために周囲から放射状に吹き込まれている水と混合されて下方にある煙道から排出される。ノズル出口の燃焼ガスは大気圧下では過膨張であり、流れは出口から大気圧で圧縮されて絞られ、ある程度圧縮されると今度は圧力が上がって膨張に転じる、という事を繰り返し、超音速の主流と低速な外部流との境界に発生する衝撃波によって「ショックダイヤモンド」と呼ばれる菱形の連続パターンがきれいに形成されている。



I . 研究ハイライト

小惑星探査機「はやぶさ2」(Hayabusa2) 特集

日本とオーストラリアでの連携プレイ成功!

上: カプセル回収成功後の集合写真(オーストラリア・ウーメラ, 2020年12月6日)
 右: 探査機を地球圏から離脱させるTCM5運用成功後の管制室での集合写真

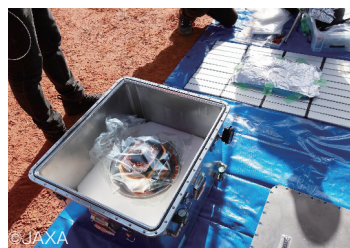
2011年にプロジェクトを開始した小惑星探査機「はやぶさ2」は、水や有機物の起源を探求するため、世界初となるC型小惑星のサンプルを採集し地球に持ち帰ることを目指し、2014年12月3日にH-IIAロケット26号機により打ち上げられた。2018年に小惑星リュウグウに到着し、MINERVA-IIローバ1A, 1B, MASCOTのリュウグウ表面への着地、2回の高精度タッチダウン、人工クレータの生成、3つの小物体の人工衛星実験を成功させた。

「はやぶさ2」の観測成果論文はScience誌、Nature誌に掲載されるなど、世界トップクラスの科学的成果を創出している。また、工学的には9つの世界初を達成し、当初の想定を大きく超える成果を得ることができた。

再突入カプセルは2020年12月6日(時刻は日本時間、以下同様)に地球に帰還し、オーストラリア/ウーメラ立入制限区域の計画されたエリアに無事着地した。カプセルはその日のうちに発見、回収され、リュウグウのサンプルが確認された。

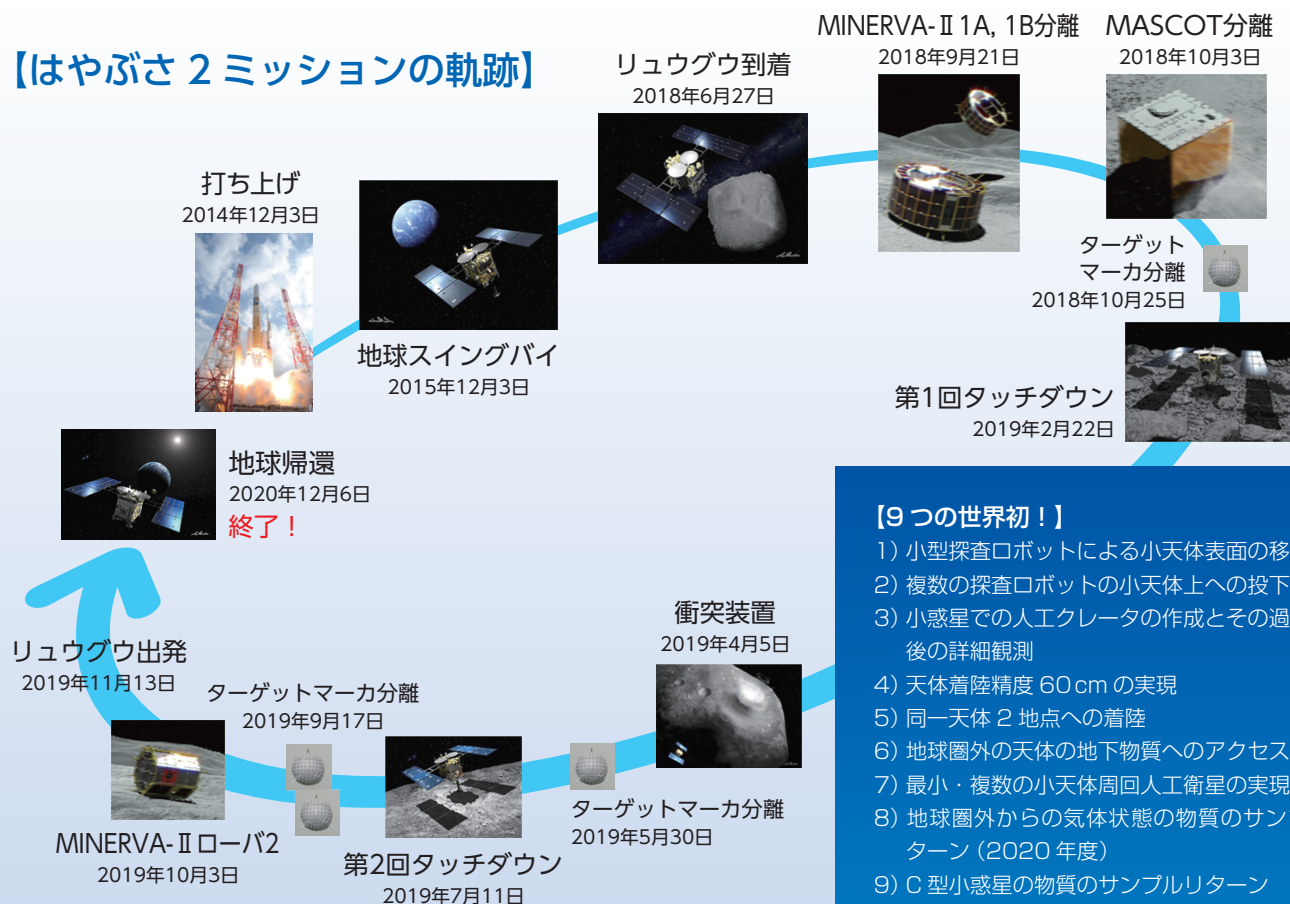
これにより、はやぶさ2プロジェクトはサンプル分析以外の全ての理学・工学目標を達成した。なお、「はやぶさ2」初期分析チームによるサンプル分析は2021年6月より開始される予定である。初期分析チームには14か国、109の大学および研究機関が参加予定となっており、今後の分析結果が期待される。

2010年の「はやぶさ」によるイトカワサンプル取得に続き、今回2020年リュウグウサンプル獲得を成功させ、2029年MMXによるフォボスサンプル回収へと、「定期的サンプルリターン計画」の実現に弾みを付けた。



オーストラリア・ウーメラにて回収された再突入カプセル

【はやぶさ2 ミッションの軌跡】



【9つの世界初!】

- 1) 小型探査ロボットによる小天体表面の移動探査
- 2) 複数の探査ロボットの小天体上への投下・展開
- 3) 小惑星での人工クレータの作成とその過程・前後の詳細観測
- 4) 天体着陸精度 60cmの実現
- 5) 同一天体 2地点への着陸
- 6) 地球圏外の天体の地下物質へのアクセス
- 7) 最小・複数の小天体周回人工衛星の実現
- 8) 地球圏外からの気体状態の物質のサンプルリターン(2020年度)
- 9) C型小惑星の物質のサンプルリターン(2020年度)

【「はやぶさ2」に関する2020年度の主な研究成果】

1. T. Morota, et al. "Sample collection from asteroid (162173) Ryugu by Hayabusa2: Implications for surface evolution", *Science*, 368, 654-659 (2020). doi:10.1126/science.aaz6306
2. E. Tatsumi et al. "Collisional history of Ryugu's parent body from bright surface boulders", *Nature Astronomy*, (2020). doi:10.1038/s41550-020-1179-z
3. T. Kitazato, et al. "Thermally altered subsurface material of asteroid (162173) Ryugu", *Nature Astronomy*, 5, 246-250 (2021). doi:10.1038/s41550-020-01271-2

* 1～3については、研究ハイライト p.6～8 参照。

* その他の研究成果については【XI-3-b. 査読付き学術雑誌に発表のもの】(p.171～) 参照。

【「はやぶさ2」に関する受賞】

はやぶさ2プロジェクトはその活動を通じて、成果や技術力・チーム力が認められ、数々の賞を受賞している。

2020年12月には内閣総理大臣顕彰を受賞し、津田プロジェクトマネージャが総理大臣官邸にて菅内閣総理大臣より顕彰状を受け取った。

* その他の表彰・受賞については【XI-5. 表彰・受賞】(p.201～) 参照。

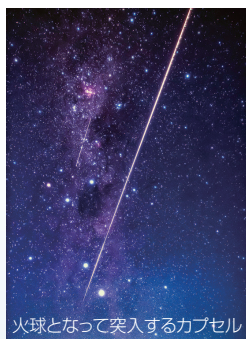
菅内閣総理大臣(右)から顕彰状を受け取る津田プロジェクトマネージャ(左)

出典：首相官邸ホームページ

https://www.kantei.go.jp/jp/99_suga/actions/202012/17kenshoshiki.html



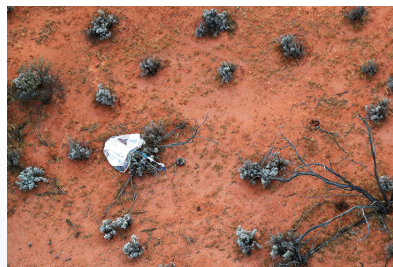
【再突入カプセルの回収】



火球となって突入するカプセル



2020/12/06 04:47
ヘリコプタからカプセルとパラシュートを発見!



▼ 08:03 現地本部に搬入作業の結果、サンプルコンテナからリュウグウ由来のガスが採取された



ヘリによる回収(ヘリ帰還)



カプセル回収作業



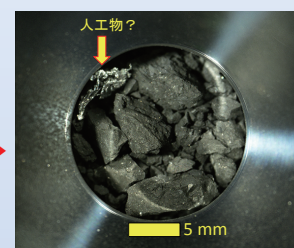
2020/12/07 22:30
オーストラリア/ウーメラ空港から日本に向けて輸送が開始。



2020/12/08 10:31
相模原キャンパスに到着!



©JAXA, 東京大学, 九州大学, JAMSTEC
キュレーションクリーンルーム内でのコンテナ開封作業



2回目のタッチダウンで採取されたリュウグウのサンプル

【再突入カプセルによる成果】

○惑星間往復航行の完遂

2020年9月17日に、はやぶさ2はイオンエンジン動力航行時間約9500時間(のべ22,348時間)を計画通り完了し、その後の地球帰還成功により地球～小惑星～地球の惑星間往復航行を完遂した。2021年現在、月より遠い天体まで行き着陸してから地球に戻るという惑星間往復航行を実現したのは「はやぶさ」に続き、「はやぶさ2」が世界で2例目

である。「はやぶさ」に比して格段に安定した太陽系航行実績は、DDOR(Delta Differential One-way Ranging)技術を含む高精度軌道決定技術と、イオンエンジンのような連続推力航行を伴う軌道設計・軌道制御技術の成熟の証となる成果である。

○地球帰還運用／カプセル回収

2019年11月に小惑星リュウグウを出発した「はやぶさ2」は、2020年12月に地球帰還を果たした。化学エンジンによる計4回の軌道修正運用を行った上で、地球から約22万kmの地点で再突入カプセルを分離した。分離後、探査機は地球圏から離脱する運用を行い、地球をフライバイをして離れていった。

分離されたカプセルは計画通り、オーストラリア／ウーメラの立入制限区域に着地した。カプセル発見のためには、ビーコンを用いた方向探査、マリンレーダ、光学観測、ドローン、Cバンドレーダを準備した。ここで、マリンレーダ、ドローン、Cバンドレーダは「はやぶさ2」で新たに導入したものである。結果的には、ビーコンによって再突入カプセルはリエントリ当日の明け方には発見することができた。ヒートシールドも含めてカプセル一式は回収され、上述のよ

うに再突入後約57時間という短時間で、宇宙科学研究所のキュレーション設備に運び込むことで、地球帰還運用およびカプセル回収作業を完遂した。

マリンレーダは、地上と宇宙のDual Utilizationを果たすべく、宇宙探査イノベーションハブと株式会社光電製作所との共同研究で開発されたもので、カプセル回収成功の一助となった。

今回のカプセル回収において、カプセルの着陸許可取得や新型コロナウイルスの状況下での入国に関してはオーストラリア宇宙庁(ASA)の支援を受けた。また、Cバンドレーダによる支援や現地回収作業の支援に関してはオーストラリア国防省(DOD)の支援を受けた。これらの支援がなければカプセル回収の成功はなく、日豪で良好な国際関係を築いてくれた結果である。



マリンレーダ設置



ドローン

○世界初！地球圏外からのガスサンプルリターン

カプセル回収後、ウーメラにて直ちにサンプルコンテナ内のガスが採取・分析された。後の分析結果と合わせて、採取されたガスは小惑星リュウグウのサンプル起源のガスであることが確認された。地球圏外からのガスのサンプルリターンは世界初の成果であった。

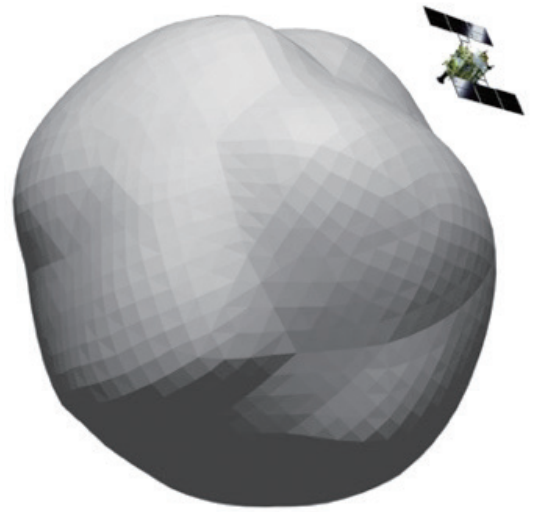
○世界初！C型小惑星の物質のサンプルリターン

キュレーション設備において、慎重にサンプルコンテナを開封し、世界で初めてC型小惑星からのサンプルの回収に成功したことを確認した。サンプルは計5.4gあり、第1回タッチダウン時に採取された粒子にくらべ、第2回タッチダウン時に採取された粒子の方が大きいサイズであった。

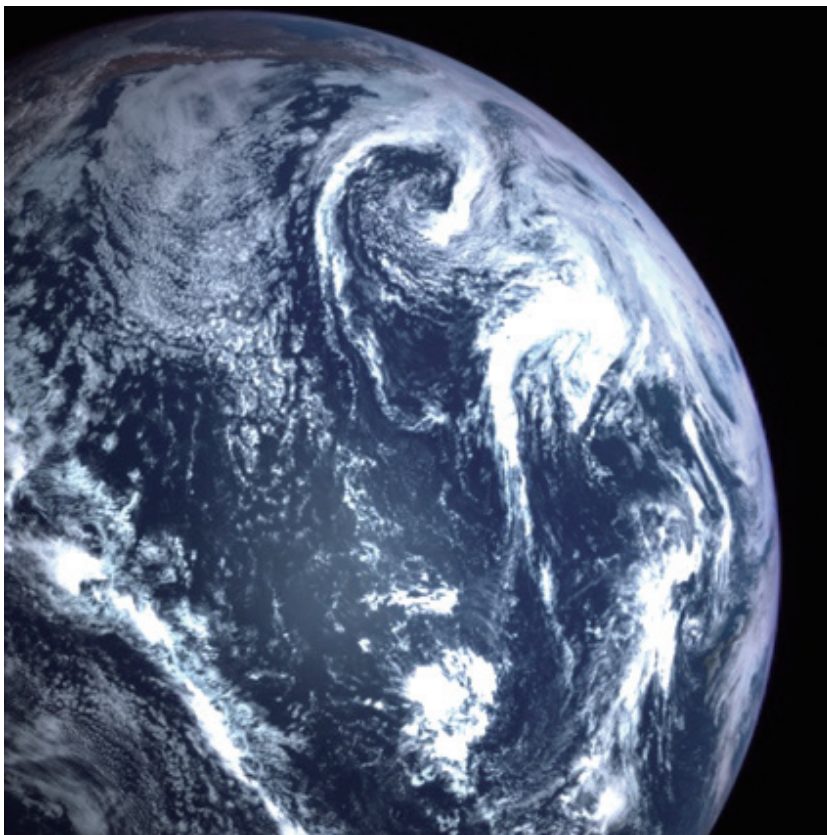
【探査機は拡張ミッションへ】

探査機は、再突入力ペセルを分離後、地球に約 328km まで接近したあと、地球から離れて新たなミッションへと旅立って行った。「はやぶさ」のときは、再突入力ペセル分離後に探査機を制御することができずに探査機も地球大気に突入し燃え尽きてしまったわけであるが、健全な状態で惑星間往復航行を達成した「はやぶさ 2」は技術的に成熟したものになったと言える。

2020 年 12 月中は、光学航法カメラ (ONC) や中間赤外カメラ (TIR) で地球や月の観測を行ったことに加えて、レーザ高度計 (LIDAR) による光リンク実験を行った。フランスのコートダジュール天文台にある衛星レーザ測距施設であるグラス局を使用し、探査機との距離が 600 万 km においてアップリンクおよびダウンリンクの往復 (2way) のリンクに成功した。これはエコー・トランスポンダによる惑星探査機-地上局間の 2way リンクとしては世界初の成功である。



【はやぶさ 2】が拡張ミッションで目指す小惑星 1998KY26.
(小惑星の形状モデルは Auburn University/JAXA による)



地球帰還時に望遠の光学航法カメラによる地球の撮影。
撮影時刻は 2020 年 12 月 6 日 06:30 JST.
地球中心からの距離は約 8.8 万 km.

その後、探査機は新たな天体を目指して運用が継続されている。最終的な目標天体は、1998 KY26 という小惑星である。この小惑星は、大きさが 30m 程度と推定されており、自転周期は 10.7 分と非常に短い。このような天体を探査したことはこれまでにはなく、「はやぶさ 2」が到着することができれば、惑星科学的にも新たな知見が得られると期待される。また、この天体は地球に接近する NEO (Near Earth Object) であり、天体の地球衝突問題 (スペースガード) にとっても重要な情報が得られると考えられる。

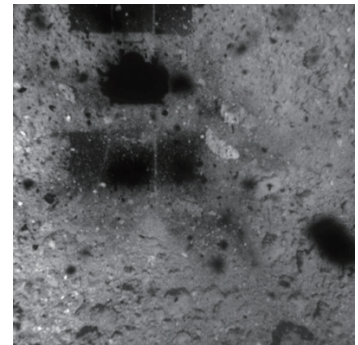
1998KY26 に到着するのは 2031 年の予定であるが、その前に 2026 年には 2001CC21 という小惑星をフライバイ観測する予定である。また、2027 年および 2028 年には 2 度の地球スイングバイを行う。長期にわたる運用となるが、航行中は黄道光や系外惑星の観測も行う予定であり、探査機のハードウェアの経年変化を調べながらのミッションとなる。「はやぶさ 2」の運用はまだまだ続くことになる。

「はやぶさ 2」のタッチダウンで観測された小惑星リュウグウ表面の擾乱とそれから示唆される表層と軌道の進化史

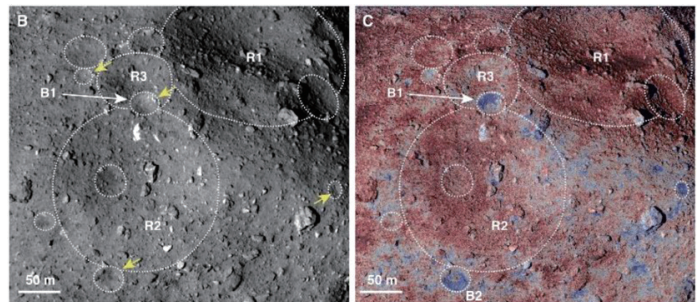
【小惑星探査機「はやぶさ 2」(Hayabusa2)】

「はやぶさ 2」搭載カメラ ONC-T によるタッチダウン時やリュウグウ全球の多色画像から層序学的特徴を調べた結果、表層の大部分は太陽加熱や宇宙風化の影響で赤化しているが、緯度方向への表層物質の流動やクレータ形成によって最近露出した地域は青い特徴があることがわかった。この事実は表面の赤化が比較的短期間に起きたことを示唆し、リュウグウが現在よりも太陽に接近する公転軌道を周回していたと考えられる。(T. Morota et al. Sample collection from asteroid (162173) Ryugu by Hayabusa2: Implications for surface evolution, Science, 368 (6491), 654-659 (2020). doi:10.1126/science.aaz6306)

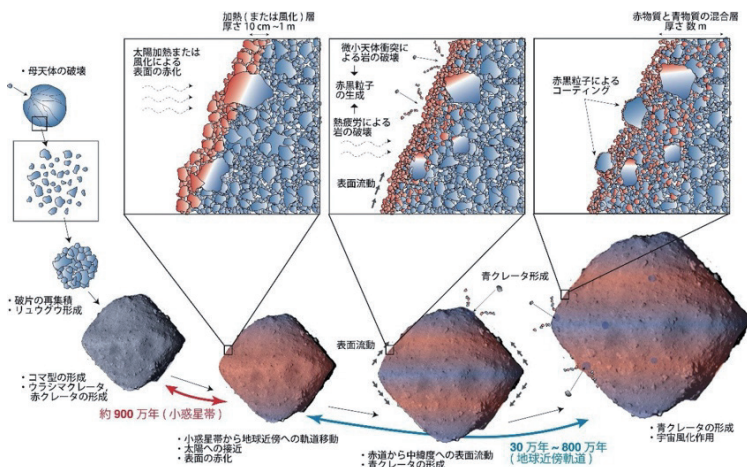
- 炭素質小惑星は形成直後の地球に水と有機物を運んだ候補天体であることから、炭素質小惑星の地球軌道近傍への軌道進化過程とその間の物質変成過程を理解することは重要である。
- 2019年2月22日(日本時間)に実施した小惑星リュウグウの試料採取を目的とした1回目のタッチダウンの反動により、リュウグウ表面の多くの岩石と岩石表面やその隙間に隠れていた大量の赤黒い微粒子が舞上がったことが観測された。
- クレータとの層序学的な関係から、赤黒い物質はリュウグウの表層数メートルの厚さで全球的に存在していること、それらは過去のある短い期間にリュウグウ表面物質が太陽に焼かれることで変質してつくられたことが分かった。
- この結果は、リュウグウが一時的に現在よりも太陽に接近する軌道にいた可能性を示唆している。
- タッチダウンで観測された赤黒い微粒子は、この太陽接近の際に変質をうけた物質が破砕されたものであると考えられる。着陸地点の表面には赤黒い物質だけでなく、変質をうける以前の青白い物質も存在していることから、変質をうけていない物質と変質をうけた物質の両方の物質が採取されたと期待される。
- この研究は、リュウグウが緩く堆積した流動し易いラブルパイル構造であることと、リュウグウの公転軌道の太陽距離が短期間に変動し得ることを示しており、惑星形成や地球に水や有機物をもたらす過程での力学進化の理解につながる重要な成果である。



第1回タッチダウン直後に広角の光学航法カメラ(ONC-W1)で撮影されたリュウグウ表面の擾乱の様子。タッチダウンと同時に試料採取のための弾丸発射と探査機上昇のためのガス噴射によって、大量の赤黒い微粒子が舞上がった。(©JAXA, 東京大, 高知大, 立教大, 名古屋大, 千葉工大, 明治大, 会津大, 産総研)



反射スペクトルの傾きマップ。赤黒物質はリュウグウの表層に全球的に存在しており、クレータとの層序関係から、地球近傍軌道に変化してから変質したものであることが推定された。(©Morota et al., 2020 から一部改変)



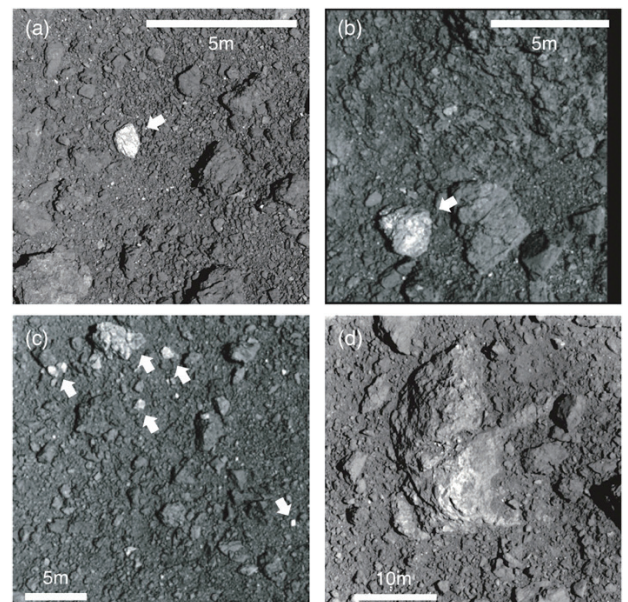
リュウグウ表層の進化シナリオ。現在みられる表面の緯度方向の色分布と、赤道域の物質が赤い物質と青い物質が混合している状態を説明することができる。(©Morota et al., 2020 から一部改変)

はやぶさ 2 の多波長画像から、S 型小惑星との衝突の痕跡や母天体由来と思われる異なる熱変成度の物質を発見

【小惑星探査機「はやぶさ 2」(Hayabusa2)】

C 型であるリュウグウは炭素質および含水鉱物でできていると考えられているが、リュウグウ表面に普通コンドライト隕石に似た明るい物質を発見した。普通コンドライトは S 型小惑星由来の隕石である。このことから、リュウグウの母天体が S 型小惑星と衝突したという歴史を明らかにした。これは、小惑星帯内で衝突を繰り返して小さくなっていく過程で、C 型と S 型の小惑星の物質的な混合が起こっていることを初めて実証的に示したことになる。また、リュウグウの母天体内部で異なる加熱を受けたと思われる明るい物質を発見した。これは、理論的に予想される母天体内部での層構造を示唆するものとなっている。(E. Tatsumi et al. *Collisional history of Ryugu's parent body from bright surface boulders*, *Nature Astronomy*, 5, 39-45 (2021). doi:10.1038/s41550-020-1179-z)

- これまでの研究より、リュウグウは母天体が衝突破壊したのち、破片の再集積という過程を経てラブルパイル小惑星になったと考えられている。「はやぶさ 2」の観測からリュウグウは非常に暗く均質な物質でできていることが示されている。しかし、低高度運用での光学航法カメラによる高解像度の画像でセンチメートルからメートル程度の岩塊を識別できるようになってくると、リュウグウの表面には小さく非常に明るい物質があちらこちらにあることがわかった。
- 明るい物質のうち大きい岩塊(数 10cm 以上) 21 個について光学航法カメラで分光観測したところ、明るい岩塊のうち 6 つは波長 1 μm あたりに吸収帯をもつ鉱物、すなわち無水の珪酸塩鉱物(カンラン石や輝石など)であることがわかった。リュウグウ表面は主に炭素質な含水鉱物であることから、明らかに異なる組成の岩塊が見つかったことになる。この 6 つの岩塊について近赤外分光計で観測を行ったところ無水鉱物を含む隕石の中でも普通コンドライト隕石に近い特徴を持っていることが明らかになった。
- 一方で、残り 15 個はリュウグウと似た平坦な反射スペクトルを持っており、また普通コンドライト隕石に比べ暗いことから、炭素質コンドライト隕石的な物質であると考えられる。
- 無水鉱物の岩塊が炭素質なリュウグウの表面に存在することから、リュウグウの母天体が S 型の小惑星と衝突破壊を起こし、破片が再集積することを経て現在のリュウグウが形成されたことが示唆される。これまでの理論研究から、リュウグウは内側小惑星帯から来たと考えられているが、内側小惑星帯に大きく広がる小惑星族(ニーサ族、ポラーナ族)は普通コンドライト的な S 型小惑星と炭素質コンドライト的な C 型小惑星の集合体になっており、この小惑星族内では C 型と S 型小惑星の衝突が頻繁に起こっていたと考えられる。
- 炭素質コンドライトと思われる明るい岩塊については、リュウグウ表面物質と同じような組成なのに性質が異なるわけであるが、これは過去に異なる温度を経験しているためと考えられる。つまり、リュウグウの母天体内部の温度分布を反映しているものと推測される。
- 本研究により初期太陽系での物質輸送の過程が明らかになったが、このことはダイナミックな初期太陽系進化描像を解明することに繋がる。



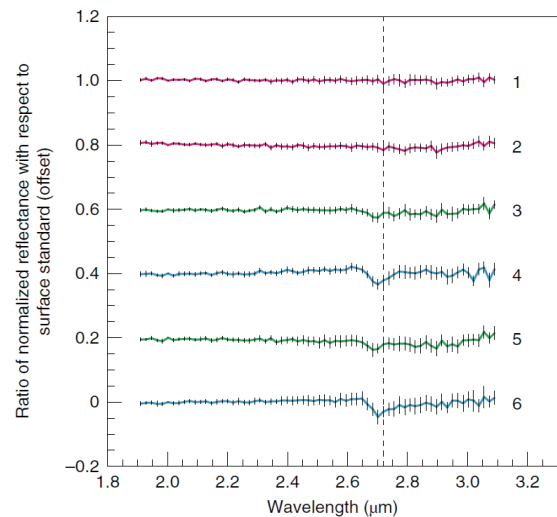
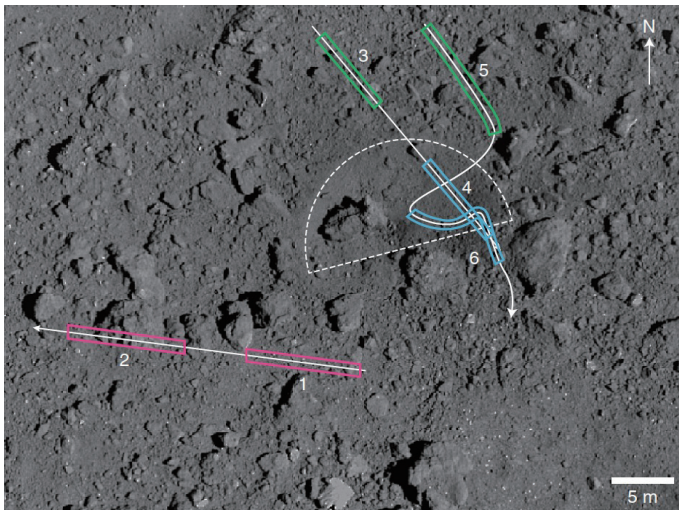
「はやぶさ 2」の望遠光学航法カメラ(ONC-T)により小惑星リュウグウ上に発見された明るい岩(a~cでは、矢印で示されたもの)。外来由来のものとリュウグウ母天体由来で熱変成度が違うものがある。
(©Tatsumi et al. 2021 より改変)

小惑星リュウグウの熱変成した地下物質

【小惑星探査機「はやぶさ 2」(Hayabusa2)】

「はやぶさ 2」衝突装置 SCI によって地下物質が掘り起こされたと考えられる領域について、タッチダウン及び降下観測の機会に近赤外分光計 NIRS3 による観測を行い、表面物質と比較した。その結果、地下物質では吸収強度がやや大きいこと、地下物質が 300°C を超える加熱を受けたことが明らかになった。これは、リュウグウの母天体の段階で、既に熱変成による脱水が起きていた可能性を示している。この成果は、リュウグウが誕生して地球に接近する軌道に移動するまでの歴史の解明につながるとともに、小惑星帯の「雪線」の外側にある水が、どのように地球付近まで運ばれるのかを知るうえで、重要な手掛かりになる。(T. Kitazato et al. *Thermally altered subsurface material of asteroid (162173) Ryugu*, *Nature Astronomy*, 5, 246–250 (2021). doi:10.1038/s41550-020-01271-2)

- 「はやぶさ 2」に搭載された近赤外分光計 NIRS3 は、C 型小惑星リュウグウの表面に、含水鉱物由来の水酸基による吸収スペクトルを発見していた。但しその吸収強度は、C 型小惑星と類似の物質からできていると考えられる C コンドライトと比べ極めて小さく、かつ小惑星表面の全体でほぼ均一であった。これらの原因が、リュウグウ母天体起源なのか、リュウグウ誕生後に脱水が起きたのかを探るには、地下物質を見ることが必要であった。そこで「はやぶさ 2」の衝突装置 SCI が作った人工クレータによって地下物質が掘り起こされたと考えられる領域について、タッチダウン及び降下観測の機会に NIRS3 による観測が行われた。
- そのデータを分析した結果、人工クレータの内側の領域において、リュウグウ全体の平均的なスペクトルよりも、やや強い水酸基による吸収スペクトルが観測された(下図の 4,6)。この吸収スペクトルを解析したところ、地下物質が 300°C を超える加熱による熱変成で脱水を経験したことが明らかになった。一方で、リュウグウの過去の軌道履歴において最も太陽に接近した時でさえ、この物質がもたらされたと考えられるリュウグウの地下 1 m では、温度が 200°C 以上に達することができないことも判った。そこで、リュウグウの特徴的な吸収スペクトルは、リュウグウの母天体での熱変成に起因するという仮説が支持されることとなった。

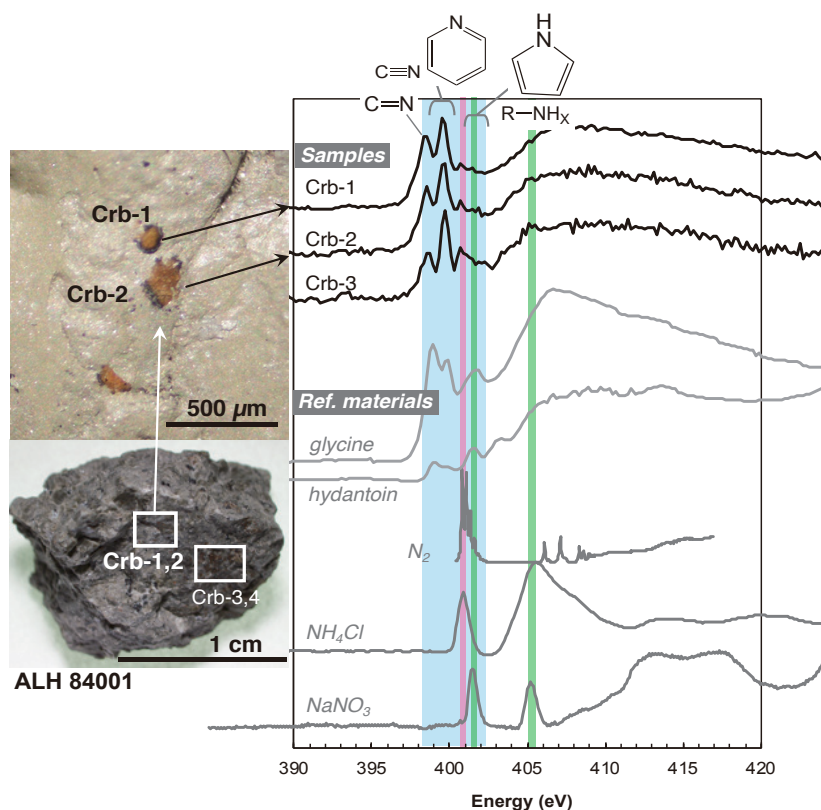


リュウグウ表面の近赤外分光計 NIRS3 による観測の軌跡(左)と、各観測軌跡から得られた相対スペクトル強度(右)。相対スペクトル強度は、各反射率スペクトルをリュウグウ全球の平均値で割ったもの。点線の半円は SCI 人工クレータのリムを示す。クレータ内部のスペクトル(4,6)は、2.72 μm の水酸基による吸収がやや強いことがわかる。

40 億年前の火星隕石から有機窒素化合物を検出

太古の火星は海や河川などの液体表層水を保持し、温暖湿潤だったと予想されるが、その環境変遷や生命居住可能性（ハビタビリティ）については未解明である。本研究では、放射光を利用した非破壊&局所分析による窒素化学種推定法を開発し、40 億年前の火星隕石 Allan Hills (ALH) 84001 中の炭酸塩鉱物に用いることで、この炭酸塩鉱物が火星由来の有機窒素化合物を保存していることを明らかにした。40 億年前の火星には、炭素質隕石などの外部由来、または、その場生成された有機物が安定に存在していたと思われる。それらの一部は表層水や地下水に溶解込み、炭酸塩を始めとする二次鉱物に捕獲されたことで、現在まで火星表層で保存されてきたと期待できる。(M. Koike et al. *In-situ preservation of nitrogen-bearing organics in Noachian Martian carbonates*. *Nature Communications*, 11, 1988 (2020). doi:10.1038/s41467-020-15931-4)

- 火星における有機物の存在は、必ずしも生命の直接証拠にはならないものの、火星のハビタビリティを論じる上で非常に重要な鍵となる。近年の着陸探査により、火星の地表には様々な有機物が見つかりつつある。しかし、それらの起源や分布、長期保存メカニズム、生命との関連性などは未解明である。
- 火星隕石 ALH84001 は、40 億年前の火星の流体から晶出した炭酸塩鉱物の微小粒 (図) を含み、当時の地質活動（または生命活動）を記録する。しかし、従来の破壊分析研究では地球物質（水や有機物）による隕石試料の汚染が深刻な問題であった。本研究では、大型放射光施設 SPring-8 による窒素の X 線吸収微細構造 (XAFS) を利用し、非破壊&局所分析での火星試料の窒素化学種推定を初めて実現した。これにより、従来の試料汚染問題を克服した上で「40 億年前の火星の窒素化合物」の調査が可能となった。
- その結果、ALH84001 の炭酸塩が様々な有機窒素化合物を含むことが明らかとなった。参照試料との比較から、これらは地球の汚染物とは考えにくく、40 億年前の火星由来だと推測できる。太古の火星表層には、炭素質隕石などの外部由来、または、火星での“その場”生成由来の有機窒素が安定に存在し、その一部が表層水や地下水を介して炭酸塩などの二次鉱物に捕獲されたことで、現在まで保存されてきたと予想できる。さらに、同じ炭酸塩から無機的な酸化窒素（硝酸など）の塩は検出されず、当時の火星表層が現在より還元的な環境であった可能性が示された。



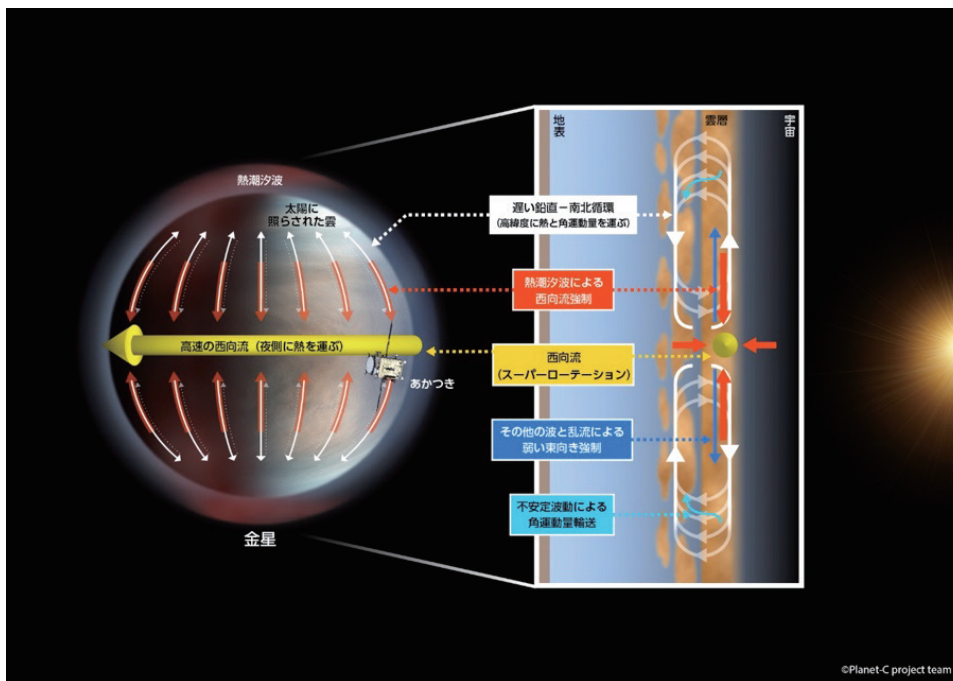
火星隕石 ALH 84001 (左下) とそこに含まれる炭酸塩 (左上) の写真。炭酸塩の X 線吸収微細構造データ (右) から、炭酸塩には有機窒素化合物が含まれることが示された。

金星大気のスーパーローテーション維持メカニズムを解明

【金星探査機「あかつき」(PLANET-C)】

金星の大気は自転の60倍ほどにも達する速さで回転していることが知られており、これをスーパーローテーション(SR)と呼んでいる。SRは、何らかの加速機構がなければ維持できないことが知られているが、それがどのような機構であるかは、わかっていなかった。今回、「あかつき」で得られた画像と温度データの詳細な分析より、この加速機構を担うのが、「熱潮汐波」であることが明らかになった。(T. Horinouchi et al. *How waves and turbulence maintain the super-rotation of Venus' atmosphere*, *Science*, 368 (6489), 405-409 (2020). doi:10.1126/science.aaz4439)

- スーパーローテーションの維持機構の理解の鍵は、低緯度の雲頂付近に存在する角運動量の極大が、なぜ子午面循環によって流されてなくならないかということである。それは何らかの加速機構が存在することを意味する。
- 大気中には昼間熱せられて夜冷却されることによる潮汐波が地球にも金星にも存在し、熱潮汐波と呼ばれている。金星では、この熱潮汐波が、低緯度で大気の加速を担うことが重要であることが明らかになった。これまで、大気中に存在する潮汐波以外の波や乱れ(乱流)も加速を担う候補として考えられてきたが、むしろその逆に働いていることも明らかになった。なお、それらは赤道を離れた中緯度において重要な役割を果たしていると考えられる。
- 本研究成果は太陽系外の惑星(系外惑星)の研究にも応用できる可能性がある。近年では3000天体以上の系外惑星が確認されており、世界中で、大気循環が系外惑星の表層環境に与える影響が研究されている。その中でも恒星の近くを回っている系外惑星の多くは、特定の半面を太陽に相当する恒星に向け続けていると考えられており、昼夜の長い金星の状態と似ている。そのため、今回明らかになった「ゆっくりとした鉛直-南北の循環と高速な東西の循環の両立により効率的に熱を行きわたらせるシステム」は、系外惑星においても成り立っている可能性があり、本研究成果の応用が期待される。



今回明らかになったスーパーローテーションの維持機構の模式図。

金星の雲層には、太陽光をより多く吸収する低緯度から、より少なく吸収する高緯度にかけて、鉛直-南北のゆっくりとした循環(「子午面循環」)が存在する(白い矢印)。これは、低緯度の「角運動量」を運び去り、スーパーローテーションを減速するように働く。熱潮汐波は、それを補うように、水平および鉛直に角運動量運び(赤い矢印)、スーパーローテーションを加速するように働く。熱潮汐波以外の波や乱流は、低緯度の雲頂付近では弱いながら潮汐とは逆に働き(青い矢印)、中高緯度では別の重要な役割を果たす(水色の矢印、子午面循環を短絡するように角運動量運び)。これらの組み合わせにより、子午面循環によるゆっくりとした極向きの熱輸送と、スーパーローテーションによる速い夜側への熱輸送が両立するシステムが形成されて、太陽からの熱が効率的に分配される。潮汐固定された多くの系外惑星でもこのようなシステムで温度が一樣化していることが考えられる。

宇宙の灯台「かにパルサー」に隠れていた X 線のきらめき — 巨大電波パルスに同期した X 線増光の検出に成功 —

【臼田 64m および VLBI 観測装置, DDOR デジタルバックエンド設備, ISS X 線望遠鏡 NICER】

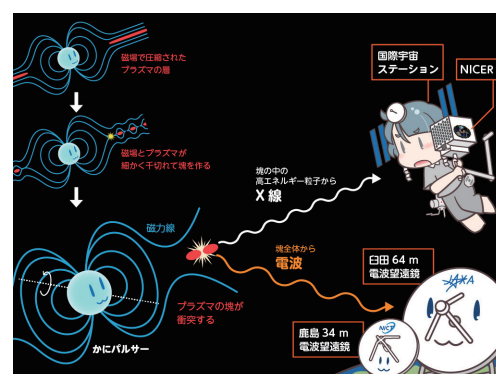
かにパルサーで発生する、「巨大電波パルス」の増光のメカニズムはわかっていなかった。それを解明するために重要な X 線での巨大パルスの検出である。国際研究チームは、国際宇宙ステーションに搭載された NASA の X 線望遠鏡ナイサー (NICER) と日本の二つの電波アンテナ (JAXA 64m 鏡および NICT34m 鏡) を連携させ、巨大電波パルスが発生する瞬間の X 線パルスが 4%ほど増光することを突き止めた。この電波と同期した X 線の増光の発見は驚くべき結果であり、謎につつまれている巨大電波パルス放射機構を理論的に解明する上で重要なヒントとなる。X 線での増光の割合から、増光するエネルギーを計算すると、電波からの予想より大きく、巨大電波パルスは、これまで考えられてきたよりもはるかに大きなエネルギーを解放する現象であることがわかった。
(T. Enoto et al. Enhanced X-ray Emission Coinciding with Giant Radio Pulses from the Crab Pulsar, Science, 372 (6538), 187-190 (2021). doi:10.1126/science.abd4659)

かにパルサーは 1968 年の発見以来、電波からガンマ線に至るすべての波長で周期的なパルス信号を出すことが知られている。電波のパルスは、突発的に 10~1000 倍に明るくなる「巨大電波パルス」を起こすがその増光のメカニズムはわかっていなかった。巨大電波パルス現象からは、X 線の信号が受かるはずと、さまざまな X 線望遠鏡がその検出を試みたが、検出に成功した例は無かった。

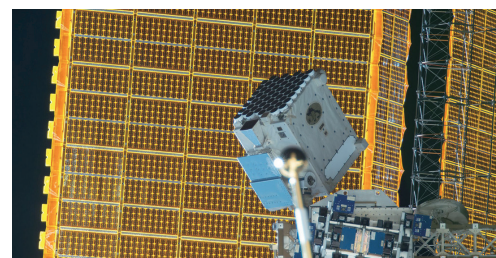
宇宙航空研究開発機構 (JAXA)、理化学研究所 (理研)、国立彰化師範大学、東京大学宇宙線研究所、広島大学、情報通信研究機構 (NICT)、米国航空宇宙局 (NASA) の国際共同研究グループは、国際宇宙ステーションに搭載された NASA の X 線望遠鏡ナイサー (NICER) と日本の二つの電波アンテナ (JAXA 64m 鏡および NICT34m 鏡) を連携させ、巨大電波パルスが発生する瞬間の X 線パルスの検出に成功し、X 線でも 4%ほど増光することを突き止めた。

従来電波と X 線は全く異なった方法で放射されたと考えられていたため、この電波と同期した X 線の増光は驚くべき結果と言え、謎につつまれているパルサーのパルス放射機構を理論的に解明する上で重要なヒントとなる。X 線での増光の割合はわずかであるが、電波と比較すると X 線はエネルギーの高い波長域であるため大きく、巨大電波パルスは、これまで考えられてきたよりもはるかに大きなエネルギーを解放する現象であることがわかった。

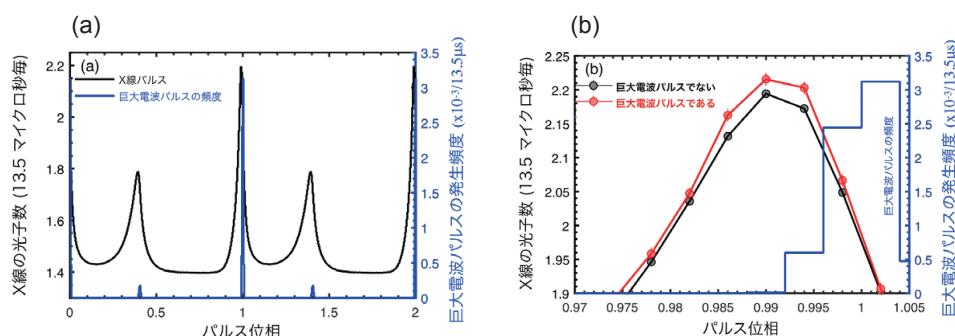
本研究は、もともと「はるか」プロジェクトで整備されていた VLBI 観測装置と、高精度軌道決定のために導入された DDOR デジタルバックエンド装置を使っており、既存の設備により世界一級の観測成果が得られた良い例である。



「かにパルサー」の巨大電波パルスに同期した X 線増光の想像図 (credit: ひっぐすたん)



X 線望遠鏡 NICER (上, 提供: NASA), NICT 鹿島 34m アンテナ (左下), JAXA 臼田 64m アンテナ (右下) の写真



(a) 図: 観測した X 線パルス波形 (黒線) を同時観測で検出した巨大電波パルスの発生タイミングを (青線) 2 周期分示した。
(b) 図: 上図のメインパルス付近の拡大図。巨大電波パルスが起きたときに、わずかに明るくなっている。

宇宙空間に流出する月の炭素を初観測

【月周回衛星「かぐや」(SELENE)】

月周回衛星「かぐや」のプラズマ観測装置によって、月の表面全体から恒常的に流出する炭素を世界で初めて観測した。月には誕生時から炭素が存在することが想起される。従来の巨大衝突による月誕生モデルでは、月は誕生時に炭素などの揮発性物質を全て失ったと考えられていた。今回の観測成果は、揮発性物質が残ることを許容する新しい月誕生モデルへの転換を要請するものである。(S. Yokota et al. KAGUYA observation of global emissions of indigenous carbon ions from the Moon, *Science Advances*, 6 (19), eaba1050 (2020). doi:10.1126/sciadv.aba1050)

■ かつてのアポロ月岩石試料の分析から、月には揮発性物質が存在しない(ドライ説)と考えられ、原始地球と火星サイズ天体(地球の半分)との巨大衝突によって月が誕生する「巨大衝突説」に繋がった。ところが、最近の高精度化した分析装置によって月試料から僅かながら水や炭素などの揮発性物質の発見があり、水については月周回衛星による直接観測も報告された。

■ 周回衛星による水以外の月の揮発性元素の観測は、密度が極めて小さいことから困難であった。本研究では「かぐや」に搭載されたプラズマ質量分析装置の観測データを用いて、月からの脱ガス物質のうち太陽光で光電離された成分に着目することで、図1のように月の表面全体から恒常的に炭素イオンが流出していることを明らかにした。

■ 今回の観測データから炭素イオンの流出量を見積もり、その地域差(新しい年代の海からの流量が古い年代の高地の流量より大きい)も明らかとなった(図2)。月面には太陽や宇宙塵由来の炭素が供給されているが、月が元から炭素を保有していないと説明のつかない流出量であった。

■ 旧来の巨大衝突による月誕生モデルに対して、計算機環境と共に発展した新たな月誕生モデルでは巨大衝突後も揮発性物質が残る(ウェット説)ことが報告されている。本研究成果による炭素の発見は、月の誕生と進化の研究においてドライ説ではなくウェット説の重要性を示している。

■ JAXAの水星探査機BepiColombo/MIO(みお)や、火星衛星探査計画(MMX)でも、同じような質量分析装置による観測が予定されている。水星や火星の月フォボスから流出するイオンを観測することで、各天体の起源や進化に迫る研究など太陽系科学への大きな貢献が期待される。

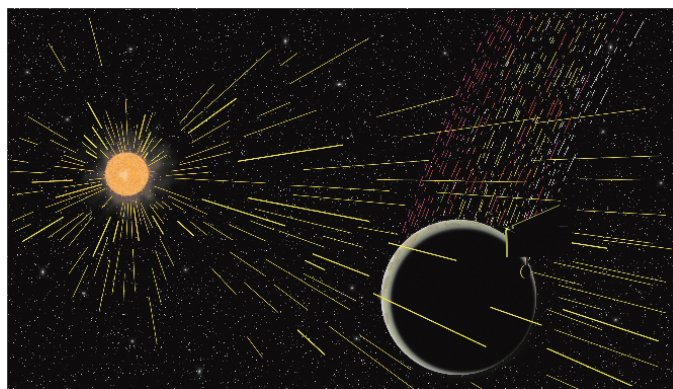


図1 月から流出する炭素(イメージ図)

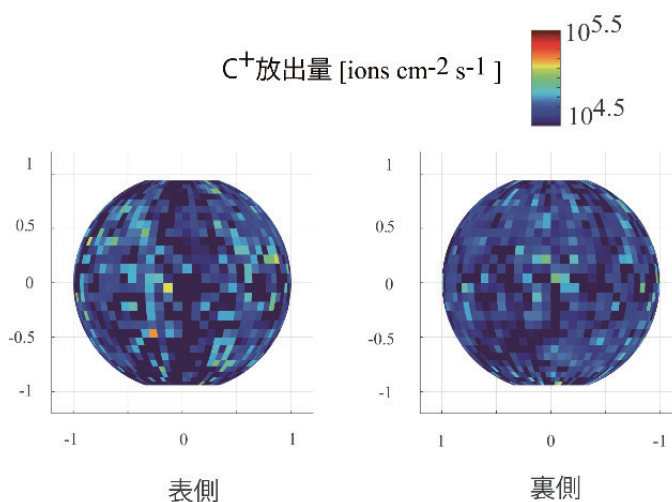


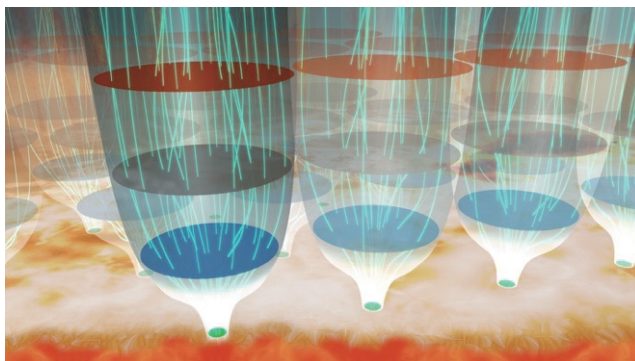
図2 月から流出する炭素イオンの流量マップ

太陽表面からコロナ直下に迫る — 日米欧協力 CLASP2 と「ひので」の同時観測による太陽大気の磁場構造

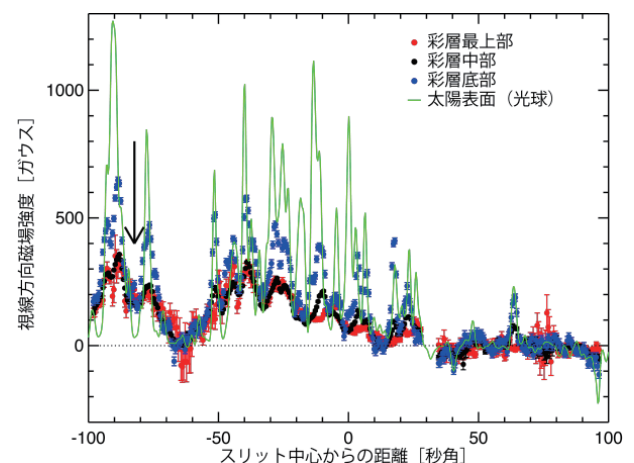
【太陽観測衛星「ひので」(SOLAR-B), 小規模太陽観測プロジェクト(CLASP2)】

ロケット飛翔実験 CLASP2 と「ひので」衛星による観測を組み合わせ、太陽表面からコロナ直下に至る磁場構造を世界で初めて明らかにした。「小規模太陽プロジェクト」の CLASP2 は、日米欧が共同開発した観測装置であり、2019 年 4 月に打ち上げられ、約 6 分半の間、太陽表面上空に広がる彩層からの紫外線の偏光観測に成功した。同時に、「ひので」は太陽表面の磁場を精密に観測した。これらの観測により、太陽表面に点在して見られる磁束管が、彩層で急激に膨張し互いにひしめき合っていく太陽磁場の彩層での姿が明らかになった。本研究成果は、太陽物理への新しい知見をもたらし、太陽観測研究に彩層磁場の測定という新しい窓を切り拓いた。(R. Ishikawa et al. Mapping Solar Magnetic Fields from the Photosphere to the Base of the Corona, Science Advances, 7 (8), eabe8406 (2021). doi:10.1126/sciadv.abe8406)

- 100 万度の太陽大気“コロナ”。いかなる仕組みでこれほどまでに加熱されているのか。コロナ加熱問題と呼ばれるこの謎に迫る鍵の 1 つが、太陽表面とコロナの中間に位置する“彩層”にある。しかし、その構造や活動現象の源となる彩層磁場については観測が進んでいない。
- 太陽観測ロケット実験 CLASP2 は、彩層磁場測定の手法確立を目指し、太陽彩層からの紫外線偏光スペクトルを精密に計測する装置を国際協力のもとで開発した。偏光計測の要となる波長板連続回転機構は ISAS による開発品である。実験は、NASA の観測ロケットを用いて実施された。
- CLASP2 による電離マグネシウム線、中性マンガン線の観測から導き出した彩層最上部・中部・下部の 3 つの高度における磁場情報に加え、共同観測を実施した「ひので」による太陽表面の磁場情報を合わせることで、太陽大気磁場の立体構造を初めて描き出すことに世界で初めて成功した。特に、太陽表面に点在して見られる磁束管が彩層で急激に膨張し互いにひしめき合う様子は今まで想像のみであったが、観測で確認できたことは大きな成果である。
- 今後、CLASP2 で明らかになった、太陽表面からコロナへつながる磁束管の姿を元に、磁場がどのようにして太陽大気層を結合させているのか、異なる大気層間でいかにエネルギーが伝達されていくのかといった研究が進むと期待され、再飛翔実験が 2021 年に予定されている。



観測ロケット実験 CLASP2 と「ひので」衛星の共同観測から明らかになった、太陽表面から彩層最上部に至る磁束管の様子。(Credit: 国立天文台)



CLASP2 のスリットに沿った磁場強度の空間分布。4 つの高度における磁場強度が示されている。

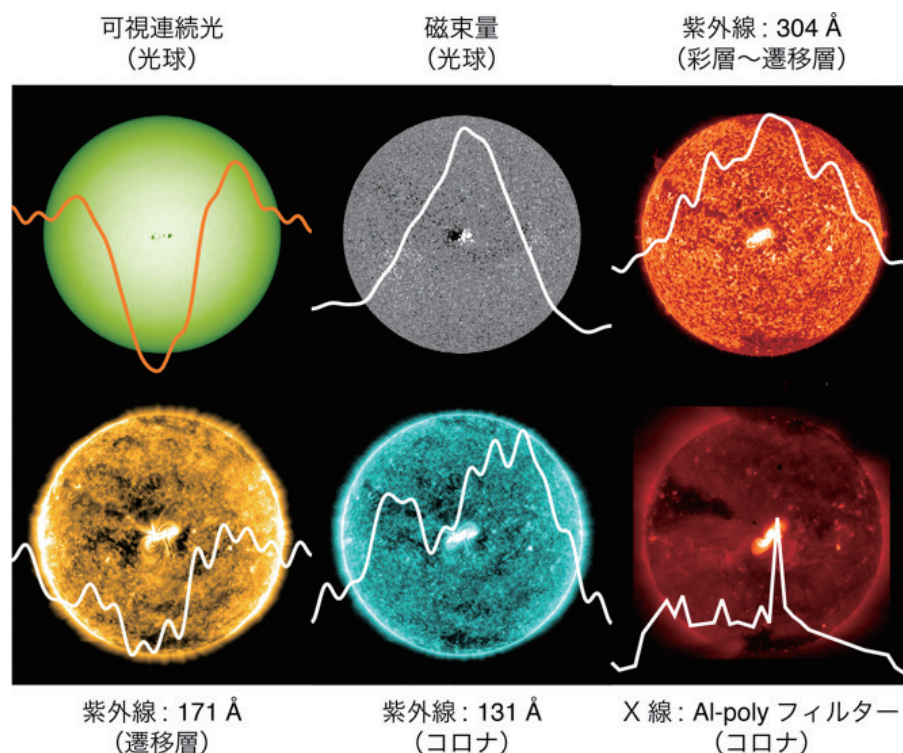
(Credit: 国立天文台, IAC, NASA/MSFC, IAS)

太陽観測を礎に恒星黒点・スーパーフレアを解き明かす

【太陽観測衛星「ひので」(SOLAR-B)】

「太陽フレア」は黒点の周辺に発生し、地球の磁気嵐やオーロラの要因となる。また、恒星では太陽を遥かに上回る「スーパーフレア」が発見されている。スーパーフレアは系外惑星のハビタビリティ（生命の存在可能性）を左右すると考えられるが、現在の技術では、恒星を空間分解して黒点を観測することは困難である。本研究では「ひので」衛星などの観測データをもとに、太陽面上を黒点が通過する際のライトカーブ（光度曲線）を様々な波長帯で測定した。本研究の結果から、空間分解が困難な恒星であっても、複数の波長でライトカーブを測定することで、黒点の構造や磁場について情報を得られる可能性が示された。(S. Toriumi et al. *Sun-as-a-star Spectral Irradiance Observations of Transiting Active Regions*, *The Astrophysical Journal*, 902, 36 (2020). doi:10.3847/1538-4357/abadf9)

- 黒点の周辺に発生する太陽系最大の爆発現象「フレア」は、地球の磁気嵐やオーロラの要因となり、時には衛星・通信障害を引き起こす。近年、太陽に類似した恒星で、太陽を遥かに上回る「スーパーフレア」が発見された。スーパーフレアは系外惑星の大気進化やハビタビリティ（生命の存在可能性）を左右する要因ともなるため、フレアがどのような恒星黒点に発生するのかを理解することが重要である。しかし、現在の技術では、恒星を空間分解して黒点を観測することは困難である。
- 「ひので」衛星などの長期太陽観測データをもとに、太陽面上を黒点が通過する際の観測画像を時間方向に並べ、ライトカーブ（光度曲線）を様々な波長帯で測定した。その結果、可視光では黒点によってライトカーブが減光するほか、彩層やコロナに感度を持つ紫外線・X線では増光が生じることが明らかになった。恒星を空間分解せずとも、複数の波長にわたってライトカーブを取得することで、星表面の黒点磁場やコロナ磁気ループの空間スケールを推定できる可能性が示された。
- 本研究を発展させ、次期太陽観測衛星「Solar-C (EUVST)」等による太陽観測と、次世代宇宙望遠鏡による恒星観測を比較することで、恒星黒点・恒星フレアの解明につなげることが期待される。また、スーパーフレアに伴う強烈な紫外線・X線放射を明らかにすることで、系外惑星の大気進化やハビタビリティの研究にも貢献すると考えられる。



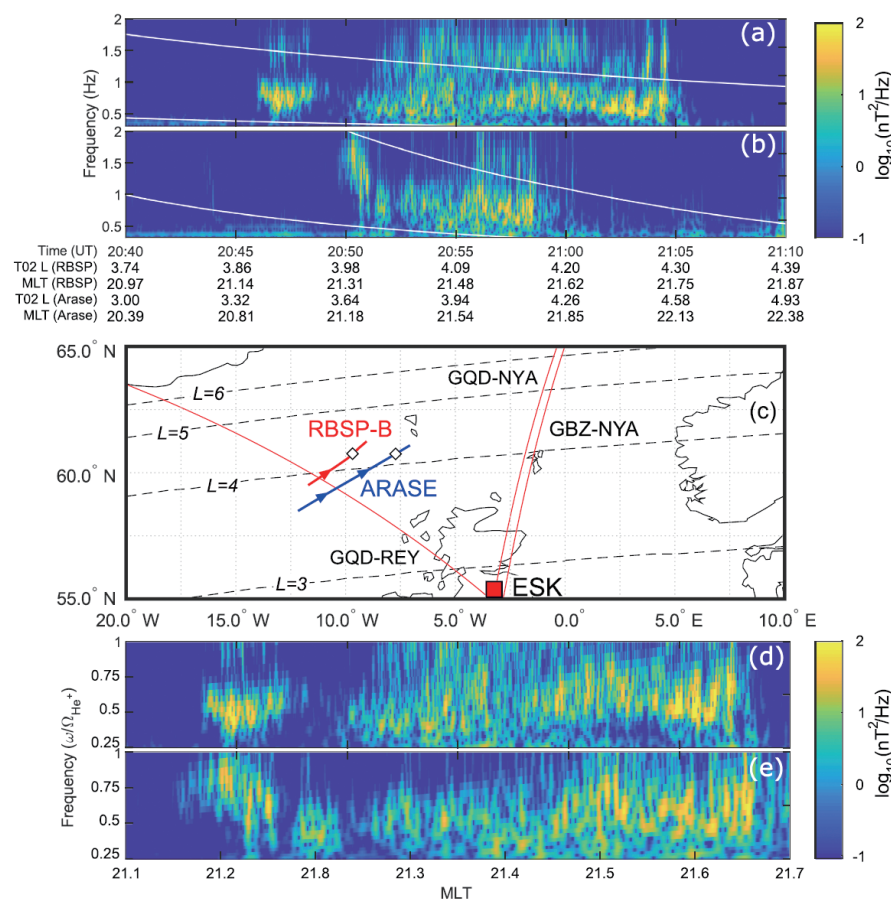
太陽の自転とともに黒点群が通過した際の、様々な波長帯におけるライトカーブ（実線）。背景は、黒点が太陽面中心付近に到達した時刻の画像。黒点の通過に伴って、可視光ではライトカーブが減光するほか、彩層やコロナに感度を持つ紫外線・X線では増光が生じる。また、唯一、遷移層に対応する紫外線（左下）では、ライトカーブが減光を示す場合があるという予想外の結果も新たに明らかになった。

電磁イオンサイクロトロン波の活動領域の広がり 衛星・地上観測から捉える

【ジオスペース探査衛星「あらせ」(ERG)】

あらせ衛星, Van Allen Probe B 衛星および地上の VLF 波観測ネットワークを組み合わせることで, 電磁イオンサイクロトロン (EMIC) 波の発生領域の経度方向の広がりを決定することにはじめて成功した. (A. T. Hendry et al. A Multi-Instrument Approach to Determining the Source Region Extent of EEP-Driving EMIC Waves, *Geophysical Research Letters*, 47 (7), e2019GL086599 (2020). doi:10.1029/2019GL086599)

- 地球の放射線帯のダイナミックな変動の原因の 1 つは, プラズマ波と高エネルギー粒子の波動粒子相互作用によると考えられている. 最近の観測結果は, 電磁イオンサイクロトロン (EMIC) 波が, 放射線帯の高エネルギー電子の超高層大気への消失に対して, 従来の理論よりも広いエネルギー範囲で寄与していることが明らかになってきている.
- しかし, EMIC 波と高エネルギー電子の波動粒子相互作用過程の詳細を理解するにあたっては, EMIC 波の発生領域の空間的な広がりを正確に決定できないことが, 大きな障害となっていた.
- 本研究では, あらせ衛星と Van Allen Probe B 衛星の 2 衛星および地上に設置された VLF 波観測ネットワークの同時観測データを組み合わせることで, EMIC 波の活動領域の広がりをはじめて推定することに成功した. 今回の観測例では, 経度方向に 0.75 MLT (Magnetic Local Time) の広がりを持ち, 毎時 0.67 MLT の速度で西向きにドリフトしていることが明らかになった.
- 今回用いた手法を用いることで, 今後, EMIC 波の空間的な広がりを解析できるようになる. これは, EMIC 波が放射線帯に与える影響を定量的に理解する上で大きな一歩であり, 放射線帯変動予測の基礎となる知見である.
- 本成果は米国地球物理連合速報誌 GRL 誌の 2020 年 Editor's Highlights に選ばれた.



(a) 「あらせ」(ERG) (b) Van Allen Probe B 衛星が観測したプラズマ電磁イオンサイクロトロン波. 横軸は時間, 縦軸は周波数, 波動強度をカラーで示している. (d, e) (a, b) と同じデータを, 時間 (横軸) を磁気地方時に, 周波数 (縦軸) を磁気赤道におけるヘリウムのサイクロトロン周波数で規格化した値に変換してプロットし直した図. (c) 磁力線に沿って地上に投影した 2 衛星のフットポイントと地上観測点の位置を示している.

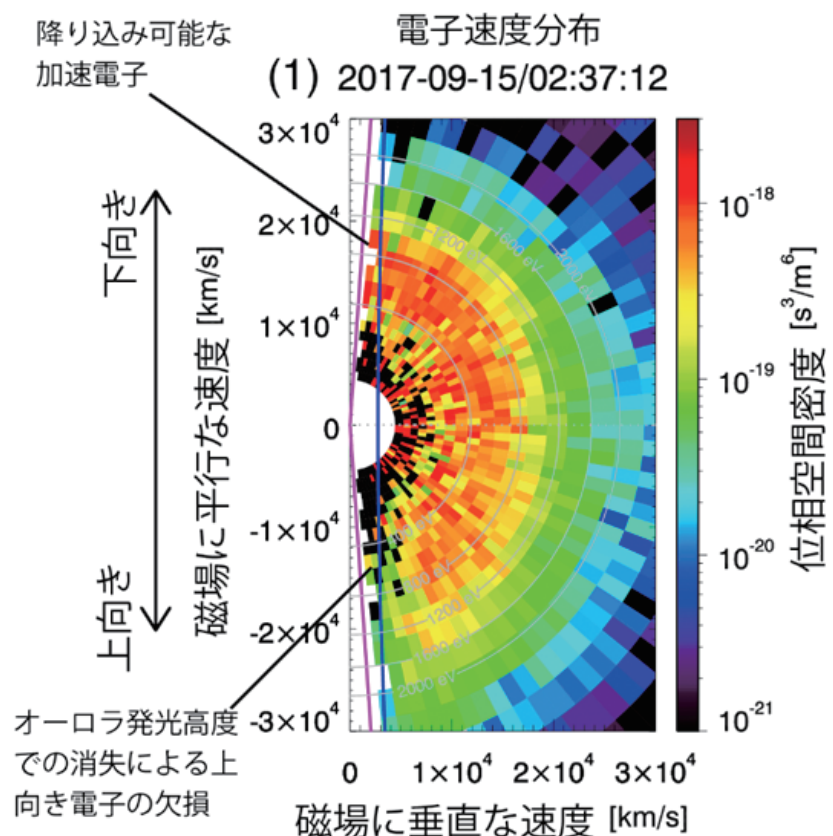
超高高度におけるオーロラ電子加速の発見

【ジオスペース探査衛星「あらせ」(ERG)】

高角度分解能低エネルギー電子分析器を中心とする「あらせ」衛星の観測と米国 THEMIS チームの展開する地上全天カメラを用いたオーロラ協調観測によって、オーロラーク上空の高度約 3 万 km 以上もの超高高度に於いてもオーロラ電子が加速されている証拠を発見した。(*S. Imajo et al. Active auroral arc powered by accelerated electrons from very high altitudes, Scientific Report, 11, 1610 (2021). doi:10.1038/s41598-020-79665-5*)

- オーロラークは、U字型の電位構造を持った磁力線に平行な準静電的電場が形成されるオーロラ加速域に於いて加速された磁気圏の電子が、高度 100 km 程度の地球の超高層大気に降り込むことで発生すると考えられている。
- 過去 50 年間にわたるロケットや人工衛星の観測から、オーロラ加速域は低い高度の冷たいプラズマと高い高度の熱いプラズマが混じり合う高度数千 km の領域が中心であり、高度 2 万 km 以上の高高度側では加速全体への寄与は小さいと考えられてきた。
- しかし、あらせ衛星の観測では、典型的な加速域の特徴と非常によく似た粒子や電磁場の変動が高度 3 万 km 付近もの超高高度でも観測されることから、あらせ衛星と地上に展開された THEMIS オーロラ全天カメラ群との協調観測を実施した。
- その結果、「あらせ」の飛翔する超高高度でも電子が十分に加速され、加速された電子が実際にオーロラの発光領域まで降り込んでいることが明らかになった。また、高度 3 万 km を超える超高高度領域がオーロラ電子加速全体へ寄与する割合は 20 から 45 % にも及ぶことが判った。
- 今回の発見は、これまで提唱されてきたどの加速領域生成理論でも説明することはできず、超高高度加速域を含む幅広い高度域において、どのようにオーロラ電子を加速する場が形成されるのか、新たな大問題を提起する成果である。これは、惑星の磁気圏と電離圏・超高層大気がどのように結合し、相互に影響を及ぼし合って、宇宙環境を成り立たせているのか、を理解するための重要な問題である。

「あらせ」衛星が観測した、超高高度に於いて加速されたオーロラ電子の速度分布。下向きに加速された電子は超高層大気まで降り込むことができる。また、オーロラ発光高度で地球大気に失われることが原因と思われる、低高度から戻ってくる上向き電子の欠損が見られる。



宇宙空間で3年間曝露したデインコッカス細胞塊生存の検証

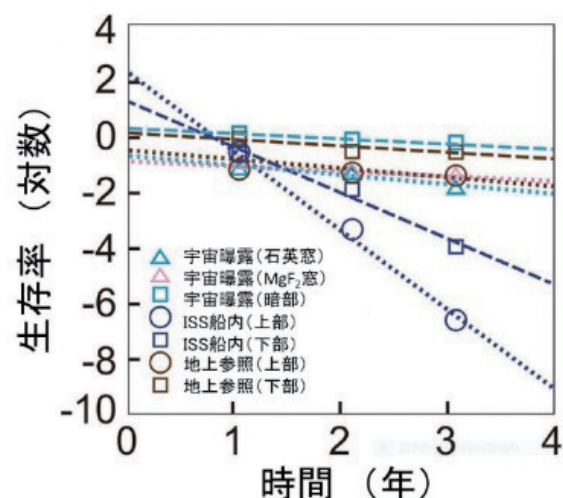
【たんぼぼ計画】

国際宇宙ステーション曝露部で放射線耐性微生物デインコッカス・ラディオデュランスを宇宙空間に3年間曝露する実験を「たんぼぼ計画」として実施した。この微生物の生存率の時間経過を解析することにより、紫外線が当たった条件で数年、紫外線が当たっていない環境では数十年、微生物が生存可能であることを初めて検証した。自然現象での火星と地球の移動には平均すると数百万年かかるが、軌道によっては数ヶ月から数年で移動する場合がある。したがって、今回の微生物宇宙曝露実験で得られた結果は、火星と地球の移動の間、微生物が生存可能であることを示した。さらに、この事実は惑星防護の重要性にも一石を投じることになる。
(Y. Kawaguchi et al. DNA Damage and Survival Time Course of Deinococcal Cell Pellets During 3 Years of Exposure to Outer Space, *Frontiers in Microbiology*, doi:10.3389/fmicb.2020.02050. published online on 26 August 2020.)

- たんぼぼ計画は、微生物・有機物の宇宙曝露と宇宙塵・微生物の捕集を目的とした日本初のアストロバイオロジ―実験である。曝露パネルと呼ばれる容器に微生物や有機物が封入され、国際宇宙ステーション (ISS) 日本実験棟「きぼう」の船外実験プラットフォームの簡易曝露実験装置に取り付けられ、宇宙空間に曝露された。この曝露パネル (左下図) と船内に保存される比較用の参照パネル3組がISSに打ち上げられ、宇宙曝露実験後、約1年毎に曝露パネルと参照パネルを1組ずつ地上に回収し、解析を行った。
- デインコッカス・ラディオデュランズ (放射線耐性微生物) の生存率を調べた解析結果を右下図に示す。横軸は曝露時間で、縦軸は生存率の対数目盛になっている。シンボルの凡例に従って、上から2つは宇宙曝露試料の結果で、紫外線の波長の効果調べるために石英と MgF_2 をそれぞれ窓材に用いたものである。この2つの生存率はあまり大きな違いはなく、3年曝露でも100分の1以上生き残っていることがわかる。光があたらない宇宙曝露 (暗部) 試料は、さらに一桁ほど生存率が高い。これらは地上参照試料ともあまり変わらない。これらに対して、ISS船内に保存されていた参照試料は生存率が低い。これは、これらの試料は湿気に弱いことが原因と考えられる。地上参照試料はデシケータ内で厳重に保管されていたのに対して、ISS船内はクルーに適度な湿度が保たれている空間となっている。
- 結論として、最も微生物の生存率に影響を与える紫外線が当たる条件でも、3年の宇宙曝露に耐えることが分かった。光があたらない場所にいた微生物の生存率はさらに高くなる。この結果は、太陽系の他の天体に探査機を送る場合など、惑星防護が重要であるということを示している。また、生命の起原に関しては未知の部分が多い。地球で生命が誕生したのかどうかも分かっていない。生命が惑星間を移動可能であるならば、地球上の生命は火星で誕生した可能性もある。今後、火星探査により化石あるいは現存する生命が発見されるなら、多くの情報が得られることになる。



微生物や有機物を封入した曝露パネル



宇宙空間に曝露された微生物の生存率

オーロラの明滅とともに宇宙からキラ電子が降ってくる

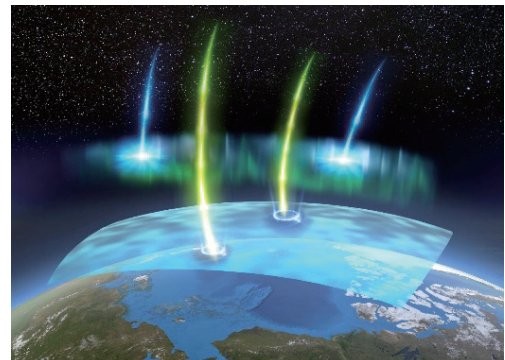
【小型高機能科学衛星「れいめい」(INDEX)】

オーロラにはカーテン状のオーロラ、渦を巻くオーロラなど多くの種類がある。その中で淡く、数秒程度の周期でパッチ状に明滅するオーロラは脈動オーロラと呼ばれる。オーロラ発光の重要なエネルギー供給源は大気に降り込むオーロラ電子であるが、脈動オーロラに伴ってオーロラ電子の100倍以上のエネルギーを持つ相対論的高エネルギー電子が大気に降り込むという新しい理論を提案し、計算機シミュレーションで実証した。得られた結果は「れいめい」衛星、NASAの「SAMPEX」衛星の観測結果とも整合し、観測的にも裏付けられた。(Y. Miyoshi et al. *Relativistic electron microburst as high-energy tail of pulsating auroral electrons*, *Geophysical Research Letters*, 47 (21), e2020GL090360 (2020). doi:10.1029/2020GL090360)

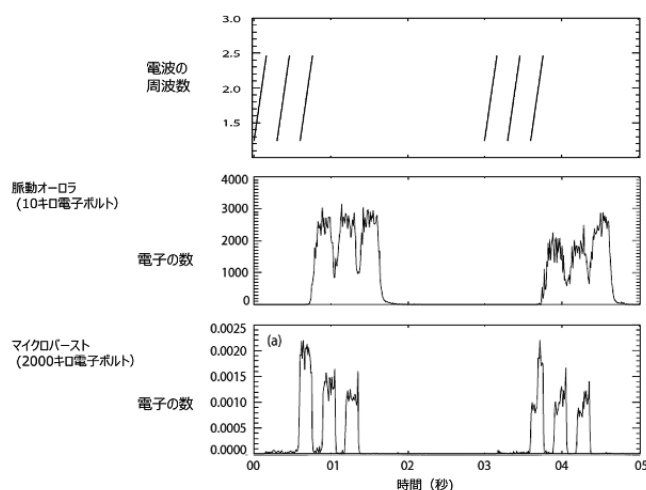
■ オーロラには、数秒間に数回明滅する「脈動オーロラ」と呼ばれるタイプがあり、これまでの「れいめい」衛星や「あらせ」衛星の観測で、磁気圏の特殊な電波(コーラス)による電子の降り込みが原因となって引き起こされることが示されてきた。

■ 一方、宇宙からは、1秒以内の短い時間で1MeV程度以上の高いエネルギーを持った相対論的電子が降り込むことが知られており、マイクロバーストと呼ばれている。マイクロバーストは放射線帯に存在する高エネルギー電子が、大気に向かって降り込んできたものと考えられている。この高エネルギー電子は、人工衛星を故障させる存在であり、キラ電子とも呼ばれている。

■ 本研究では磁気圏内の磁気赤道域でコーラス波動を発生させ、波動の伝搬に伴って磁気圏電子(放射線帯電子を含む)が散乱されて一部が磁力線に沿って地球大気に降り込む、という一連のプロセスを計算機シミュレーションによって追跡した。その結果、コーラス波動は磁気圏赤道域においてオーロラ発光に寄与する10-数10keV程度の電子を散乱するものの、高緯度域に伝搬すると、地球磁場強度が強くなることに伴って共鳴エネルギーが上昇し、キラ電子を散乱することが示された。また、マイクロバーストの特徴である1秒以内の短い時間での間欠的降り込みを再現できることも明らかとなった。



脈動オーロラ発生時に中層大気に降り込むキラ電子(想像図)(©脈動オーロラプロジェクト)



計算機シミュレーション結果。(上図)入力として与えた磁気圏内のコーラス波動の周波数変化。(中央図)高度100kmにおける、脈動オーロラの発光に寄与する10keVの電子のフラックス。(下図)高度100kmにおける2MeV電子(キラ電子)のフラックス。(Miyoshi et al., 2020)

■ 「れいめい」は、世界で唯一、オーロラとそれを引き起こす電子との対応を同時に測定できる人工衛星である。「れいめい」が特定した脈動オーロラを起こす降下電子と、計算機シミュレーション結果を比較したところ、「れいめい」の観測で示された特徴を再現できることが分かった。一方、キラ電子についても、SAMPEX衛星が観測したマイクロバーストの特徴を再現した。これは、今回提案した理論の妥当性を示している。

■ マイクロバーストを起こすキラ電子はエネルギーが極めて高いため、オーロラ発光高度よりもさらに低い高度へと降り込み、高度60-80km付近の中間圏オゾン破壊の可能性がある。本研究の結果は、脈動オーロラが起きているときには、その下の高度でオゾン破壊が同時に起きている可能性が高いことを示している。中間圏オゾンの変化は、気候変化にも影響を及ぼすことが指摘されている重要な過程であり、本研究の成果は、宇宙からの電子の降り込みと地球大気との関係の理解につながる重要なものである。

■ 現在、脈動オーロラ発生時にマイクロバーストを直接観測するため、NASAと共同でLAMP観測ロケット計画(2021年度冬季打ち上げ予定)を進めている。

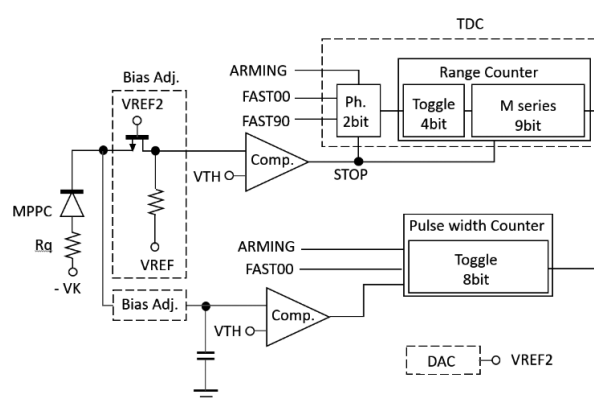
Flash LIDAR のためのガイガーモード APD を使った 3D イメージセンサ

【宇宙探査イノベーションハブ】

月惑星表面へ着陸する探査機が着陸地点の障害物検出のため、あるいは軌道上でのランデブードッキングにおける相対距離および相対姿勢の測定のために、3D イメージ (3次元距離画像) の測定が必要とされている。Flash LIDAR はデジタル撮像のように 2次元アレイ状の受光センサの視野にレーザを拡散照射することによって 3D イメージを撮像する LIDAR カメラである。Flash LIDAR の 3D イメージは時刻同時性に優れているため、自動車搭載用のセンサとしても注目されており、そのコアデバイスは 2次元アレイ状の受光センサと時間測定回路を持つ 3D イメージセンサである。宇宙探査イノベーションハブでは、シングルフォトンにも感度を持つ高感度なガイガーモード APD (Avalanche Photo Diode) を受光センサに採用した 3D イメージセンサを開発した。

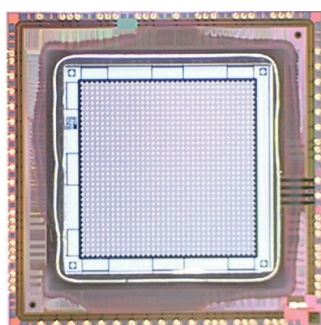
(T. Mizuno, et al.: "Three-dimensional image sensor with MPPC for flash LIDAR," *Trans. JSASS* 63 (2020) doi:10.2322/tjsass.63.42) (T. Mizuno, et al.: "Geiger-mode three-dimensional image sensor for eye-safe flash LIDAR," *IEICE ELECTRONICS EXPRESS*, Vol. 17, Issue 11, Article Num. 20200152 (2020), doi:10.1587/elex.17.20200152)

- 開発した 3D イメージセンサは、受光センサとしてガイガーモード APD を 32×32 画素に配置したセンサ層 (上層)、およびその 1 画素ごとに TDC (Time to Digital Converter) 回路を持つ CMOS 集積回路層 (下層) が垂直に接合された 2 層で構成されている。センサに Si-MPPC (Multi Pixel Photon Counting) を使用したタイプ、および InGaAs ガイガーモード APD (Geiger mode APD) を使用したタイプの 2 種類がある。MPPC はガイガーモード APD の 1 種で、複数のガイガーモード APD を束ねて使用することで光量を測定する機能を有しており、Si の APD で形成可能である。InGaAs は現在のところ MPPC を形成する技術はないが、アイセーフ波長帯に感度を有する特徴を持つ。センサの 1 画素毎に CMOS プロセスの集積回路で形成された TDC を有しており、その時間分解能は最小で 250ps である。

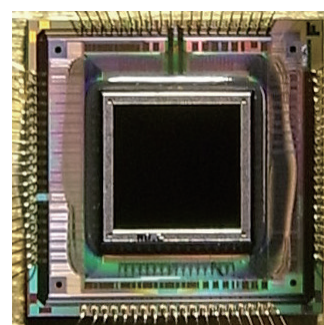


Si-MPPC を採用した 3D イメージセンサの画素内の回路。時間を測定する TDC 回路とパルス幅 (光強度に相当) を測定する回路が含まれている。

- Si-MPPC は $25 \mu\text{m}$ 角のガイガーモード APD を $100 \mu\text{m}$ 角の 1 画素内に 12 個高密度集積したセンサで、光量を判別できるためレベルの低い外乱光とレーザからの信号を識別することができる。感度波長は $350 \sim 1000 \text{ nm}$ である。センサ 1 画素に対応する回路には、時間測定用と光量に相当するパルス幅測定用の 2 つの TDC 回路が含まれており、その時間分解能は 326 ps である。
- InGaAs ガイガーモード APD を採用した 3D イメージセンサの感度波長域は $900 \sim 1690 \text{ nm}$ で、アイセーフ波長帯に感度を持つため地上あるいは人がいる環境での使用を考えた場合には安全のために重要な特徴となる。センサは裏面入射型で暗電流抑制のため -20°C 程度に冷却する必要がある。センサ 1 画素は $55 \mu\text{m}$ 角で対応する回路は時間測定用の TDC 回路のみで、時間分解能は 250ps である。



Si-MPPC を採用した 3D イメージセンサ
画素数 32×32 画素, 時間分解能 326 ps, チップサイズは 6.2 mm 角である。常温で動作可能。



InGaAs ガイガーモード APD を採用した 3D イメージセンサ
画素数 32×32 画素, 時間分解能 250 ps, チップサイズは 4.6 mm 角である。

イオンエンジン運用等の不確定性に対して ロバストな軌道設計手法の確立

宇宙ミッションの成功率を高めるために、イオンエンジンの予期せぬトラブル等の不確定性に対して、ロバストな軌道設計手法を確立した。 (N. Ozaki et al. Tube Stochastic Optimal Control for Nonlinear Constrained Trajectory Optimization Problems, Journal of Guidance, Control, and Dynamics, 43 (4), April 2020. doi:10.2514/1.G004363)

■ 現在、小惑星探査機はやぶさを始めとする多くの深宇宙探査計画において、高効率であるという理由から、イオンエンジンのような低推力推進機が利用されている。しかし、低推力推進機を利用した場合、目標とする軌道に到達するためには長時間動作が必要であり、運転中に予期せぬトラブルが発生する可能性が高まる。そのため、トラブルが起こることを前提とし、トラブルに対してロバストな軌道設計の必要性が高まっている。



図1 不確定性を考慮しても失敗しないようなロバストな設計

■ ロバストな軌道を実現するためには、十分にマージンをとったリカバリ可能な計画軌道を予め設計しておく必要があり、そのマージンの取り方が鍵となる(図1)。従来は、専門家が経験則に基づいたマージンを取って、計画軌道を設計してきた。そこで、本研究では、専門家の経験則に依存せず、理論に裏付けられて必要十分なマージンをとったロバストな軌道設計(これを“ロバスト最適な”軌道設計と呼ぶ)手法を提案した。

■ 提案手法を実現するに当たって、近年、ロボティクス等の分野で注目を集めているロバスト制御・確率制御理論を拡張した手法を考案した。提案手法を低推力推進(イオンエンジン等)による地球=火星軌道遷移問題に適用したところ、不確定性に対して必要最低限なロバスト性を有する軌道設計結果が得られた(図2)。

■ 本研究成果によって、不確定性の高い挑戦的なミッションを成功に導くことができる可能性がある。例えば、火星大気の不確定性の影響の高いエアロキャプチャ計画や太陽光輻射圧の不確定性の影響の高いソーラーセイル計画によるミッションを実現する上で、本研究成果が鍵となると考えられる。また、提案手法によって、外乱を修正するための最適軌道フィードバック制御則が得られるため、軌道制御の自律化への足掛かりになりうると考えられる。

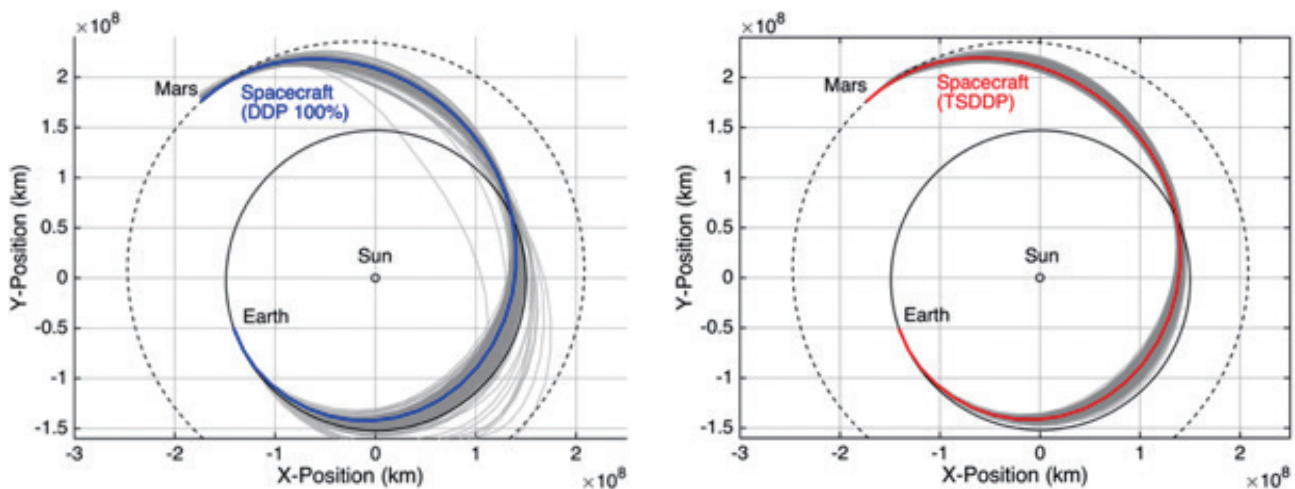


図2 イオンエンジンの停止・誤差の影響を考慮しても安全に火星に到達できる軌道設計。

(左図：従来の手法、右図：提案手法。青・赤色の実線は計画軌道、灰色の点線は不確定性の影響で逸れた軌道。但し、軌道誤差を5倍に拡大して表現。提案手法は従来手法より小さなばらつきで軌道を遷移できることが分かる)

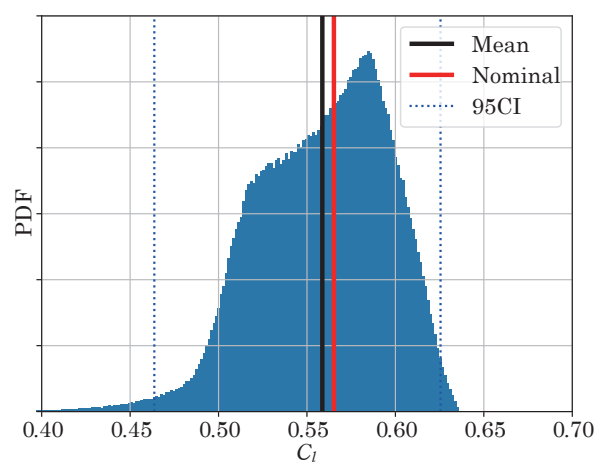
飛行環境の不確かさを考慮した火星探査飛行機の空力性能解析

軌道周回機や着陸機に加わる新しい火星の探査手法として、航空機を用いた探査が注目されている。しかしながら、火星の大気密度が非常に希薄であることなどから航空機を飛ばすには過酷な環境であり、さらに気候の変動や突風など、火星飛行機の空力性能に大きな影響を与える不確かさの要因が多いため、その影響を十分に考慮した空力設計が重要となる。本研究では、さまざまな不確かさの要因が火星飛行機翼型の空力性能に与える影響を調べ、航空機を用いた火星探査ミッションの成功確率を高めるための知見を得た。 (S. Kawai and A. Oyama, *Uncertainty Quantification and Global Sensitivity Analysis of Low-Reynolds-Number Airfoil for Future Mars Airplane*, *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences*, 63 (4), 172-182 (2020). doi: 10.2322/tjsass.63.172)

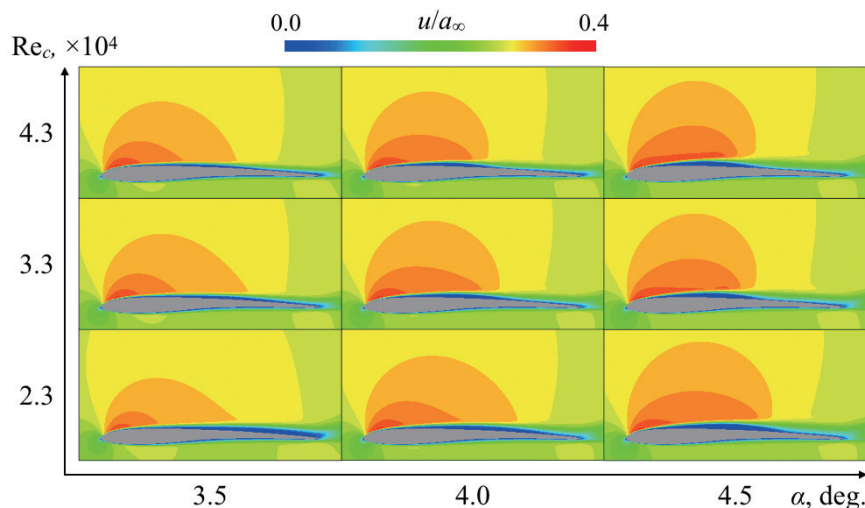
■ スーパーコンピュータを用いて翼周りの空気の流れをシミュレーションし、不確かな飛行環境下での火星飛行機の空力性能を解析した。一般に不確かさの影響を調べる場合には、想定しうる全ての飛行条件に対してシミュレーションを実行する必要があるため、膨大な解析コストがかかる。本研究では確率論に基づいて不確かさの影響を定量的に評価する枠組み（不確定性定量化という）を用いることで、高速かつ正確な解析を可能にした。

■ 過去の研究結果ではキャンバー（反り）のある薄い翼型が高い空力性能をもつとされ、火星飛行機の主翼型の候補として検討されてきた。一方で本研究は、不確かさをもつ飛行環境下では、キャンバー付き薄翼の空力性能が不確かさの影響を受けて劣化しやすいことを明らかにした。また本研究の解析結果から、さまざまな不確かさの要因の中でも、キャンバー付き薄翼は空力荷重による翼の変形や突風などに起因する迎角（空気の流れの方向に対する翼型の傾きを表す角度）の不確かさに大きく影響されることがわかった。

■ 従来の空力性能の解析では、ある特定のノミナルな飛行条件を仮定してシミュレーションを行ってきた。一方で本研究は、確率論に基づく不確定性定量化を取り入れることで従来の解析手法から脱却し、不確かさを考慮した新しい解析手法を提示している。本研究の結果は、航空機を用いた火星探査ミッションの成功確率を高めるために不確かさを考慮した空力設計を行う上で役立つと期待される。



不確かな飛行環境下での翼型空力性能の確率分布。横軸は揚力係数、縦軸は頻度を表す。揚力係数は翼型がどの程度の揚力（飛行機が飛ぶための力）を生み出せるかを表す指標である。この図から、ある一定の確率で翼型の性能が劣化してしまう（例えば、揚力係数が0.5以下になってしまう）ことがわかる。



不確かなパラメータの変動に対する翼周りの流れの変化。横軸は迎角、縦軸は流れのスケールに対応するレイノルズ数を表す。灰色部分が翼型で、空気は左から右へと流れる。翼型周りの色は流速を表しており、青→緑→赤色の順に速度が高くなる。この図から、迎角の変化が逆流領域（青色の領域）のふるまいに大きな影響を与えることがわかる。

セラミックス・金属接合スラスタに向けた 高信頼性異材接合技術

【将来深宇宙探査ミッション】

スラスタ（衛星推進用小型ロケットエンジン）の高効率化かつ大型化のため、燃焼室近傍のみを耐熱高靱性セラミックス Si_3N_4 、ノズルスカートを軽量耐熱金属 Ti-6Al-4V で構成する接合スラスタを開発している。そのための必須技術として、 Si_3N_4 と Ti-6Al-4V との接合で母材破断を示す高信頼性ロウ付け接合を、熱ひずみの緩和を担う Nb 中間層を挿入することにより実現した。この技術を用いて、500N 級スラスタを試作したほか、20N 級接合スラスタを用いた燃焼試験を実施した。(F.S. Ong, H.Tobe, E. Sato, *Intermetallics evolution and fracture behavior of Nb interlayer inserted Si_3N_4 /Ti joints brazed with AgCuTi filler*, *Materials Science & Engineering A*, 762, 138096 (2019). doi:10.1016/j.msea.2019.138096) (F.S. Ong, H.Tobe, G. Fujii, E. Sato, *Microstructural evolution and mechanical characterization of Nb- interlayer-inserted Ti-6Al-4V/ Si_3N_4 joints brazed with AuNiTi filler*, *Materials Science & Engineering A*, 778, 139093 (2020). doi:10.1016/j.msea.2020.139093) (F.S. Ong, H.Tobe, E. Sato, *Residual stress induced failure of Ti-6Al-4V/ Si_3N_4 joints brazed with Ag-Cu-Ti filler: the effects of brazing zone's elasto-plasticity and ceramics' intrinsic properties*, *Journal of European Ceramic Society*, 41 (13), 6319-6329 (2021). doi:10.1016/j.jeurceramsoc.2021.06.038)

- ISAS は、スラスタ（衛星推進用小型ロケットエンジン）の高効率化のため、スラスタ全体を耐熱高靱性セラミックス窒化ケイ素 (Si_3N_4 s) で構成したセラミックススラスタを開発し、「あかつき」に搭載した（2010 打上げ）。
- スラスタのさらなる大型化のため、燃焼室近傍のみを Si_3N_4 とし、ノズルスカートを軽量耐熱金属 Ti-6Al-4V で構成する接合スラスタを開発している。そのための必須技術として、 Si_3N_4 と Ti-6Al-4V との接合で、母材破断を示す高信頼性ロウ付け接合を実現した。
- セラミックス・金属ロウ付けには、ロウ付け温度からの冷却による熱ひずみを緩和することが必要で、それには Nb 中間層を挿入することが有効である。Nb は、熱膨張率が両層の間であり、塑性変形により熱ひずみをさらに緩和する。特に Ti 合金とのロウ付けの場合には、Ti 相から Ti が融解して Si_3N_4 界面に脆性化合物として過剰析出することを防止していることも明らかにした。
- 図 1 (a) のように、燃焼室からノズル根元までを Si_3N_4 、ノズル下流側を Ti-6Al-4V で作成し、あいだに Nb リングを挟んでロウ付け接合した 500N 級スラスタを試作した。図 1 (b) は接合部の残留応力分布で、Nb リングが応力緩和に有効に働いていることがわかる。図 1 (c) に示すように、20N 級接合スラスタ試作品を用いた燃焼試験を成功裏に実施した。

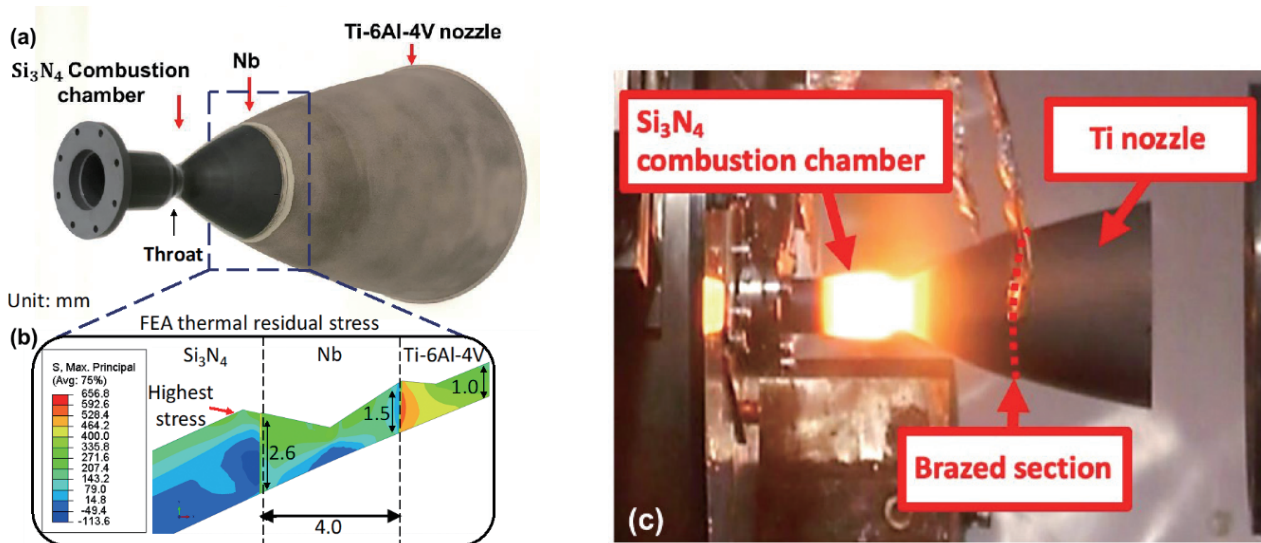


図 1 (a) 試作した 500N 級接合スラスタ, (b) 接合部の残留応力分布, (c) 20N 級接合スラスタの燃焼試験状況

ハイブリッドロケットの推力 - 混合比制御の ノミナル性能向上を詳細に評価

ハイブリッドロケットに混合比制御を加えた場合の飛翔性能向上幅を S-210/S-310/S-520 に類似した諸元の観測ロケットでフライトシミュレーションし、評価した。燃料後退特性がノミナルの条件下では、増速性能は約 2% 増加した。複数ある要因のうち、燃焼ガスの熱力学的状態を理想状態に維持することが主要な性能増加要因であった。本研究で構築したフライトシミュレーションによって、燃料後退速度特性のばらつきが存在する実際に近い条件での性能比較も可能となる。(K. Ozawa and T. Shimada, Performance of Mixture-Ratio-Controlled Hybrid Rockets for Nominal Fuel Regression, Journal of Propulsion and Power, 36 (3), 400-414 (2020). doi:10.2514/1.B37665)

■ ハイブリッドロケットでは、燃料後退速度（1 秒間の固体燃料の消費厚さ）は固体燃料流路の酸化剤質量流束（単位面積流路の酸化剤質量流量）に対し非線形に依存する。従って、固体燃料の消費や推力変調によって燃料 - 酸化剤混合比にずれが生じる。従来、この影響は燃焼ガスの理想状態にしか影響しないと取り扱われていた。しかし実際には、燃焼器内のガス滞在時間やノズルスロートでの熱力学状態も変化するため、燃焼効率やスロート侵蝕速度も変化する。従来、これらの効果は議論されてこなかった（図 1）。

■ 本研究では、混合比のずれによって影響を受ける上述の 3 要素を理論的もしくは半経験的にモデル化し、推進システムの計算モデルとして統合した。この計算モデルを利用して単段観測ロケットの 1 次元フライトシミュレーションを行い、混合比シフトの補償制御の有無で生ずる性能差を評価した。機体は S-210/S-310/S-520 に類似するスケール・諸元とした。

■ 計算後、補償機能の有無が平均比推力に対してどのように寄与しているか、各機体スケール毎に分析した。結果は約 2% の比推力増加であり、スケールが小さいほど性能差は広がった。性能差の主要因は、燃焼ガスの混合比を理想条件に保ち、熱力学的状態を理想状態に維持できるためであった。燃焼効率の変化、ノズルスロート侵蝕は性能向上全体に対してそれぞれ 20%、6% 程度の影響にすぎなかった。本計算では到達高度を高めるために推力制御を行っているが、推力が大きく増速への寄与が大きい離昇時および燃焼後半で特に性能差がついた。これは、大推力時は酸化剤過多となってスロート侵蝕速度が大きくなること、加えて、燃焼初期ではガスの燃焼器内滞在時間が短いため燃焼効率への感度が大きく、燃焼効率に大きな差ができるためであった。

■ 本研究により、非線形な燃料後退特性がどの程度増速性能に影響するか、どのエンジン内部現象が主に寄与するか、また、性能に差がつくタイミングが明確になった。加えて、本研究で構築した計算モデルによって、燃料後退速度特性にばらつきが存在するなど、実際に近い条件での性能向上幅の評価も可能となる。

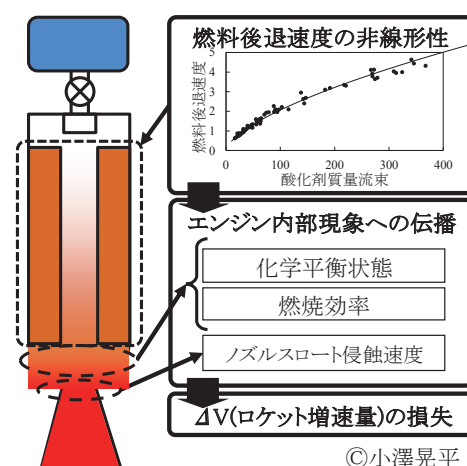


図 1 混合比シフトが増速性能へ与える影響と関連するエンジン内部現象。

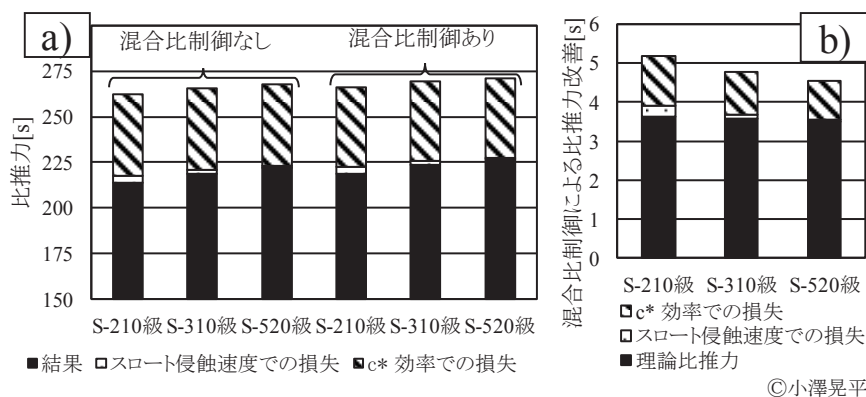


図 2 初期質量 S-210, S-310, S-520 相当での比推力損失比較 : a) 理論性能からの損失内訳 ; b) 混合比補償による各損失要素の改善寄与度。

国際協力で成し遂げた「はやぶさ 2」 帰還

【宇宙科学研究所 国際ライン】

2020年度の宇宙科学研究所 国際調整のキーは「はやぶさ 2」帰還を海外協力を得て如何にして成し遂げるか、であった。「はやぶさ 2」再突入カプセルの豪州への着陸には豪州政府発行の着陸許可（AROLSO）が必須である。豪州宇宙庁（ASA）への申請は帰還予定日の14か月前であったが、豪州側の承認作業は一朝一夕とはいかなかった。新型コロナウイルス感染症禍で対面会議の開催が制限される中、ASA等と交渉を継続しながら多方面に働きかけて承認を促進した。7月7日にJAXA-ASAの機関間協力覚書を日・豪大使立合いのもと取り交わし、同14日には「はやぶさ 2」のカプセル帰還に関する共同声明として、カプセル帰還日が12月6日であることを公表した。並行して7月9日の日豪首脳テレビ会談でも「はやぶさ 2」が日豪協力の象徴として言及された。在豪日本大使館とも連携し豪州政府への働きかけ等の支援を得た。帰還を4か月後に控えた8月6日、ようやくAROLSO発行の運びとなった。また、コロナ禍で豪州の厳しい入国制限が継続される中、回収班の渡豪可否が懸念された。ミッションの科学的価値が高く日豪の協力関係のもとに計画されてきたカプセル回収活動を計画通り2020年12月に実施することは、日豪双方にとって非常に重要かつ逃せない機会であることを関係省庁・機関に説明。ASAの全面的支援と政府機関・南豪州への調整を受け回収に必要な人員（NASA 航空機観測メンバーを含む）の特例入国を調整・実現した。



宇宙利用に関する協力覚書取り交わし。左から、駐日コート豪州大使（当時）、山川理事長、ASA クラーク長官（当時）、在豪高橋日本大使（当時）



カプセル回収後、JAXA, ASA, 豪州国防軍のメンバーで



左から、東覚国際調整主幹、ルシアニ在日仏大使館宇宙開発参事官、ラインケ DLR 東京事務所 所長、マッキントッシュ NASA アジア代表

カプセル再突入時には、ASA 長官が回収地ウーメラで視察。また相模原キャンパスでの帰還ライブイベントにてフランス国立宇宙研究センター（CNES）、ドイツ航空宇宙センター（DLR）、アメリカ航空宇宙局（NASA）の各駐日代表が登壇。各国宇宙機関の代表等の祝辞をいただいた。さらにカプセル帰還後の記者会見には駐日豪州大使が臨席。「はやぶさ 2」カプセル帰還は多くの国際機関に支えられ注目された。

2020年度 特別公開 オンラインにて初開催

【宇宙科学広報・普及活動】

2020年度は、コロナ禍に覆われ様々な対面イベントをオンラインとせざるを得ない（そうでなければ、全キャンセルする）こととなった。これは、例年は相模原キャンパスにおいて夏（2018年度まで）や秋（2019年度）の金曜土曜と二日間開催し、1万人を超える見学者を集めてきた宇宙科学研究所の特別公開においても同様であった。

夏頃から、オンラインでの開催も見込みつつ研究所内でアンケート調査を行った。その時点、つまり、コロナ対応が開始して数か月の時点では、オンライン化への懸念を述べる意見が多くあり、例えば大学院生から「オンラインであれば手伝いたくない」といった意見が少なからず見られた。

その後、ISAS 広報は、12月豪州ウーメラでのはやぶさ2・サンプル帰還カプセル回収事業に向けての準備で猛烈に忙しくなり、しばらくは特別公開のことを考えることはなかった。一方で、2020年5月に地球惑星科学連合大会におけるNASAとの合同アウトリーチ・イベントでオンライン講演会は経験しており、やるとなったらそのやり方で進めればよいと腹は括ってあった。

はやぶさ2・カプセルはウーメラで回収され、迅速に相模原のキュレーション設備へと輸送され、そこで開封され、大漁が確認された。こうとなれば、特別公開をしないわけにはいかないだろうと執行部で結論されたのが、2021年に入ってからである。年度内に実施するので、2か月程度の準備期間しかなかった。

そこで活躍したのは、NASAとの合同イベントでのノウハウを持つ若手メンバーを中心とする「特別公開をオンラインで実行するためのタスクフォース」である。当日に実行すべき形のイメージが確実にあったので、それに向けて収束させるように議論を無駄なく重ね、プログラム作成における調整も無難にこなして、準備を完成させて当日を迎えた。また、2021年2月からウェブやツイッターでの発信のやり方を変更したのだが、ここでの作業を通じて新しいやり方を定着させていくこともできたと考える。

ライブ視聴者数は数100程度と小さかったが、録画視聴数は（数え方にも依るが）2万を超える規模であった。これをどう評価すべきか。そもそも何を指すのか。少なくとも、遠方の方々への発信にはなった一方で、近所の方々とのふれあいの場はなくなった。また、オンラインであれば、「年に一度だけ、研究所総出」である必要はない。年に数回、それぞれがある話題について語るというやり方も模索していくべきであろう。将来的にはハイブリッドということであれば、それぞれで狙うことを明確にすべきであろう。



「特別公開をオンラインで実行するためのタスクフォース」のメンバー。TFの打ち合わせもオンラインがほとんどだった。

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の成果を収めた。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枢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、2020年4月1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。宇宙開発戦略本部は、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）を作成する。この宇宙基本計画（平成 28 年 4 月 1 日決定）において、JAXA は政府全体の宇宙開発利用を技術でささ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の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客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参加・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。

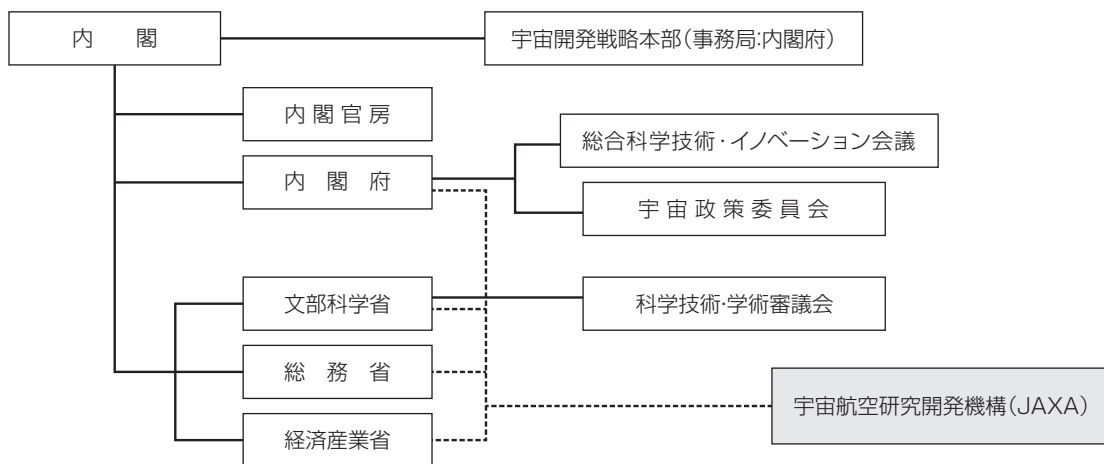


表 1 日本の宇宙開発体制

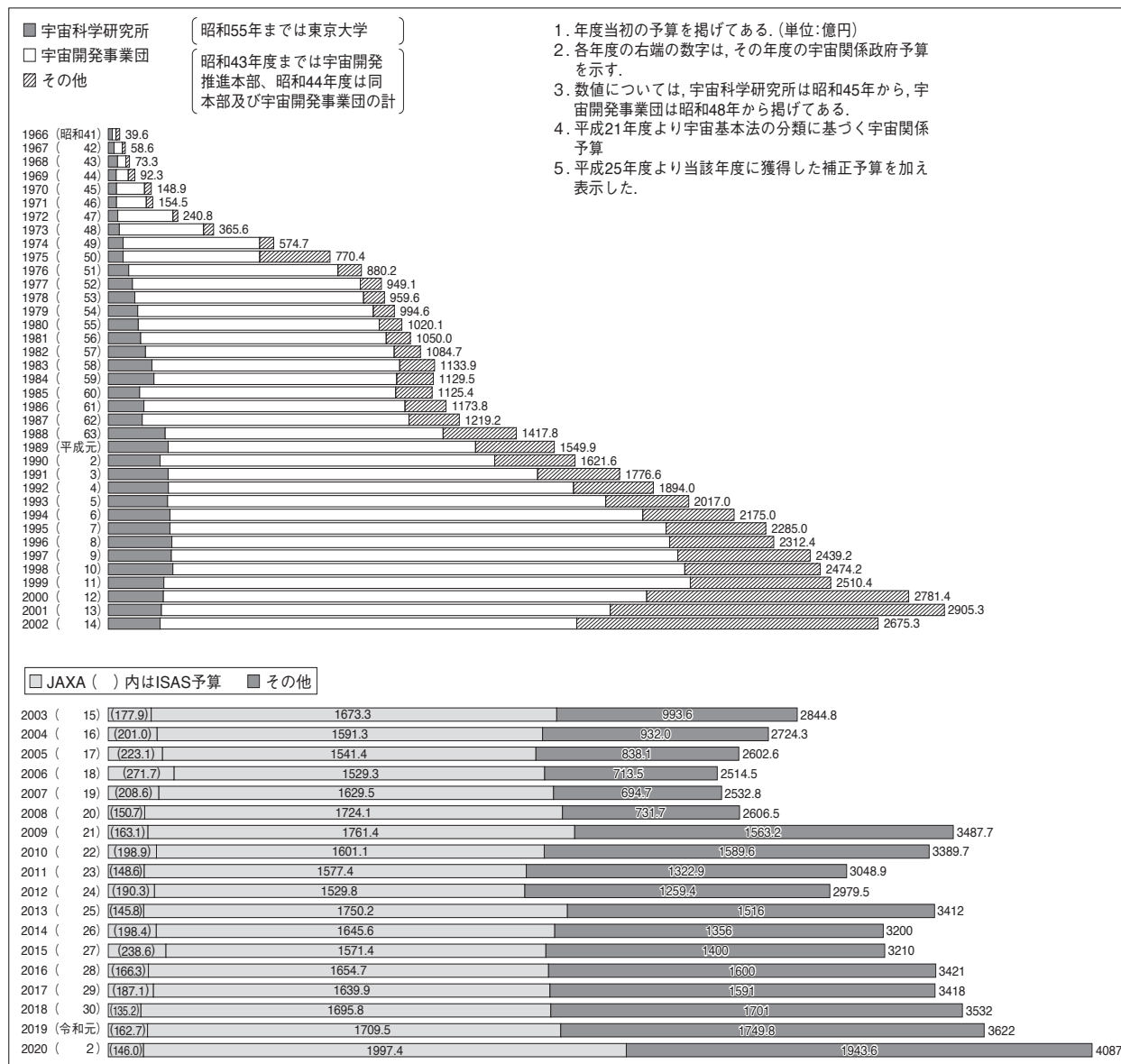


表2 宇宙関連政府予算

3. 組織及び運営

a. 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システムを継承し、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・2021 年 3 月 31 日現在)

	岡田 清孝	龍谷大学 REC フェロー
	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
	五神 真	東京大学総長
(副会長)	小畑 秀文	学校法人嘉悦学園 かえつ有明中・高等学校長
	小森 彰夫	自然科学研究機構長
	高柳 雄一	多摩六都科学館館長
	武田 廣	神戸大学長
	田近 英一	東京大学大学院理学系研究科教授
	常田 佐久	自然科学研究機構 国立天文台長
	橋本 和仁	物質・材料研究機構理事長
	長谷川真理子	総合研究大学院大学長
	藤井 輝夫	東京大学 大学執行役・副学長 (東京大学生産技術研究所教授)
(会 長)	藤井 良一	情報・システム研究機構長
	松本 紘	理化学研究所理事長
	安岡 善文	東京大学名誉教授
	山本 智	東京大学大学院理学系研究科 教授
	吉田 和哉	東北大学大学院工学研究科教授

(備考) 任期は 2019 年 4 月 1 日～2021 年 3 月 31 日

宇宙科学運営協議会名簿

(50 音順・2021 年 3 月 31 日現在)

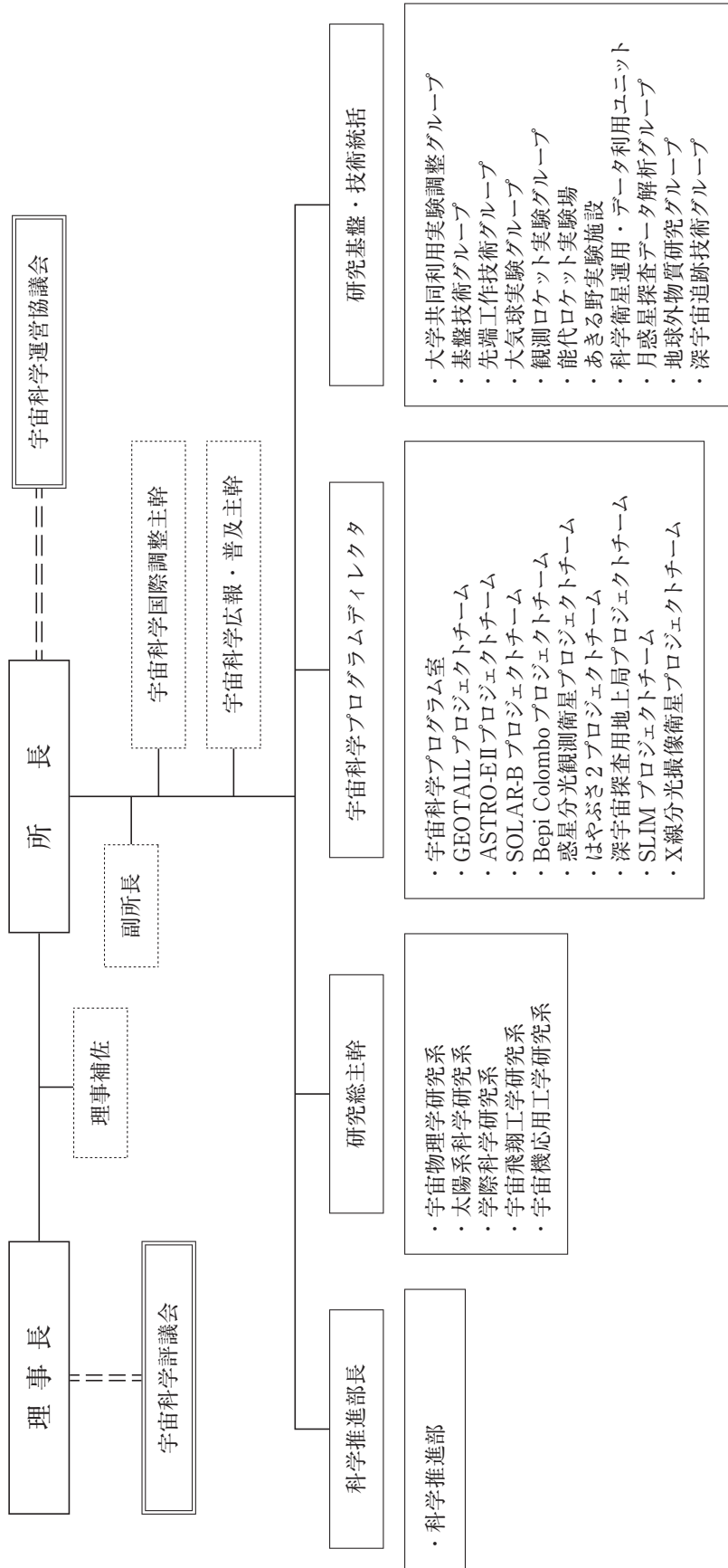
	青木 隆平	東京大学大学院工学研究科教授
	井口 聖	国立天文台副台長
	大島 まり	東京大学大学院情報学環教授
	草野 完也	名古屋大学宇宙地球環境研究所長
	佐宗 章弘	名古屋大学大学院工学研究科教授
	杉田 精司	東京大学大学院理学系研究科教授
(副会長)	永田 晴紀	北海道大学大学院工学研究院教授
	廣瀬 明	東京大学大学院工学系研究科教授
	藤田 修	北海道大学大学院工学研究院教授
	山本 智	東京大学大学院理学系研究科 教授
	渡部 潤一	国立天文台副台長
	〔宇宙科学研究所〕	
	稲富 裕光	学際科学研究系研究主幹
	齋藤 義文	太陽系科学研究系研究主幹
	佐藤 英一	宇宙飛行工学研究系教授
	嶋田 徹	宇宙飛行工学研究系研究主幹
	廣瀬 和之	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	宇宙飛行工学研究系教授
	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 2019 年 4 月 1 日～2021 年 3 月 31 日

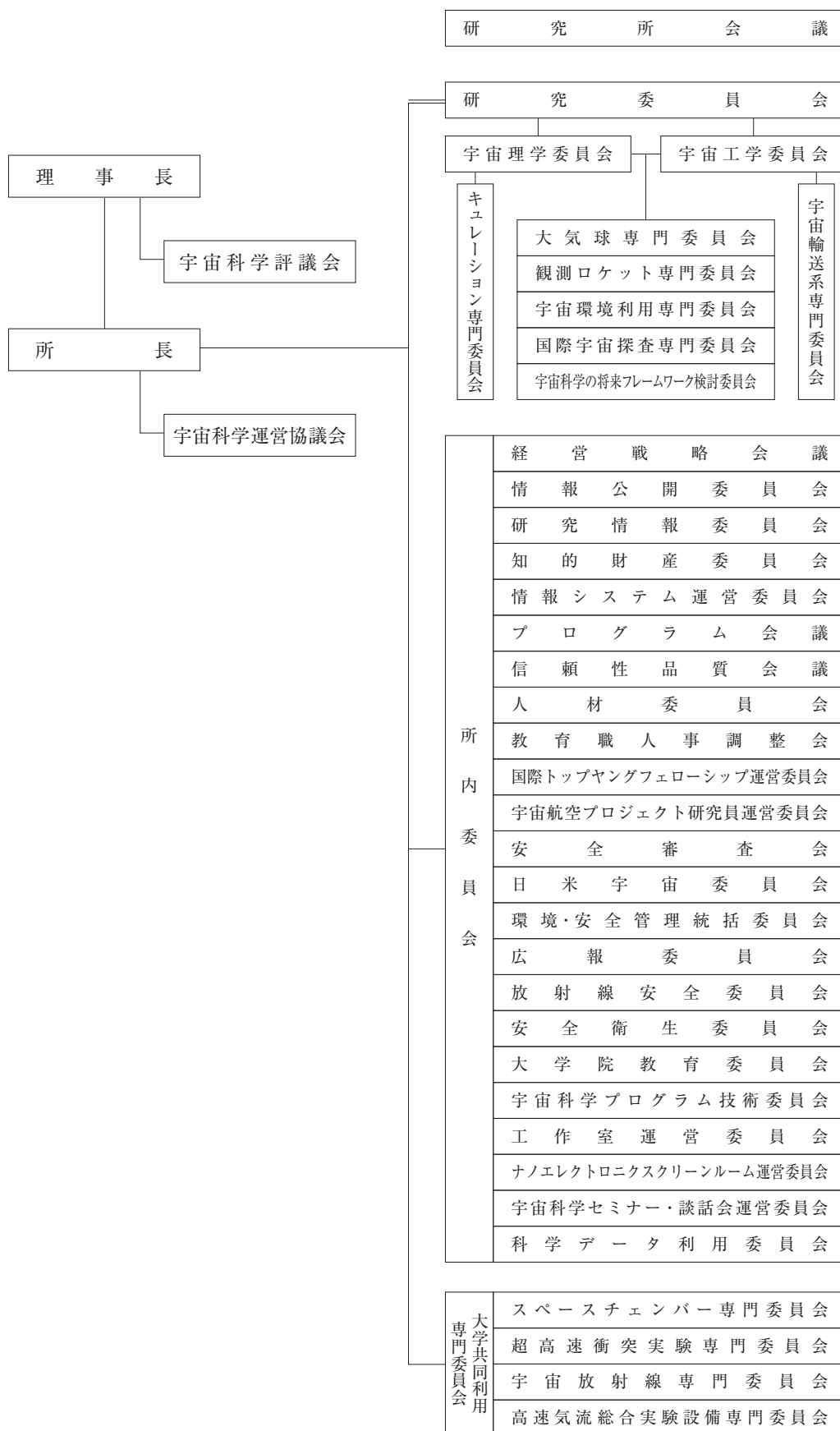
宇宙航空研究開発機構 組織図



宇宙科学研究所 組織図



各種委員会等



d. 職員 (2021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
		深宇宙探査用地上局プロジェクトチーム	
科学推進部長	三好 寛	プロジェクトマネージャ	沼田 健二
科学推進部計画マネージャ	青柳 孝	SLIM プロジェクトチーム	
科学推進部計画マネージャ	寺内 康剛	プロジェクトマネージャ (兼)	坂井真一郎
科学推進部計画マネージャ	遠藤 敬	X線分光撮像衛星プロジェクトチーム	
科学推進部参事	加藤 秀樹	プロジェクトマネージャ	前島 弘則
科学推進部参事	安間 敏雄	深宇宙探査技術実証機 (DESTINY+) プリプロジェクト	
科学推進部参事	早川 俊章	チーム チーム長 (兼)	高島 健
宇宙科学国際調整主幹	東覚 芳夫	研究基盤・技術統括 (兼)	森田 泰弘
宇宙科学広報・普及主幹 (兼)	藤本 正樹	大学共同利用実験調整グループ	
		グループ長 (兼)	野中 聡
研究総主幹 (兼)	吉田 哲也	基盤技術グループ	
宇宙物理学研究系		グループ長 (兼)	森田 泰弘
研究主幹 (兼)	山田 亨	先端工作技術グループ	
太陽系科学研究系		グループ長	岡田 則夫
研究主幹 (兼)	齋藤 義文	大気球実験グループ	
学際科学研究系		グループ長 (兼)	福家 英之
研究主幹 (兼)	稲富 裕光	観測ロケット実験グループ	
宇宙飛翔工学研究系		グループ長 (兼)	羽生 宏人
研究主幹 (兼)	嶋田 徹	能代ロケット実験場	
宇宙機応用工学研究系		所長 (兼)	石井 信明
研究主幹 (兼)	廣瀬 和之	あきる野実験施設	
		所長 (兼)	後藤 健
宇宙科学プログラムディレクタ (兼)	佐藤 英一	科学衛星運用・データ利用ユニット	
宇宙科学プログラム室		ユニット長	香河 英史
室長	杢野 正明	月惑星探査データ解析グループ	
GEOTAIL プロジェクトチーム		グループ長	佐藤 広幸
プロジェクトマネージャ (兼)	齋藤 義文	地球外物質研究グループ	
ASTRO-E II プロジェクトチーム		グループ長 (兼)	白井 寛裕
プロジェクトマネージャ (兼)	石田 学	深宇宙追跡技術グループ	
SOLAR-B プロジェクトチーム		グループ長 (兼)	吉川 真
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 9名 准教授 9名 助教 7名 特任教授 3名 特任准教授 5名	堂谷 忠靖 石田 学 中川 貴雄 松原 英雄 坪井 昌人 海老澤 研 山田 亨 関本 裕太郎 山崎 典子 (特) 金田 英宏 (特) 田代 信 (特) 羽澄 昌史	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 (特) 石崎 欣尚 (特) 林田 清 (特) 寺田 幸功 (特) 藤本 龍一 (特) 森 浩二	前田 良知 渡辺 伸 和田 武彦 土居 明広 田村 隆幸 磯部 直樹 小栗 秀悟
太陽系科学研究系 [研究主幹：齋藤 義文] 教授 6名 准教授 11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 (特) 倉本 圭 (特) 橘 省吾 (特) 亀田 真吾	阿部 琢美 田中 智 岡田 達明 安部 正真 坂尾 太郎 尾崎 正伸 篠原 育 塩谷 圭吾 TASKER Elizabeth 岩田 隆浩 浅村 和史	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 春菜 (特) 松田 昇也
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 4名 特任助教 2名	石川 毅彦 吉田 哲也 稲富 裕光 船瀬 龍	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 山本 幸生 矢野 創 水村 好貴 (特) 中島 晋太郎 (特) 木村 駿太

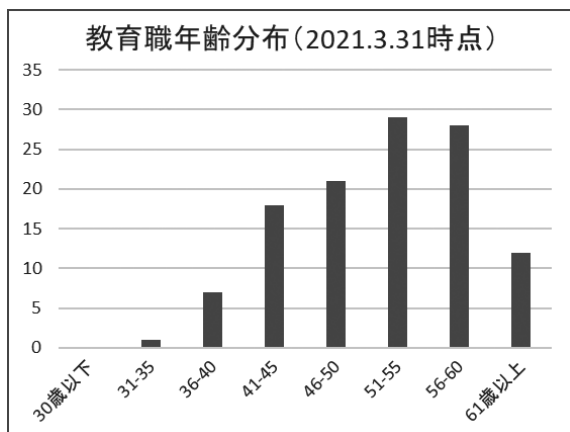
研究系	教授	准教授	助教
宇宙飛翔工学研究系 [研究主幹：嶋田 徹] 教授 13名 准教授 10名 助教 7名 特任教授 1名 特任准教授 1名 特任助教 2名	石井 信明 森田 泰弘 嶋田 徹 堀 恵一 佐藤 英一 峯杉 賢治 小川 博之 澤井 秀次郎 川勝 康弘 藤田 和央 船木 一幸 津田 雄一 宮崎 康行 (特) 川口 淳一郎	山田 哲哉 西山 和孝 徳留 真一郎 大山 聖 野中 聡 後藤 健 羽生 宏人 竹内 伸介 山田 和彦 丸 祐介 (特) 小林 弘明	森 治 竹前 俊昭 佐伯 孝尚 奥泉 信克 月崎 竜童 戸部 裕史 佐藤 泰貴 (特) 永田 靖典 (特) 小田切 公秀
宇宙機応用工学研究系 [研究主幹：廣瀬 和之] 教授 7名 准教授 11名 助教 5名 特任教授 1名 特任助教 1名	橋本 樹明 久保田 孝 山本 善一 廣瀬 和之 坂井 真一郎 高島 健 水野 貴秀 (特) 川崎 繁男	曾根 理嗣 福田 盛介 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 富木 淳史	三田 信 福島 洋介 豊田 裕之 坂東 信尚 牧 謙一郎 (特) 尾崎 直哉
現員数 117名 (特) 特任教員 21名	39名 8名	48名 6名	30名 7名

特任教員

特任教授	田代 信
特任教授	川口 淳一郎
特任教授	倉本 圭
特任教授	川崎 繁男
特任教授	金田 英宏
特任教授	橘 省吾
特任教授	羽澄 昌史
特任教授	亀田 真吾
特任准教授	石崎 欣尚
特任准教授	林田 清
特任准教授	寺田 幸功
特任准教授	藤本 龍一
特任准教授	森 浩二
特任准教授	小林 弘明
特任助教	菅原 春菜
特任助教	尾崎 直哉
特任助教	松田 昇也
特任助教	中島 晋太郎
特任助教	永田 靖典
特任助教	木村 駿太
特任助教	小田切 公秀

国際トップヤングフェロー (ITYF)

宇宙物理学研究系	LAU Ryan Masami
宇宙物理学研究系	和泉 究
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



○2020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	0名	4名

○2020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	3名	0名	4名

○2020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

2020年度予算額(宇宙科学研究所)	14,602,929千円
運営費交付金	14,602,929千円
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)	572,116千円
〃(受入分担金)	59,775千円
受託研究	289,668千円
民間等との共同研究	318,585千円
使途特定寄附金	8,250千円

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
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 田村隆幸 辻本匡弘 鈴木仁研
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 林田 清 藤本龍一 森 浩二 和泉 究 LAU Ryan Masami 鈴木大介 長谷部孝 周 雨
山岸光義 内山瑞穂 小森健太郎 永田 竜

宇宙研院・学生：内田悠介 佐藤寿紀 桂川美穂 下向怜歩 中島裕貴 倉嶋 翔 中庭 望 山本啓太
HUANG Ting Chi 前嶋宏志 大西崇介 松本光生 桶屋誠人 上原顕太 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 富永愛侑 大城勇憲 伊藤穂乃花
鈴木 瞳 田中圭太 増村 亮 藤田康平 長塚知樹 中間洋子サラ

JAXA 他本部職員：西城 大

1. 概要

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。

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LiteBIRD計画、公募型小型3号機として選定された小型JASMINE計画の概念検討をすすめた。ESA Cosmic Vision 中型5号機の候補のひとつとして選ばれた次世代赤外線望遠鏡衛星SPICA計画については、日欧協力しての概念検討が進められたが、2020年10月にESAおよびJAXA両機関において中止の決定がなされた。公募型小型5号機の候補であるHiZ-GUNDAM計画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・参加しているが、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. 2020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

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

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。

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、ChandraやXMM-Newton衛星を用いた超新星残骸の元素分布や特異な非平衡プラズマの起源に関する研究や、MAXIにより発見されたブラックホール連星のモニタリング観測によりその性質を解明する研究などを行った。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の実施や、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

次世代大型赤外線衛星SPICAの概念検討に大きく注力した活動を行った。残念ながら、ESAおよびJAXA両機関により2020年10月に同計画は検討の中止が決められたが、本研究系においては、SPICA衛星、中間赤外線観測装置SMI、および赤外線宇宙物理学について、今後の開発研究へ活かすべき知識の蓄積、および計画遂行について多面的な教訓を得た。SPICA計画中止の経緯については、「国際共同プロジェクトにおける概念設計検討委員会」によりその詳細な検証が行われ報告書が公開される。また、宇宙科学研究所においては、「次世代赤外線天文衛星(SPICA)計画終了審査」が行われ計画の総括が示された。

小型赤外線位置天文観測衛星小型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る、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た多波長のカタログを構築し、赤方偏移分布を求めるなど、赤外線から可視光まで同領域の基礎データの取得を進めるとともに、とくに高赤方偏移のダスト吸収が顕著な天体の研究などを行った。原始惑星系円盤の散逸速度の研究や、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。

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、電波銀河についての近赤外線波長帯での水素再結合線観測研究、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、イメージンググレーティングの開発、高感度遠赤外線観測の実現を目指すシリコン支持型BIB(Blocked Impurity Band)型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めざし、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ごく近傍の中間質量ブラックホール候補を含む領域の質量に制限をつけるための研究や、野辺山宇宙電波観測所を用いた銀河中心部の円弧状構造中の分子雲衝突についての研究を行った。

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 Ka 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開始した。

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、SPICA (赤外線)、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。詳細は IV.4.b 項を参照されたい。

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」赤外線分光研究

3.2.1.7 「すばる」望遠鏡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円偏光の探査観測

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 アストロメトリによる晩期 M 型星の力学質量測定と低質量星進化モデル検証
- 3.2.1.16 氷境界外側の惑星存在確率の研究
- 3.2.1.17 赤外線天文衛星 MIRIS による拡散放射の研究
- 3.2.1.18 赤外線天文衛星 MIRIS による星形成領域の研究
- 3.2.1.19 「すばる」「あかり」中間赤外線観測による彗星ダストの宇宙鋳物学的研究
- 3.2.1.20 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 中間赤外線用イマージングレーティングの開発
 - 3.2.2.4 「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
 - 3.2.2.5 宇宙における極低温冷却冷凍機の開発
 - 3.2.2.6 宇宙における極低温冷却のための物性値測定研究
 - 3.2.2.7 Nancy Grace Roman 望遠鏡への日本の参加の推進
 - 3.2.2.8 小型 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 白田 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.2~25)

- ・宇宙の灯台「かにパルサー」に隠れていた X 線のきらめき－巨大電波パルスに同期した X 線増光の検出に成功－【白田 64m および VLBI 観測装置, DDOR デジタルバックエンド設備, ISS X 線望遠鏡 NICER】

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 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 松田昇也 桑原正輝 西野真木 鳥海 森 O'DONOGHUE James 兵頭龍樹 大場崇義
 RIU Lucie Monique 野口里奈 松岡 萌 長岡 央 金丸仁明 庄司大悟 深井稜汰 岡本尚也 鄭 祥子
 松浦史宏

宇宙研院・学生：石城陽太 滑川 拓 江川喜啓 山本直輝 YANG Jingxuan 大谷健人 長谷川隆祥 谷 竜太
 児山真夕 高野安見子 豊川広晴 大杉 歩 葉柴隆斗 小野寺圭祐 植村千尋 伊藤瑞生
 森川恵海 梶谷伊織

他大学院・学生：田中勇人 尾原咲穂 梅岡大貴 肥後雄大 平田佳織 湯原昂大

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. 2020 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)、太陽観測衛星「ひので」(SOLAR-B)と月周回衛星「かぐや」、小型高機能科学衛星「れいめい」に関するものである。

2.1 太陽物理学

飛翔 14 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。フレアを頻発する活動領域の 3D 磁場構造推定、彩層磁場観測と非線形フォースフリー磁場外挿手法との比較、水素 Ly β 線と酸素中性線のライン形成、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。NASA/JAXA/ESA が任命し 2020 年代に推進する科学目的やその優先度・実行方法を検討した国際チーム NGSPM-SOT (Next Generation Solar Physics Mission's Science Objectives Team, チーム長: 清水敏文) の報告書および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加速させた。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尖鋭的に取り組む計画である。2018 年 7 月に次の検討フェーズに進めるべきミッション候補の一つとして理工学委員会で選定された後、国際科学審査や ISAS プリプロ候補選定審査(2019 年 3 月)を終了させ、2019 年度よりミッション定義フェーズ (PrePhase A2) を開始した。JAXA 加速提案資金も得て、EUVST 望遠鏡の概念検討や衛星システム検討、超高精度太陽センサ開発等を国立天文台及び開発候補企業と進めた。2020 年 1-2 月にプリプロジェクト候補ダウンセレクション前審査が ISAS で行われ、Solar-C (EUVST) の概念検討の達成状況が公募型小型 4 号機のダウンセレクション候補として妥当であると判断され、2020 年 4 月に公募型小型 4 号機に選定された。米国 NASA や欧州諸国の宇宙機関・ESA とは EUVST 分光器部の開発等への参加調整が進み、米国 NASA については日米合同のミッション検討 (NASA Phase A 検討) の後に、2020 年 12 月に正式参加が決定された。他に、フランス、イタリア、ドイツ、スイス等での予算化や試作のための設計が開始された。

Solar-C (EUVST) の立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プシロン衛星計画 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。これまでにミラーの大型化に向けた要素試作検討および X 線による評価計測を進め、加工・計測が困難な Wolter 円環面に沿った急傾斜領域に対しても、良好な結像性能 (8 keV の X 線に対して HPD で約 0.2 秒角) を実現できることを確認した。これにより、ミラーの大型化に目処を立てることができた。目下、PhoENiX 計画を念頭に、加工・計測の高速化を進めている。

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。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 が 2021 年 10 月に飛翔予定であり、準備が進んでいる。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) では焦点面 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、2018 年の打上げで太陽軟 X 線コロナの撮像分光観測に成功した。これに続き、フレアを観測対象に狙う観測ロケット計画 FOXSI-4 を日米共同で NASA に提案し、採択された。2024 年の打上げを目指し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り、NGSPM-SOT 報告書で推奨された彩層/光球磁場診断望遠鏡の一部を先行的に実施するものである。2020年度は、大気球実験を主導するドイツおよびスペインと連携し、精密視野スキャン機構および精密連続回転機構などのフライト品製作を進めた。SCIPの組立および各種性能評価試験が国立天文台で実施された。また、当研究系が担当した精密視野スキャン機構のフライト品が完成し、SCIP性能評価試験実施後に、2020年11月に望遠鏡部に組み込むために先行してドイツに出荷された。また、精密連続回転機構については、当研究系で衛星搭載に向けて開発した機構を利用している。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SEMB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。2020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。2020年度は地球および金星スイングバイ、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。2020年4月に地球スイングバイ、10月に金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。特に金星スイングバイ時は金星探査機「あかつき」、惑星分光観測衛星「ひさき」との共同観測を実施し、金星の雲層から高層大気、誘導磁気圏に至る各領域を同時に観測した。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。2020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、カサブ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り、北欧スピッツベルゲン島から打ち上げられる予定である。元々の計画では、2017年12月に打ち上げる予定であったが、噛み合わせ試験の最終段階で搭載タイマーに問題が見つかり、射場への輸送期限までに問題を解決することができなかつたため、打上げは延期されることになった。その後、搭載タイマーの問題は解決したが、2018年度、2019年度は予算上の問題で、2020年度はコロナウイルスの影響により打ち上げることができなかつたため、2021年度の打上げを目指して準備を進めた。

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し、脈動周期を決めていると考えられている。コーラス波動は MeV に達する相対論的電子降下を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することとした。RockSat-XN は2019年1月13日にノルウェー/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電子の直接観測に成功した。LAMP は2020年度冬季にアラスカ/ポーカーフラットから打ち上げられる予定であったが、コロナウイルスの影響により延期され、2021年度冬季の打上げ予定となった。現在搭載機器、および打上げタイミング決定や同時観測実現のための地上支援観測機器 (高時間分解能光学観測機器など) の準備を行っている。

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年春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。

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。2020 年度は、エアロダイナミクスを考慮した編隊飛行維持に要する軌道制御の検討を実施した他、複数衛星同時打上げ形態の検討、システム検討を進め、搭載観測装置の開発を実施した。

2.3 惑星大気

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。また、10 月には地球に最接近を迎えた火星の連続的かつ定期的な観測を実施し、火星高層大気の季節変化を捉えるデータを取得した。2020 年度の主な科学成果は、打上年から昨年度までの火星観測データから、下層大気でのダストストーム発生と高層大気の水素原子量に高い相関があることを明らかにした。地球最接近時の火星観測データとの比較解析に新たな見解が生まれることが期待される。今後も Juno の近木点通過時に合わせた木星協調観測や「あかつき」金星探査機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、紫外線を 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じの超高安定発振器を電波遮蔽測定用に搭載しており、近金点において電波遮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加熱量に変化する。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、この部分の大気の成分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うえで大切なことである。

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。前者はドリフト速度ベクトルを 3 次元的に推定可能なこと、後者はイオンゲージを用いた比較的簡便な測定法により大気密度と風向に関する情報を得ようとしていることに特徴がある。真空計は 2022 年度に打ち上げる観測ロケットに搭載される予定で 2020 年度は真空チェンバー内に測定器の BBM を設置し、基本性能の確認を行った。

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。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 UV SPectrograph 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。

2020 年度はロシア WSO-UV チームと機器搭載に向けた調整を進めつつ、装置の概念設計および検出器や回折格子の要素試験を進めた。ミッション定義審査および部門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の活動および UVSPEX の基本設計への着手が認められた。概念設計および要素試験結果を踏襲し基本設計を進めた。

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はぐく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。

2.4 固体惑星

小惑星探査機「はやぶさ2」は2018年6月の到着から2019年11月の出発までに、C型小惑星リュウグウを高度20km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た。「はやぶさ2」近傍運用での主な科学成果として、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、反射率2%と極めて暗い物質という特徴を持ち、その内部構造はラブルパイルであると推定される。
2. 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類似した、含水鉱物による波長 $2.72 \mu\text{m}$ の吸収スペクトルが発見された。
3. 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、表層の加熱脱水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。
4. 人工衝突実験の結果から物質が重力レジーム（摩擦の乏しい状態）で緩く堆積していることが示唆された。

一方、2020年12月に試料の地球帰還に成功し、「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5.4g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、赤外線分光顕微撮像 (CNES 提供の装置) を進めている。

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、搭載機器全般の設計を進めている。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。さらに、ソーラー電力セイルによる木星トロヤ群小惑星の探査計画 OKEANOS の検討もプリフェーズ2まで終了した。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ほか、欧米共同の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 の ESA 担当分である Hera への熱赤外カメラ搭載に向けた開発に着手した。

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、雪線外側の小天体では、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だろうか、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、月表側の海領域にある「SHIOL」クレータ近傍にピンポイントで着陸成功後、研究系が担当する「分光カメラ」によって月深部由来物質に対するスペクトル観測を行う。「分光カメラ」についてはエンジニアリングモデルの耐環境試験・光学性能試験を完了し、探査機システムとのインターフェース調整も含めた詳細設計審査（CDR）も終了した。現在、フライトモデルを製造して性能評価試験を開始している。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を探索したり、その場観測を行ったりする手段としてペネトレータの開発を進めている。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。NASA のタイタン着陸探査ミッション（Dragonfly）にペネトレータ搭載地震計の検討を開始したのにもない、地球上の水河地震が観測できる南極への適用について検討している。

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、機能試作モデルの製作や極低温環境での性能評価を行っている。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開始した。

月に火山活動起源の地下空洞に開いた縦孔が 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、今年度、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）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。当研究系が、量子科学技術研究開発機構、早稲田大学と行った月面の縦孔における放射線防御可能性の研究は、国際誌に発表された。

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、MMX、SLIM、はやぶさ2探査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
LAPYUTA 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
- 3.4.5 装置開発

4. 研究ハイライト (p.2~25)

- ・「はやぶさ2」のタッチダウンで観測された小惑星リュ

- ウグウ表面の擾乱とそれから示唆される表層と軌道の
進化史【小惑星探査機「はやぶさ2」(Hayabusa2)】
- ・はやぶさ2の多波長画像から，S型小惑星との衝突の
痕跡や母天体由来と思われる異なる熱変成度の物質を
発見【小惑星探査機「はやぶさ2」(Hayabusa2)】
- ・小惑星リュウグウの熱変成した地下物質【小惑星探査
機「はやぶさ2」(Hayabusa2)】
- ・40億年前の火星隕石から有機窒素化合物を検出
- ・金星大気のスーパーローテーション維持メカニズムを
解明【金星探査機「あかつき」(PLANET-C)】
- ・宇宙空間に流出する月の炭素を初観測【月周回衛星「か
ぐや」(SELENE)】
- ・太陽表面からコロナ直下に迫る — 日米欧協力
CLASP2 と「ひので」の同時観測による太陽大気の磁
場構造【太陽観測衛星「ひので」(SOLAR-B)，小規模
太陽観測プロジェクト (CLASP2)】
- ・太陽観測を礎に恒星黒点・スーパーフレアを解き明か
す【太陽観測衛星「ひので」(SOLAR-B)】
- ・電磁イオンサイクロトロン波の活動領域の広がりや衛
星・地上観測から捉える【ジオスペース探査衛星「あ
らせ」(ERG)】
- ・超高高度におけるオーロラ電子加速の発見【ジオス
ペース探査衛星「あらせ」(ERG)】
- ・オーロラの明滅とともに宇宙からキラ電子が降って
くる【小型高機能科学衛星「れいめい」(INDEX)】

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 船瀬 龍 黒谷明美 生田ちさと 齋藤芳隆 高木亮治 橋本博文
福家英之 三浦 昭 矢野 創 山本幸生 鈴木志野 水村好貴 中島普太郎 木村駿太 小財正義

学振特別研究員：鮫島寛明

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
大泉柗人 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 小林聖平 泉美由美

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提案のための活動を中心に研究開発を実施している。

2. 2020 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等の計測に成功し、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。また、地上の静電浮遊炉を用いてバナジウムの放射率及び定圧比熱の測定を行った。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。NASA の Black Brant IX 観測ロケットを用いた微小重力実験の実施に成功し、SiO₂ の付着確率および表面自由エネルギーを算出した。

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。ヒトでは、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。ヒトでの重力感受センサの局在を探るために、電気生理学的な手法による実験システムを検討した。

アストロバイオロジー研究では、パンスペルミア仮説の検証を目指して微生物等の曝露と宇宙塵等の捕集を行う「たんぼぼ」実験の、「きぼう」曝露部上での4年間の運用を完了すると共に、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「たんぼぼ2」の運用を開始した。「たんぼぼ」初号機の捕集実験の地球帰還試料は4年分の初期分析が完了し、小惑星起源宇宙塵の捕集や地球近傍の固体微粒子環境の経年変化が確認できた。

また EQUULEUS, OPENS, Gateway など将来の飛翔機会に向けた宇宙塵の計測・捕集装置の研究開発を推進している。IKAROS での宇宙実績を踏まえた MLI 統合型 PVDF 薄膜センサ (CLOTH) と、「たんぼぼ」での宇宙実績を踏まえた低密度シリカエアロゲル (0.007g/cc) およびカーボンナノチューブテープによる捕集メディアを開発した。加えて ISAS・法政大学・マサチューセッツ工科大学間の共同研究により、単独固体微粒子を真空中で低速から超高速領域まで加速できる衝突実験機構群を整備し、上記の宇宙塵計測・捕集装置の校正実験を可能にした。

アストロバイオロジー研究の一環として、宇宙天体における岩石-水反応により支えられる生命とはどのようなものか? を明らかにするため、地球における岩石-水反応に支えられる微生物に関するゲノム解析を遂行した。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。

2.2 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、物体表面の取り扱いに関する検証を実施した。二次元の基礎的な形状 (平板, 円柱, 角柱, 翼型など) を対象に物体に働く力や物体表面での物理量分布の計算精度を確認し、良好な結果が得られ本手法の有効性を示せた。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、基礎的な形状に対して上記手法とレイヤー格子を組み合わせた手法を用いた試計算を実施した。

JAXA に導入されたスーパーコンピュータ向けの高速度手法の研究を行い、システムの特性に合わせた手法を適用することで9倍程度の高速度を実現した。

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、「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を行った。共同研究の目的は、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いるものである。この成果により、「はやぶさ2」カプセル回収時の映像配信における高精細 CG も実現した。(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を試みた。(3) 科学衛星「れいめい」の観測データの3D CG 化や、過去の科学衛星の観測データの可視化を試みた。(4) 「はやぶさ2」のカプセル回収チームに参加し、高精度のカプセル着地点予測に寄与した。

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。また近年の解析環境の大幅な改善に伴い、それら環境と親和性の高いインターフェースの開発に着手した。その1つとして、Python ベースの地震学分析ツールである ObsPy 用の Apollo 月震計データを読み取り可能なモジュールを提供した。

2.3 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翔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、日中の飛翔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。本年は、体積2,000 m³の気球の飛翔試験を実施したところ、放球直後から上昇速度が低下する不具合が発生した。得られたデータの解析や回収した気球の分析から、スプーラー開放時に皮膜が網に先行して持ち上げられた後、網が急速に加速されて皮膜に衝突したことで、皮膜が衝撃破壊し切り傷のような穴が多数発生した可能性が浮上し、その仮定の検証、対策の検討を実施した。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の気球を試作し、地上試験により、要求耐圧の1.7倍に相当する2,000 Pa以上の耐圧性能を有することを確認した。体積100 m³の気球を用いた放球手順の確認試験も実施した。

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翔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に着手した。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炭素・酸素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)の開発準備や、地上と飛翔体による宇宙線の観測データの連携強化によって宇宙線伝播機構の理解を深める研究も進めている。このほか、2018年に豪州で大気球飛翔したMeVガンマ線観測実験SMILE-2+の飛翔データ詳細分析ならびに長時間気球飛翔による次期観測計画SMILE-3の準備も行っている。

2.4 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、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、2019年度から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。また、2029年頃の打上げを目指し

てESAと共同検討している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
 - 3.1.3 アストロバイオロジー研究
 - 3.1.3.1 微生物・有機物の曝露と宇宙塵等の捕集を行う「たんぼぼ」および「たんぼぼ2」宇宙実験
 - 3.1.3.2 宇宙塵の計測・捕集装置の研究開発
 - 3.1.3.3 微粒子衝突実験機構の研究開発
 - 3.1.3.4 海洋天体サンプルリターン探査の研究
 - 3.1.3.5 生命兆候探査に向けた惑星保護対策の研究
 - 3.1.3.6 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
- 3.2 情報科学・情報工学に関する研究
 - 3.2.1 数値シミュレーション研究
 - 3.2.1.1 階層型等間隔直交構造格子ソルバの開発
 - 3.2.2 データアーカイブに関する研究
 - 3.2.2.1 月惑星科学データのための国際標準プロトコルの開発
 - 3.2.2.2 巨大データへの高速アクセスの研究
 - 3.2.2.3 機械学習の宇宙科学データへの適用研究
 - 3.2.3 宇宙科学データの可視化・可聴化に関する研究
 - 3.2.3.1 可視化・可聴化手法の応用研究
 - 3.2.3.2 モデリング手法の研究
- 3.3 大気球に関する研究
 - 3.3.1 気球についての研究
 - 3.3.1.1 網をかぶせた圧力気球の研究
 - 3.3.2 気球を用いた宇宙科学の研究
 - 3.3.2.1 エキゾチック原子を用いた宇宙線反粒子の研究
 - 3.3.2.2 超伝導スペクトロメータを用いた宇宙線の観測
 - 3.3.2.3 高エネルギー宇宙電子線・ガンマ線の観測
 - 3.3.2.4 MeVガンマ線の観測
- 3.4 超小型探査機に関する研究
 - 3.4.1 超小型外惑星探査機の研究
 - 3.4.2 Comet Interceptor計画のための超小型CubeSat型探査プローブの研究

4. 研究ハイライト (p.2~25)

- ・宇宙空間で3年間曝露したデイノコッカス細胞塊生存の検証【たんぼぼ計画】

4. 宇宙飛翔工学研究系

Department of Space Flight Systems

教職員：嶋田 徹 佐藤英一 小川博之 川口淳一郎 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 澤井秀次郎 船木一幸 藤田和央 山田和彦 後藤 健 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 佐藤泰貴 竹前俊昭 奥泉信克 森 治 成尾芳博 濱田修光 小田切公秀 (1月～)
 永田靖典 和田明哲 杉原アフマツト清志 川口 潤

学振特別研究員：小田切公秀 (～12月)

宇宙研院・学生：柴田堯彦 渡辺健太郎 原 亮太 小笠原大地 下村 伶 竹谷拓良 森吉貴大 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 CELIK Onur (～9月) 伊藤大智 戸端佑太 RAMON Roger Gutierrez
 竝木 芳 山川真以子 大平元希 柏岡秀哉 後藤 梓 (～9月) 高橋秀幸 齊藤巧真 高橋麟太郎
 土屋龍一 赤堀正浩 沼田彩由 大西惟仁 二田竜太 渡部雅海 岡坂洋輝 池田宏太郎
 塚本悠一朗 秋山風也 太田智成 竹田悠志 原島 葵 竹永尚幸 君島雄大 伊海田皓史
 石川和毅 李 孝範 ONG Fei Shen 金子賢人 河合成孝 楠本哲也 久保勇貴 CORAL Giulio
 (～9月) 佐藤元紀 SICAT Maxime Marian Hadrien 竹下聡人 谷口翔太 角田有紀人 (～9月)
 DIWANTO Yohanes Bimo (～9月) 中 源也 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 MONTEIRO Padovan Tiago (～9月) 山下裕介
 山田哲嗣 近澤拓弥 (～8月) 山田修平 大石将人 (8月～) 山浦遼太郎 (8月～)
 LEVILLAIN Emile Camille (～9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～)

1. 概要

宇宙飛翔工学研究系では、宇宙飛翔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. 2020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 液体酸素気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 ロケットプルーム音響予測に向けた音響解析
- 3.7 宇宙輸送機等における多様な空力課題に関する研究
- 3.8 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
- 3.9 現行科学衛星プロジェクトの構造系開発
 - 3.9.1 SLIM の構造系開発
 - 3.9.2 XRISM の構造系開発
 - 3.9.3 MMX の構造系開発
- 3.10 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
- 3.11 耐熱複合材の研究
 - 3.11.1 耐熱複合材料の各種エンジン部品への適用
 - 3.11.2 耐環境性セラミックスコーティングの研究開発
 - 3.11.3 耐熱複合材料の損傷蓄積および劣化機構に関する研究
 - 3.11.4 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
- 3.12 高分子および高分子基複合材の研究
 - 3.12.1 高速回転 CFRP 円板の開発
 - 3.12.2 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
 - 3.12.3 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
- 3.13 金属系材料の強度・破壊
 - 3.13.1 ロケットエンジン燃焼室のクリープ疲労
 - 3.13.2 超塑性粒界すべりの直接観察
 - 3.13.3 形状記憶合金の特性改善
- 3.14 セラミックス金属異材接合
- 3.15 超高速衝突損傷のその場観察
- 3.16 材料・工程の国際標準化のための活動
- 3.17 液体推進系に関する研究
 - 3.17.1 HAN 系 1 液推進剤を用いたスラスタの研究開発
 - 3.17.2 セラミック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
 - 3.17.3 N₂O/エタノール推進系の研究
 - 3.17.4 高エネルギーイオン液体推進剤の研究
- 3.18 非化学推進
 - 3.18.1 イオンエンジン
 - 3.18.2 DC アークジェット
 - 3.18.3 パルス・プラズマ・スラスタ (PPT)
 - 3.18.4 磁気プラズマセイル
 - 3.18.5 マイクロスラスタのための高感度推力スタンドの開発
 - 3.18.6 ホールスラスタ
- 3.19 再突入・惑星突入に関わる研究
- 3.20 展開型柔軟構造体による再突入機の開発
- 3.21 火星探査用航空機に関する研究
- 3.22 天体着陸航法誘導システムの研究
- 3.23 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
 - 3.24 「はやぶさ 2」における研究
 - 3.24.1 「はやぶさ 2」ミッションの軌道・誘導・航法・制御解析
 - 3.24.2 「はやぶさ 2」におけるアストロダイナミクス研究
 - 3.24.3 小惑星着陸機／ローバーの着陸ダイナミクス解析
 - 3.24.4 ターゲットマーカの投下軌跡の推定
 - 3.24.5 スラスタ噴射による物体の飛散挙動
- 3.25 ソーラー電力セイル探査機による外惑星領域探査計画
 - 3.25.1 計画策定、システム設計
 - 3.25.2 セイル試作
 - 3.25.3 セイル展開機構試作
 - 3.25.4 薄膜発電システム
 - 3.25.5 膜構造物の収納・展開・展張
 - 3.25.6 サンプル採取
 - 3.25.7 ランデブー・ドッキング
- 3.26 需給状況に応じた電力制御システム
- 3.27 ブーム展開型超軽量薄膜太陽電池展開構造の研究
- 3.28 液体水素利用技術の研究開発

- 3.29 トランスフォーマーに関する研究
 3.29.1 システム・ミッション検討
 3.29.2 太陽光圧を用いた姿勢・軌道制御
 3.29.3 非ホロミック姿勢運動

4. 研究ハイライト (p.2~25)

・「はやぶさ2」のタッチダウンで観測された小惑星リュウグウ表面の擾乱とそれから示唆される表層と軌道の進化史【小惑星探査機「はやぶさ2」(Hayabusa2)】

- ・はやぶさ2の多波長画像から、S型小惑星との衝突の痕跡や母天体由来と思われる異なる熱変成度の物質を発見【小惑星探査機「はやぶさ2」(Hayabusa2)】
- ・飛行環境の不確かさを考慮した火星探査飛行機の空力性能解析
- ・セラミックス・金属接合スラスタに向けた高信頼性異材接合技術【将来深宇宙探査ミッション】
- ・ハイブリッドロケットの推力-混合比制御のノミナル性能向上を詳細に評価

5. 宇宙機応用工学研究系

Department of Spacecraft Engineering

教職員：廣瀬和之 川崎繁男 橋本樹明 久保田孝 山本善一 高島 健 吉川 真 戸田知朗 田中孝治 吉光徹雄
 曾根理嗣 水野貴秀 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 坂東信尚 大槻真嗣 尾崎直哉 BONARDI Stéphane 友田孝久 前田孝雄
 宇宙研院・学生：小淵大輔 ROY Hiya 作田真理子 猪爪宏彰 坂本琢馬 坂本康輔 越後和也 鈴木大和 石原 翼
 岩元和茂 本橋優俊 ZIMMERLIN Marie Alica 前中脩人 AYYAD Abdulla Amer Hasan (~9月)
 ALQUDAH Mohammad Khaled (~9月) DI Mengzhi (~9月) 松浦賢太郎 茂渡修平 岡田 英
 渡邊覚斗 松沢理宏 唐木達矢 出口拓実 野内敬太 伊藤琢博 柄本祥吾 神林賢 RAZA Mudasir
 山神達也 太田大智 阿久津壮希 関谷直樹 中村剛也 TURCO Giacomo (~7月) 川路晃汰
 常磐大地

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、宇宙用GPS受信器、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. 2020年度の研究成果

2.1 電源系技術

衛星・探査機の運用を通じて得られる電源系テレメトリデータを活用し、サイエンスに寄与する取り組みを行っている。2019年度、「あかつき」および「あらせ」に搭載された太陽電池の半影中の発生電流変動から、惑星大気密度の高度分布推定を行えることを示した。2020年度は解析対象テレメトリを増やし、推定精度向上を図った。

また、過酷環境利用のための電池設計のあり方について研究を進め電池の低温劣化に係る評価検討を行った。特に深宇宙探査に必要なエネルギー技術の検討や超小型衛星での探査を想定したときに搭載を前提とするリチウムイオンバッテリーの試作・試験を開始した。

小型衛星「れいめい」は打上げから15年を経て運用を継続している。搭載リチウムイオン電池において前述の低温で生じる金属リチウム析出傾向がどのように発現するか、寿命決定因子との関連付けの一つとして評価を進めた。当該評価にはドイツ航空宇宙センター(DLR)との共同研究契約に基づき、内部状態の変化を推測するためのシミュレーション手法を導入している。

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。当該研究の中から培われている技術は、将来の有人宇宙探査を視野に、コンパクトな酸素製造技術や、低消費電力での二酸化炭素からの水再生技術への発展を目指し、研究を進めている。

また 2019 年度より、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開始した。2019 年度にはガラス基板上に製膜した小面積セルをゴム気球で飛翔させ、環境劣化特性を評価した。引き続き 2020 年度はフレキシブル基板上に製膜した小面積セルを飛翔させる計画であったが、測定機器の開発遅延によりやむなく 2021 年度への延期を決定し、より高品質のデータを取得できるよう準備を進めた。

2.2 通信技術

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、早ければ 2024 年に現行機に置き換わる。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。

探査地上局は 20 年に一度など建設機会と数も限られる中で、将来性や信頼性を確実にする開発設計が求められる。そのような特殊条件下の開発設計をどのように行うべきか、先頃竣工した美笹 54m 地上局を題材として検討をまとめた。

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。2020 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、「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。

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。

PROCYON ミッションで開発した超小型深宇宙搭載トランスポンダを、6U キューブサットの SLS 搭載超小型探査機ミッション向けに、さらに小型軽量化し、世界最小となる X 帯デジタルトランスポンダの開発を完了した。探査機の低リソース化に対応して商用オフザシェルフ

(COTS) 品を積極的にデュアルユースすることで、送信増幅器込みで重量 0.48kg、大きさ 80mm×80mm×54mm、消費電力 13.3W と大幅な小型軽量化を実現し、近地球から深宇宙領域までをカバーすることが可能となった。

また 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り、科学ミッションに不可欠な通信性能評価を行った。

2.3 情報データ処理技術

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、シミュレーションコンポーネント間で標準のインターフェースの採用を試行し、実際に動作することを示した。また、宇宙研固有な記法である SIB に関して、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詳細仕様を策定した。

2.4 航法誘導制御技術

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。特に極低温燃料のスロッシングの影響の研究を開始した。

磁束ピンング効果による磁気浮上機構の衛星への応用について、引き続き研究を行った。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であり、また磁気フォーメーションフライト (EMFF) 技術の新しい展開とも位置づけられる研究である。本年度は特に、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することで、浮上距離の微調整が可能なること、微小振動の減衰が強化される可能性があることを、実験結果により示すことができた。これとは別に、EMFF の群衛星への応用についても新たな理論構築が進展している。

小天体(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+や Comet Interceptor にて実証される予定である。

2.5 自律化・ロボット技術

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、カメラおよび Flash ライダを併用した地形認識、衛星画像とローバ搭載カメラが取得した画像の融合による経路計画、移動の不確実性を考慮した経路計画手法、形状可変型探査ロボット、異种群探査ロボットシステムの行動計画、ホッピングロボットの行動計画、スリップ

と消費電力を考慮した経路計画手法、探査 UAV の自己位置推定を考慮した計画手法、火星洞窟内の超小型探査ロボットの行動計画手法の検討などを行った。ローバの走破性の向上に関して、ホッピング移動機構の検討、Resistive Force Theory (RFT) を用いたホッピング性能の数値シミュレーション、ホッピングパッドの形状最適化と実験による評価を行った。また、落下塔ならびに国際宇宙ステーションの人工重力発生装置を利用した微小重力試験でレゴリス等粉粒体の流体ふるまいを観測し、粉粒体と機械の相互作用力に関し、速度に依存する力と付着力をパラメータとした数学的モデルを構築した。

「はやぶさ 2」小惑星探査機に搭載された探査ローバ MINERVA-II に関して、運用時に取得したデータの解析を継続した。特に、小惑星表面画像の詳細解析、探査ローバの行動評価、小惑星表面のローバの移動解析を行った。

SLIM 着陸ミッションに小型の分離プローブを搭載するため、移動機構の検証、構造モデルの製作と試験、搭載処理系の開発を行なった。SLIM ミッションの CDR に必要な情報を提供すると共に、プローブのフライトモデル開発を推進し、最終的な重量が搭載可能であるとの見通しを得た。

2.6 デバイス技術

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。

一般的に、放射線がデバイスに与える影響を調べるために加速器施設で重イオン照射試験を行っているが、フェムト秒パルスレーザーによる二光子吸収過程を利用する照射試験が実験室でも行えるものとして期待されている。この照射試験装置（我が国で唯一）を組み上げて、レーザーパルスが照射された際の PiN ダイオードの数 100 ピコ秒程度の過渡電流の測定を行ってきたが、今年度は新たにレーザー光をベッセルビームに成形する光学系を構築した。そして、低エネルギーの酸素イオンが PiN ダイオード中に生成する電荷量と等量の電荷量を発生させるレーザーパワーにすることで、酸素イオンが照射された際に発生する過渡電流波形をログスケールで再現できることを見出した。

光パルス検出 IC LIDARX と距離画像センサ Flash LIDAR 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 出力読み出し回路で、APD から出力されるパルスのタイミングと波高値を測定する回路である。LIDARX は火星衛星探査計画 MMX 搭載 LIDAR のコアデバイスとして採用され、EM を開発中である。Flash LIDAR は 3D イメージを撮像するセンサで、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。2020 年度は Si-MPPC を使った 128×128 画素の 3D イメージセンサが HTV-X 搭載ランデブセンサのコアデバイスとして採用され EM 製造が開始されている。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ことが知られている。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、センサや静電駆動型の MEMS デバイスの研究を行っている。2020 年度は MEMS ジャイロスコープを搭載した姿勢制御等に用いられる IRU (Inertial Reference Unit) を開発した。また、静電駆動型の MEMS 機械式発振デバイスの開発も行った。

2.7 軌道決定・軌道設計

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」の軌道決定では、2 つのターゲットマーカと MINERVA-II ローバ 2 のリュウグウ周回運用時の光学撮像データと追跡データを組み合わせてリュウグウの高次重力場を推定する事に成功した。また地球帰還時の軌道決定においては JPL、富士通に加えて独自の軌道決定解を提供し、比較検討を経て公式解として採用され高精度の地球帰還に貢献した。

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+ ミッションの実現に役立てる予定である。

2.8 小型衛星システム

100kg 級小型衛星に搭載する X 帯合成開口レーダの開発研究は、内閣府革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) に採択され、2018 年まで 100kg 級小型衛星に搭載できる地上分解能 1m の合成開口レーダを開発した。この ImPACT 成果を社会実装するベンチャー企業であるシンスペクティブ社が設立された。シンスペクティブ社と JAXA 新事業促進部と共創的覚書を締結し、小型レーダ実証 1 号機 “Strix-a” 機を開発した。2020 年 12 月に打上げに成功し、SAR 画像の取得を行っている。

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・検討を推進している。2020 年度は技術のフロントローディングの枠組みで、MEMS IRU の EM 相当品の試作を行った。本 IRU は、民生技術を積極的に採用し、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 を達成している。

2.9 信号処理技術

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。さらに将来に向け、ニューロモ

ーフイック（神経模倣）なプロセッサやセンサにより、低リソース環境下で複雑な航法演算を可能にする研究を実施し、深層学習に代表される人工的なニューラルネットワーク（ANN）をニューロモーフイックプロセッサで実行可能なスパイクニューラルネットワーク（SNN）へと変換する手法や、SNN を直接的に学習する手法を提案した。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。

2.10 宇宙エネルギーシステム

宇宙太陽発電衛星の研究に関して、テザー型太陽発電衛星に関する、システム検討、主要な構造である発電一体パネルの熱構造の概念検討のための要素研究、高効率化の検討を実施した。民生用 GaN HEMT デバイスを用いて高調波処理による電力付加効率の向上に関して試作・検討を継続するとともに、民生用 GaN HEMT デバイスの耐宇宙環境性評価を開始した。

太陽発電衛星の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行った。静止軌道で 50 年相当分の電子線の影響評価を実施し、良好な結果が得られた。

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の研究を進めており、原理検証を実施した。また、従来のソフトウェアレトロディレクティブにおける、方向探知精度へのアンテナ変形の影響評価を行っている。

発電一体パネルの同一パネル面上に、送電アンテナ素子と太陽電池アレイの混載構造のためのアンテナ試作と評価実施している。

太陽発電衛星や SAR 衛星で使用する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ている。

無線送電研究の 1 つとして、軌道に直径 1 km という巨大な送電アンテナを建設するために、階段状の電力密度分布を有するアレイアンテナ構成法の提案と実証実験を行った。この手法では、大量に必要とされるアンテナや増幅器の素子の仕様が限定されることで、素子の製造コストが削減される結果、全体の建設コストを抑える効果が期待される。

2.11 観測ロケット搭載システム

観測ロケットへの搭載ミッション機器に対して、現行の観測ロケット単独では提供できない利便性のうち、要望の高い機能を標準オプションとして提供するための 2 つの装置の研究開発を行った。マルチリンク機構を利用した高精度な指向制御支援装置である「慣性プラットフォーム」実証実験と観測ロケットから分離して観測を行う機器のためのデータ通信・電力伝送環境を提供する「小型プローブバス技術実験」である。S-310-45 号機におい

て宇宙実証実験が実施され、実験は成功した。今後は観測ロケット S-520 を用いて、実験結果をさらに確実にするための後続実証実験を行う予定である。

3. 研究項目

- 3.1 電源系技術
 - 3.1.1 極端環境における宇宙用太陽電池の特性評価
 - 3.1.2 宇宙用蓄電デバイス
- 3.2 通信技術
 - 3.2.1 ワイヤレスセンサおよび高効率回路技術
 - 3.2.2 搭載深宇宙 RF 通信技術
 - 3.2.3 搭載近地球通信技術
 - 3.2.4 宇宙機内ワイヤレス通信技術
- 3.3 情報データ処理技術
 - 3.3.1 衛星データ処理アーキテクチャ
 - 3.3.2 モデル化技術の衛星開発への応用
- 3.4 航法誘導制御技術
 - 3.4.1 宇宙機の姿勢決定・制御
 - 3.4.2 月惑星探査機の航法誘導制御
 - 3.4.3 惑星探査機の航法センサ
- 3.5 自律化・ロボット技術
 - 3.5.1 月惑星探査ロボティクス
 - 3.5.2 小天体探査ローバ
- 3.6 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 軌道決定
 - 3.7.1 DDOR 技術
 - 3.7.2 オープンループ受信機による軌道決定
- 3.8 小型衛星システム
 - 3.8.1 小型科学衛星
 - 3.8.2 小型衛星高速通信システム
 - 3.8.3 小型衛星用マイクロ波合成開口レーダ
 - 3.8.4 搭載機器の小型軽量・低消費電力化
- 3.9 航法信号処理
 - 3.9.1 月惑星着陸機の画像航法
 - 3.9.2 着陸航法用センサフュージョン
- 3.10 宇宙エネルギーシステム
 - 3.10.1 太陽発電衛星システム
 - 3.10.2 薄膜発電システム
 - 3.10.3 大電力システムと宇宙環境
- 3.11 観測ロケット支援装置
 - 3.11.1 6DOF モーション・ステージ
 - 3.11.2 小型プローブバス（無線通信・電力伝送）

4. 研究ハイライト (p.2~25)

- ・ Flash LIDAR のためのガイガーモード APD を使った 3D イメージセンサ【宇宙探査イノベーションハブ】
- ・ イオンエンジン運用等の不確実性に対してロバストな軌道設計手法の確立

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、2021年3月末現在は計6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。

2021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
和泉 究	カリフォルニア工科大学 (米)	Observational gravitational wave astronomy	2017年9月～
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 (2020年度)

IZUMI Kiwamu

- T. Akutsu *et al.*, Classical and Quantum Gravity, Vol. 38(6), 65011 (2021)
<https://doi.org/10.1088/1361-6382/abd922>
- T. Ushiba *et al.*, Classical and Quantum Gravity, Vol. 38(8), 85013 (2021)
<https://doi.org/10.1088/1361-6382/abe9f3>
- T. Akutsu *et al.*, Progress of Theoretical and Experimental Physics, Vol. 2021(5), 05A101 (2020)
<https://doi.org/10.1093/ptep/ptaa125>
- T. Akutsu *et al.*, Progress of Theoretical and Experimental Physics, Vol. 2021(5), 05A102 (2021)
<https://doi.org/10.1093/ptep/ptab018>
- T. Akutsu *et al.*, Progress of Theoretical and Experimental Physics, Vol. 2021(5), 05A103 (2020)
<https://doi.org/10.1093/ptep/ptaa120>
- S. Kawamura *et al.*, Progress of Theoretical and Experimental Physics, Vol. 2021(5), 05A105 (2021)
<https://doi.org/10.1093/ptep/ptab019>
- K. Izumi *et al.*, Progress of Theoretical and Experimental Physics, Vol. 2021(5), 05A106 (2020)

<https://doi.org/10.1093/ptep/ptaa124>

- B. P. Abbott *et al.*, Living Reviews in Relativity, Vol. 23(1), 3 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s41114-020-00026-9>

BONARDI Stéphane

- T. Sakamoto *et al.*, IEEE Robotics and Automation Letters, Vol. 5(4), pp.6662-6669 (2020)
<https://doi.org/10.1109/LRA.2020.3016285>

LAU Ryan Masami

- Matthew J. Hankins *et al.*, The Astrophysical Journal, Vol. 894(1), 55 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab7c5d>
- Ryan M. Lau *et al.*, The Astrophysical Journal, Vol. 898(1), 74 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab9cb5>
- Ryan M. Lau *et al.*, The Astrophysical Journal, Vol. 900(2), 190 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/abaab8>
- Ryan M. Lau *et al.*, The Astrophysical Journal, Vol. 909(2), 113 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/abd8cd>
- Yinuo Han *et al.*, Monthly Notices, Vol. 498(4), 5604 (2020)

<https://doi.org/10.1093/mnras/staa2349>

TORIUMI Shin

- H. Hotta *et al.*, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 498(2), pp.2925-2935 (2020)
<https://doi.org/10.1093/mnras/staa2529>
- R. T. Ishikawa *et al.*, Solar Physics, Vol. 295(4), 53 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s11207-020-01617-z>
- A. Y. Duan *et al.*, The Astrophysical Journal Letters, Vol. 896(1), L9 (2020)
<https://doi.org/10.3847/2041-8213/ab961e>
- S. Toriumi *et al.*, The Astrophysical Journal, Vol. 902(1), 36 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab9df9>
- C. W. Jiang *et al.*, The Astrophysical Journal, Vol. 903(1), 11 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/abb5ac>

O'DONOGHUE James

- L. Moore *et al.*, Philosophical Transactions of the Royal

Society A, Vol. 378(2187), 20200100 (2020)

<https://doi.org/10.1098/rsta.2020.0100>

HYODO Ryuki

- R. Hyodo *et al.*, Astronomy & Astrophysics, Vol. 645, L9 (2021)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202040031>
- S. Ida *et al.*, Astronomy & Astrophysics, Vol. 646, A13 (2021)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202039705>
- R. Hyodo *et al.*, Astronomy & Astrophysics, Vol. 646, A14 (2021)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202039894>
- R. Hyodo *et al.*, ICARUS, Vol. 354, 114064 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2020.114064>
- R. Hyodo *et al.*, The Astrophysical Journal, Vol. 898(1), 30 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab9897>

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レクションが行われ、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。

IV章はこのプロジェクトの 2020 年度成果について記載するが、IV-1 節では、それ以前のワーキンググループ、プリプロジェクト候補、プリプロジェクトについても、簡単に状況を記載する。

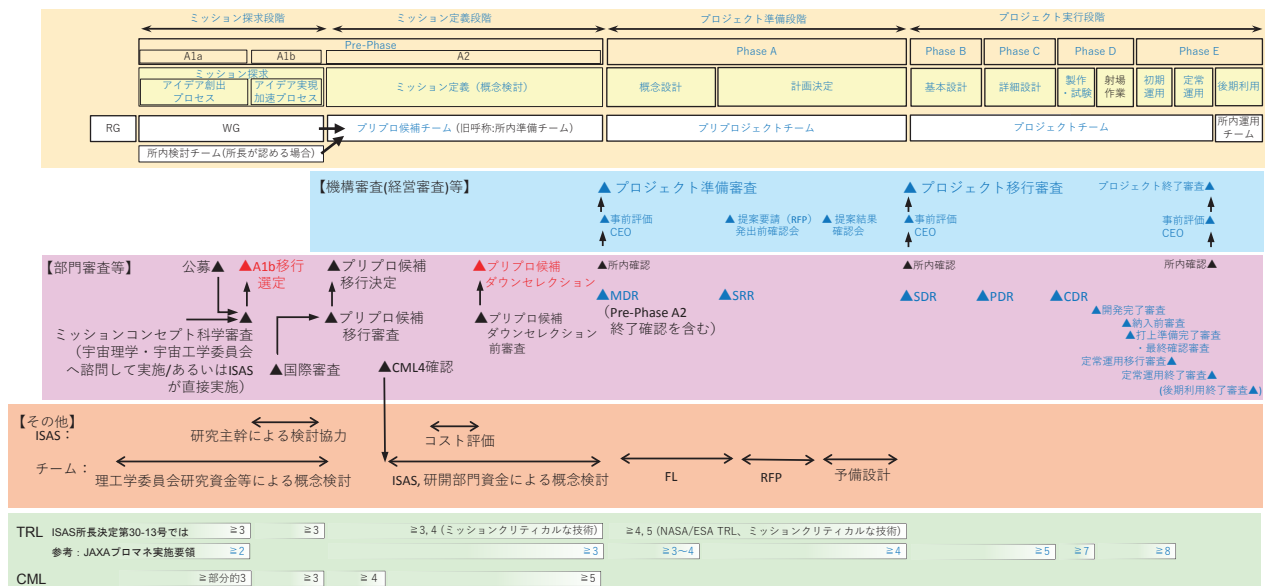


図1 宇宙科学プロジェクトのフェーズ (2019年12月10日版)

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とともに採択された後、概念検討を続け、2020年3月に国際審査を受審した。2021年2月にはプリプロジェクト候補移行審査を受審したが、ESA CV M5 候補の Theseus の動向によりミッション 意義・価値に大きな影響があること、及び PrePhase A2 に向けて調達マネジメント及びコスト等に関して追加検討が必要との判断から、2021年5月のESA CV M5 選定後に再審査する事となった。

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

SPICA (次世代赤外線天文衛星) は、ESA が主導する国際ミッションであり、2021年6月のCosmic Vision Mクラスミッション5号機としての最終選抜に向け、プリプロジェクト候補として概念検討を進めてきた。2020年7月にESAのMission Consolidate Reviewを受審したが、ESAが欧州側担当分のコスト精査を行った結果、コストが大幅に超過していることが判明した。欧州サイエンスチームから口径を縮小する方針が出され、ISASでは2020年9月に「ミッション要求変更確認会」を実施した。その結果、科学的意義の維持は認められたものの、MCR後に所掌変更を求められたFine Guidance Sensor及びScience Instrument Assemblyについては技術・コストの観点から受け入れられず、ESAとの機関間調整に委ねることとなった。これを受けて両機関で協議した結果、2020年10月にSPICAのMSRに向けた活動中止を決定した。現在、SPICAが中止に至った要因分析とLL抽出のための第三者による検討委員会を実施しており、その内容も踏まえたSPICAの活動を総括するための計画終了審査の準備を行っている。

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、対応を検討中である。

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。現在、プリプロジェクト化に向けて、概念検討を進めている。

小型JASMINE (小型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が不採択となったため対応を検討中であり、概念検討段階の中で、国立天文台主導での検出器国内開発の可能性を探っている。

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を実施した。まもなくプロジェクト移行する見込みである。

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、改修作業を行っているが、さらに開発スケジュールの遅延が生じている。

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ている。

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、開発を進めている。

GREAT (深宇宙探査用地上局) は、2014年3月に臼田後継局準備チームとして活動を開始し、2016年6月にプロジェクト移行した後、順調に開発をすすめ、2020年12月のはやぶさ2の地球帰還フェーズに間に合わせて開発を行った。2021年3月に開発完了審査及び定常運用移行審査、2021年4月にプロジェクト終了審査および開所式を執り行う予定である。

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。

はやぶさ2 (小惑星探査機) 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月に所内プリプロジェクトチームへ移行し、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 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し、所内プリプロジェクトチームに移行が認められ、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、所内検討チームとして活動してきたが、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に移行が認められ、2025年打上げを目指して開発を進めている。

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。

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。

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 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採択した。また、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)、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)、BEAK (ISS から放出するエアロキャプチャ実験の超小型機)、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 (CLASP2 日米欧国際共同観測ロケット実験、SUNRISE-3 国際大気球太陽観測実験)、NASA Fermi 衛星の科学運用への協力、を実施した。

特記事項として、DUST は 2020年9月にホワイトサンズで打上げを行った。実験データは取得できたものの、前回同様ダンパを消失し実験機器が破損した。

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、2021年の NASA 引渡しに向けて、進めている。

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 北村成寿
 (東大) 坪内 健 (東工大) 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) 利根川豊 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 今田晋介 堀 智昭 (名大) 中谷一郎 (愛知工科大学) 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) 白井英之
 (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 鶴田浩一郎 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 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る。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た。

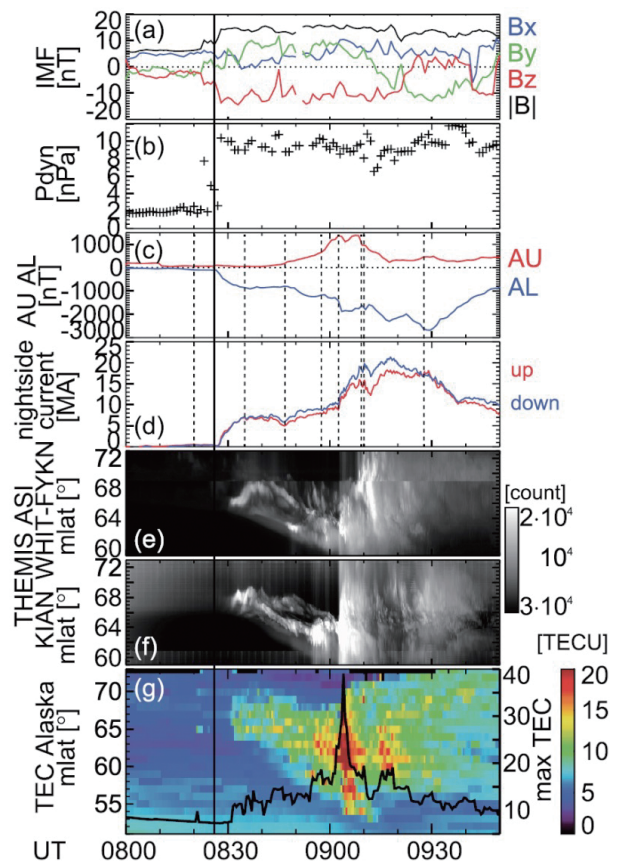
実績：

- ① 打上げから28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、Van Allen Probes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 2020年度査読付き論文数：16編
 査読付き論文の累計数：1268編
【研究成果】米国の通信衛星Galaxy-15の故障を引き起こしたといわれる、2010年4月5日のスーパーサブストーム時の磁気圏、電離圏、熱圏の応答を、HSO (Heliophysics System Observatory) 衛星群とGPS、オーロラと地磁場の地上観測網を用いて観測し、明らかにした。GEOTAILは磁気圏すぐ上流の太陽風と惑星間空間磁場(IMF)をモニターし、惑星間空間

間衝撃波の通過を観測した。(J. Geophys. Res. Space Physics 令和2(2020)年4月に掲載。) (下図)



(a,b) GEOTAILによって観測された2010年4月5日の惑星間空間衝撃波の通過に伴うIMFの変動と太陽風動圧の上昇。

(c-f) 地上磁場観測に基づく夜側電離圏電流の変動と、地上オーロラ観測に基づくオーロラ発光強度の磁気緯度依存性。

(g) GPS観測によって推定された電離圏電子密度の上昇。

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15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、軌道上で生じているスピンドル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。

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。

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

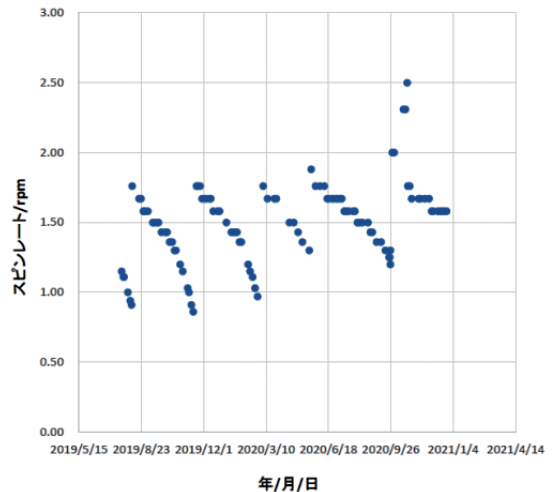


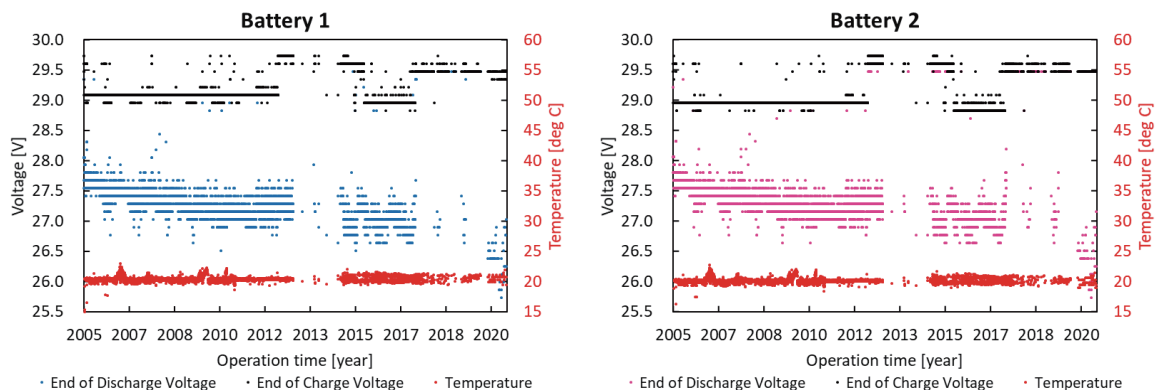
図 スピンドルトの変動

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、スピンドルトが減衰し続ける傾向を把握しており、定期的にスピンドルトアップのための運用を実施してきた。一方で、このスピンドル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、スピンドル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2件、国際学会発表1件、その他特許等産総研-長岡技大-DLR-JAXA 間共同研究契約継続中。



放電末期電圧のトレンドデータ
15年を経て、放電末期電圧が著しく低下しつつある

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 大場崇義 【SOLAR-B プロジェクトチーム】

鳥海 森 鄭 祥子 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) 艸分宏昌 (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 岡本丈典 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 大辻賢一 (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 石塚典義 大野望海 (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気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気的活動の源を調べることを目的として開発された。

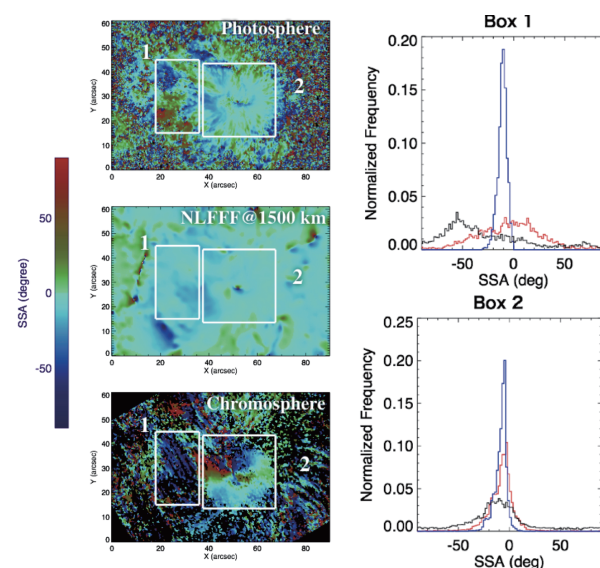
実績：

- ① 打上げ後軌道上科学運用を実施し、満14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)の初期観測支援、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(観測ロケット等)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 사용되는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2(2020)年度査読付き論文数：63編 査読付き論文の累計数：1370編 (令和2(2020)年12月時点)
- ② ひので観測研究の11年間の成果についてレビューした査読論文“*Achievements of Hinode in the first eleven years*” (Hinode Review Team, 2018, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 71, R1)は、発行社のOxford University Pressによれば、2018～2019年に出版された論文のうち、most read articlesの1つに数えられている(2020年)。

- ③ 【研究成果】フレアを引き起こすコロナの磁場構造を観測的に知る方法として、「ひので」可視光望遠鏡の高解像度光球ベクトル磁場マップを上空コロナにフォースフリー条件で外挿するモデル(非線形フォースフリー磁場[NLFFF]モデル)が広く使用されるが、コロナに至る手前の彩層における磁場観測との定量的比較を初めて行うことで、非ポテンシャルな磁場が30-40度も過小評価される場合があることを明らかにした。この発見は、彩層磁場観測を同モデルに制限条件として加えることが、フレア発現に重要な磁場形状推定の精度向上に貢献することを示唆する。(The Astrophysical Journal 令和2(2020)年7月)
- ④ 「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。



左:活動領域のポテンシャル磁場からの方位角のずれ(Shear signed angle:SSA)の空間分布。上から順に、「ひので」光球磁場観測、NLFFF外挿の1500km地点、彩層観測。右:左図の白枠で囲まれた領域のSSAのヒストグラム。黒が光球観測、青がNLFFF外挿の1500km地点、赤が彩層観測を示す。

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 鈴木 睦 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 奥泉信克 山本善一 鎌田幸男 富木淳史 山田隆弘 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 Javier Peralta (ISAS/JAXA) 田口 真
福原哲哉 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 今井正亮 (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) 杉山耕一朗 (松江高専)
LEE Yeon Joo (ベルリン工科大学) 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：

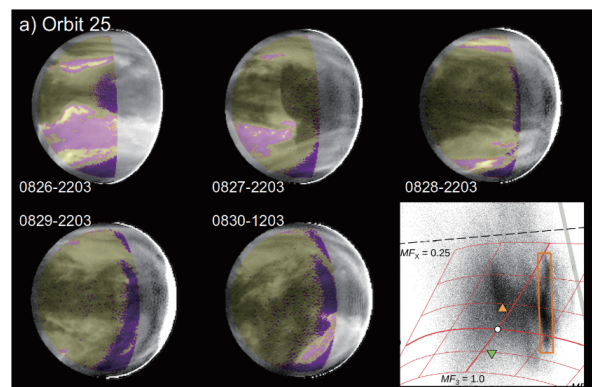
- ① 科学観測を休止している IR1, 2 以外のセンサでの観測を順調に実施した。
- ② NASA Planetary Data System (PDS) のピア・レビューをパスし、UVI, IR1, IR2, LIR, RS データセットの正式版をリリースした。これらのデータは NASA PDS Atmospheres Node から配布されている。
- ③ 2020年度は、2018年12月から2019年12月までのデータを DARTS より公開した。

効果：

- ① 令和2 (2020) 年度査読付き論文数：7編
査読付き論文の累計数：73編
(令和3 (2021) 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新たに選ばれた。
- 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、インドは2023年打上げ予定で計画を進めている。
- ⑤ 2023年度までの運用延長が承認された。

図：RSS 処理された IR2 夜側データから得られた CALM (Sato *et al.*, 2021)。右下のオレンジ色の枠内の集中したデータポイントが CALM に対応する。金星画像では、CALM 領域はピンク色に、非 CALM 領域は黄色に着色されている。紫色の領域は、昼側の三日月からの強い光による汚染の影響を取り除き切れていないと思われる。

- ⑥ 【研究成果1】「あかつき」によって取得された高精度な雲風観測データを定量的・統計的に解析した結果、赤道や低緯度地域でのスーパーローテーションは、主に大気中の熱潮汐によって維持されていることが明らかになった。【研究ハイライト参照 (p.10)】
【研究成果2】1.735mm, 2.26mm, 2.32mm の夜側データを対象に昼側の迷光が夜側の画像に及ぼす影響を最小限にする手法 RSS : (Restoration by Simple Subtraction) が開発された (T. Sato, *et al.*, Icarus 355, 114134, 2021)。RSS で処理されたデータを用い金星の雲の物理的性質を調べ興味深い領域を特定し、CALM (Clouds Aligned Linearly in M3L coordinates) と名付けた (図)。この CALM 領域は、中緯度の「明るすぎない」明部に集中していることがわかった。CALM は比較的静穏な (乱れの少ない) 領域で、エアロゾルのサイズが大気温度と圧力と硫酸蒸気量の平衡過程で決まっていると考えられる。興味深いことに、CALM には中緯度の明るい条は含まれていない。高解像度の数値シミュレーション (Kashimura *et al.*, 2019) により、この条は大気が強く下降している領域であることが確認されている。このように、CALM の発見は、大気の「安定した領域」と「乱れた領域」を区別する手段を提供し、「あかつき」の2次元画像データに (部分的に) 3次元的な視点を与える可能性がある。



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】

菊地翔太 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年以降は推進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 スピンレートによってねじれ角だけでなく、たわみ角も変化するモデル化を行い、スピンレート・太陽角の履歴を一致させた (図 1)。これを活用して IKAROS の姿勢履歴と通信可能な時期との対応を明らかにした。
- ② 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
 - ・ 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 2020年度査読付き論文数：1編
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。

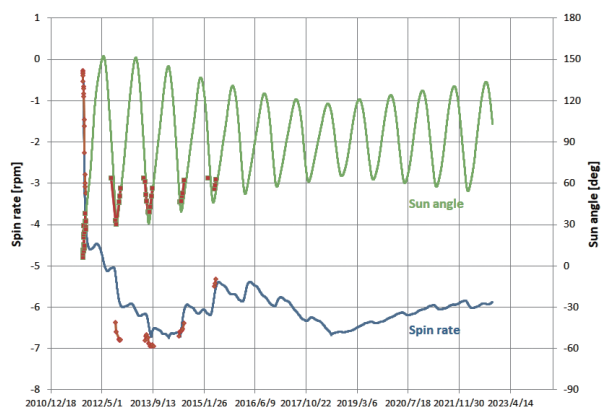


図1 ソーラーセイルの姿勢モデル

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】

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 桑原正輝 藤本正樹 (JAXA) 吉川一朗 吉岡和夫 (東大) 土屋史紀 木村智樹 鍵谷将人 笠羽康正 坂野井健 寺田直樹 (東北大) 北 元 (東北工大) 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：

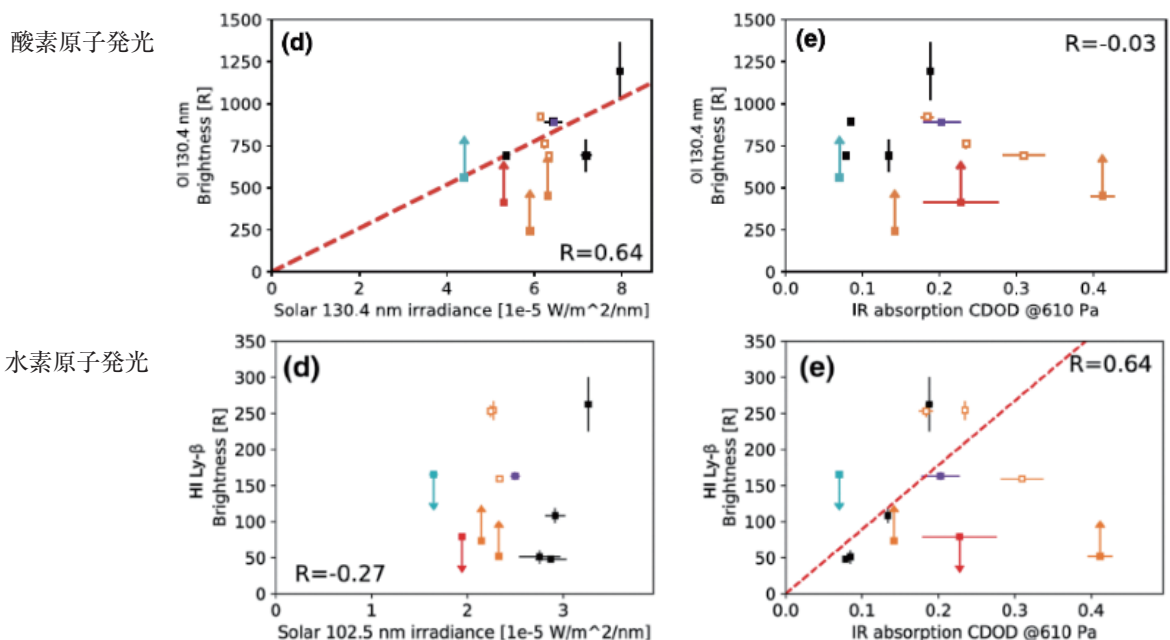
- ① 木星、金星、火星等の惑星科学観測運用を継続し、世界的にユニークな極端紫外線分光観測データを創出した。
- ② 2016年7月からの木星探査機 (JUNO) の木星内部磁気圏観測に合わせた木星協調観測を実施中。特に、JUNO 近木点での直接プラズマ観測に合わせて集中的に木星観測を実施した。
- ③ 10月の地球最接近時に火星の上層大気分光観測

を継続的・定期的実施した。

- ④ 10月の BepiColombo 金星スイングバイ時にあわせて「みお」-「あかつき」-「ひさき」3機による金星観測キャンペーンを実施した。これに端を発するアウトリーチ活動も実施した。

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：51編
- ② 打上年から昨年度までの火星観測成果について学術論文が掲載された。「ひさき」による水素原子と酸素原子の発光量を継続観測結果が、火星下層大気で発生するダストストームと相関があることを明らかにした(下図)。今年度の地球最接近時の火星観測データ解析の初期値としても適用される。
- ④ 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。



「ひさき」が観測した火星超高層大気酸素原子発光 (上2図) と水素原子発光 (下2図) について、太陽光強度との相関 (左2図) と火星大気中の水素原子存在量との相関 (右2図) を示す。水素原子と酸素原子の発光輝線を継続観測した結果、水素原子の発光はダストストームにより増加すると考えられる火星大気中の水素原子量との相関が高いこと (右下図)、酸素原子の発光は太陽光強度に依存すること (左上図) を明らかにした。(Masunaga et al., 2020, *Journal of Geophysical Research*)

g. 小惑星探査機「はやぶさ2 (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 (6月～) 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
 照井冬人 西山和孝 野口里奈 早川雅彦 藤井 淳 細田聡史 松岡 萌 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】
 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 橋 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

小惑星探査機「はやぶさ2 (Hayabusa2)」は、C型小惑星「Ryugu」(リュウグウ)の探査およびサンプルリターンを行う。原始太陽系における鉱物・水・有機物の相互作用の解明から、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。

また、衝突装置の衝突地点付近からのサンプル採取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、さらに世界をリードし、太陽系天体往復探査の安定した技術を確立する。

「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、2019年11月にリュウグウを出発した。

2020年度は以降に示す通り、探査機の地球帰還およびカプセルの回収に成功した。

実績：

- ① 2020年9月に、小惑星リュウグウから地球帰還に向けたイオンエンジンの運転を計画通り終了した。のべ22,348時間におよぶ地球往復運転を大きなトラブルなく完了し、小惑星往復探査技術としての有効性が実証された。
- ② 2020年10月より、地球帰還にむけたリエントリー最終誘導運用を実施した。化学推進系を使用し4段階に分けて探査機の軌道を調整したのち、12月5日



回収用ヘリコプタから撮影したカプセルおよびパラシュート (2020年12月6日)

に地球距離約22万kmの地点より、リュウグウのサンプルが収納された再突入カプセルを計画通り分離した。探査機はカプセルを分離後直ちに軌道変更を行い、地球をスイングバイして地球圏を離脱した。

- ③ 分離した再突入カプセルは、2020年12月6日に計画通りオーストラリアのウーメラ地区に着地した。大気圏突入時の発光の光学観測、ビーコン受信による探索、マリンレーダやドローンによる探索が計画通り実施され、当日中にカプセル本体及びヒートシールドの回収に成功した。世界初の地球圏外からのガスサンプルリターンにも成功し、カプセルは12月8日に相模原キャンパスへ到着し、6年間にわたるミッションの大きな目標を達成した。世界初のC型小惑星の分析結果が期待される。

効果：

- ① 2020年度査読付き論文数：24編
査読付き論文の累計数：157編
- ② 【研究成果】リュウグウ表面の攪乱と軌道の進化史に関する論文 (Science 誌) をはじめとして、Nature 誌、Icarus, Astronomy & Astrophysics などの論文誌に成果が掲載された。【研究ハイライト参照】
- ③ 【表彰】学会や外部団体から合計12件の表彰を受けた。【5.表彰・受賞参照 (p.201-)】



回収されたカプセルのキャッチャーA室で確認された小惑星リュウグウの粒子 (2020年12月15日)

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 正島 充 大野木瞭太 江口禎江 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 松田昇也 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 今田晋介 (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
 高橋直子 北村成寿 天野孝伸 星野真弘 (東大) 小嶋浩嗣 大村善治 海老原祐輔 栗田 玲 上田義勝 新堀淳樹
 松岡彩子 谷森 達 家森俊彦 (京大) 横田勝一郎 (阪大) 笠原禎也 八木谷聡 後藤由貴 尾崎光紀 (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)
 藤本晶子 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
 (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) 北村健太郎 (徳
 山高専) 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。

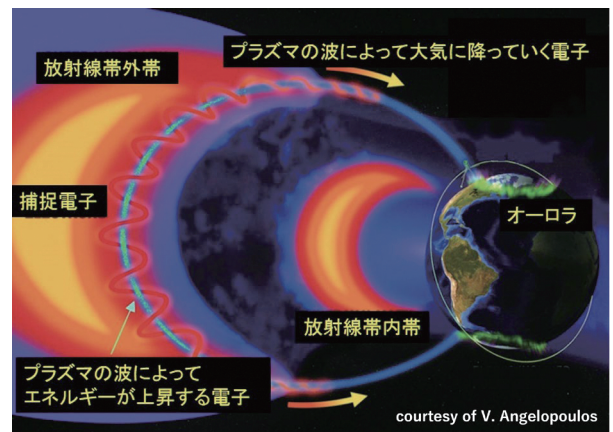
実績：

- ① 観測運用を順調に継続し、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 の電離圏レーダ観測網) との共同観測を実施した。
- ③ 2019 年 6 月に打ち上げられた米国 DSX 衛星の能動実験に対してバーストモード協調観測を累積 50 回実施した。

効果：

- ① 2020 年度査読付き論文の受理数：25 編 (累積 177 編) (令和 3 (2021) 年 1 月末時点)
- ② GRL 誌 Editor's Highlights (Hendry *et al.*, 2019) に選ばれるなど、海外研究者のデータ利用による注目される科学成果もあがりはじめた。

- ③ VERSIM 2020 (2020 年 11 月) や PWING-ERG conference and school on the inner magnetosphere (2021 年 3 月) の日本主催の国際会議の開催 (オンライン会議) に協力し、ERG の科学成果を発表した。



「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つつある。

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。

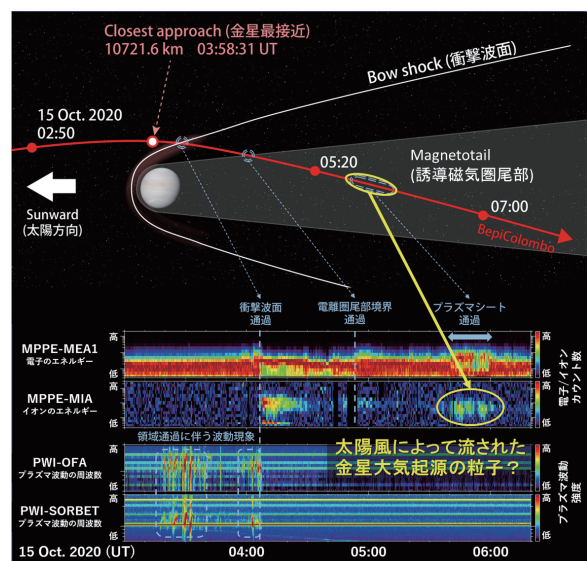
実績：

- ① 2020 年 4 月 10 日 (日本時間) に地球スイングバイを実施し、「みお」搭載装置を用いた地球磁気圏の科学観測に成功した。また 2020 年 10 月 15 日 (日本時間) には金星スイングバイを実施し、「みお」による金星周辺のプラズマ環境の科学観測を行った。金星大気流出したと考えられるイオンの検出に成功したほか、金星探査機「あかつき」および惑星分光観測衛星「ひさき」との同時観測も実施した。惑星間空間航行中にも科学観測を複数回実施し、太陽風電子の時間変動を捉えた。2021 年 3 月の BepiColombo 探査機外合時には「あかつき」と同時に太陽コロナ・太陽風の電波掩蔽観測を実施しつつ、太陽観測衛星「ひので」による太陽磁場・コロナの観測を行った。2021 年度の金星・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 2020 年度査読付き論文数：44 編
査読付き論文の累計数：115 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。



2020 年 10 月の金星スイングバイ時に実施した水星磁気圏探査機「みお」による科学観測成果

3. 開発中の科学衛星・探査機

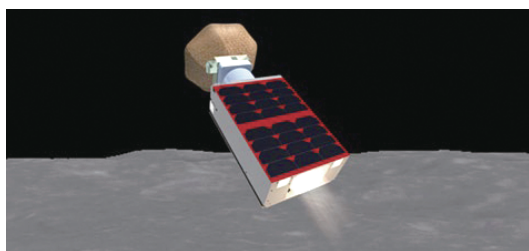
a. SLS 搭載超小型探査機 (OMOTENASHI, EQUULEUS)

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】

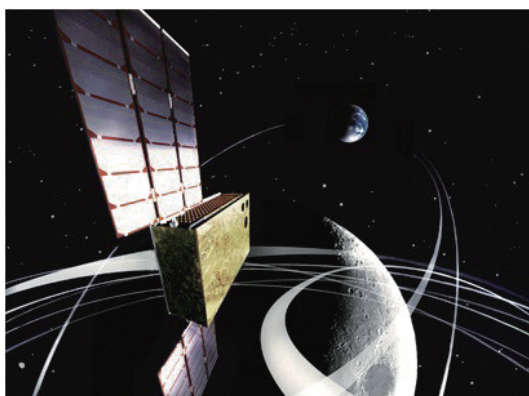
豊田裕之 矢野 創 石毛康夫 徳永 翔 尾崎直哉 桑原正輝 (ISAS/JAXA) 廣瀬史子 永松愛子 平澤 遼 (JAXA 研究開発部門) 小泉宏之 吉川一朗 五十里哲 川端洋輔 石川晃寛 吉岡和夫 (東大) 阿部新助 (日大) 柳沢正久 (電通大) 平井隆之 (千葉工大) CAMPAGNOLA Stefano (NASA/JPL)

2021 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, 提案代表者の所属する宇宙科学研究所が中心となり実施している。



OMOTENASHI の着陸イメージ図



EQUULEUS の定常観測イメージ図

実績:

- ① OMOTENASHI は, FM の開発を完了し, 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 EQUULEUS は, FM ハードウェア, ソフトウェアの開発を完了し, 動作試験, 環境試験を実施した。軌道上運用を考慮したソフトウェア試験, 軌道上運用の準備を実施中。
- ③ 両探査機とも, JAXA 内の開発完了審査/PQR および NASA への引き渡し準備確認会を完了した。NASA への探査機引き渡しのための輸送の準備, 渡米の準備を行った。

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。

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) 榎木賢一 (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 荒川哲人 江口 光
 仲内悠祐 石田貴行 伊藤琢博 植田聡史 河野太郎 古川克己 道上啓亮 【SLIM プロジェクトチーム】
 大槻真嗣 奥泉信克 佐藤英一 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) 秋月祐樹 石丸貴博 片山保宏
 金谷周朔 河津 要 金城富宏 後藤健太 小林雄太 澤田健一郎 清水太郎 住田泰史 大門 優 互井梨絵
 谷 洋海 内藤 均 長田泰一 中塚潤一 羽森仁志 藤井 剛 宮澤 優 安田 進 (JAXA 研究開発部門)
 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) 北菌幸一 (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。

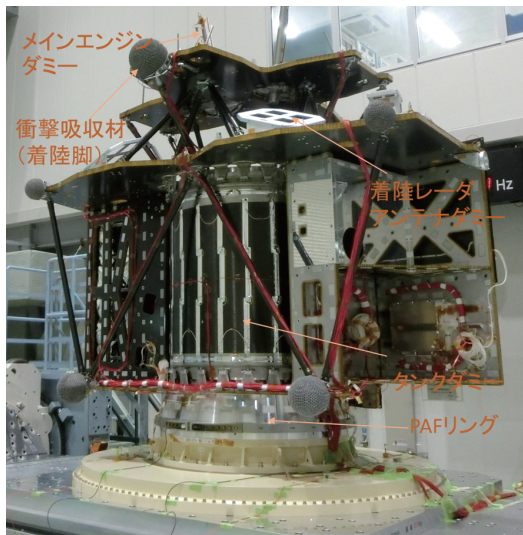
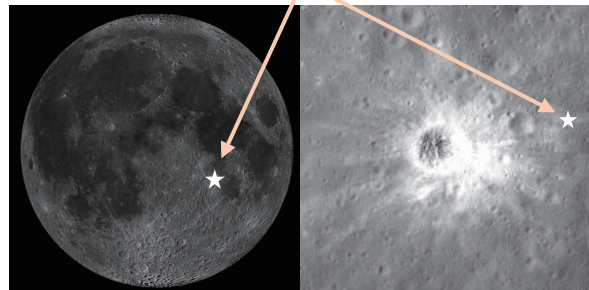
実績：

- 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、次フェーズである維持設計フェーズへと進むことが妥当と判断された。

効果：

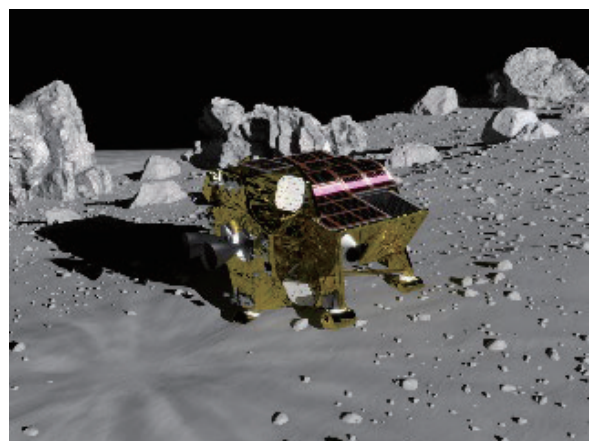
- ① 2020 年度査読付論文数：6 編
査読付論文の累計数：46 編
- ② 我が国初となる小型で軽量の探査機での重力天体への高精度軟着陸の実現に向け、着実な業務運営が行われたと評価する。

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 [1]

[1] 下地他, SLIM 探査機システムの設計と検証, 第 64 回宇宙科学技術連合講演会, 4E06, 2020.



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 寺田幸功 藤本龍一 森 浩二 星野晶夫 吉田鉄生 林 克洋 【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 石川久美 峯杉賢治 尾崎正伸 小川美奈 太田方之 中村英斗 篠崎慶亮 梯 友哉 巳谷真司 佐々木貴広 茂渡修平 岡本 篤 安田 進 柳瀬恵一 吉岡奈紗 (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) 大橋隆哉 藤田 裕 江副祐一郎 瀬田裕美 (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 田中孝明 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) 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) 粟木久光 寺島雄一 志達めぐみ (愛媛大) 江口智士 (福岡大) 甘日出勇 山内 誠 西岡祐介 (宮崎大)

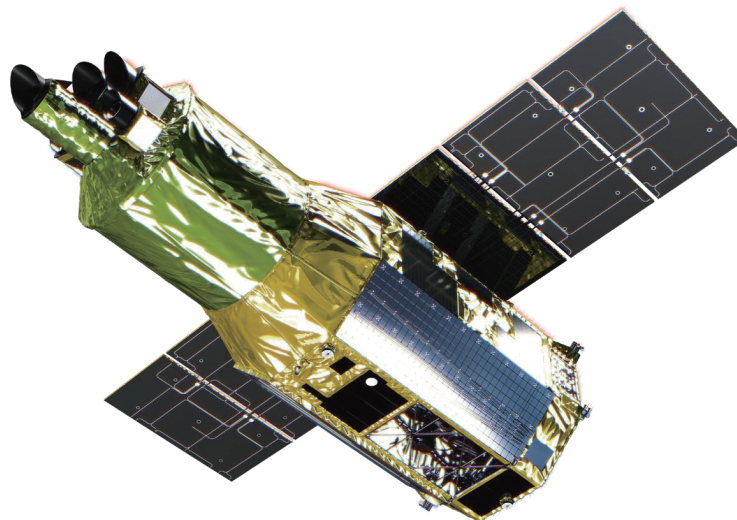
X線分光撮像衛星 (XRISM) は、ASTRO-H が目指していたサイエンスの早期回復を目指すミッションである。本衛星は、X線超精密分光による高感度観測を実現し、現代宇宙物理の基本的な課題である宇宙の構造と進化にかかる数々の謎の解明に挑む。また、宇宙の包括的理解には様々な波長での観測が必要であり、現在、大型地上天文台 ALMA (ミリ波・サブミリ波)、Fermi 衛星 (ガンマ線) が稼働、JWST (可視・近赤外) などの次世代軌道上衛星が計画されており、本衛星はX線領域においてこれらと伍して研究を行う能力と規模を有している。

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付を進めた。また、PV PhaseのTarget Listを決定、公開した。

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 2020年度査読付き論文数：5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 (チーム長) 今村裕志 (副チーム長) 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 【DESTINY+プロジェクトチーム】

佐藤峻介 大槻真嗣 坂東信尚 竹内 央 小川博之 竹内伸介 戸田知朗 細田聡史 月崎竜童 今井 駿 大坪貴文 矢野 創 吉川 真 春山純一 (ISAS/JAXA) 中村徹哉 住田泰史 澤田健一郎 金城富宏 秋月祐樹 石丸貴博 金谷周朔 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 吉田二美 洪 鵬 平井隆之 奥平 修 山田 学 千秋博紀 和田浩二 (千葉工大) SRAMA Ralf (シュツツガルト大) KRUGER Harald (マックスプランク) 渡部潤一 伊藤孝士 (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。

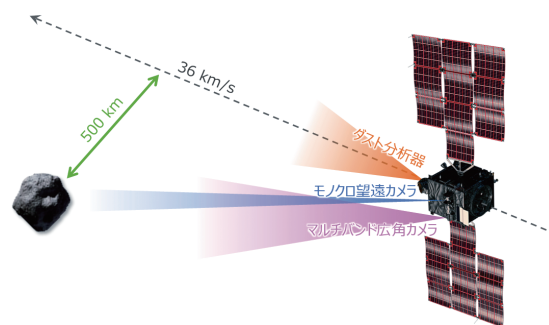
実績：

- ① 探査機システム担当候補メーカー2社とともに、概念設計フェーズにおけるシステム成立性検討を実施した。
- ② 探査機システム担当メーカーの選定を、技術提案方式 (RFP) により実施した。
- ③ 選定された担当メーカーとともに探査機システムの予備設計を実施し、探査機システム関連のインタフェース要求の見直し、設計基準書類の検討、コンポーネント技術分析、検証および開発計画の作成を行った。
- ④ 探査機のシステム定義審査 (SDR) を実施し、システムの仕様および基本構成、開発・検証計画が妥当であり、実現可能性があることを確認した。
- ⑤ キックステージの機体システムおよびアビオニクス の概念設計を実施し、搭載機器の設計を進め、開発計画の検討を行った。
- ⑥ スパイラル軌道上昇、月スイングバイ、惑星間航行、Phaethon フライバイ観測の各フェーズにおける運用シナリオの検討を詳細化し、スパイラル軌道上昇フェーズにおける観測およびイオンエンジン運転計画、Phaethon フライバイ観測時の電波光学航法による誘導および追尾撮像等の技術課題に取り組んだ。

- ⑦ 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。
- ⑧ キー技術 (電気推進、薄膜軽量太陽電池パドル、ループ・ヒートパイプ、高速フライバイ追尾撮像技術等) の開発を着実に進めるため、要素試験モデルの試作と確認試験等を行い、課題の識別と開発の見通しを得た。
- ⑨ 観測カメラの開発にあたる千葉工業大学、ダスト分析器を提供予定のドイツ・シュツットガルト大学と綿密に連携し、インタフェース調整を行い課題の抽出と研究を進めた。

効果：

- ① 2020 年度査読付き論文数：13 編
査読付き論文の累計数：26 編
- ② プロジェクト移行に向け、予備設計フェーズの活動を着実に進めることができたことと評価する。



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。

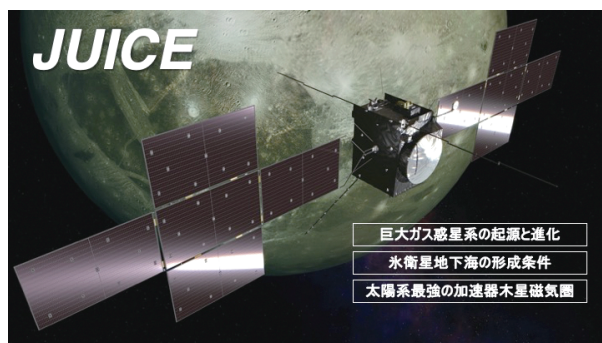
e. 木星氷衛星探査計画 (JUICE)

齋藤義文 (所内チーム長) 浅村和史 (所内副チーム長) 関根康人 (所内チームサイエンティスト: 東工大)

塩谷圭吾 春山純一 松田昇也 【JUICE 所内チーム】

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 木村智樹 佐藤慎也 中川広務 寺田直樹 鍵谷将人 坂野井健
 堺正太郎 (東北大学) 並木則行 野田寛大 荒木博志 田澤誠一 松本晃治 鹿島伸悟 鶴田誠逸 石川利昭
 浅利一善 花田英夫 生駒大洋 (国立天文台) 杉田精司 笠原 慧 関華奈子 寺澤敏夫 天野孝伸 新谷昌人
 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 寺本万里子 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 日置幸介 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 (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) 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 (オーストリア IWF-OeAW) 西村幸敏 (Boston
 Univ.)

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 (磁気圏、木星大気、エウロパ・カリストのフライバイ観測) の観測を実施し、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」の概念図

実績:

- ① 2020 年度査読付き論文数: 5 編
査読付き論文の累計数: 23 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 月にフライトスペアモデルの欧州への出荷を完了する。ガニメデレーザ高度計 (GALA) については、2021 年度中のフライトスペアモデルの製造・試験・出荷に向けて設計を進めている。
- 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 今田高峰 安光亮一郎 嶋田貴信 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 春山純一
 松岡 萌 三谷烈史 井上博夏 (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 和田恵一 染谷一徳 根岸秀世 谷 洋海
 大門 優 中台光洋 中村徹哉 岩田直子 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 (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) BARUCCI A. (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年度の上向きに向けて、2019年度実施のフロントローディング成果を基に、2020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基本設計を進め、順次PDR実施し(開催件数43件)、一連のPDR結果を踏まえてJAXA総括審査を完了し、詳細設計フェーズに移行した。

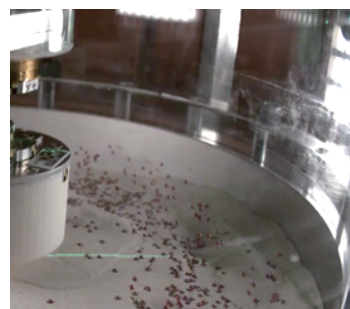


探査機のイメージ

- ② 基本設計に加えて、エンジニアリングモデル (EM) 製造・試験を開始。また設計条件導出・同定のための実験・試験、設計結果検証のためのシミュレーション解析、EMによる検証試験、等を進めた。
- ③ 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。(NASAとのLOA改訂：10月、CNESとのIA改訂：11月、ESAとのMOU締結：2月)。また探査機への8Kカメラ搭載・スーパーハイビジョン火星撮影についてNHKと共同プレスリリースした(9月)。

効果：

- ① 2020年度査読付き論文数：7編
査読付き論文の累計数：39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。



フォボス着陸時の反力・レゴリス飛散 (高速度カメラ映像)。落下塔試験により、微小重力下の着陸運動を模擬し、着陸時の反力、レゴリス飛散のデータを取得、数値シミュレーションに反映する。想定される範囲の特性を持つ、様々な模擬砂を用いている。

g. 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 長谷部孝 小田切公秀 山崎典子 辻本匡弘 永田 竜 小川博之 海老沢研 村田泰宏 吉田哲也 岡田則夫 加賀 亨 綿貫一也 (11月~) 杉本 諒 岩瀬頌太 奥平俊暁 高倉隼人 富永愛侑 増村 亮 (ISAS/JAXA) 篠崎慶亮 西堀俊幸 (JAXA) 羽澄昌史 (PI) 郡 和範 長崎岳人 長谷川雅也 南 雄人 (~11月) 鈴木純一 牧 宗慶 DE HAAN Tijmen 加藤晶大 (KEK) 片山伸彦 松村知岳 桜井雄基 高倉 理 GHIGNA Tommaso 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 小松国幹 高瀬祐介 長野佑哉 (岡山 大) 小川英夫 小木曾望 (大阪府大) 大田 泉 (甲南大) 市來淨與 (名大) 服部 誠 (東北大) 大崎博之 寺尾 悠 西野玄記 茅根裕司 石田裕亮 (東大) 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 (Lite (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) から全天サーベイ観測により精密観測する。

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) と中高周波望遠鏡 (MHFT) 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 ~1Hz (LFT) および ~3Hz (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低周波および中高周波望遠鏡は、冷凍機で 0.1-4 K に冷却する。

実績：

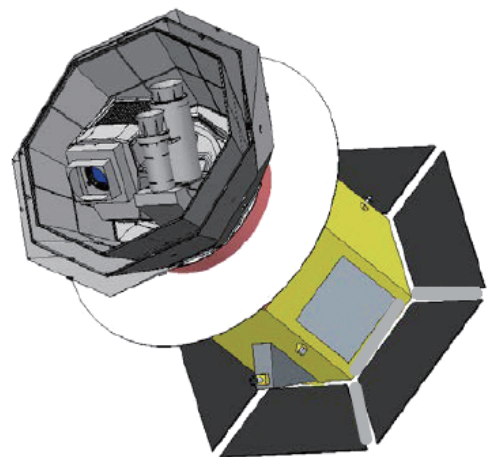
- ① 2019 年 5 月にミッション定義段階 (Pre-phase A2) の終了確認審査に合格し、戦略的中型ミッションの 2 号機に選定された。
- ② 2020 年度は、ミッション系を中心にリスク低減を進めた。極低温冷却構造については、(1) LFT/MHFT との構造インタフェースを 30K に変更、(2) H3 に対応した剛性要求、(3) LFT の軽量化、により、熱と構造の両方の要求を満たす設計解を得る見込みをつけた。LFT の偏光変調器については、東大 IPMU にて、超伝導磁気軸受の磁場の一様性向上、回転子

の軽量化、ドライバの最適化により発熱低減を進めた。また、実サイズの半波長板の製作 (反射防止加工や層間の接着を含む) 手法の改良を進めた。LFT の地上試験検証については、試験の configuration や試験装置の検討を高エネルギー加速器研究機構 (KEK) にて行った。

- ③ LiteBIRD は、欧米加との国際協力ミッションであり、各国担当との間のインタフェースが重要である。Interface Requirement Documents と Statements of Work のドラフト版を相手方に提示し、議論を始めた。
- ④ 米国で NASA の MO (Mission of Opportunity) に落選したことを受けて、NASA の不参加を想定した計画案の策定に日欧で着手した。

効果：

- ① 2020 年度査読付き論文数：10 編
査読付き論文の累計数：46 編
- ② 概念検討段階で行うべきキー技術の開発を着実に進め、開発リスクの低減を計ることができた。



LiteBIRD 衛星のイメージ図

h. ソーラー電力セイル探査機 (OKEANOS)

森 治 川口淳一郎 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
 三榎裕也 照井冬人 大野 剛 菊地翔太 田中孝治 豊田裕之 中村徹哉 住田泰史 奥村哲平 宮崎康行
 奥泉信克 佐藤泰貴 澤田弘崇 富木淳史 川崎繁男 國中 均 西山和孝 月崎竜童 細田聡史 山田和彦
 岡田達明 岩田隆浩 矢野 創 松岡彩子 村田直史 塚本尚義 名取通弘 (JAXA) 久保勇貴 名田悠一郎
 宮本悠矢 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 塚本悠一朗 (東工大) 鳥坂綾子 (首都大) 角田博明 中篠恭一 高橋秀幸 藤田彩花 (東海大)
 菅原佳城 君島雄大 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 (千葉工大)

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 ソーラー電力セイルミッションの今後の進め方について議論し、以下の方針で合意した。
 - 1) OKEANOS チームを一旦解散し、新しいメンバーも結集して、次世代サンプルリターンミッションを検討する。対象天体 (彗星や衛星も含む) および探査形態 (着陸機の分離・結合など) について幅広く議論してロードマップを作成し、シリーズ化を想定して共通技術を実証する革新的なミッションを提案する。
 - 2) OKEANOS で培ったソーラー電力セイルの技術・コンセプトを継承・発展させた高機能膜システムを打ち出し、多様なミッション (推進剤フリーの軌道・姿勢同時制御, 大電力発電, 大容量通信, 高分解能観測, 高精度航法誘導制御など) に貢献する。
- ② 2) の具体例として、HELIOS (革新的衛星技術実証3号機のミッションコンポーネント) のEM (図1) および超小型探査機用薄膜太陽電池パドル (図2) を開発した。これらはいずれも 1m^2 の膜構造をブームによって展開するものであり、大型化することにより、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。また、反射シートを貼り付けた膜/パネルを自己展開する発展型ターゲットマーカーを2種類試作した。これらにより従来のターゲットマーカーと同等の収納サイズで、より遠方から複数のターゲットマーカーを同時に識別できることを示した。さらに、6Uの超小型ソーラーセイルおよび超小型ソーラー電力セイルについて航行技術実証ミッションの検討を進めた。前者は可変形状による軌道・姿勢同時制御により SEL2 ハロー軌道への投入・長期維持を実現する。後者はソーラーセイルとイオンエンジンを合わせたハイブリッド推進により火星到達を目指す。

効果：

- ① 2020 年度査読付き論文数：6 編
査読付き論文の累計数：143 編
- ② 高機能膜システムは、ソーラーセイル、薄膜太陽電池、平面アンテナ、観測機器等を軽量の膜展開構造物に貼り付けて構成する。これにより質量を抑制しながら推進系・電源系・通信系・観測系・航法誘導制御系の高機能化を実現し、肥大化する宇宙ミッションにパラダイムシフトを起こすことが期待できる。

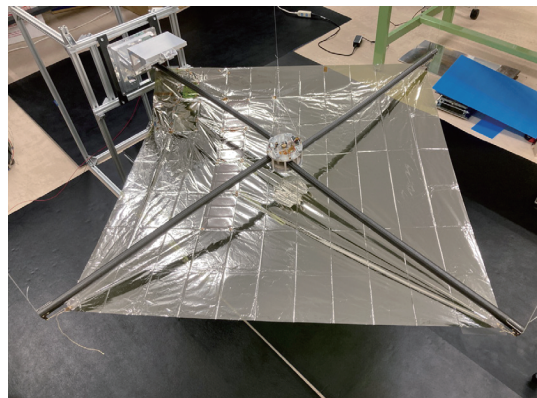


図1 HELIOSの膜構造部のEM

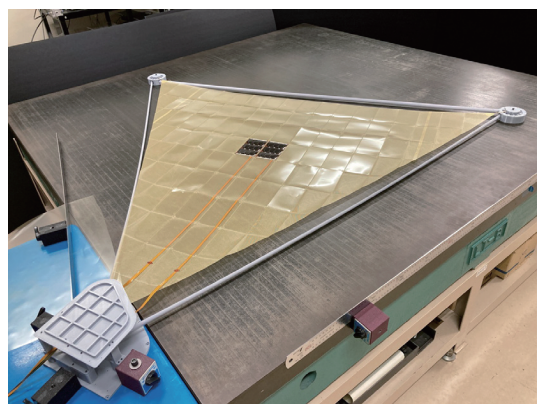


図2 超小型探査機用薄膜太陽電池パドル

i. 次世代赤外線天文衛星 (SPICA)

芝井 広 (研究代表者/阪大) 金田英宏 (副研究代表者, SMI コンソーシアム長/名大) 山村一誠 (チーム長) 中川貴雄 (プリプロジェクト長) 松原英雄 山田 亨 (副プロジェクト・サイエンティスト) 小川博之 (プロジェクト・エンジニア) 鈴木仁研 片坐宏一 後藤 健 竹内伸介 海老沢 研 和田武彦 磯部直樹 石原大助 東谷千比呂 長勢晃一 伊藤哲司 山岸光義 内山瑞穂 大坪貴文 (ISAS/JAXA) 杉田寛之 水谷忠均 篠崎慶亮 巳谷真司 西下敦青 安藤麻紀子 佐藤洋一 澤田健一郎 石丸貴博 西城 大 松本 純 内田英樹 北本和也 (JAXA 研究開発部門) 尾中 敬 (プロジェクト・サイエンティスト) 河野孝太郎 (副プロジェクト・サイエンティスト) 土井靖生 左近 樹 (東大) 大藪進喜 (徳島大) 國生拓摩 松尾太郎 (名大) 津村耕司 (都市大) 松浦周二 (関学大) 【SPICA M5 準備チーム】

長尾 透 (愛媛大) 野村英子 (東工大) 安部正真 福田盛介 (ISAS/JAXA) 上田佳宏 (京大) 百瀬宗武 (茨城大) 今西昌俊 高田唯史 (国立天文台) 田村陽一 (名大) 江草美美 本原顕太郎 (東大) 【SPICA 国内研究推進委員会】

次世代赤外線天文衛星 SPICA (Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics) は、宇宙が重元素と星間塵により多様で豊かな世界になり、生命が存在可能な惑星世界をもたらされた過程を解明することを目的とする次世代赤外線天文衛星である。この目的に到達するために、具体的には以下の二大科学目的を設定している。

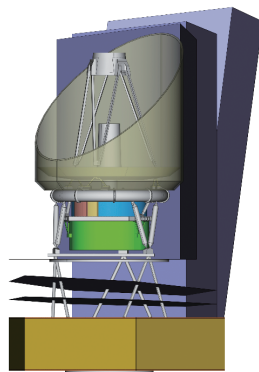
1. 銀河進化を通しての重元素と星間塵による宇宙の豊穡化過程の解明
2. 生命存在可能な世界に至る惑星系形成メカニズムの解明

SPICA は ESA が主導する国際ミッションであり、欧州では Cosmic Vision の M クラスミッションとして、日本においては、戦略的中型宇宙科学ミッションとしての実現を目指していた。

SPICA は 2018 年 5 月に、ESA Cosmic Vision M クラスミッション 5 号機の候補 3 件のうちのの一つに選ばれ、2021 年 6 月の最終選抜に向けて、日欧でのミッション検討活動が精力的に行われた。

実績：

- ① ESA Study Team との協働によりミッション概念検討を進めた。2020 年 4-6 月に行われた ESA の Mission Consolidation Review (MCR) で SPICA 衛星システムの成立性が確認され、最終選抜に向けての検討・技術開発の継続が認められた。
- ② 科学面から SPICA の検討を支える ESA の Science Study Team (SST)、国内では SPICA 研究推進委員



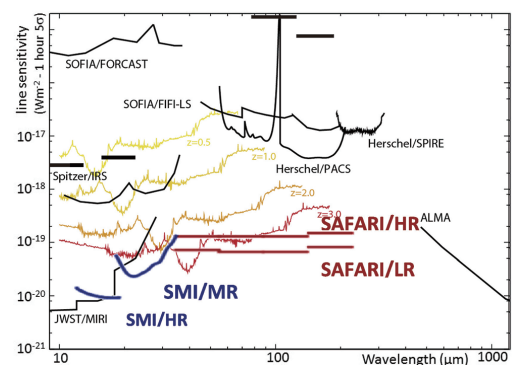
MCR 時点での SPICA の概念図

会およびサイエンス検討班が、SPICA の科学的成果を最大にする観測計画の立案を精力的に進めた。

- ③ 日本担当部分の重要技術の技術検討・開発を引き続き進めた。主要なものを以下に示す。
 - a. ベイロード・モジュール全体の構成、熱構造設計検討。
 - b. SPICA に必須の冷凍機技術について、ミッション横断的に開発を進めた。直線型熱交換器について、3 種類の長さの熱交換器での実証試験に成功し、想定された冷却能力を確認した。
 - c. 中間赤外線観測装置 SMI のクリティカル技術要素 (検出器読み出し回路、常温電気回路、特殊光学素子等) の開発、ESA の担当する望遠鏡に対応する光学設計の最適化を行った。
- ④ しかし、2020 年 7 月下旬になって、ESA 側のコストが上限を大幅に超過していることが発覚した。コスト削減のため、口径を 1.8 m に縮小する案を検討した。しかし、結果的に 10 月に ESA, JAXA, 提案機関の SRON は、SPICA を M5 の検討から取り下げることに合意し、SPICA 計画は中断した。

効果：

- ① 2020 年度査読付き論文数 (2021 年 3 月末まで) : 5 編 / 査読付き論文の累計数 : 147 編
- ② ESA Mission Consolidation Review を完了した。
- ③ 日本担当部分の堅実な研究開発を行った。



SPICA は、これまでのスペース赤外線観測装置に比べ、100 倍もの高感度を実現する。

4. その他のプロジェクト

a. 深宇宙探査用地上局 (GREAT)

沼田健二 (プロジェクトマネージャ) 内村孝志 (サブマネージャ) 戸田知朗 坪井昌人 村田泰宏 (ファンクションマネージャ) 田淵 豪 (ファンクションサブマネージャ~12月) 富木淳史 湯地恒次 大西 徹 吉永昌志 中原聡美 木村公洋 大和田悟 (1月~) 領木萌子 (1月~) 【深宇宙探査用地上局プロジェクトチーム】

深宇宙探査用地上局プロジェクトは、現白田宇宙空間観測所の直径 64m アンテナの老朽化リスク等を踏まえつつ、「はやぶさ2」及び BepiColombo/MMO の運用に必要な機能・性能を提供するための新たな地上局の開発整備を行う。

実績：

- ① 昨年度の X 帯信号の受信に続き、今期は 4 月に計画通り「はやぶさ2」からの Ka 帯信号の受信試験に成功した。
- ② また、従来の寿命を有する電子管 (クライストロン) による電力増幅ではなく、GaN HEMT 技術による半導体電力増幅 (SSPA) による送信装置については、予定通り現地試験を完了 (写真右) し、10 月には「はやぶさ2」に対するテストコマンド送信試験も完了した。
- ③ さらに、アンテナ評価用に大阪府立大との共同研究により 19-22GHz 帯受信機を整備し、指向精度や鏡面精度の評価を実施した。
- ④ なお、4 月には新型コロナウイルス感染症による緊急事態宣言を受けて、現地作業を中断せざるを得ない事態も発生したが、関係者の努力により最終的には NASA/DSN との VLBI 観測や NASA/JUNO からの信号受信を含む全ての作業を計画通り年度内に完了させることができ、プロジェクトは成功裏に終了した。(写真下)



完成した新地上局 (敷地内及び周辺の外構工事後)

効果：

本地上局は美笹深宇宙探査用地上局として、2021 年 4 月から定常運用に供されており、JAXA が引続き自立して、高度な深宇宙探査の成果を獲得すること及び将来の科学・宇宙探査ミッションの継続・発展に貢献する。



SSPA の現地試験の様子

地上局の概要：

アンテナ設備

口径 54m の鏡面修正カセグレンアンテナである。マウント方式は Az-EI 方式、給電方式としては収束ビーム給電方式を採用している。アンテナ天頂指向時のアンテナ高は 69m であり、重量は約 2200 t である。総合受信性能は以下のとおりであり、白田宇宙空間観測所の 64m アンテナより口径が小さくなったものの、受信機の性能や指向精度等の向上により、白田 64m と同等以上となっている。

X 帯 G/T : 53.35dB/K 以上@仰角 15°~80°

Ka 帯 G/T : 59.33dB/K 以上@仰角 15°~80°

※上記 G/T は、伝搬損失 (大気吸収損失と降雨損失の和) を含む実効的な G/T

X 帯受信設備

受信周波数 8.40~8.50GHz (宇宙研究バンド) で、ガスヘリウム冷却式 HEMT LNA (雑音温度: 10K) を使用している。受信復調装置の H/W 劣化量は 1dB 以下 (仕様値) に抑えられている。また、テレメトリ信号復調方

式は、PCM/PSK/PM または PCM/PM であり、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。

Ka 帯受信設備

深宇宙用としては初の導入であり、受信周波数 31.8～32.3GHz（宇宙研究バンド）に対応している。ガスヘリウム冷却式 HEMT LNA（雑音温度：15K）を使用しており、受信復調装置の H/W 劣化量は 1.5dB 以下（仕様値）に抑えられている。また、テレメトリ信号復調方式は、X 帯と同様である。

X 帯送信設備

送信周波数 7.145～7.235GHz（宇宙研究バンド）で、最大送信出力 20kW である。送信装置は国産であり、X 帯深宇宙通信用としては世界初の SSPA（Solid State Power Amplifier）を導入している。増幅器（PA: Power Amplifier）の 1 本あたりの出力は 125W であり、GaN を使用している。SSPA は PA384 本の出力を多段合成している。合成出力は 200W、2kW、20kW に可変可能であり、384 本のうち、最大 12 本に不具合が生じても所要の出力を維持することが可能である。また、故障したものは送信運用を停止することなく予備品に交換することが可能となっている。

X/X 帯、X/Ka 帯測距設備

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共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 回までの連続計測可能である。ドップラ計測は、インテグレー

テッドドップラ計測方式により最大 ±30km/sec まで測定が可能である。

標準周波数設備および時刻設備

深宇宙探査機において十分な精度のデータを取得するためには、時刻周波数設備においても原子時計（水素メーザ）レベルの時刻・周波数安定度が要求される。

水素メーザ装置 1 台と状態監視装置により構成される。周波数安定度 10^{-16} 台の超高安定周波数基準信号を観測所内各設備に供給している。

VLBI IF 系および記録設備

54m アンテナの信号（X,Ka 帯）を周波数変換したうえで復調せずにそのまま電波の波として記録できる記録装置を備えている。オープンループ記録装置とも呼ばれることもある。この記録装置の 1 つが広帯域 VLBI 受信記録装置（DDOR デジタルバックエンド設備）であり、探査機軌道精度向上のための DDOR 観測のために整備され、探査機の高精度軌道決定に威力を発揮している。

今後：

美笹深宇宙探査用地上局は定常運用を開始したが、信頼性及び運用性を向上させるため、各サブシステムの冗長系、予備系、待機系及び非常用電源装置の整備を始めとして、海外探査機支援のためのインタフェース機能の追加等を行う予定である。このため、2021 年 6 月から追跡ネットワーク技術センターに冗長系開発整備を担う部門内プロジェクトを発足させ、2024 年 3 月までに整備を完了させる予定としている。詳細及び最新の状況については美笹深宇宙探査用地上局のホームページ (<https://www.isas.jaxa.jp/home/great>) を参照。

b. 宇宙用冷凍機 (CC-CTP) 研究開発

山崎典子 (チーム長) 中川貴雄 坂東信尚 東谷千比呂 【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 年度にほぼ実験を終了し、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, SPICA, 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 2017 年度、2018 年度の実験に基づき、4K 級 (スターリング冷凍機を予冷機として取り付け) および 2K 級 (フランス側の予冷機と結合させる) のジュールトムソン冷凍機を、フランス側 50mK までの冷却を行なうハイブリッド冷凍機の組み合わせ試験の結果をまとめ、冷却能力についてのモデル化を行ない、成果発表を行なった。

“Cooling capability of JT coolers during the cool-down

phase for space science mission”, K. Shinozaki et al, Cryogenics 109 (2020), 103094.

“ATHENA X-IFU 300K-50 mK cryochain test results”, T. Prouve et al, Cryogenics 112 (2020), 103144.

- ② 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、調整を行なっている。
- 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 年を目指すこととして、設計、製作を行ない評価を始めている。

“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, SPICA, 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。

c. 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 他 【株式会社 Synspective】

JAXA と Synspective 社において、共創活動のもと 100kg 級小型合成開口レーダ (SAR) 衛星実証一号機 (Strix- α) を開発し、二号機 (Strix- β) の開発に着手した。Strix- α に搭載した SAR システムは、2016-2018 年度の内閣府革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) で、100kg 級小型衛星に搭載できる地上分解能 1m の合成開口レーダ (SAR) システムとして開発を行った。その宇宙実証を行うことで、宇宙科学研究における研究成果の民間転用の実現を目指している。実証機の主な仕様を表 1 に示す。

表 1

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1にアンテナ展開時の Strix- α を示し、図2に電気試験時の様子を示す。Strix- α は、日本時間2020年12月15日19時09分に、ニュージーランドの発射場からRocket Lab社のElectronロケットにより打ち上げられ、

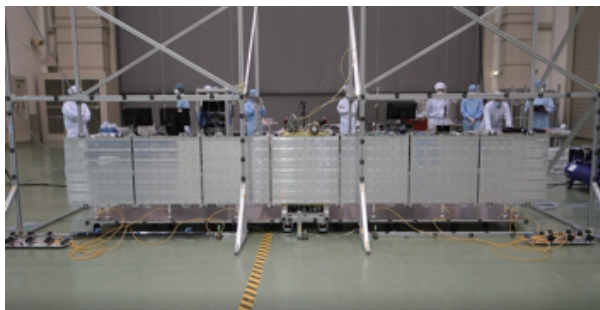


図1 アンテナ展開時の Strix- α



図2 StiX- α の電気試験の様子

予定通りの太陽同期軌道に投入された。2021年2月8日に最初の SAR 画像の取得に成功した。図3に取得した SAR 画像を示す。



図3 StiX- α で取得した最初の SAR 画像

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（室長） 紀伊恒男 今村浩志（～5月） 上野史郎 綿貫一也（11月～） 臼井文彦（8月～） 細田聡史（4月～） 福吉美由子（4月～） 一村小太郎（6月～） 岩渕頌太 杉本 諒 徳永 翔 備後博生 石毛康夫 奥平俊暁 岡橋隆一（～5月） 高橋純子（～5月） 宮原 剛（～5月） 松下将典 村田直史（3月～）

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/PM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/選定の事務局
 - ・ミッション提案作成支援
 - ・公募/選定委員会の事務局
- (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の活動への協力

2. 2020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を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。

2020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「宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星（LiteBIRD）」（戦略的中型2号機）、「ソーラー電力セイル探査機（OKEANOS）」、「次世代赤外線天文衛星（SPICA）」、「公募型小型宇宙科学ミッションを目指す「深宇宙探査技術実証機（DESTINY+）」、「小型JASMINE（赤外線位置天文衛星）」（公募型小型3号機）、「高感度太陽紫外線分光観測衛星（Solar-C_EUVST）」、「ガンマ線バーストを用いた初期宇宙・極限時空探査計画（HiZ-GUNDAM）」である。この内、Solar-C（EUVST）が4月に公募型小型4号機に選定された。今年度新たに戦略的中型、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、国際紫外線天文衛星（WSO-UV）計画、二重小惑星探査計画 Hera、長周期彗星探査計画 Comet Interceptor、Dragonfly、Athenaの各ミッションに対する支援を行い、このうち、Hera、WSO-UV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。また、X線分光撮像衛星（XRISM）の特定課題の支援を行った。

(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・副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

「X線天文衛星（ASTRO-H）」の喪失を踏まえ、JAXA全体でプロジェクト業務改革としてプロジェクトの実施プロセスの変更が行われた。

これに対応し、「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。2020年度は、初期フェーズにおける各審査のガイドラインの整備を行うとともに、戦略的海外共同計画のプロジェクト化を進めるにあたり、本計画の特徴である「開発リスクを持ち込まないようヘリテージのある機器又は衛星で実現する」の趣旨を生かしたプロジェクト実行プロセスを整備、運用を行った。

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。

宇宙科学ミッションは外国機関等と共同でプロジェクトを遂行することが多く、各プロジェクトが外国機関等から機器の供給を受ける場合や相手方に供給する場合に提示可能な宇宙研の特性にあった品質・信頼性要求等を記述するMAR (Mission Assurance Requirement) の検討を進めた。

2.4 新規ミッション提案公募/選定の事務局

公募型小型計画の新規ミッションの公募/選定にあたって、WGが行う提案書作成を支援した。また、それら提案を受けて宇宙理学/工学委員会が行う科学審査について、その評価活動を支援した。2019年度公募型小型計画・宇宙科学ミッションコンセプト提案公募・選定の結果「超精密フォーメーションフライト技術実証機(SILVIA)」が次フェーズに進むことになった。

2.5 プロジェクトの技術審査等の事務局

技術審査等の事務局として、下記の各プロジェクト審査会について、調整・運営を行う、あるいはプロジェクト側の準備を支援した。

- ・DESTINY⁺ : SRR, SDR
- ・WSO-UV : MDR 兼所内プロジェクト準備審査
- ・Hera : MDR 兼所内プロジェクト準備審査
- ・Roman-J : MDR 兼所内プロジェクト準備審査
- ・深宇宙探査用内之浦後継局プリプロジェクト候補移行審査

2.6 CEOの活動への協力

チーフエンジニアオフィス(CEO)を中心とするJAXA全体に関わるSE推進活動がより効果的なものとなるよう、ISASにおけるチーフエンジニアの活動に協力した。

- ・CEO/CEへの情報提供 (ISASのSE・PM事例など)

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2020年度中にXRISM、SLIMなどのプロジェクトを中心に合計36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所属メンバーは

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。2020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試験など6回の宇宙研安全審査会を開催し、地上安全、飛行安全を確かなものとした。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11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

大学共同利用に供される、スペースチャンバー、超高速衝突試験装置、各種宇宙放射線装置、高速気流風洞、惑星大気突入環境模擬装置、惑星大気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研究の成果最大化のための支援を行った。

2. 基盤技術グループ

教職員：森田泰弘（グループ長）伊藤文成 鈴木直洋 川原康介 長谷川克也 入門朋子 志田真樹 植田聡史
八木下剛 伊藤琢博 小川博之 松田昇也 芳仲敏成（～10月本務，11月～併任）上村正子（～12月）

基盤技術グループ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う。

実績：

- ① 宇宙機組立試験設備 運用システム改革の仕上げ
- ② H3 ロケット SRB-3 荷重負荷試験支援
- ③ イプシロン5号機 機械環境・構造機能試験支援
- ④ RV-X 地上燃焼試験における試験支援（拡散筒・推力較正機材の設計製作及びスタンドの改修等）

- ⑤ 再使用ロケット実験機の試験支援
- ⑥ 大気球実験の作業支援
- 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

効果：

- ① 宇宙機組立試験設備の管理運営の一元化・体制のスリム化を実現できた。
- 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：岡田則夫（グループ長）稲富裕光 川崎繁男 和田武彦 三田 信 月崎竜童 正光義則 中坪俊一
加賀 亨 松井大樹 八幡直樹

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 2020 年度の新工作室への依頼件数：99 件（ISAS: 94 件，他事業所：5 件）。

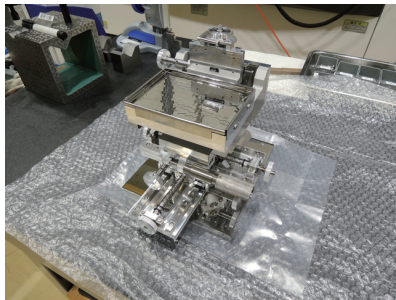
3F 工作室への依頼件数：117 件.

- ② 宇宙ナノエレクトリックルーム延べ利用者：2,997 人
(学会発表・査読付き論文：28 件)
- 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
 - ・ATR エンジンケーシング部製作 (大気アシストワーキンググループ)
 - ・はやぶさ 2 試料ピックアップマニピュレータ開発 (地球外物質グループ)
 - ・展開ノズル試験治具 Ver2 製作 (宇宙飛翔工学研究系)
- ④ 利用報告書 (宇宙ナノエレクトリックルーム)：7 件
 - ・TES マイクロカロリメータの開発研究
 - ・混成半導体集積回路 (HySIC), 放射線センサ, テラヘルツアンテナの試作
 - ・シリコン高温塑性変形による X 線望遠鏡の開発
 - ・粒子観測器質量分析部用二次電子生成プレートの開発
 - ・電波観測用広帯域シリコン光学素子の開発

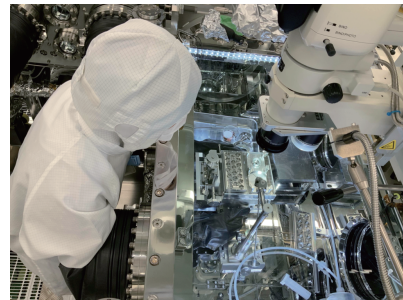
- ・MEMS 技術を用いた X 線望遠鏡と X 線検出器の開発
- ・ガンマ線用 TES 型マイクロカロリメータの開発研究
- ⑤ 多様な実験, 試験ニーズへの対応などプロジェクトや萌芽的な研究開発を支援し, 実験・試験用治具など緊急性の高い工作依頼にも対応している. これらの活動にて宇宙科学のフロントローディングに貢献している.

効果：

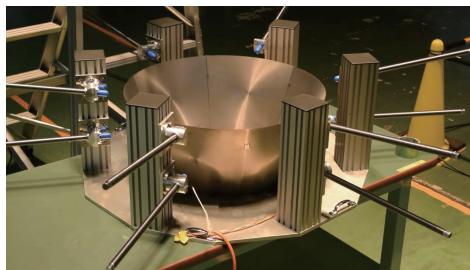
- ① 機械設計・製作加工・計測評価・結果のフィードバックを行う工作室として活動し, 技術集団として実績を示している.
- ② 「ものづくり」に関する技術相談, 加工指導に対応し研究者や学生の人材育成に貢献している.
- ③ 他機関との技術交流・人事交流を推進し, 共同開発など JAXA での「ものづくり」を通して, 技術レベルの向上に貢献している.



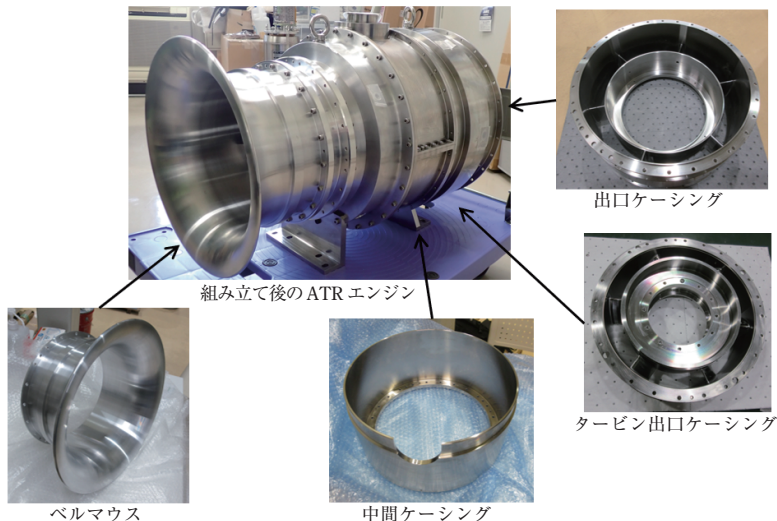
はやぶさ 2 試料ピックアップマニピュレータ本体 (地球外物質 G)



はやぶさ 2 試料ピックアップマニピュレータ (地球外物質 G)



展開ノズル折り畳み試験ジグ Ver2



組み立て後の ATR エンジン

出口ケーシング

タービン出口ケーシング

ベルマウス

中間ケーシング

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 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 2020年6月22日より大樹航空宇宙実験場における2020年度気球実験を開始した。当初は5月18日から実験を開始し、理学観測2実験、工学実証3実験を実施する予定だったが、新型コロナウイルス感染拡大（いわゆるコロナ禍）ならびにそれに伴う緊急事態宣言発令のため、実験準備の中断を余儀なくされるなどの影響を受け、理学実験「マルチクロックトレーサーによる大気年代の高精度化」、工学実証「皮膜に網をかぶせたスーパープレッシャー気球の性能評価」の大型気球実験2機のみを実施した。
- 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、2019年度実験では大型気球1機分の量しか確保できなかった。そこで、2020年度はヘリウムガスの調達に十分な期間を確保する方針をとり、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、当初想定していた2021年春の実施は見送り、2022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5実験を計画したのに対してコロナ禍などのため2実験しか実施できなかったが、両実験ともに一定の成果が得られ

ており学術発表も行われている。特に、理学1実験においては、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、大気サンプリングも実施された。

- 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。また、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。ヘリウムガスで放球した気球の回収時に皮膜に残留するガス濃度を測定し、一定量のガスが残留し得ることを確認した。これにより、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ことを明らかにした。
- 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ことから、放球や実験運用の諸条件の緩和によって飛翔機会を増やす検討を開始した。
- ④ 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。
- ⑤ 上記オーストラリア気球実験を実施するために、オーストラリア側担当者との調整を進めた。コロナ禍に伴う実施想定時期の2021年から2022年への延期に関しても、豪州当局と必要な協定を改訂した。

2020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
B20-01	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	コロナ禍に伴う準備遅れにより実施見送り
B20-02	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
B20-03	NPB2-3	皮膜に網をかぶせたスーパープレッシャー気球の性能評価	JAXA 宇宙科学研究所 斎藤芳隆	7/14 放球、 最高高度 9.8km、飛翔時間 40分
B20-04	B100A	マルチクロックトレーサーによる大気年代の高精度化	宮城教育大学教育学部 菅原 敏	7/25 放球、 最高高度 35.4km、飛翔時間 2時間55分
BS20-02	ゴム気球	極薄ペロプスカイト太陽電池の気球飛翔	JAXA 宇宙科学研究所 福家英之	大樹航空宇宙実験場での試験にて機器の不具合が判明したため実施見送り

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

観測ロケット実験グループは、観測ロケットを用いた実験・観測機会を提供することを目的に、観測ロケットの製作・打上げを行うとともに、次年度以降の打上げに向けた設計・解析を進める。

実績：

- ① 2021 年度以降に打上げ予定の観測ロケット実験（SS-520-3 号機，S-520-31 号機）について、打上げ計画の準備を進めた。SS-520-3 号機は飛翔前試験を実施した。

効果：

- ① 観測ロケット実験の成果に基づく査読付き論文の累

計数：126 編（2003～2018 年度までの実績）

- ② 搭載機器や地上系に関する技術内容を基本仕様書として整備し、ミッション機器等の開発に係る関連文書の体系化を進めた。
- ③ 観測ロケットユーザハンドブックを最新化し、文書として制定した。次年度以降にユーザに公開する計画としている。
- ④ 各計画は、ミッション要求書を制定し、機体等のシステム要求の明確化、設計方針を明確にしている。文書化することによりモノ作りの品質と信頼性向上に役立っている。

今後の打上げ計画一覧

計画名（時期）	実験目的	代表者
S-520-31 号機 2021 年夏期予定	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	笠原次郎（名古屋大学）
SS-520-3 号機 2021 年冬期予定	極域カスプ上空に発生する電離大気流出過程の研究	齋藤義文，阿部琢美（ISAS）
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 志田真樹 餅原義孝 入門朋子 竹崎悠一郎 佐藤峻介 山本高行
 竹前俊昭 荒川 聡 野中 聡 小林弘明 丸 祐介
 能代ロケット実験場：石井信明（所長）杉野伸也 佐藤 衛 鈴木 徹 平川美沙都

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。また、液体ロケットエンジンや大気中の空気を酸化剤として使用する ATR エンジンの開発研究も行われてきた。

上記の実験要請を実現するため、最大推力 450 トンの大型ロケットモータ燃焼試験設備やチェンバ容積 475 m³の真空燃焼試験設備、管制・計測試験設備などが整備されてきた。

近年では、極低温推進剤供給設備を強化し、超高压液体水素を利用した基礎的研究が精力的に行われている。

実績：

- ① 先進的ロケットエンジンの開発

取扱い上の安全性や低コストなど、ますます増大する将来輸送システムに対する多彩な要請に応えるため、新しい推進剤や構造材料を使用したエンジンシステムやハイブリッドロケットなどの基礎研究が行われた。特に、FWT シリーズでは、FWT-3 モータ（推進薬量約 300 kg）、FWT-4 モータ（推進薬量約 1,000 kg）など、異なるサイズの CFRP（フィラメントワインディング）製モータケースを試作し、燃焼試験を実施した。今後、入手性が良く安価な原材料をベースとした低コスト固体ロケットモータの有効性や信頼性を確認する計画である。

- ② 再使用ロケット

革新的な低コスト宇宙輸送システムを目指して、繰返し飛行が可能な再使用ロケットの研究も精力的に行われている。2019 年度および 2020 年度には、エ

ンジン単体での燃焼試験やターボポンプ単体の特性試験、推進剤タンクの断熱性能評価試験などを行い、また専用の縦型テストスタンドを整備して、タンクやターボポンプ、燃焼器等を組み合わせる飛行形態を模擬した地上燃焼試験を繰り返し実施し、次年度以降に計画されている飛行試験に向けた準備を進めている。

③ 超高压水素の安全性技術の検討

今後の水素社会を視野に、燃料電池車などへの水素ステーション等における水素ガス漏洩時の安全性を評価する目的で、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)研究支援プロジェクトの一環として、超高压水素漏洩時の拡散挙動、爆発に至る条件などを実験的に検証、安全性規準の基本構想を策定した。

④ 水素ローディングシステムの評価

液体水素運搬の過程で、輸送配管や接手(スィーベルジョイント)、緊急離脱機構などの極低温における耐久性が課題となる。科学技術振興機構(JST)戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)による研究支援を受け、これまでのLNGベースのローディングシステムを発展的に改良し、LH2における長期間耐久性試験を実施、主としてシール材料の劣化特性等を評価し、LH2温度における耐性を有する材料の研究を実施している。

⑤ 液体水素温度における超伝導材の研究

液体ヘリウムを使わず、液体水素での超伝導材が開発できれば、大幅なコスト削減が実現できる。科学技術振興機構(JST)先端的低炭素化技術開発(ALCA)プログラムによる研究支援を受け、液体水素温度における超伝導材の研究を継続してきた。コイル形状に加工した材料の電気特性を把握するとともに、超伝導モータを試作して極低温環境における熱力学的特性や発電効率などを評価した。

効果：

大型ロケットモータ燃焼試験設備や大型真空試験設備、超高压液体水素製造設備など、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でしかできないという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。コロナウイルスによる緊急事態宣言のため実質的な活動は下半期のみに限られたが、下表に示すように、年間の稼働日数は、のべ160日を超え、各実験の開始時には、安全講習や環境教育を徹底することで、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(2020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-F-1)	小林 弘明・川口 潤	2020年7月17日～22日
固体設備系定期点検	鈴木 直洋・芳仲 敏成	2020年7月13日～22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	コロナウイルスのため中止
高压ガス設備定期自主検査・保安検査前検査	鈴木 直洋・竹崎 悠一朗	2020年8月24日～9月4日
高压ガス保安査察(安信部)	石井 信明・杉野 伸也	2020年9月2日～3日
高压ガス保安検査(秋田県)	石井 信明・竹崎 悠一朗	2020年9月30日
再使用ロケット実験機第2次地上燃焼試験(その1)(RV-X-2-1)	野中 聡	2020年9月7日～11月2日
液体水素供給技術試験(HSD-A-3)	小林 弘明	2020年11月4日～13日
液体水素供給技術試験(HSD-G-1)	小林 弘明	2020年11月16日～12月4日
第2回エアターボロケット要素燃焼試験(ATR-E-2)	小林 弘明・徳留 真一郎	2020年12月14日～25日
再使用ロケット実験機第2次地上燃焼試験(その2)(RV-X-2-2)	野中 聡	2021年2月22日～3月26日
観測ロケット協力会、地元説明会(書面審議)	石井 信明	2021年3月25日

7. あきる野実験施設

教職員：後藤 健(施設所長) 高間茂樹 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：

電気推進と水素を利用した化学推進のハイブリッドスラスタの基礎実験が実施された。高空性能試験設備を用いた真空燃焼実験を行った。電気推進と化学推進の融合による高効率な推進系の構築を目指したデータ取得ができた。イプシロンSロケット各段で使用する推進薬の低圧での燃焼特性を取得する試験を実施した。残留推力の評価には地上燃焼試験では計測できない低圧領域での燃焼速度の計測が必須であり、X線撮像装置を併用して燃焼速度を計測した。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、低圧燃焼試験を実施した。3種類の新規設計した推進薬の試験片を減圧チャンバー内で燃焼させ、表面から湧出するスラグを高速度カメラで撮影して、燃焼特性と排出されるスラグの大きさを把握することを試みた。燃焼特性を取得した3種類の新規設計推進薬を用いた小型ロケットモータの真空燃焼試験を

行った。

スラグ排出低減のために、ノズルの形状の検討も行い、合計6回のΦ250mmの推進薬を持つTM-250小型モータの燃焼試験を実施した。亜酸化窒素の自己分解反応を利用した小型スラスタの燃焼実験の準備作業を行った。効果：

深宇宙探査で使用される電気推進と水素燃料を用いた化学推進を融合した新しい推進システムの設計に関する重要なデータ取得ができた。イプシロンSロケットの各段で使用する予定の推進薬の低圧での燃焼速度データを取得でき、ロケットのシステム設計に貢献した。今後のデブリ排出規制に対応する固体ロケットの実現のための新しい推進薬の燃焼試験を実施した。新規開発固体推進薬の低圧燃焼特性とスラグ排出の様子が撮像された。燃焼特性データの取得とともに、排出されたスラグの大きさに関するデータ取得もできた。3種類の推進薬、2種類のノズル形状の計6個の小型ロケットモータの真空燃焼試験を行った。排出されるスラグや残存するスラグのデータ取得ができ、実機モータの設計に反映できるデータを得ることができた。高空性能試験設備をはじめとした試験設備を最大限に使用することができた。

あきる野実験施設での実験等（2020年度）

実験名	実験担当者	実施時期
ハイブリッド電気化学スラスタのデモンストレーション実験	西山 和孝	2020年6月22日(月)～6月26日(金)
高空性能試験設備の真空排気装置の修理	後藤 健	2020年8月25日(火)
ガス検知器の定期点検	後藤 健	2020年9月25日(金)
イプシロンロケット推進薬低圧燃焼特性試験	木下 昌洋	2020年9月23日(水)～10月9日(金)
固体ロケットのスラグ低減研究 低圧燃焼試験	堀 恵一	2020年2月8日(月)～2021年2月18日(木)
固体ロケットのスラグ低減研究 小型モータ燃焼試験	堀 恵一	2021年2月19日(金)～3月22日(月)
亜酸化窒素自己分解反応スラスタ燃焼試験（準備作業）	濱田 修光	燃焼試験は2021年度以降に延期

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 大原万里奈 吉野良子 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

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・探査機の管制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、管制運用に供する。新規のプロジェクトからの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、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ア

サインや管制運用を支援する。

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対応、準備を進めた。
- ④ 主管制室を「はやぶさ2」の地球帰還・離脱及びサブセル分離・回収の実運用に供した。
- 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) の設計、製作、試験を行い、「ひさき」、「あらせ」、「はやぶさ2」を対象に利用を開始すると共に、システム試験へ向けて「XRISM」「SLIM」への監視環境提供準備を開始した。
- 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の対象宇宙機に対し定常移行へ作業支援を実施した。
- ⑧ 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 への変換手法を検討し、手法を確立した。
- ⑨ 「あかつき」の運用延長に関し、運用費等必要経費の調整を行い、延長判断に貢献した。

効果：

- ① 既存衛星・探査機が正常に運用され、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 「はやぶさ2」のリユウグウサンプルの地上回収運用に主管制室を供与し、探査機運用及び対外への JAXA の成果のアピールに貢献した。
- 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 (具体的には ASTRO-H 不具合時に類似の項目を監視) を可能とし、衛星・探査機の運用における安全性向上に大いに貢献している。
- ⑤ SIB2 から XTCE への変換ができるツールを実装すれば、NASA や ESA 等海外機関宇宙機に JAXA サブシステムを搭載する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。

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する。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 (機能改善検討/改修等) 及び衛星時刻校正システム、L1TSD (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 (更新/利便性向上等) 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期的実施するとともに、大学等と協力し過去の有用な科学衛星データ (イカロス軌道データ整備、観測ロケットによる電離圏電子密度データベース) を整備し、公開する活動の結果を含めて新たにデータ (「ひのとり」SOX (太陽フレア軟X線輝線スペクトル) データ、ISS 軌道で計測した高エネルギー電子スペクトルデータ、観測ロケットで観測された電離圏電子密度データ、はやぶさ ONC-W データ、「ぎんが」全天X線監視装置および γ 線バースト検出器原データ) を一般公開した。加えて、将来受け入れるデータ (XRISM, SLIM, はやぶさ2 試料分析データ) の受け入れ準備を進めている。
- ④ DARTS にてデータアクセス性向上等を目的としたアプリケーションの開発、公開、データ追加として、JUDO2 ver.2 公開とデータ追加 (あかりカタログ5種、Chandra カタログ、XMM カタログ)、Astro 統合検索データ追加 (ひとみデータ、はるかデータ) などを行った。
- ⑤ DARTS システムの維持管理業務 (脆弱性対応、常時 SSL 化対応など) 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。
- ⑥ 赤外線天文衛星「あかり」の観測データについて、遠赤外線微光天体カタログ、中間赤外線全天イメージマップ、遠赤外線・中間赤外線スロースキャンマップのデータ検証・公開準備、近赤外線スペクトルデータの改良について検討を行った。また、観測ログデータベースの整理、公開済みのデータに対するユーザからの問い合わせに対応した。
- ⑧ 次期 SIRIUS, EDISON, DPSS 等の将来システムについて、従前の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。

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 (年間約 170TB のデータ要求) 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 新規に公開された観測データは、分野別 (天文学、太陽物理学、月惑星科学等) 及び標準フォーマットによりシステムティックに管理し、広く一般公開することで、データ寿命や利用範囲の拡大に伴う成果最大化や、観測結果の第三者検証に貢献している。
- ③ DARTS の利用拡大に向けた活動を行うことで、日本の科学技術への理解増進に貢献している。

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 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大量の観測データを扱った高次処理・解析研究を実施している。月惑星探査の計画立案の基礎となるデータ解析や、月惑星の起源・進化解明を目指す研究に資する高次処理プロダクトの提供により、月惑星探査の成果を最大化することを目的としている。

実績：

- ① JAXA の月着陸探査検討チーム (LUPEX, 有人と圧ローバ, 月面離着陸実証, 等) の個々の要求に応じて、既存のリモートセンシング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。有人と圧ローバの例では、月南極付近のやや広域な領域における、日照・通信・傾斜解析を行い、ミッション検討に必要な結果を同チームに展開した。
- ② 会津大学・東京大学との共同研究により、新しい探査データ解析技術の開発を行っている。会津大学とのボルダー自動識別アルゴリズム開発では昨年度に続き、より高精度な検出が可能となった。SELENE MI 画像の影補完アルゴリズム開発では、影周辺の画素と調和的な補完に成功し、影が多い月極域でより高精度な解析が可能となった。一方、東京大学との月極域地形モデル (DEM) 作成では、太陽高度の低いステレオ視による DEM 作成技術開発により、非常に高精細な DEM 作成に成功した。
- ③ 「はやぶさ2」の ONC データ検索をブラウザ上で容易に行える web サービス (JADE) のシステム開発を行った (図参照)。また、SELENE の多種多様な探査データを容易に閲覧・取得・解析できる統合解析データ配信システム (KADIAS) の公開・運用と共に、現行版より機能が充実した次期版の開発に着

手し、プロトタイプが完成した。

- ④ 月惑星探査データのアーカイブ化処理をサポートできる定常組織を目指し、知識・技術の蓄積を行っている。高次処理に必要な SPICE カーネルの作成や、PDS4 準拠のデータ作成手順などを習得中である。同時に、各手順やアーカイブ化処理の全体像を文書としてまとめ、蓄積したノウハウを長期継承できる体制を構築中である。

効果：

- ① 月着陸探査検討チームがそれぞれ提示した解析結果は、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 新しいデータ処理技術の開発により、反射率マップや地形データが高精度され、世界的に高い水準のデータプロダクトや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に価値のあるデータを生み出せるようになった。
- ③ KADIAS の運用により、多様多様な月探査データの総合的な解析が、画像処理の専門知識や高性能計算機なしでも手軽に実施できるようになった。国内外の学生・分野外の研究者や民間企業など、探査データユーザの幅が広がっている。KADIAS 次期版や JADE の開発により、様々な天体を 3 次元的に扱えるようになり、今後様々なプロジェクトで得られる探査データに対応できる見込みである。
- ④ 観測データの理学研究に資する高次処理という観点から、機器テレメトリの策定に提言し、機器開発段階から探査データのアーカイブ化処理をサポートできる体制を整えつつある。

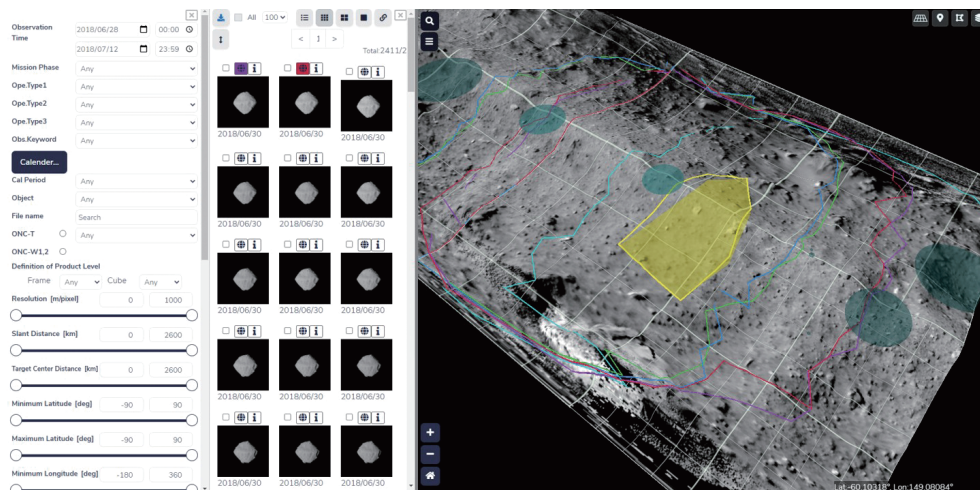


図. 「はやぶさ2」の ONC データ検索システム「JADE」閲覧時のスクリーンショット。
3つのパネル (左より検索条件・検索結果・天体表示) により構成される。

10. 地球外物質研究グループ

教職員：白井寛裕（グループ長） 安部正真 岡田達明 菅原春葉 矢田 達 西村匡洋 与賀田佳澄 吉武美和
 古屋静萌 中藤亜衣子 宮崎明子 坂本佳奈子 林 祐 山本大貴 深井綾汰

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 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-20-004E, 令和3（2021年2月）。カタログ掲載粒子総数は1296粒（昨年度からの増分は126粒）。
- ③ 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（2020年度は2件、10粒子）。
- ④ 国際研究公募で得られた成果発表の機会として、例年12月頃に開催している国際シンポジウム（宇宙物質科学シンポジウム）については、「はやぶさ2」帰還試料受入れ作業を優先するために、未開催となった。
- ⑤ 「はやぶさ2」帰還試料の受入りハーサルを複数回実施し、12月よりリュウグウ試料の入ったサンプルコンテナを無事受入れることに成功した。
- ⑥ リュウグウ試料の初期記載作業を開始した。
- ⑦ 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。
- ⑧ 関連する施設・設備の維持運用を行った。
- ⑨ 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などを通じた、研究者育成など積極的に進めた。

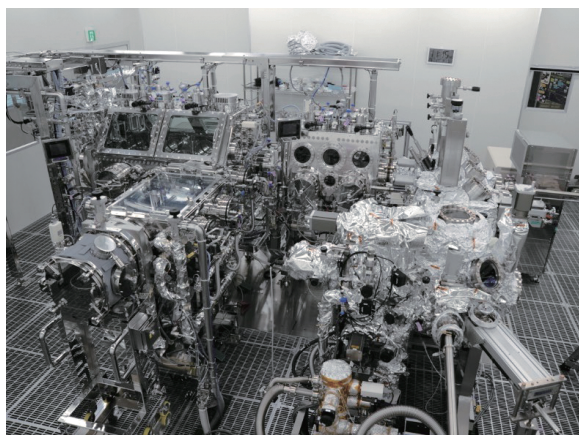
効果：

- ① 探査機「はやぶさ」が小惑星イトカワから持ち帰った微粒子の表面に、地球外物質では全く知られていない、ひげ状に伸びた金属鉄の結晶を発見した。金属鉄のひげ状結晶は、太陽から吹き出した荷電粒子である太陽風の打ち込みが硫化鉄(FeS)を分解させることで成長したと考えられる。この考察から、荷

電粒子の照射が宇宙における硫黄と鉄の化学進化に大きな役割を果たした可能性を示した。(T. Matsumoto, et al. "Iron whiskers on asteroid Itokawa indicate sulfide destruction by space weathering", Nature communications, doi.org/10.1038/s41467-020-14758-3, published online on 28 Feb 2020.)

- ② 探査機「はやぶさ」が小惑星イトカワから持ち帰った微粒子の国際公募研究で配分された試料の分析で有機物と水の検出を行った。S型小惑星イトカワの表面物質は普通コンドライトの中のLLコンドライトに相当するとされているが、その中に表面に、C型小惑星の表面物質とされる炭素質隕石に相当する物質が混入している可能性を示唆している。また検出された水の含有量は普通コンドライトで一般的に検出されている水分量と同等または少し低いものであった。今回の発見は小惑星イトカワがS型小惑星とC型小惑星の間の物質混合を介して太陽系小天体の動的な歴史を記録したという見解(DeMeo and Carry 2014)を支持する。(Q. H. S. Chan, et al. "First Identification of Indigenous Organic Matter Alongside Water in Itokawa Particle Returned by the Hayabusa Mission", 51st Lunar and Planetary Science Conference, <https://ui.adsabs.harvard.edu/#abs/2020LPI...51.2230C/abstract>, published online on March 2020.)

※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）坪井昌人 山本善一 村田泰宏 水野貴秀 戸田知朗 竹内 央 富木淳史
川原康介 市川 勉 鳥居 航 木村公洋

1. 運用中の深宇宙ミッションの追跡支援

深宇宙ミッションの追跡支援としては、「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、地球帰還運用および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、地球帰還フェーズからリエントリさらに拡張ミッションにかけての DSN の利用についての調整を DSN 側担当者で行った。さらに、2021 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 「はやぶさ2」の ESA/ESTRACK における追跡に関しては、ESTRACK の Malargüe 局（アルゼンチン）と Cebreros 局（スペイン）の技術的な調整を ESA 側担当者で行った。
- ④ 「あかつき」については、定常的な軌道決定を実施し、姿勢外乱推定や金星重力モデルを評価することで、軌道推定精度が向上した。
- 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。また、ESA の MPO についての DDOR 試験を行った。

効果：

「はやぶさ2」の運用については、地球帰還・リエントリ・拡張ミッションへの出発などがあったが、国内外の追跡運用や軌道決定を問題なく行うことができ、「はやぶさ2」ミッション成功に貢献できた。また、他の既存ミッションについても各探査機運用に貢献できたと考える。

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。

効果：

将来ミッションについて、その検討作業や実験に貢献した。

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 アンテナに関する諸作業を行い、「はやぶさ2」等の探査機の運用を支えた。
- ② 美笹局の 54m アンテナ（GREAT）についての立ち上げ・整備作業を支援し、「はやぶさ2」の運用を開始に貢献した。
- ③ 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った。また、Malargüe 局について ESA との協議を進めた。
- ④ 64m と 54m のアンテナで、アンテナのアレー化の実験を進めた。オフラインでは、信号合成、復調まで成功した。また、現在実運用に使われている復調器に対して、商用ハードウェアを使ってリアルタイムアレー化機能の付加、低価格化を行った新しい処理装置の検討も行った。

効果：

臼田局および美笹局での「はやぶさ2」等の運用に貢献した。また、今後の深宇宙局の構築のために参考となる具体的な情報を提示できた。

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ったり、小型ミッションの追跡サポートが得やすくなる。

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、2020 年度は、ISAS に「専門・基盤技術 G」を新たに
創設する準備を整え、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、新設す

る専門・基盤技術 G により組織化する。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の準備を通して、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 池永敏憲 山本高行 池田 人 宮澤 優 佐藤峻介 大野 剛 武井悠人
伊藤琢博 吉川健人 石田貴行 石丸貴博 三好航太 菊池隼仁 中尾達郎 平澤 遼 金谷周朔

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内外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、システム、航法誘導制御、サンプ
ルリターンカプセル（以降、「カプセル」という）回収
の各担当として、2020 年 12 月にカプセルをオーストラ
リアに帰還させる地球帰還運用の成功に大きく貢献し
た。カプセル回収に際しては、事前に綿密な回収訓練
を行い、例えばビーコンが発出されない等の想定外の事
象が発生したとしてもカプセル回収を実現させるべく
準備して臨んだ。当日は風予測なども取り込み、予測
位置誤差約 300m で落下位置を特定することに成功し
た。これにより、大気圏通過中に分離したカプセルの
全てのパーツの迅速な回収を実現することが出来た。

「はやぶさ 2」の探査機本体は、カプセル放出後に
地球落下軌道から離脱するための軌道制御を実施し、
地球接近時に発生する長時間の日陰運用なども入念
な計画のもと滞りなく完遂し、新たな小惑星 1998

KY26 へ向かう軌道に乗せることが出来た。

- ・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、詳細設計
フェーズの開発活動を担当した。また、電源系では、
薄膜太陽電池や SUS ラミネートタイプの Li イオンバ
ッテリーの搭載に向け、各種の評価や開発試験を行った。
- ・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、
フライトモデルの環境試験や電気試験（搭載ソフトウ
ェア開発を含む）、運用準備、安全審査等の NASA 対
応や軌道検討、地上局システムの整備を進めた。
- ・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
置等の各担当として、基本設計の完了に貢献した。
- ・DESTINY+では、スパイラル式に高度を上昇させる軌
道計画を詳細化し、フライバイ観測の成立性を検討す
るなど、プリプロジェクト移行に貢献した。また、搭
載カメラの撮像素子の評価では CMOS センサの飽和
電荷量が撮像条件に依存する現象を考究した。
- ・再使用ロケット RV-X では、航法・誘導制御系を取り
まとめ、フリーフォールの設備を用いた航法試験や地
上燃焼試験でのセンサ特性取得や TVC のモデル化な
ど飛行試験の検討に資するデータを取得した。
- ・超精密フォーメーションフライト技術実証機（SILVIA）
では、ミッション提案を主導した。システムの取り纏
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、探査機システムの設計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ている。

- ・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ている。

3. 基盤技術研究, 要素技術開発

- (1) 深宇宙ランデブ技術の研究
- (2) GPU を活用した超並列演算によるミッション設計の効率化
- (3) エッジ AI を用いた探査機自撮り用超小型カメラの研究開発
- (4) 深層学習を活用したクレータ抽出の研究
- (5) 高ダイナミクス環境下での精密単独測位
- (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) 低温特性に優れた車載用電池の宇宙適用の検討
- (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) 人工輝点トラッキング技術を応用した深宇宙ランデブドッキングシステムの検討
- (13) 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

4. 研究設備の維持管理

姿勢系センサや誘導制御装置の性能評価試験等に供する地上試験装置および軌道解析サーバ類、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、ユーザ支援等を行い、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

1) 推進系グループ

職員：志田真樹 八木下剛 後藤大亮 (～10月) 渡邊裕樹 松永芳樹 道上啓亮 張 科寅
後藤健太 (7月～) 竹崎悠一郎 森下直樹

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 ではタンクやメインスラスタ、補助スラスタの開発を完了。
- ・「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 振動衝撃試験, FCM 噛合せ試験, 接地影響試験等を通し、課題解決を支援した。これらの成果を受け、第一部門ではホールスラスタ CDR1 が開催された。
- ・「OMOTENASHI」では、推進系を中心に開発を支援し、探査機の開発が完了した。
- ・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

- ・「全電化衛星用電気推進技術の研究」, 「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
- ・酸水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 下田孝幸 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タ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

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）」，プリプロジェクト，（「DESTINY+」，「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

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。2020年度は第9期の活動を行なった。

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。とりわけ、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。

宇宙工学委員会と合同で、研究領域の目標・戦略・工程表のアップデートを、各コミュニティに依頼し、とりまとめをおこない 2020 年 5 月に策定した。プログラムディレクターの諮問に対応し、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。2019 年度の「公募型小型衛星コンセプト」公募提案に対して、所長の諮問により評価委員会を設置し、宇宙干渉計実験室 SILIVA を候補として推薦した。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、戦略的中型、公募型小型、戦略的海外共同計画、小規模計画の要件、コストキャップ、頻度等に対する提言を行なうべく、ミッションカテゴリタスクフォースを設置し、理工合同委員会として所に提言の答申を行なった。

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、審査を経て研究資金を配分、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。

ワーキンググループ：

2020 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
- ・衛星搭載超伝導サブミリ波リム放射サウンダ (SMILES-2) WG
- ・ガンマ線バーストを用いた初期宇宙探査計画 (HiZ-GUNDAM) 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 (2020 年設立)
- ・月の縦孔・地下空洞直接探査 (UZUME) WG (2020 年設立)

[小規模]

- ・地球磁気圏 X 線撮像 GEO-X WG
- ・FUJIN WG
- ・K-EUSO (JEM 曝露部搭載機器、国際ミッション対応) WG
- ・STORM WG (2020 年設立)

[小規模 (戦略的海外協同計画)]

- ・LISA WG

[装置開発 WG]

- ・生命探査顕微鏡 (LDM) WG (2020 年度末終了)

2020 年度中にステータスが変わったもの

- ・Hera, WSO-UV, Comet Interceptor 所内計画チームへの移行

・LDM WG 所定の成果を達成し終了

実績と効果：成果の代表例として、10WGの中から3つをあげる。

- ① 広帯域 X 線高感度撮像分光衛星 (FORCE) WG は、衛星システム構成検討やその結果を反映した衛星コンフィギュレーション設計などのシステム検討を引き続き実施し、2019 年度の公募時の指摘事項への対応を含めて、衛星システムの成立解に向けた検討が進んだ。また、キー技術開発として、ADC を内蔵した小型デジタル X 線 SOIPIX の試作設計を完了し、素子の試作製造を開始し、まもなく動作試験を開始できる段階まで進んだ。
- ② PhoENiX WG (磁気リコネクション・粒子加速ミッション) では、衛星システム検討としては、衛星全体の成立性の検討の一環として、ミッション部の構造数学モデルを作成し、バス部との結合解析や、ミッション部の熱歪の感度解析を実施し、高精度光学系の成立する熱制約の洗い出しなどの検討が行われた。また、硬 X 線ミラーの高精度化およびその保持機構の開発として、ミラーの試作加工を通じた検証作業を継続しており、来年度には結像性能の評価を実施できるところまで進んだ。ミラー保持については、機構部品の加工方法や保持ベースプレートへの組み付け方法を考慮した保持機構の設計・解析が実施された。
- ③ MACO 計画検討 WG では、搭載を検討している観測機器について、惑星保護対応に係る課題の抽出作業が行われ、乾熱滅菌処理をした場合の機器の性能劣化に直結する部位・部品がリストアップされた。また、あわせて開発過程における課題も抽出され、プロジェクト全体で管理すべき項目・プロジェクト単体では管理できない項目を識別しつつ、開発上の課題を抽出することができた。

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。

実績と効果：31 件の提案にたいし、15 件の提案を採択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 6、紫外線技術 3、赤外線技術 4、質量分析技術 1、加速度検出技術 1 とバランスがとれたものであった。CMOS を利用したセンサ開発や軽量光学など、分野に共通した優れた課題提案もあった。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、2021 年度への継続申請課題では、評価結果も参考としている。CFRP に薄板ガラスを貼り付けた軽量 X 線望遠鏡や、多層膜による極端紫外光での反射率向上など宇宙観測や宇宙探査の新展開を創出する野心的な基礎技術の開発があり、限られた財源の中で着実な進展があった。

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

2020 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 6 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、公募型小型衛星コンセプト提案の評価・候補選定 (1.1 項) を行うとともに、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。

また理工学合同委員会では、2019 年度の議論を踏まえ、ミッションの役割、規模、要件等の再定義やその実現にむけた関係各所への働きかけを進めるべく、ミッションカテゴリ TF により議論・提言を行なった。

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、各種実験の評価と、さらなる成果創出のための提言を行うとともに、ミッション公募に応募されたミッション提案に対する科学的な評価を行った。運用中の「あかつき」「ひので」運用終了および延長審査をおこない、また ISS 搭載 MAXI、CALET の延長審査にも協力した。また進行中のプロジェクトである Solar-C EUVST、WSO、Hera、Dragonfly、Roman、Comet Interceptor などの審査に参加・委員推薦などに協力し、ミッション候補推薦後のプロジェクト化に向けた活動をみまもり、継続的なミッション創出・実施に寄与した。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。また年度途中で SPICA プリプロジェクトの終了が宇宙科学研究所により決定され、その終了審査および今後の国際協力ミッション実現のためのレッスンズアンドラウンドの抽出に協力している。

また、有望なミッション提案へのハードルを下げ、その開発リスクを早い段階で低減して宇宙科学ミッションを実行するために新たに開始される「技術のフロントローディング」に関する具体化検討や進め方、また「宇宙科学・探査ロードマップ」の制定に向けた検討による提言の取りまとめなど、宇宙工学委員会と合同で取り組んだ。

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」サンプル受入準備を着々と進めている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。

2020年度は第9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：

- ・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
- ・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
- ・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
- ・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

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
- ・100kW級レーザーローンチシステムの成立性検討・デモンストレーターの開発
- ・再使用高頻度宇宙輸送システムの研究
- ・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
- ・再突入飛翔体の航空機光学観測
- ・長時間飛翔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
- ・『スターリング自己チャージャーの試作』
- ・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
- ・ μm 厚薄膜LSIで実現される、膜面展開構造物のヘルスマonitoring向けフレキシブルワイヤレスセンサの実現
- ・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
- ・高性能車載用二次電池の宇宙機適用性検討
- ・小型飛翔体の機能向上に関する開発研究

実績と効果：外部発表の実績は、学術論文66件、国際学会発表59件、国内学会発表283件、受賞5件、招待講演5件、特許6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、来年度の観測ロケット実験で飛行実証予定のデトネーションエンジンおよび姿勢制御用のパルスデトネーションエンジンのフライトモデルを完成させ、環境試験・地上燃焼試験により目標の推力、角速度変化が達成されることを確認するとともに、宇宙実証時のシステムの健全性、全面フィルム冷却による長秒燃焼の技術的成立性を確認した。
- 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、ISASが有するエアブリ

ーザーと再使用ロケットの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（システム研
究、エンジン試作研究、エンジン燃焼試験、空力要
素研究）を遂行し、来年度から計画しているエン
ジン地上燃焼試験の準備を進めるとともに、ISASと大
学による10kN級エアターボロケット（ATR）エン
ジンのインハウス製作を完了した、

- 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、太陽輻射圧を利用した長期間
に渡る軌道維持のための制御方針を見出し、ノンホ
ロノミック姿勢制御手法の一つについて解析的近似
解の導出と姿勢変更経路計画手法の構築を行った。
ノンホロノミック姿勢制御の実験検証装置構築と評
価を行った。
- ④ 「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」RGでは、来年度打上げ予定の超小型衛星
BEAKに関して、エンジニアリングモデルを用いた
各機能の検証試験と、フライトモデルの設計・製造
を完了した。観測ロケット回収モジュールRATSに
関して、その設計や機能検証に必要な実験などを実
施し、各種データを取得し、実験機の設計・開発に
反映させた。
- ⑤ 「極低温熱制御デバイスの開発」RGでは、極低温ル
ープヒートパイプの設計検討・試作を行い、熱数学
モデルを構築するとともに定常熱輸送性能を予測す
る技術を獲得した。無冷媒で低温を維持し、24時間
連続無人で50cm級小型衛星も試験が可能な極低温

チャンバの設計検討を行った。

- ⑥ 「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」RGでは、小惑星相対画像航法アルゴ
リズムについてオンボード化に適した2案（遠方
用・近傍用）を案出しアルゴリズム検証が大きく進
展するとともに、前年に試作したVCCアルゴリズム
に適したFPGA試作回路を改良した。本研究活動
計画に沿って案出した深宇宙ドッキング／推薬補給
構想に基づき、深宇宙ミッションに適したドッキ
ング・補給機構の試作を開始した。
- ⑦ 「電気推進機における昇華性推進剤の検討」RGでは、
昇華装置とイオン源の改良により複数の昇華性推進
剤（アダマンタン、樟脳、メントール）によるイオ
ンエンジン作動に成功した。

2.2 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、2013年に名古屋大学と共同で設置した同大学太陽地球環境研究所（STEL、現宇宙地球環境研究所（ISEE））ERGサイエンスセンターが、ジオスペース探査衛星「あらせ」（ERG）打上げ後の標準データファイルの製造・公開、観測計画の立案を行うなど、ERGプロジェクトに大いに貢献した。このように連携の機能・活動を充実させ拠点としての実態が確立されたことから、拠点協定は2017年度末で終了し、これまでの成果を定着・維持し、それを発展させる名古屋大学の国際的な共同利用・共同研究拠点の構想を支援す

るための連携協力協定に移行した。

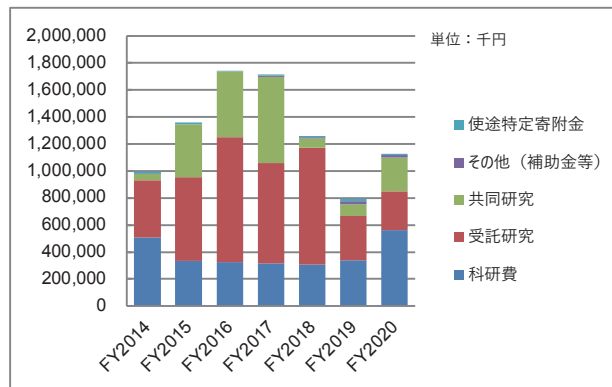
この先行する名古屋大学の活動を一つのモデルケースとして、現在、2017年度採択の北海道大学大学院工学研究院の超小型深宇宙探査機用キックモータ研究開発拠点、千葉工業大学惑星探査研究センター（PERC）の惑星探査基盤技術開発・人材育成拠点、東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構（Kavli IPMU）の硬X線・ガンマ線イメージング連携拠点が、それぞれの成果創出に向けて活動を継続している。

一方、分野別の協力または拠点として、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）、用途特定寄付金（寄付金）、その他（補助金等）がある。

2020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	2020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査	太陽系科学研究系	白井 寛裕	42,650,000
2	新学術領域研究	エキゾチック原子法を用いた宇宙観測およびその応用による新機軸	学際科学研究系	福家 英之	5,460,000
3	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
4	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	74,490,000
5	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	74,880,000
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査領域の開拓	学際科学研究系	船瀬 龍	1,950,000
7	学術変革領域研究(B)	高頻度な深宇宙探査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	1,820,000
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	宇宙飛行工学研究系	船木 一幸	70,200,000
9	基盤研究(A)	極低温Siレンズを用いた広視野CMB偏光望遠鏡の開発	宇宙物理学研究系	関本 裕太郎	7,370,000
10	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	2,860,000
11	基盤研究(A)	地球惑星超高層大気の中性粒子分布・力学機構の実証解明を実現する直接観測の基盤構築	太陽系科学研究系	齋藤 義文	5,330,000
12	基盤研究(A)	皮膜に網をかぶせた大型スーパープレッシャー気球に向けた基礎技術の開発	学際科学研究系	齋藤 芳隆	1,430,000
13	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	21,060,000
14	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	宇宙飛行工学研究系	森田 泰弘	14,170,000
15	基盤研究(A)	大型ゴッサマー宇宙構造物システムの構築理論の確立と実現シナリオの探求	宇宙飛行工学研究系	宮崎 康行	9,733,386
16	基盤研究(B)	銀河間プラズマの集中と循環を探るX線カロリメータ大型アレイの開発	宇宙物理学研究系	山崎 典子	4,680,000
17	基盤研究(B)	中性-電離大気相互作用の直接観測のための発展型イオン密度・ドリフト速度測定器開発	太陽系科学研究系	阿部 琢美	1,300,000
18	基盤研究(B)	強摂動環境下の天体力学の新展開 - 超遠方天体への自律ランデブー技術の確立	宇宙飛行工学研究系	津田 雄一	5,510,000
19	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	宇宙飛行工学研究系	川口 淳一郎	2,470,000
20	基盤研究(B)	宇宙環境下熱流動現象の理解に基づく機能的熱流体制御デバイスの創出	宇宙飛行工学研究系	小川 博之	1,950,000
21	基盤研究(B)	無人航空機による速度可変型貫入観測装置の開発と桜島昭和噴火口直近での実証観測	太陽系科学研究系	田中 智	5,850,000
22	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	3,380,000
23	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	8,030,000
24	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	宇宙飛行工学研究系	後藤 健	6,630,000
25	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	宇宙飛行工学研究系	佐藤 英一	2,990,000
26	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	5,900,000
27	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	11,830,000
28	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	15,730,000

	研究種目	研究課題	所属	研究代表者	2020年度交付額計 (直接+間接) 単位:円
29	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	8,970,000
30	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	8,060,000
31	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シエ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	8,320,000
32	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	宇宙飛翔工学研究系	藤田 和央	8,320,000
33	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	10,400,000
34	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	1,403,208
35	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	1,517,792
36	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	1,025,431
37	基盤研究(C)	ジオスペース探査衛星搭載の高エネルギー電子分析器の軌道上較正	太陽系科学研究系	三谷 烈史	915,073
38	基盤研究(C)	南極微隕石の有機物分析による原始地球の生命材料物質の解明	地球外物質研究グループ	矢田 達	910,102
39	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	1,140,545
40	基盤研究(C)	移動機構と柔軟地盤の相互作用の一般定式化ならびに最適化に関する実験的検証	宇宙機応用工学研究系	大槻 真嗣	2,914,850
41	基盤研究(C)	傾斜機能型アブレーション熱防衛システムの研究	CAESAR/SRC プリプロジェクトチーム	鈴木 俊之	2,817,177
42	基盤研究(C)	サーバ・クライアント構造によらない分散型リソース配分制御システムの研究	宇宙飛翔工学研究系	佐伯 孝尚	993,470
43	基盤研究(C)	垂直着陸式再使用型ロケットの帰還飛行における推進剤消費最小化の研究	宇宙飛翔工学研究系	野中 聡	910,000
44	基盤研究(C)	コンテンツ制作者のための宇宙科学データ整備手法	学際科学研究系	三浦 昭	1,752,353
45	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	1,129,193
46	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	2,895,660
47	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	865,760
48	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	1,511,284
49	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	2,524,797
50	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	2,276,696
51	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	1,560,036
52	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	1,866,281
53	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	1,950,000
54	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	1,560,000
55	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	2,990,000
56	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	2,080,000
57	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	2,080,000
58	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	1,430,000

	研究種目	研究課題	所属	研究代表者	2020年度交付額計 (直接+間接) 単位:円
59	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	宇宙飛行工学研究系	戸部 裕史	1,430,000
60	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	2,900,255
61	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	宇宙飛行工学研究系	船木 一幸	3,212,894
62	挑戦的研究(萌芽)	空に浮かぶ人工電波源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	3,380,000
63	若手研究(A)	プラズマ推進機における基底単位のイオン生成・加速機構の解明	宇宙飛行工学研究系	月崎 竜童	780,000
64	若手研究	多様な地球型惑星を持つ衛星系の起源・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	1,504,616
65	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	宇宙飛行工学研究系	佐藤 泰貴	1,372,882
66	若手研究	微小重力下での高速衝突におけるクレーター形成過程の解明	太陽系科学研究系	岡本 尚也	1,650,173
67	若手研究	小型跳躍天体探査ローバシステム開発とそれを用いた土質推定	宇宙機応用工学研究系	前田 孝雄	1,300,000
68	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ボスト軌道設計への応用	宇宙機応用工学研究系	尾崎 直哉	910,000
69	若手研究	低エネルギー宇宙線反陽子の高感度観測による太陽変動研究	学際科学研究系	小財 正義	2,080,000
70	若手研究	次世代CMB偏光観測衛星の観測感度向上を目的とした広帯域シリコン光学素子の開発	宇宙物理学研究系	長谷部 孝	1,950,000
71	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	1,560,000
72	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	3,250,000
73	若手研究	宇宙自然プラズマ波動の同時多点観測による励起・伝搬特性の三次元的理解と利活用	太陽系科学研究系	松田 昇也	2,340,000
74	若手研究	地球外物質の微小水和物探査を目指した超精密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	780,000
75	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	2,210,000
76	若手研究	金属拡散接合による新型吸収セルの開発	太陽系科学研究系	桑原 正輝	2,730,000
77	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	宇宙飛行工学研究系	坂本 勇樹	1,950,000
78	若手研究	微小重力天体のプリルアン球内における重力場と軌道運動の解明	はやぶさ2プロジェクトチーム	菊地 翔太	1,690,000
79	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	宇宙飛行工学研究系	小田切 公秀	3,640,000
80	研究活動 スタート支援	小惑星近傍での強振動環境における探査機軌道設計	はやぶさ2プロジェクトチーム	菊地 翔太	191,143
81	研究活動 スタート支援	TES型精密X線分光器を用いた「はやぶさ2」帰還試料の微小水和物探査に向けた研究	地球外物質研究グループ	林 佑	1,430,524
82	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	1,684,831
83	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	3,466,122
84	国際共同研究強化(B)	微小重力環境下における流体や粉粒体との相互作用の理解	宇宙機応用工学研究系	大槻 真嗣	1,406,090
85	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	4,863,502
86	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	宇宙物理学研究系	鳥海 森	1,820,000
87	特別研究員奨励費	高空隙標的のクレーター形成に伴う衝撃圧伝播過程の解明:小天体表層進化への応用	太陽系科学研究系	岡本 尚也	1,300,000
88	特別研究員奨励費	かぐや探査データと月隕石の起源地域推定から解明する月火成活動の変遷	太陽系科学研究系	長岡 央	1,300,000

	研究種目	研究課題	所属	研究代表者	2020年度交付額計 (直接+間接) 単位:円
89	特別研究員奨励費	相界面濡れ制御による熱スイッチ機能発現と宇宙用高熱流束ループヒートパイプへの応用	宇宙飛翔工学研究系	小田切 公秀	1,560,000
90	特別研究員奨励費	重力捕捉軌道とその火星衛星探査計画(MMX)への応用	宇宙飛翔工学研究系	川勝 康弘 (DEI TOS Diogene Alessandro)	1,000,000
91	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)	900,000
92	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	1,690,000
93	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	1,820,000
94	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	1,820,000

(分担者)

	研究種目	研究課題	所属	研究分担者	2020年度交付額計 (直接+間接) 単位:円
95	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バンプ防振要素の設計基盤技術の構築	宇宙飛翔工学研究系	戸部 裕史 (代表者:長 弘基)	195,000
96	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)	1,430,000
97	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)	650,000
98	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
99	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:中籬恭一)	130,000
100	基盤研究(B)	紫外発光ダイオードと先進材料の光相互作用による非線形加速機構と超小型衛星への応用	宇宙飛翔工学研究系	船木 一幸 (代表者:堀澤秀之)	130,000
101	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
102	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
103	基盤研究(B)	先進的気球観測による南極域における大気重力	学際科学研究系	齋藤 芳隆 (代表者:佐藤 薫)	39,000
104	基盤研究(A)	大型ゴッサマー宇宙構造物システムの構築理論の確立と実現シナリオの探求	宇宙飛翔工学研究系	名取 通弘 (代表者:宮崎康行)	390,000
105	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
106	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オン探査	宇宙物理学研究系	山崎 典子 (代表者:満田和久)	3,380,000
107	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
108	基盤研究(A)	放射線シミュレータの革新	太陽系科学研究系	尾崎 正伸 (代表者:佐々木 節)	195,000
109	新学術領域研究	ニュートリノ質量と測定・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
110	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)	325,000
111	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
112	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)	4,810,000
113	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)	1,105,000
114	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)	1,300,000
115	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)	585,000

	研究種目	研究課題	所属	研究分担者	2020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)	1,950,000
117	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
118	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)	1,300,000
119	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)	65,000
120	特別推進研究	自律圧縮型ア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	宇宙飛行工学研究系	船木 一幸 (代表者:笠原次郎)	9,100,000
121	特別推進研究	自律圧縮型ア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	宇宙飛行工学研究系	羽生 宏人 (代表者:笠原次郎)	6,500,000
122	基盤研究(B)	あらせ衛星観測とシミュレーションによる放射線帯電子の非線形加速・散乱過程の理解	太陽系科学研究系	松田 昇也 (代表者:三好由純)	650,000
123	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)	2,925,000
124	基盤研究(B)	星形成フィラメントのダイナミクスを探る日印気球実験による遠赤外 [CII] 広域観測	宇宙物理学研究系	和田 武彦 (代表者:金田英宏)	520,000
125	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	宇宙飛行工学研究系	小林 弘明 (代表者:白井康之)	390,000
126	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)	650,000
127	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
128	基盤研究(B)	火山灰のシステムティック構築に基づく噴火推移と火道進化過程の関係解明研究	太陽系科学研究系	野口 里奈 (代表者:嶋野岳人)	455,000
129	基盤研究(B)	高速移動天体の検出による微小天体サイズ分布の解明	宇宙機応用工学研究系	吉川 真 (代表者:奥村真一郎)	260,000
130	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
131	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:稲本孝哉)	650,000
132	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)	1,300,000
133	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)	2,146,398
134	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
135	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
136	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)	2,600,000
137	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)	650,000

b. 受託研究

	研究課題	委託者	研究代表者	契約額 (円)
1	民生部品等を活用した宇宙機器の軌道上等実証	経済産業省	野中 聡	192,003,000
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	12,600,550
3	発電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	25,960,000
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	10,400,000
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	7,000,000

	研究課題	委託者	研究代表者	契約額 (円)
6	火星アナログ炭酸塩を用いたバイオシグネチャー探索法の開発	大学共同利用機関法人自然科学研究機構	菅原 春菜	2,000,000
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	2,080,000
8	リチウム系二次電池および当該電池に使用される材料を宇宙・航空環境に適用させるための研究	(株) GSユアサ	曾根 理嗣	2,402,400
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	22,651,200
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	871,000
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	9,100,000
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

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	移動・回転物体が作り出す空気力学音響に関する研究	学校法人東京理科大学 横浜ゴム (株)	大山 聖	600,000
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15	東海旅客鉄道 (株)	大山 聖	3,289,000
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	300,000
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	機械学習に基づいた自然地形走行性能予測に関する研究	日本電気 (株)	久保田 孝	1,000,000
7	近似計算を組み込んだ進化計算アルゴリズムの研究開発	(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	44,703,671
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	31,714,878
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	107,463,446
12	小型SAR衛星開発に関する研究開発	(株) Synspective	田中 孝治	1,500,000
13	新世代小型ロケットの能代実験場における燃焼試験に関する共同研究	(株) スペースワン	徳留 真一郎	116,634,800
14	月面ロボットによる科学探査の研究	Spacebit Global Ltd 社	春山 純一	1,500,000
15	ラマン分光法による水素物性計測技術の開発	European Spallation Source (ESS)	小林 弘明	1,230,000
16	多段ドライエッチング加工を用いたサブミリ波観測用シリコン素子の広帯域反射防止構造の開発	大学共同利用機関法人自然科学研究機構 国立天文台	長谷部 孝	919,000
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	宇宙用材料の放射特性評価	パナソニック (株)	太刀川 純孝	500,000
19	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
20	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	中澤 暁	無償
21	超小型衛星向けイオン液体推進機のシステム初期検討	東京都立大学法人東京都立大学 小山工業高等専門学校	和田 明哲	無償

	研究課題	民間等	研究代表者	契約額 (円)
22	最先端 LSI に放射線が与える影響の理解	(株) ソシオネクスト (Socionext Inc.)	小林 大輔	無償
23	ハーメチック部品の耐圧構造設計開発	京セラ (株)	小林 弘明	無償
24	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 (株)	野中 聡	無償
25	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
26	月惑星探査機の軌道検討に関する研究	LSAS Tec (株)	竹内 央	無償
27	新規蓄電デバイスの宇宙機適用性検討	学校法人関西大学 国立大学法人東京大学	曾根 理嗣	無償
28	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
29	3次元形状地形図の差分解析からの異常検出の研究	学校法人早稲田大学 学校法人明海大学	長谷川 克也	無償
30	固体推進薬燃焼表面の3次元モデルによる可視化	学校法人千葉工業大学	長谷川 克也	無償
31	超長基線電波干渉計による高精度観測に関する共同研究	国土交通省国土地理院	村田 泰宏	無償
32	機械学習を用いた運用データの解析による宇宙機の故障解析	(株) セック	太田 方之	無償
33	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	(株) IHI エアロスペース	山田 和彦	無償
34	全固体リチウムイオン電池に関する研究	(国研) 産業技術総合研究所 国立大学法人千葉大学	曾根 理嗣	無償
35	新規宇宙用酸素製造技術の最適化	三菱重工業 (株) 国立大学法人九州大学	曾根 理嗣	無償
36	形状記憶材を用いた超小型衛星用高性能膜面展開構造物の通信システム設計開発	東京都立大学法人東京都市大学	川崎 繁男	無償
37	グリンジリ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) 学校法人千葉工業大学	長谷川 克也	無償
38	超高速衝突電離試料の捕集装置及び分析手法の研究	(国研) 産業技術総合研究所 国立大学法人千葉大学 国立大学法人長岡技術科学大学	矢野 創	無償
39	帰還カプセルの強拡大撮影によるプラズマ発光のサイズ観測	飯山 青海	藤田 和央	無償
40	HAYABUSA2 地球帰還カプセル大気突入に伴う流星尾の紫外・可視分光観測	学校法人日本大学	藤田 和央	無償
41	HAYABUSA2 サンプルリターンカプセルの分光観測～デジタルカメラと回折格子による自作分光観測器を使って～	宮城県古川黎明高等学校	藤田 和央	無償
42	カプセルが大気圏を貫く時に発生する電離層擾乱の観測	国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学	藤田 和央	無償
43	超遠距離アマチュア無線通信実験	国立大学法人和歌山大学	橋本 樹明	無償
44	はやぶさ2 地球帰還時の衝撃波による微気圧波及び励起地震動の精密観測と軌道決定	高知県立大学法人高知工科大学	藤田 和央	無償
45	大気圏再突入物体の電離気体柱による VHF 帯通信への影響に関する観測研究	東京大学 (Hayabusa2 Radio Wave Reflection Project チーム)	藤田 和央	無償
46	大気圏再突入物体の電離気体柱による VHF 帯通信への影響に関する観測研究	中部大学 (Hayabusa2 Radio Wave Reflection Project チーム)	藤田 和央	無償
47	大気圏再突入物体の電離気体柱による VHF 帯通信への影響に関する観測研究	愛知工業大学 (Hayabusa2 Radio Wave Reflection Project チーム)	藤田 和央	無償
48	大気圏再突入物体の電離気体柱による VHF 帯通信への影響に関する観測研究	学校法人同志社同志社大学 (Hayabusa2 Radio Wave Reflection Project チーム)	藤田 和央	無償
49	低毒高性能一液式推進剤のレーザー放射加熱支援触媒着火に関する基礎研究	国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学	和田 明哲	無償
50	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開発の研究	(合) バッチドコニックス	濱田 修光	無償

	研究課題	民間等	研究代表者	契約額 (円)
51	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	サカセ・アドテック (株) 国立大学法人東京工業大学	森 治	無償
52	巨大時系列データの高速アクセスに関する研究	(株) エスペラントシステム	山本 幸生	無償
53	小惑星探査ミッションの高速、正確かつ高精細な可視化の研究開発	日本放送協会	三浦 昭	無償
54	「はやぶさ2」LIDARによるレンジング実験	国立科学研究センター (CNRS)	水野 貴秀	無償
55	「はやぶさ2」LIDARによるレンジング実験	ミュンヘン工科大学 衛星測地学研究所	水野 貴秀	無償
56	口径 15 m 級高性能パラボラアンテナを用いた月探査用衛星地上局の開発と性能実証	学校法人金井学園 福井工業大学	富木 淳史	無償
57	高精度月惑星データの応用研究	(国研) 産業技術総合研究所	佐藤 広幸	無償
58	マイクロ波放電型イオンエンジンの高性能化・低コスト化に関する研究	(株) アクセルスペース	西山 和孝	無償
59	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
60	超小型衛星用通信系技術の研究	国立大学法人東京大学	富木 淳史	無償
61	超小型衛星用バス技術	学校法人帝京大学	船瀬 龍	無償
62	広域通信サービスの災害支援における UAV を用いた道路状況の認識に関する研究	学校法人早稲田大学 日本電信電話 (株)	長谷川 克也	無償
63	ハイブリッドロケット用低融点熱可塑性樹脂燃料の高性能化に関する研究	学校法人福岡大学 (株) 型善 学校法人千葉工業大学	堀 恵一	無償
64	レーザ点火系の開発研究	IHI エアロスペース (株)	徳留 真一郎	有償 (支出)
65	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)
66	ロケット打ち上げにおける自律飛行安全の研究開発	スペースワン (株)	野中 聡	有償 (支出)
67	宇宙線伝播機構の研究	国立大学法人信州大学	福家 英之	有償 (支出)
68	公募型小型衛星 Solar-C(EUVST)の検討	大学共同利用機関法人自然科学研究機構 国立天文台	清水 敏文	有償 (支出)
69	モーションコントロールの宇宙応用	国立大学法人東京大学	橋本 樹明	有償 (支出)
70	軌道決定ソフトウェアの高度化	国立大学法人一橋大学	竹内 央	有償 (支出)
71	DESTINY+のサイエンス推進	学校法人千葉工業大学	西山 和孝	有償 (支出)
72	DESTINY+搭載実証機器 可逆展開ラジエーター (RTP) 開発の推進	国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学	高島 健	有償 (支出)
73	宇宙機のジンバル装置や分離機構に使用されるアクチュエータの制御の高度化	国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学	大槻 真嗣	有償 (支出)
74	ジオスペース・太陽圏における宇宙天気現象の研究	国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学	篠原 育	有償 (支出)
75	はやぶさ2帰還試料のガス採取および試料分析に関する研究開発	国立大学法人九州大学	安部 正真	有償 (支出)
76	小型月着陸実証機(SLIM)に搭載されるマルチバンドカメラ (MBC) により得られる分光画像を用いた科学解析に向けた実験的研究	公立大学法人会津大学	坂井 真一郎	有償 (支出)
77	先進流体画像診断技術を適用した宇宙輸送機周りの流体解析	国立大学法人九州大学	大山 聖	有償 (支出)
78	CMC のバーチャルテストによる性能保証確保の研究	国立大学法人一橋大学	佐藤 英一	有償 (支出)
79	X線天文学への応用を見据えたプラズマ分光学の研究	大学共同利用機関法人自然科学研究機構 核融合科学研究所	海老沢 研	有償 (支出)

	研究課題	民間等	研究代表者	契約額 (円)
80	半導体集積回路に関する研究	学校法人福岡大学	水野 貴秀	有償 (支出)
81	火星衛星サンプルリターン計画 MMX における火星観測計画の策定	国立大学法人東北大学	白井 寛裕	有償 (支出)
82	海洋天体探査に向けたアストロバイオロジー研究	(国研) 海洋研究開発機構	矢野 創	有償 (支出)

d. 用途特定寄附金

	寄附金の名称	寄附者	研究代表者	金額 (円)
1	Cu-Al-Mn 形状記憶合金を用いた機械的ヒートスイッチの開発	日本銅学会	戸部 裕史	250,000
2	チタン基合金の集合組織制御による超弾性特性改善 (20)	(公財) 軽金属奨学会	戸部 裕史	300,000
3	高温で駆動可能な Pd-Ti-Zr 形状記憶合金の開発	(公財) 稲盛財団	戸部 裕史	1,000,000
4	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	500,000
5	宇宙科学研究所の「教育職評価に基づくインセンティブ経費」	國中 均	國中 均	1,000,000
6	原始背景重力波の直接観測に向けたフェーズメータ開発	和泉 究 (第 51 回三菱財団自然科学研究助成 (若手助成))	和泉 究	3,900,000
7	繊維強化セラミックスの評価方法	クアーズテック (株)	後藤 健	300,000
8	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

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	九州大学	山本 直嗣	電気推進機における中和現象の解明
2	東北大学	熊本 篤志	電離圏観測ロケット搭載用インピーダンスプローブのプラズマ計測試験
3	岐阜大学	宮坂 武志	ホールスラストシステムの多次元ブルーム特性診断
4	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
5	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
6	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
中型・小型スペースチェンバー			
7	宇宙科学研究所/JAXA	田中 孝治	宇宙用大電力マイクロ波システムにおける放電に関する研究
8	研究開発部門第二ユニット/JAXA	金城 富宏	導電性白色塗装の帯電評価

(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	研究開発部門/JAXA	松本 晴久	CapSat DRAGON-J 搭載デブリモニタ SDM の開発・校正試験
3	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
4	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
5	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開発
6	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イル OKEANOS 搭載用ダスト計測器 ALADDIN2 の開発校正・実験
7	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
8	日本大学	阿部 新助	月面衝突閃光現象の解明
9	宇宙科学研究所/JAXA	岡本 尚也	高速衝突によって高空隙標的内を伝播する衝撃圧の測定実験
10	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
11	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
12	宇宙科学研究所/JAXA	高島 健	深宇宙探査技術実証機 DESTINY+用薄膜軽量太陽電池パドルへのデブリ衝突の影響評価
13	宇宙科学研究所/JAXA	田中 孝治	超高速衝突におけるイジェクタに関する研究
14	宇宙科学研究所/JAXA	野口 里奈	マグマ破碎メカニズム抽出のための溶岩破壊実験
15	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

16	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
17	神戸大学	中村 昭子	含水始原天体模擬多孔質標的の高速度衝突による空隙率変化
18	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
19	近畿大学	道上 達広	普通コンドライト隕石に対する衝突実験とイトカワ粒子
20	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
21	熊本大学	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

(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	東北大学	坂野井 健	LAMP ロケット実験搭載機器熱真空試験
2	国際宇宙探査センター/JAXA	野村 麗子	米国観測ロケット LAMP 搭載 磁場観測器 MIM 熱真空試験
3	東京理科大学	小林 翔吾	XRISM プロジェクトベーキング
4	東京理科大学	小林 翔吾	XRISM プロジェクト熱真空試験
5	宇宙科学研究所/JAXA	田中 孝治	小型 SAR アンテナパネルベーキング
6	研究開発部門/JAXA	宮澤 優	SLIM FM 二次電池セルモジュール真空さらし試験
7	宇宙科学研究所/JAXA	田中 孝治	小型 SAR ハーネスベーキング
8	国際宇宙探査センター/JAXA	野村 麗子	月探査機器候補品の性能試験
9	宇宙科学研究所/JAXA	田中 孝治	小型 SAR 構体パネルベーキング
10	宇宙科学研究所/JAXA	富田 洋	XRISM プロジェクト FM 熱真空試験
11	宇宙科学研究所/JAXA	前田 良知	XL Calibur 搭載カメラ熱真空試験

(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	横浜国立大学	北村 圭一	非対称突起付き細長物体の遷音速空力特性
2	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
3	東北大学	永井 大樹	再突入カプセル型物体の遷音速域での動的不安定現象に関する研究
4	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
5	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
6	鳥取大学	酒井 武治	翼展開型惑星探査無人滑空機主翼の空力特性
7	千葉大学	太田 匡則	高感度定量密度計測法の開発と風洞試験
8	東海大学	山田 剛治	遷音速領域における大気突入カプセル背面流れの特性解明
9	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

	所属	研究代表者	研究課題
10	宇宙科学研究所/JAXA	丸 祐介	エアターボロケットエンジンを搭載したロケット機体の空力特性評価 (その2)
11	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
12	龍谷大学	大津 広敬	空気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
13	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
14	中部大学	菊田 丈士	スペースプレーンの空力特性の研究
15	宇宙科学研究所/JAXA	丸 祐介	エアターボロケットエンジンを搭載したロケット機体の空力特性評価 (その3)
16	九州工業大学	平木 講儒	非定常衝撃波に関する研究
17	東京大学	赤嶺 政仁	衝撃波-境界層干渉の3D-BOS計測に関する研究

(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	宇宙科学研究所/JAXA	山田 和彦	次期サンプルリターンカプセル用のアブレータ材料の加熱試験
2	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
3	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 (その5)
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	鳥取大学	酒井 武治	熱防御システムモニタリング手法の高度化に関する研究
6	山口大学	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
7	東京理科大学	向後 保雄	耐熱セラミックス粒子分散多孔質炭素アブレータの開発と性能評価
8	宇宙科学研究所/JAXA	鈴木 俊之	2020年度傾斜機能型アブレータの耐熱基礎特性取得試験

(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	東海大学	福田 紘大	DNS解析に基づく高マッハ数混相乱流 LES モデルの構築
4	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
5	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
6	松江工業高等専門学校	杉山 耕一郎	金星大気の大規模数値シミュレーションに関する数値的研究
7	東北大学	大西 直文	ナノ秒バルス駆動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・流れの連成解析
8	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
9	沖縄工業高等専門学校	森澤 征一郎	レイノルズ数条件下におけるマッハ数効果の伴う空力特性解析

	所属	研究代表者	研究課題
10	横浜国立大学	北村 圭一	飛翔体超音速空力特性
11	横浜国立大学	北村 圭一	細長物体の遷音速空力特性に対するレイノルズ数効果の影響
12	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
13	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
14	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
15	高エネルギー加速器研究機構	永田 竜	CMB 偏光観測衛星 LiteBIRD の光学要求解析
16	上智大学	DZIEMINSKA Edyta	解適合格子法を用いた燃焼流の数値研究
17	東北大学	河合 宗司	圧縮性乱流の高精度数値シミュレーションに関する研究
18	東北大学	浅田 啓幸	複雑形状まわりの高レイノルズ数 LES に向けた超高次精度非構造格子法に関する研究
19	大阪大学	犬伏 正信	機械学習による流体運動の予測と最適化
20	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
21	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ジング技術に関する研究
22	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
23	東海大学	水書 稔治	爆轟波伝播に関する基礎的数値解析
24	岡山大学	小布施 祈織	回転球面上 2 次元乱流における共変リャブノフベクトル解析
25	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
26	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
27	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

b. 国際共同ミッション推進研究

	所属	代表研究者	研究課題
1	名古屋大学	松尾 太郎	LUVOIR のための高性能コロナグラフの実験室実証とアドバンスなテストベッドへの応用に向けたコロナグラフマスクの実設計
2	広島大学	深沢 泰司	超小型衛星国際共同計画“CAMELOT”による重力波対応天体のガンマ線観測

c. 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	埼玉大学	佐藤 浩介	宇宙大構造のX線による観測にむけたマイクロ波多重読み出し回路を用いた超電導遷移端マイクロカロリメータの開発	2020.2.26- 2021.3.31	山崎 典子
2	首都大学東京	石崎 欣尚	TES 型マイクロカロリメータの性能向上に関する共同研究	2020.2.26- 2021.3.31	山崎 典子
3	上智大学	中岡 俊裕	ナノエレクトロニクスクリーンルームを用いた宇宙用ナノ RF デバイスの研究	2020.2.26- 2021.3.31	川崎 繁男
4	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を利用した超小型惑星プローブに関する研究	2020.2.26- 2021.3.31	山田 和彦
	東京工業大学	秋田 大輔			
	日本大学	今村 幸			
	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				
岡山大学	永田 靖典				
5	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サンプルリターンカプセル技術の研究	2020.2.26- 2021.3.31	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			
	岡山大学	永田 靖典			
	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			

	所属	氏名	研究課題	研究期間	申請教員
6	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	2020.3.11- 2021.3.31	吉光 徹雄
7	横浜国立大学	癸生川 陽子	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iriハーサル	2020.3.11- 2021.3.31	安部 正真
	海洋研究開発機構	高野 淑織 伊藤 元雄			
	京都大学	土山 明			
	九州大学	岡崎 隆司 橋口未奈子 松本 徹			
	高輝度光科学研究センター	上楯 真之			
	大阪大学	青木 順 石原 盛男			
	東京大学	三浦 弥生			
	東北大学	中村 智樹			
8	国立天文台	郷田 直輝 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	2020.3.11- 2021.3.31	片埜 宏一
	京都大学	山田 良透			
9	(個人)	北澤 幸人	宇宙材料に対する宇宙環境評価技術の研究	2020.3.11- 2021.3.31	佐藤 英一
10	東京大学	姫野 武洋	大型液化水素タンクの減圧特性に関する研究	2020.3.11- 2021.3.31	小林 弘明
11	日本大学	水上 祐治	学術文献データによる機関全体の研究活動の検証と成長戦略への反映	2020.3.11- 2020.12.31	大島 昭子
12	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	2020.3.11- 2021.3.31	吉川 真
13	大阪大学	中野 貴志	半導体ソフトウェア評価技術の確立	2020.3.11- 2022.3.31	廣瀬 和之
14	鹿児島大学	片野田 洋	小型ハイブリッドロケットエンジンの燃焼実験	2020.3.25- 2021.3.31	峯杉 賢治
	第一工業大学	高口 裕芝			
15	東京理科大学	関本 諭志	非同期複数プラズマアクチュエータによる翼周り流れ流体制御に関する研究	2020.4.8- 2021.3.31	大山 聖
16	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 南 雄人 永田 竜	LiteBIRD 計画のための検討および開発研究	2020.4.8- 2021.3.31	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			
	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				

	所属	氏名	研究課題	研究期間	申請教員
17	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	2020.6.24- 2021.3.31	三田 信
18	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	2020.7.22- 2021.3.31	山崎 典子
19	核融合科学研究所	川手 朋子	公募型小型衛星 Solar-C EUVST の検討	2020.8.26- 2021.3.31	清水 敏文
20	エアバス・ジャパン(株)	ピノー・ルイス	たんぼほおよびたんぼほ2 捕集試料分析への機械学習の応用	2020.9.30- 2022.3.31	矢野 創
	会津大学	奥平 恭子			
21	関東学院大学	中嶋 大	Athena 計画検討のための共同研究	2020.11.11- 2021.3.31	山崎 典子
	国立天文台	満田 和久			
22	横浜国立大学	上野 誠也 樋口 丈浩	月縦孔探査のための着陸シーケンスの研究	2020.12.23- 2023.3.31	春山 純一
23	大阪大学	大須賀 公一	月縦孔探査に向けた小型多足ロボットの研究	2020.12.23- 2023.3.31	春山 純一
	東北大学	石黒 章夫 大脇 大			
	岡山理科大学	衣笠 哲也 林 良太 吉田 浩治			
24	東海大学	中篠 恭一	スーパープレッシャー気球の開発	2021.2.10- 2022.3.31	斎藤 芳隆
	東京工業大学	秋田 大輔			
	明治大学	松尾 卓摩			
	国立極地研究所	富川 喜弘			
	長岡技術科学大学	山田 昇			
	東北大学	村田 功			
	愛知学院大学	山本 一成			

d. 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	京都大学	SMILES-2 ミッション部のコスト削減のためのシステム検討	有償 (支出)
2	東京都立大学	GEO-X (GEOspace-X-ray imager)の検討開発	有償 (支出)
3	関東学院大学	GEO-X (GEOspace-X-ray imager)の検討開発	有償 (支出)
4	名古屋大学	GEO-X (GEOspace-X-ray imager)の検討開発	有償 (支出)
5	東京大学	超小型撮像分光装置搭載超小型衛星システムの研究	有償 (支出)
6	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)
7	京都大学	「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) 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	衛星搭載シンチレータの読み出し用 APD/MPPC の光量改善のための新固定法	有償 (支出)
2	東京大学	合金を用いた多層膜反射鏡の開発	有償 (支出)
3	東北大学	赤外線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2～	有償 (支出)
4	名古屋大学	赤外線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2～	有償 (支出)
5	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)
6	名古屋大学 東京大学	宇宙赤外線干渉計に向けた 2 光束結合と光路長調整のアルゴリズム	有償 (支出)
7	東京大学	超小型水素コロナ分光撮像装置の観測精度向上に向けた研究	有償 (支出)
8	立教大学	非冷却マイクロボロメータ検出器の感度向上に関する基礎研究	有償 (支出)
9	東京大学	革新的な小型化・高質量分解能を実現するフーリエ変換型質量分析器の基礎開発	有償 (支出)
10	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)
11	東京大学	Canon 製赤外線 CMOS センサの宇宙 X 線用応用の検討	有償 (支出)
12	東京理科大学	汎用 X 線 CMOS センサーの基礎開発	有償 (支出)
13	愛媛大学 大阪大学	CFRP 製 X 線反射鏡を目指した表面平滑化の開発	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	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)
4	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)
5	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)
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	名古屋大学	100kW 級レーザーローンチシステムの成立性検討・デモンストレーターの開発	有償 (支出)
8	東京理科大学	再使用高頻度宇宙輸送システムの研究 - 複合領域最適化手法の適用研究 (その 4)	有償 (支出)
9	東京理科大学	再使用高頻度宇宙輸送システムの研究 - 飛行環境適応姿勢制御システムの研究 (その 4)	有償 (支出)
10	東京理科大学	再使用高頻度宇宙輸送システムの研究 - 高頻度運用炭素繊維強化プラスチック液体酸素タンクの試作研究 (その 10)	有償 (支出)
11	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)
12	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)
13	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)
14	静岡大学	大気アシストエンジンの機体周り流れ及びエンジン燃焼器に関する研究	有償 (支出)
15	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)

	契約相手方	研究課題	契約額 (円)
16	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)
17	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)
18	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)
19	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)
20	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)
21	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)
22	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)
23	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)
24	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)
25	東海大学	ホールスラスト推進システムの研究	有償 (支出)
26	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)
27	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)
28	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)
29	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)
30	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)
31	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)
32	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)
33	東京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)
34	東北大学	極低温における熱制御技術	有償 (支出)
35	名古屋大学	極低温における熱制御技術	有償 (支出)
36	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)

(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	広島大学	粉塵爆発における燃焼限界の解明	有償 (支出)
2	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)
3	東京薬科大学	地球生物の宇宙生存可能性検証のための短期宇宙曝露実証実験システムの構築	有償 (支出)
4	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)
5	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)
6	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-BioCubeUnit) の開発	有償 (支出)
7	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)

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3回ハイブリッドロケットシンポジウム (*)	2020.11.27	46	14	嶋田 徹
2	宇宙科学情報解析シンポジウム (*)	2021.2.19	71	14	高木 亮治
3	大気球シンポジウム (*)	2020.11.5-6	176	31	福家 英之
4	4th MMX International Science Team Meeting	2021.2.24-25, 2021.3.2	480	25	白井 寛裕
5	第40回宇宙エネルギーシンポジウム (*)	2021.3.30	22	6	田中 孝治 豊田 裕之
6	第21回宇宙科学シンポジウム (*)	2021.1.6-7	450	211	松崎 恵一 坂尾 太郎 羽生 宏一 片堅 宏一
7	第35回宇宙環境利用シンポジウム (*)	2021.1.19-20	98	33	橋本 博文
8	宇宙航行の力学シンポジウム (*)	2020.12.14-15	330	50	大山 聖 山田 和彦 野中 聡
9	磁気圏・電離圏シンポジウム	2021.2.15-16	57	16	篠原 育豪 村上 豪
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) (*)	2021.1.14-15	226 333	38 57	堀 恵一 徳留 真一郎 佐藤 哲也 (早大) 西山 和孝
11	宇宙科学に関する室内実験シンポジウム (*)	2021.3.5	51	18	阿部 琢美 長谷川 直
12	第3回観測ロケットシンポジウム (*)	2021.3.24-25	170	22	阿部 琢美
13	多波長・時間軸天文学時代の FORCE ～広帯域 X 線で迫るコンパクト天体の世界～	2021.3.4-5	180	21	石田 学 上田 佳宏 (京大) 榎戸 輝揚 (理研) 勝田 哲 (埼玉大) 中澤 知洋 (名大) 森 浩二 (宮崎大)
14	第30回アストロダイナミクスシンポジウム (*)	2020.7.20-21	168	58	川口 淳一郎
15	高エネルギー宇宙物理学の最新成果と今後の国際連携	2021.3.8-10	136	25	山崎 典子
16	衝撃波シンポジウム	2021.3.3-5	266	99	太田 匡則 (千大) 山田 和彦
17	太陽スペース研究シンポジウム	2020.12.21-22	238	51	清水 敏文
18	惑星探査ワークショップ	2020.9.9-11	240	46	村上 豪 白井 寛裕 尾崎 直哉
19	重力天体 (月, 火星) 着陸探査シンポジウム	2020.11.26	104	15	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)
20	第36回 宇宙構造・材料シンポジウム	中止 (**)	0	0	戸部 裕史
21	宇宙プラズマにおける粒子加速研究会	中止	0	0	坂尾 太郎 篠原 育
22	宇宙生命探査シンポジウム	中止 (**)	0	0	矢野 創
23	アジア太平洋地域小惑星観測ネットワーク シンポジウム	中止 (**)	0	0	吉川 真
24	可変構造宇宙機シンポジウム	中止 (**)	0	0	佐藤 泰貴

新型コロナウイルス感染症拡大防止のため、2020年度開催のシンポジウムは全てオンライン開催。

(*) 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178回	2020.8.5	寺田 健太郎	大阪大学理学研究科	月周回衛星「かぐや」が明らかにした地球-月システムの新しい知見
第179回	2020.10.21	横山 哲也	東京工業大学	隕石の核合成起源同位体異常とその応用
第180回	2021.1.13	小野 雅裕	NASA JPL	Perseverance and Beyond: Future Expectations of Planetary Surface and Subsurface Exploration with Highly Autonomous Robots
第181回	2021.2.17	Francesco Topputo	ミラノ工科大学	Challenges in Guidance, Navigation, and Control of Interplanetary CubeSats
第182回	2021.3.3	高橋 雄宇	NASA JPL	OSIRIS-REx Particle Events and Juno Extended Mission
第183回	2021.3.10	藤井 友香	国立天文台	低質量星周り地球型惑星の大気モデルと観測の展望

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低コストで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。

上記の意義を踏まえ、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。

2020年度は新型コロナウイルス感染拡大の影響で渡航制限などの制約がある中、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、カプセルの豪州ウーメラでの回収に向けた協力が中心になった。2020年7月に実施された豪州宇宙庁(ASA)とJAXAの機関間会談には日豪両大使の同席のもと、機関間協力の覚書(Memorandum of Cooperation)に両機関長が署名するとともに、直近の最重要事項として

「はやぶさ2」のカプセルの帰還予定日(2020年12月6日)に向けて緊密に連携していくことを共同声明として発表した。またこの後に実施された日豪首脳テレビ会談においても、日豪の協力象徴として言及された。この後、ASAによる約1年間の審査を終えて、8月に豪産業科学技術大臣名でカプセルの着陸許可(AROLSO)を受領した。12月の回収作業に向けては、感染拡大により渡航制限が継続される中、ASAを窓口とした調整により関係省庁及び南豪州政府の協力を得た。航空機からの観測により回収を支援するアメリカ航空宇宙局(NASA)のチームを含む出張者の入国の特例許可を取得し、計画通りカプセルの回収および日本への輸送が成功した。ウーメラではASA長官及び在豪州日本大使館次席公使にも現地視察いただくとともに、回収成功会見を実施した相模原キャンパスには在日日本豪州大使を迎え、祝意をいただいた。また、フランス国立宇宙センター(CNES)との間で締結した実施取決めにに基づき、取得した小惑星サンプル分析の性能向上を図る赤外分光顕微鏡(MicrOmega)が7月に提供され、JAXAの地球外試料キュレーションセンター内設備に設置し初期分析に使用されている。今後は国内研究者やNASAによるサンプル分析に向けた提供、NASAよりOSIRIS-RExによる小惑星Bennuのサンプルの受領に向けた作業が進められる。拡張ミッションにおいてはNASA深宇宙ネットワークによる支援を継続して受けられることとなった。

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、ミッション機器の不具合対応のため、日本国内でのNASA・米国関係者による現場対応が急務となり、新型コロナウイルスの影響による入国制限への対策を日米政府とも渡航調整を行い、NASA・米国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おり、打上げに向けてNASA側の来日も含めた対応を今後も進めることとなる。

火星衛星探査計画(MMX)においては、NASA、ヨーロッパ宇宙機関(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。2020年2月にJAXAでプロジェクト移行したことを受け、NASAとは開発に向け実施取決めに具体化する調整を実施した。また、ESAとは2021年2月にオンラインで実施した機関間会合において協力協定を締結し、ESAによる通信機・地上局支援の提供やサイエンス協力について合意した。DLR・CNES共同開発等による小型ローバやCNESの赤外分光計や飛行力学の知見提供等についても、プロジェ

クト進捗に応じた今後の協力について調整した。

小月着陸実証機 (SLIM) においては、NASA より深宇宙局 DSN 追跡支援、レーザーリフレクタ搭載の協力を得るべく調整を推進している。

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 について、米国、欧州 (仏 CNES、ESA 等) の協力を得るべく国際調整を推進した。戦略的中型の将来計画である次世代赤外線天文衛星 SPICA は、欧州との協力により ESA の宇宙科学長期計画中型ミッション 5 号機 (M5) の最終候補として検討を進めていたところ、予算的課題の解決が困難との結論に至り、ESA とともに同候補からの取り下げ及び検討の終了を決定した。

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、DLR からダストアナライザの提供を受けることについて合意に至り、11 月に実施した DLR-JAXA 戦略会合において実施取決めに署名・締結した。ま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：小型 JASMINE の国際調整に対応、公募型小型ミッション 4 号機に選定された高感度太陽紫外線分光観測衛星 (Solar-C EUVST) の米国、欧州の協力調整を進め、NASA は 12 月に協力ミッションとして選定した。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。

SLS 搭載超小型探査機については、SLS 初号機 (Artemis-1) に相乗りするキューブサット：EQUULEUS および OMOTENASHI に関して 8 月に NASA 深宇宙ネットワーク (DSN) と JAXA 追跡局による相互追跡支援の協力に関する協定 (LOA) を締結した。探査機の打上げ準備に向けては 2019 年に締結した協定 (LOA) に基づきさらに、打上げ以降の活動に向けた了解覚書 (MOU) の締結について協議を行った。

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・試験を進めている。NASA の宇宙物理学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、旧称 WFIRST) 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検討を推進している。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進めていたところ合意に至り、2021 年 2 月に実施した機関間会合において協力協定を締結した。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の調整を推進している。

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は MMX のサンプルリターンカプセル等の気球実験を 2021 年に実施することを予定していたが、新型コロナウイルスの影響を受け 2022 年上半期に延期、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た。同じく、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 号機のニールスン射場からの打上げ実験も、2021 年 1 月の実施を見送った。2021 年 11 月に実験を実施すべく、新型コロナウイルスの影響による入国制限を踏まえ、NOSA や在ノルウェー日本大使館との渡航調整、NOSA との了解覚書 (MOU) の延長に向けて協議した。

上記の国際協力を進めるため、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、宇宙科学担当役員間の対話を積極的に行った。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
2020/5/13	米 NASA	機関間会合	ブライデンスタイン長官	オンライン
2020/5/26	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
2020/5/29	米 NASA	科学局惑星科学会合	グレース惑星科学部長	オンライン
2020/6/1	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
2020/6/11	米 NASA	科学局会合	ズブーケン科学局長	オンライン

2020/6/30	豪 ASA	はやぶさ2会合	マーフェット副長官	オンライン
2020/7/7	豪 ASA	機関間会合	メーガン長官	オンライン
2020/8/4	欧 ESA	SPICA 会合	ハシinger 科学局長	オンライン
2020/9/1	米 NASA	科学局協力戦略会合	ハーツ宇宙物理部長ほか	オンライン
2020/9/30	豪 ASA, DOD	はやぶさ2会合	DOD ロジャース大佐ほか	オンライン
2020/10/2	欧 ESA	SPICA 会合	ファバタ科学局部長	オンライン
2020/10/16	伊 ASI	機関間会合	サコツツィア長官	オンライン
2020/10/22	仏 CNES	機関間会合	ル・ガル総裁	オンライン
2020/11/11	独 DLR	戦略会合	カイザー=ピッツァーラ長官	オンライン
2020/12/3	米 NASA	科学局月探査会合	バーンズ局次長代行	オンライン
2020/12/5	仏 CNES, 独 DLR, 米 NASA	はやぶさ2 帰還イベント	CNES ルシアーニ参事官, DLR ラインケ所長, NASA マッキントッシュ代表	相模原キャンパス
2020/12/6	豪 大使館, ASA	はやぶさ2 帰還記者会見	豪アダムズ大使, ASA クラーク長官	相模原, 豪ウーメラ
2020/12/7	豪 大使館	はやぶさ2 帰還イベント	豪アダムズ大使	豪大使館
2021/1/30	COSPAR 総会	COSPAR 宇宙機関プレナリー	NASA, ESA 等宇宙機関代表	オンライン
2021/2/4	欧 ESA	機関間会合	ワーナー長官	オンライン
2021/2/10	米 NASA	科学局太陽物理会合	フォックス太陽科学部長	オンライン
2021/2/18	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
2021/2/24	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
2021/2/25	仏 CNES	機関間会合	ル・ガル総裁	オンライン
2021/3/3	米 NASA	科学局会合	ズブーケン科学局長	オンライン
2021/3/11	印 ISRO	機関間会合	シバン長官	オンライン
2021/3/17	米 NASA	科学局月探査会合(SLIM)	カーンズ科学局次長	オンライン
2021/3/22	豪 ASA	機関間会合	パレルモ長官	オンライン
2021/3/25	ノルウェー-NOSA	観測ロケット会合	Wahl 科学部長	オンライン

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。
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囲軌道から精密観測。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（独）	「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。
(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、東京大学が大面积ガンマ線検出器（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て、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积望遠鏡（LAT）の半導体センサを提供。

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)
カナダ小型衛星計画 「CASSIOPE」	2013年9月29日	「CASSIOPE」はカナダ初の小型衛星プロジェクト。極域からの大気流出機構の解明を主目的として、地球磁気圏や大気圏の太陽による影響を観測する。	カルガリー大 (加)	JAXA は E-POP と呼ばれる 8 台の観測装置のうちの 1 台 (中性粒子分析器) を提供。
韓国科学技術衛星 「STSAT-3」	2013年11月21日	「STSAT-3」は韓国の科学技術衛星であり、大気観測や環境監視のほか、銀河を観測する。	KASI (韓国天文宇宙科学研究所)	JAXA は赤外線観測装置 (MIRIS) の望遠鏡システム開発を技術支援。
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。
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。
			SNSB (スウェーデン国立宇宙委員会)	「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 (ドイツ航空宇宙センター)	「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

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)
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+」	2022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(目標)	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火星圏環境史を解読する。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)	協議中
			ESA (欧)	協議中
ソーラー電力セイル探査機「OKEANOS」	TBD	ソーラー電力セイルにより十分な電力を発電し、高比推力イオンエンジンを駆動することで推進を大幅に節約できる。このコンセプトを踏まえて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、今後の太陽系探査を先導する。 世界で初めて木星トロヤ群小惑星に到達し、ランダーを着陸させて表面と地下サンプルを採取し、その場で分析する。さらに、深宇宙空間のクルージング環境を利用した科学観測も行う。	DLR (独)	ランダー等

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)
宇宙マイクロ波背景放射 偏光観測衛星「LiteBIRD」	TBD	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。	NASA (米), ESA (欧), CNES (仏) 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)	2022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 (旧称 WFIRST)」(所内プリプロジェクト)	2025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」(所内プリプロジェクト)	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
国際紫外線天文衛星 「WSO-UV」(所内プリプロジェクト)	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で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) フランス宇宙天体物理学研究所 IAS (仏) カナリー天体物理額研究所 IAC (スペイン)	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。 回折格子の提供。 ハンレ効果とゼーマン効果のモデル計算。

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)
宇宙ダストに関する実験 「DUST」	2019年6月	スウェーデン宇宙公社 (SSC) の観測ロケット MASER 14 を用いて、エスレンジ宇宙センターより打ち上げ、地球型惑星の材料となった微粒子が作られる初期状態の解明を目的とした実験を実施。	DLR (独)	・ダスト測定装置の提供 ・データ解析
	2019年10月	アメリカ航空宇宙局 (NASA) の観測ロケット Black Brant IX 343号機を用いて、ホワイトサンズミサイル実験場より「ケイ酸塩宇宙ダストの核生成過程の解明」を目的とした微小重力実験を実施	NASA (米)	・ダスト測定装置の提供 ・データ解析

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行や陸上での実験機器回収を実現できる相補的な気球飛行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

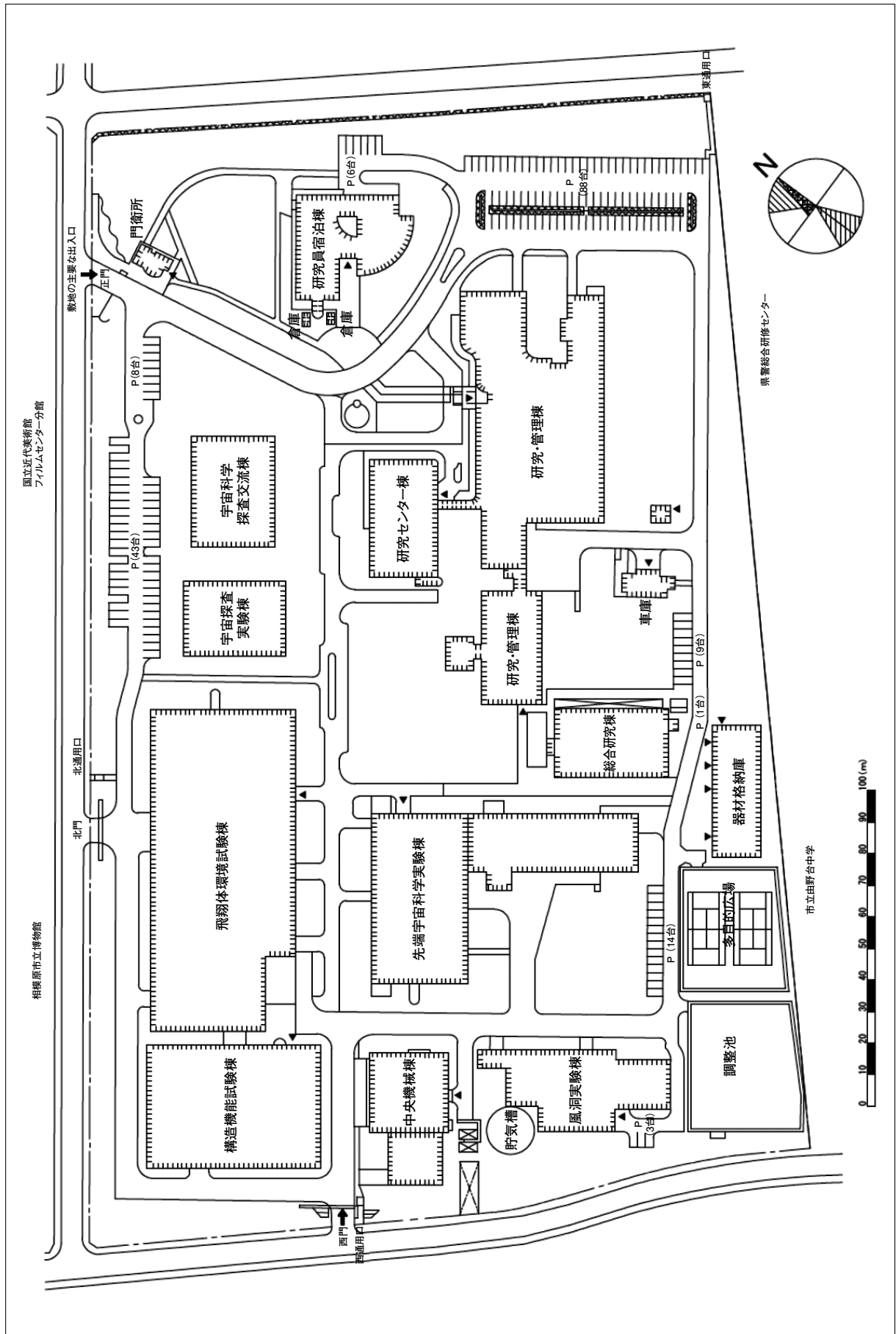
④ 筑波宇宙センター

位置

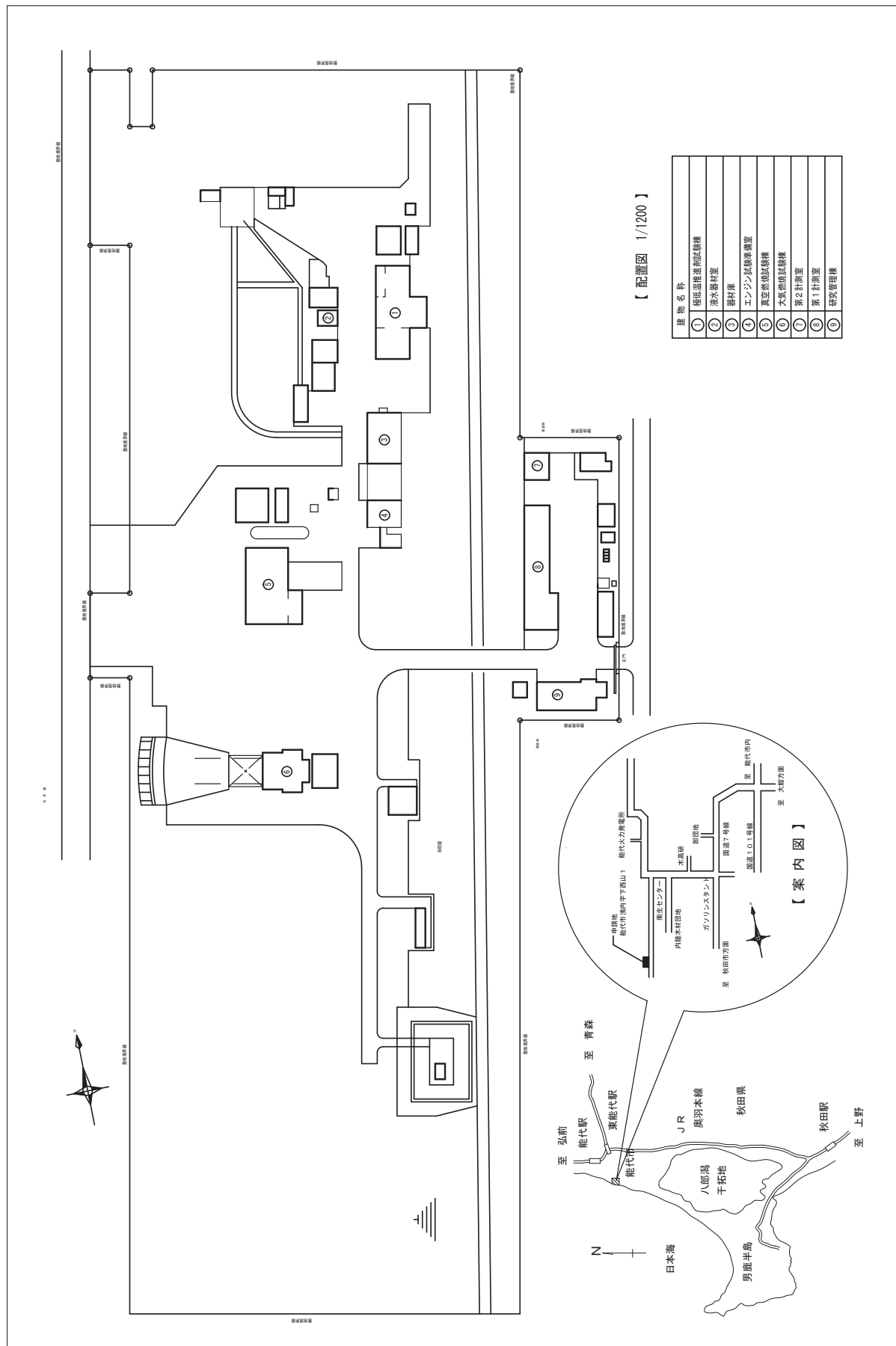
茨城県つくば市千現2丁目1番1号



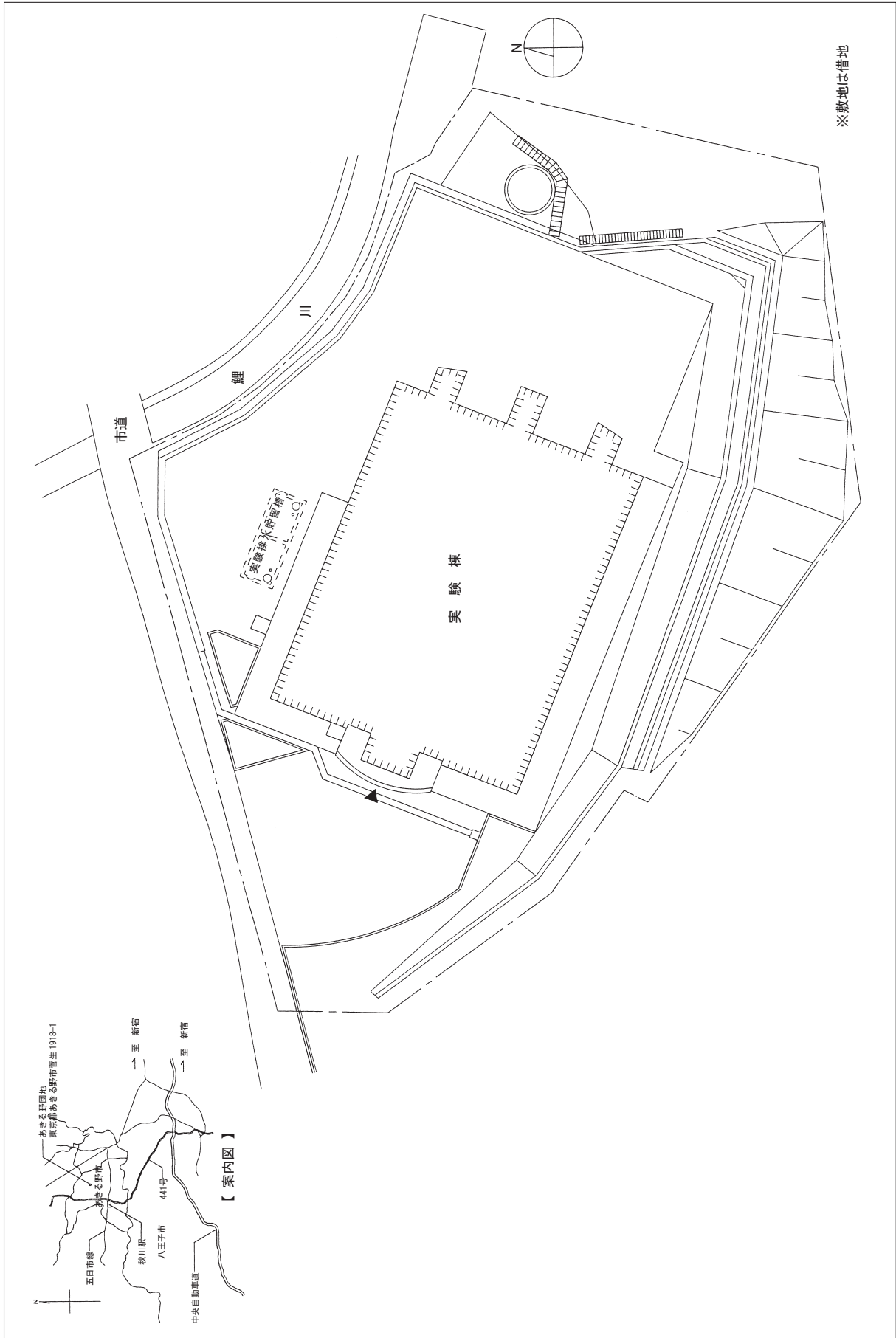
相模原キャンパス



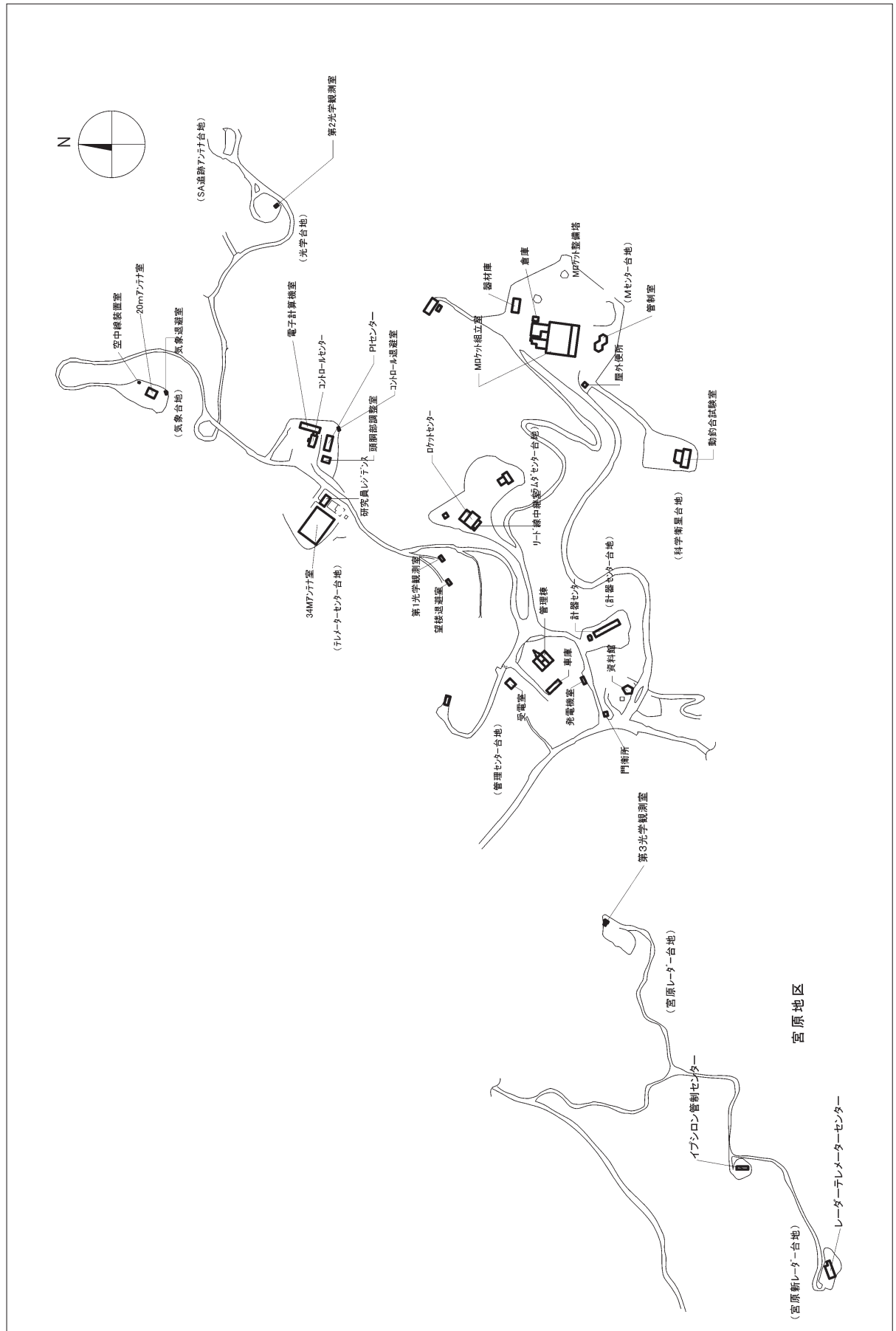
能代ロケット実験場



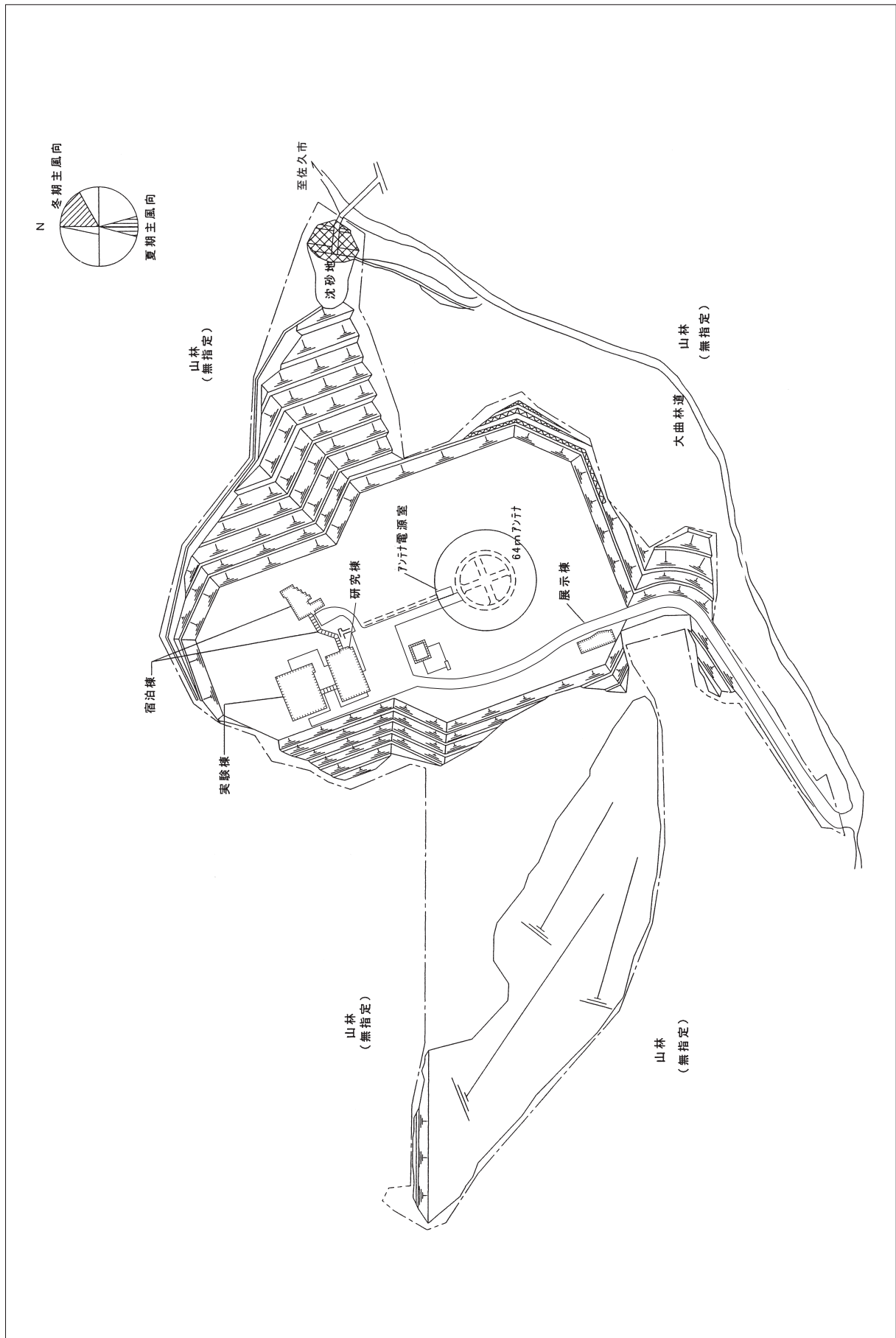
あきる野実験施設



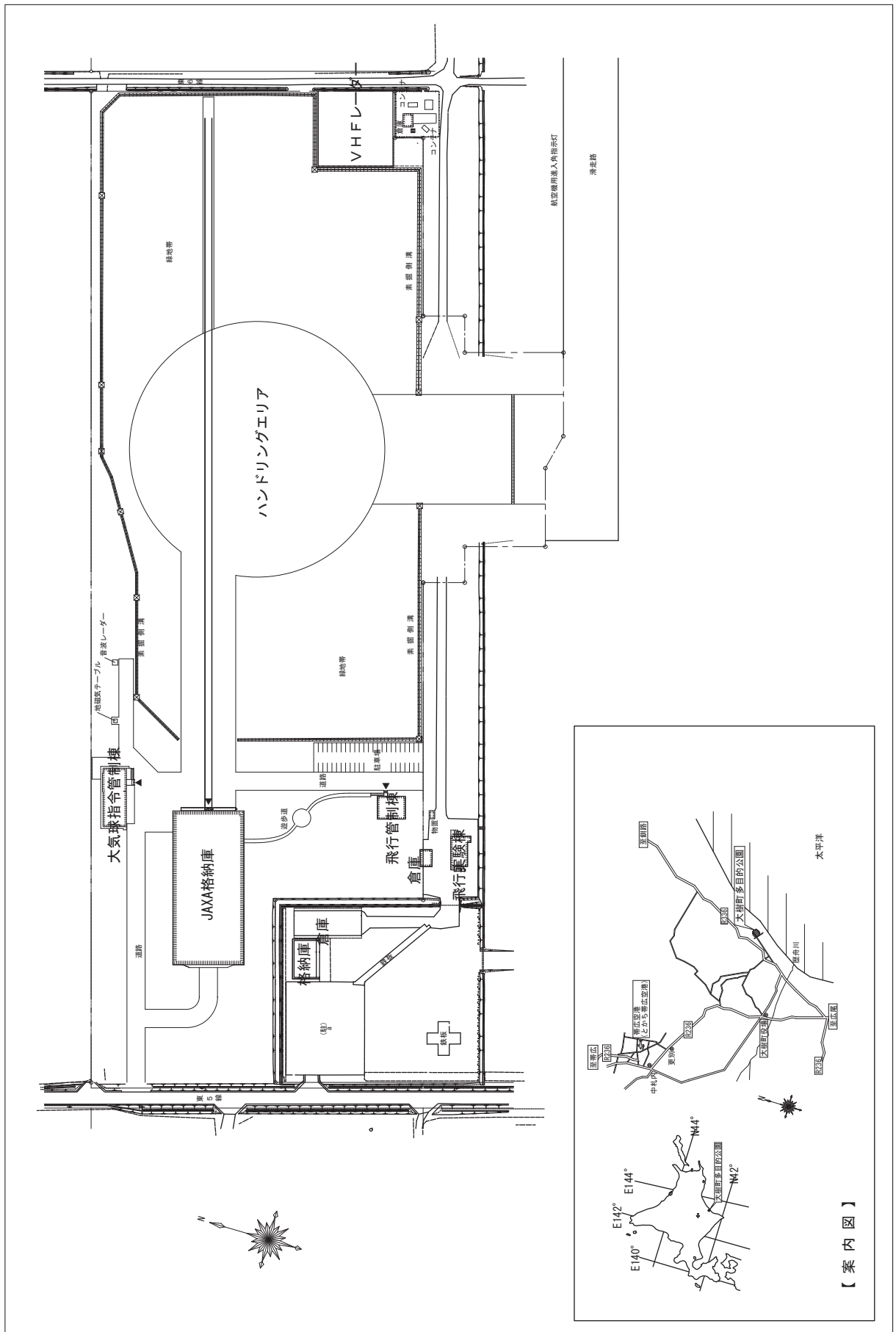
内之浦宇宙空間観測所



白田宇宙空間観測所



大樹航空宇宙実験場



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。秋田県能代市市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 (液化水素貯蔵供給設備、極低温推進剤試験棟、エアターボラムジェットエンジン試験設備等) 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)

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、これにより槽内テストベンチでは、長さ10m、直径3m、総重量30ton、推力150tonまでの固体モータの真空燃焼試験及び大気燃焼試験を行うことができる。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、槽天蓋を退避させた状態での大気燃焼試験、真空槽に大気開放拡散筒を結合して行う真空燃焼試験が頻繁に実施されている。また、同真空設備の大容量と構造上の利点を生かして、ベ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。

エアターボラムジェットエンジン試験設備

能代ロケット実験場に設置されている液酸・液水ターボポンプ試験設備に、後にエアターボラムジェットエンジン (ATREXエンジン) を試験するための機能を追加した。主な設備としては、ATREXエンジンテストスタンド、液体水素供給設備、計測制御装置である。液体水素供給設備は、1,200ℓの容量のランタンクを持ち、最高圧力6MPa、最大流量10kg/sの液体水素を供給することができる。この設備を用いて、ファン直径300mmのジェットエンジンの燃焼試験を3分間行うことができる仕様となっている。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、この設備は高温高圧空気供給設備 (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。この高温空気供給設備を用いて高空高速状態を模擬した小型の燃焼器試験やブリクローラの試験を行うことができる。

管制本部は第一計測室にあり、燃焼試験全体の管制 (場内アナウンスや作業エリアの安全監視など) を行っている。第二計測室には、液化水素貯蔵供給設備、液化窒素貯蔵設備、ランタンク設備、ATR試験スタンド、供試体、高温空気供給設備等の操作制御盤が設置されており、試験中の遠隔操作やモニタが可能である。

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を設置した。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、これまで休止していた液体酸素供給設備を更新し、20m³の大型液化酸素貯槽を設置した。

ターボポンプ試験設備

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、極低温推進剤に関する基礎研究の場として幅広く利用されている。

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。

超高压液体水素製造設備

液体水素を高高压圧縮機により90MPaまで昇圧できる設備である。超高压水素漏洩試験では、これに微小な穴（ピンホール）の空いた配管を取り付け、水素供給設備等からの不慮の漏洩を模擬した。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、熱輻射等を圧力計、3次元風力計、温度計、熱流束計、高速度カメラ等で測定し、周辺に及ぼす熱力学的影響を定量的に評価し、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。周囲に防風膜を張り巡らせることができ、テストエリアをほぼ無風状態に維持した状態での漏洩・着火試験を行うことができる。

設備の遠隔操作や試験状況監視、緊急時の安全化措置などはすべて第二計測室で行うことができる。

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、第一、第二計測室、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附属施設として、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2,000m²の敷地に、建築面積約500m²、延床面積約700m²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260m²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ーに関する研究
- ・電気化学ハイブリッドスラスターに関する研究

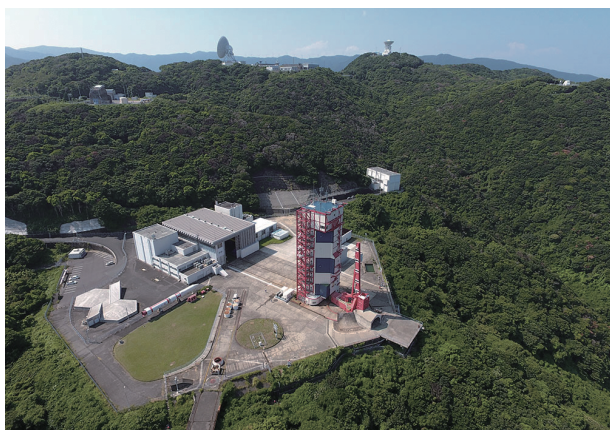
以上のように、宇宙推進に係る多岐にわたるテーマの基礎実験が実施されている。

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、亜酸化窒素を熱源とする複合型発電システムの研究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

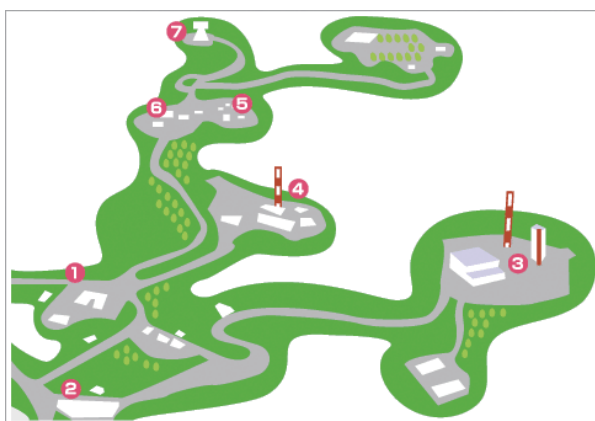


34m アンテナと 20m アンテナ (衛星追尾)

【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行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。



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)

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。

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機の他、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、のテレメータ電波の受信に使用するテレメータ受信 H-IIA、H-IIB 及び H3 ロケット設備（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ーン）、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、20mφ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 34mφ、S 帯捕捉送信用 2mφ、X 帯捕捉送信用 1mφ、X 帯捕捉送信用 0.8mφ 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 64m アンテナ（後方は研究棟等）

臼田宇宙空間観測所（UDSC）は 1984 年 10 月に開所し、その主な設備である日本で最大口径である 64m パラボラアンテナおよび 10m アンテナおよびその関連設備が設置されている。UDSC は JAXA 追跡ネットワーク技術センター所掌の観測所である。64m アンテナは、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」へ指令を送るとともに、探査機の状況および観測データを受信するため建設された。

深宇宙とは、太陽系を探索するため探査機を航行させなければならない数天文単位の距離の宇宙空間のことである。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かつできるだけ高出力の電波で指令を送信しなければならない。探査機側のアンテナを大きくしたり、出力を上げたりするのは限りがあるので、地上側で頑張らなければならない。64mアンテナは、我が国の「深宇宙探査の窓」としての役割を担って建設された。微弱な電波を受信するために、都市雑音の少ない長野県佐久市のハヶ岳麓の山間部に建設された。

64mアンテナは、S帯及びX帯の送受信測距設備が装備されている。定常的な運用に供する設備の維持管理は、JAXA 追跡ネットワーク技術センターが行っている。それ以外の装置（VLBI 観測装置、DDOR デジタルバックエンドなど）および10mアンテナは、宇宙科学研究所が維持管理している。なお、64mアンテナは20年という設計寿命を大きく超えており、十分な信頼性で深宇宙探査機の支援を行うことが年々困難になってきている。その信頼性を確保するために54mアンテナおよび関連施設（UDSC 美笹深宇宙地上局）を長野県佐久市に建設していたが、2020年度に完成した。2021年度から定常運用に入る予定である。

口径 64m 大型パラボラアンテナ

アンテナはビーム給電式カセグレン型で、Az-EL 駆動方式採用。右旋円偏波と左旋円偏波での送受信が可能（切換式）。アンテナ予報値によるプログラム追尾機能を有する。運用上の最大駆動角速度は、0.3°/sec である。アンテナ下部の5階建ての建屋（アンテナ棟）内に用途に応じて様々な4つの給電ホーンが設置されており、計7枚の鏡の組み合わせを変えることで、アンテナを様々な用途に使用できるよう設計されている。第4鏡下は探査機運用で使われているS/Xの送受兼用ポート、第5鏡下は運用以外の実験・試験のための利用されるポート、第6鏡下はVLBI用低雑音広帯域X帯受信専用系、第7鏡出力はL,C帯VLBI受信系となっている。

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、「のぞみ」、「はやぶさ」、「かぐや」等の探査機運用を行ってきた。2015年には金星探査機「あかつき」の一連の軌道修正作業を行った後、金星周回軌道投入を成功させ、金星に到着した探査機の観測支援を行っている。小惑星探査機「はやぶさ2」は、小惑星リュウグウに到着後、タッチダウンやインパクトによるクレータ生成した上、各種の実験観測およびサンプルの取得に成功し、2020年12月には地球に帰還し、サンプルを届けることに成功した。この一連の運用を64mアンテナは支援した。「はやぶさ2」は、カプセルを地球に届けた後に次の拡張ミッションのために旅立っており、その支援も引き続き行っているが、2021年度からは、新しい美笹54mアンテナに引き継ぐ予定である。2018年

に打ち上げられたBepiColombo計画により水星へ向かっている。MPOおよび「みお」のデータの受信を2019年7月から必要時に行っている。（MPOの主運用局はESA局なので、「みお」が水星に着いて分離されるまでは、臼田もしくは美笹54mの支援は必要時のみである。）

2020年度は、64mアンテナが支援した探査機は、「あかつき」、「はやぶさ2」、MPO/「みお」のほか、小型ソーラー電力セイル実証機「IKAROS」、磁気圏尾部観測衛星「GEOTAIL」である。

X帯受信設備

受信周波数8.40~8.50GHz（宇宙研究バンド）で、ガスヘリウム冷却式HEMT LNA（雑音温度1系：9.5K、2系：10.7K）を使用している。受信復調装置のH/W劣化量は0.5dB以下に抑えられている。また、テレメトリ信号復調方式は、PCM/PSK/PMまたはPCM/PMであり、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。

X帯送信設備

送信周波数7.145~7.235GHz（宇宙研究バンド）で、最大送信出力23kWである。最終段増幅器にはクライストロン管を使用している。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。

X/X帯測距設備

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±30km/secまで測定が可能である。

S帯送受信測距設備

GEOTAIL衛星やSLIM等の月ミッションは近地球衛星と定義され、S帯送信を用いる場合がある。UDSCにはTCRと称するデジタル型S帯送受信測距設備が導入されている。距離の近いミッションでしか使用しない帯域であるため、受信系の最少ループバンドは30Hzまで対応している。

標準周波数設備および時刻設備

深宇宙探査機において十分な精度のデータを取得するためには、時刻周波数設備においても原子時計（水素メーザ）レベルの時刻・周波数安定度が要求される。

水素メーザ装置4台と状態監視装置、信号選択装置、信号分配送信装置により構成される。うち3台の水素メ

一ザ同士の位相比較により健全性の確認が常時可能で、その情報を元に各水素メーザの周波数微調整を行っている。周波数安定度 10^{-16} 位の超高安定周波数基準信号を観測所内各設備に供給している。

VLBI 受信 LNA(*)

64m アンテナの第 6 鏡ポートには広帯域、低雑音を実現したヘリウム冷却の低雑音増幅器 (LNA) が搭載されている。もともと X 帯専用のポートであったが、円偏波変換器以降から冷却することまた、送信系が無いために、第 4 鏡で使用している LNA よりも低雑音になっている。また、VLBI 観測での感度を向上させるために 8.2-8.7 GHz の広帯域で受信が可能となっている。なお、この LNA やその後段の周波数変換器は宇宙科学研究所の教官の指導のもと大学院生によって製作されたものである。

そのほか、第 7 鏡には、L 帯 (1.35 - 1.75 GHz) および C 帯 (4.7 - 5.1 GHz および 6.7 GHz) で両円偏波受信可能な 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、運用系で整備されている、X 帯 S 帯の LNA と合わせて天文観測に利用されている。

VLBI IF 系および記録設備(*)

64m アンテナの信号 (L, S, C, X 帯) を周波数変換したうえで復調せずにそのまま電波の波として記録できる記録装置を備えている。オープンループ記録装置とも呼ばれることもある。この記録装置の 1 つが広帯域 VLBI 受信記録装置 (DDOR デジタルバックエンド設備) であり、探査機軌道精度向上のための DDOR 観測のために整備され、「はやぶさ」以降の高精度軌道決定に威力を発揮している。そのほかにも K5/VSSP 型記録装置も整備している。これらの記録装置を使って、「あかつき」による電波科学観測 (探査機からの送信信号を受信、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。

さらにこれらの装置を使って、天文学の観測も行われており、国内 VLBI ネットワークとの共同観測、また、単独でもパルサー観測や、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) の観測も行われている。パルサー観測では、ISS にある NASA の X 線望遠鏡との共同観測により、パルサーであるジャイアントパルスに同期した高エネルギー放射の存在を初めて明らかにし、成果が Science 誌より公表されている。

10m アンテナ設備(*)

世界初の本格スペース VLBI 衛星「はるか」において、地上局として使われた。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 2020 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。

美笹 54m 地上局については、IV. 4. a 参照のこと。

なお(*) 印の設備は宇宙科学研究所の設備として、それ以外は追跡ネットワーク技術センターの管理の設備となっている。

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)と関連する諸

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動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ー音波レーダ装置や、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つのカテゴリー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、「深宇宙航行を革新するためのシステム技術・大気圏内高速飛行/再突入研究」ならびに再使用ロケットを始めとする「将来型の輸送システム」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、「将来型の宇宙輸送システム」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行工学研究系の各研究室の流体力学の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、「再使用システム技術による低コスト高頻度輸送の実現」、「深宇宙航行を革新するためのシステム技術・大気圏内高速飛行/再突入研究」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近未来の太陽系探査科学ミッション用の搭載機器開発のための基盤設備である。</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。本設備は遂行中のミッションのための機器開発（はやぶさ2・BepiColombo・EQUULEUSなど）に加え、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 https://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（白田）	以下の目的で使用する設備である。 1) 本装置を白田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。2020年度はこれを使って、パルサー観測や、宇宙の水酸基輝線についての観測的研究を遂行した。また、国内外の電波望遠鏡と協力してVLBI観測を行った。パルサー観測については、X線望遠鏡と64mの比較観測による成果がScience誌に掲載された(Enoto <i>et al</i> 2021)。 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下測地VLBI観測を行うことにより、白田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。2020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、2021年度まで延長する。
	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	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。 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) 試料浮遊加熱装置：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ー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】	「より速く」「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	
	真空チャンバ	
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。
マグネトロンスパック装置		宇宙飛翔工学研究 薄膜材料製膜・評価装置群は、マグネトロンスパック装置および周辺治具から成る。これらは、ソーラー電力セル研究、薄膜太陽電池開発を含む、JAXAにて研究されている将来の宇宙探査計画に資する研究・開発のための設備である。
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。本設備の実験的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のほか、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設備である。
	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	レーザー顕微鏡, クロスセクションポリリッシャ, 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という研究や、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 AMO 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 AMO 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ー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。
小型衛星用近傍界放射パターン測定装置		小型衛星開発において、高性能通信系は必要不可欠とされている。その小型衛星では太陽電池パドルなどの展開突起物などが通信系の障害になりうる。このため、事前に小型衛星に取り付けられたアンテナの放射パターンを実測し、アンテナパターンの乱れを調べておく必要がある。本設備は、そのようなアンテナの放射パターンを高精度に測定するための設備であり、コンパクトな電波暗室にて高精度にかつ少人数で測定することが可能である。すなわち、深宇宙航行の通信技術の高度化や、探査機・衛星系の超小型化・軽量化の実現に必要な設備であるとともに、衛星および惑星探査機システム・サブシステムの小型軽量化・高機能化を進めるために必要な設備でもある。大学衛星に搭載する小型アンテナの計測や、マリンレーダによるはやぶさ 2 のサンプル回収用レーダに適用されるアレーアンテナの放射パターンの計測を行い、宇宙情報通信エネルギー技術へ多大な貢献をしている。
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速回転ブレードで切断し、チップ化などを行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 cleanliness クリーンルームでマイクロ・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、深掘エッチング装置、EB 描画装置などがあり、数十 nm から数 cm のデバイスが作製可能である。現在では宇宙用の RF デバイスや X 線デバイス、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が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、同クラスでの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	
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
計画調整ライン設備	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)	科学衛星運用・データ利用ユニット (C-SODA) が各科学ミッションプロジェクトとの協力のもとに整備する衛星管制システムおよび関連システムは、ISAS の科学衛星・探査機の管制運用、テレメトリの監視を行うシステムで、打上げ前の試験フェーズから、衛星・探査機の運用終了まで使用されるインフラシステムである。
	無停電電源装置 (CVCF)	
	SINET5 アクセス回線	
衛星運用ライン設備	衛星管制	
	衛星状態モニタ (状態監視, テレメ監視, 共通 QL・姿勢系 QL 等)	
	科学衛星運用支援システム	
	衛星管制向け UPS	
	衛星運用向け指令電話 (OIS)	
利用促進ライン設備	科学衛星データベースシステム (SIRIUS)	科学衛星・探査機のテレメトリデータに対し、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)、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)、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・探査機等の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為の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環境提供サービス (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) の開発、運用、維持改訂を実施している。
	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)	
	公開データ作成用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	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。
	クリーンチャンパー	
	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・飛行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行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	
	GN2/He 供給装置	
	一液燃焼試験設備	
	二液スラスト用推進剤供給装置	
	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	
	GN2 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（Bepi Colombo 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（バルサー観測、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、准教授及び助教に任命された教育職職員が、大学からの要請に応じ受け入れた大学院生に対し、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に関する事項等の重要事項の審議にあっている。

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）に整理された。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、また責任ある受け入れを行うべく、いずれの方式による場合も協定を締結することとなった。受入後、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た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年一貫制博士課程及び博士後期課程の学生へ教育・指導を行っている。

表1 大学院教育への職員の担当状況（2021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	38	15	73
東京大学大学院 理学系研究科/ 工学系研究科	9/9	5/6	7/10	21/25
受託指導学生	6 (*5)	5 (*5)	1 (*1)	12 (*11)
連携大学院	10 (*9)	8 (*8)	2 (*2)	20 (*19)

*総合研究大学院大学又は東京大学と併せて担当している教員数

2018年度からは、これまでの受け入れ制度を整理し、新学生受入制度のもと、学生受入れの充実を図った。新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

表2 2020年度入試状況（一般入試）

入学定員	志願者数	合格者数
5	1 (10月入学)	0 (10月入学)
(内3名は 博士後期課程)	15 (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（東大国際講座）

東大国際講座は、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 職員を大学の教授・准教授に委嘱し、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 9 大学 13 研究科等と連携して行っている（2020 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（東大大学際講座）	機構法 18 条 9 号、業務方法書第 31 条 1 項
受託指導学生	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
（参考）技術習得	機構法 18 条 8 号、業務方法書第 30 条
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） 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。 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。 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。	
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） 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。 （大学院教育その他大学における教育への協力） 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。 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。	

表4 大学院教育における学生指導状況 (2020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	23	29	1	30	0	8	8	0	8	3	3	6	0	6
東京大学大学院	49	29	78	0	78	8	5	13	0	13	6	2	8	0	8
理学系研究科	18	8	26	0	26	2	0	2	0	2	4	0	4	0	4
工学系研究科	31	21	52	0	52	6	5	11	0	11	2	2	4	0	4
受託指導学生	13	4	17	-	17	1	1	2	-	2	1	1	2	-	2
主要大学名															
国立															
東京農工大学大学院	3	2	5	-	5	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0
鹿児島大学大学院															
公立	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0
私立															
慶應義塾大学大学院															
早稲田大学大学院	9	0	9	-	9	0	0	0	-	0	1	0	1	-	1
東海大学大学院															
その他															
海外	1	2	3	-	3	1	1	2	-	2	0	1	1	-	1
連携大学院	43	5	48	-	48	0	1	1	-	1	6	1	7	-	7
東京工業大学 大学院理学院	4	0	4	-	4	0	0	0	-	0	2	0	2	-	2
東京工業大学 大学院環境・社会理工学院	2	0	2	-	2	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0
東京都立大学 大学院理学研究科	2	1	3	-	3	0	0	0	-	0	2	0	2	-	2
北海道大学 大学院理学院	1	1	2	-	2	0	1	1	-	1	0	1	1	-	1
東京大学 大学院新領域創成科学研究科	6	2	8	-	8	0	0	0	-	0	1	0	1	-	1
東海大学 大学院理学研究科	1	0	1	-	1	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0
東海大学 大学院工学研究科	2	0	2	-	2	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0
法政大学 大学院理工学研究科	7	0	7	-	7	0	0	0	-	0	1	0	1	-	1
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
東京理科大学 大学院理学研究科	2	0	2	-	2	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0
東京理科大学 大学院理工学研究科	1	0	1	-	1	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0
東京理科大学 大学院基礎工学研究科	7	0	7	-	7	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0
静岡大学 大学院総合科学技術研究科	3	0	3	-	3	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0
合計	111	61	172	1	173	9	15	24	0	24	16	7	23	0	23

※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

	2020.9 取得者			2021.3 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	2	2	0	3	3	0	5	5
東京大学大学院	2	2	4	20	5	25	22	7	29
内, 理学系研究科	0	0	0	9	1	10	9	1	10
内, 工学系研究科	2	2	4	11	4	15	13	6	19
受託指導学生	0	0	0	8	2	10	8	2	10
連携大学院	0	1	1	23	1	24	23	2	25
計	2	5	7	51	11	62	53	16	69

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
博士(工学) 2020年9月	ONUR Celik	Object-surface interaction in small-body surfaces	川勝 康弘
博士(理学) 2020年9月	村田 直史	宇宙機による将来の磁場探査に向けた基本波型直交フラックスゲート磁力計の開発	堂谷 忠靖
博士(工学) 2021年3月	戸端 佑太	短繊維強化セラミックス複合材料の損傷累積機構	竹内 伸介
博士(工学) 2021年3月	田内 思担	実機スケールにおける自己誘起磁場型 MPD スラスタの性能特性と陰極現象	船木 一幸
博士(工学) 2021年3月	片野 将太郎	大規模マイクロ波電力伝送用フェーズドアレーアンテナの段階的サブアレー構成素子数変化による電力分布構成法	水野 貴秀

(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) 2021年3月	梶谷 伊織	Speciation of sulfur in carbonates in a 4.1-billion-year-old Martian meteorite: new constraints on the conditions of water on ancient Mars	白井 寛裕
修士(理学) 2021年3月	富永 愛侑	LiteBIRD 衛星における宇宙線ノイズの影響評価と機上機器によるデータ処理の検討	海老沢 研
修士(理学) 2021年3月	大杉 歩	Analysis of the temperature distributions of boulders on C-type asteroid 162173 Ryugu observed in low altitude operation of the asteroid explorer Hayabusa2	岡田 達明
修士(理学) 2021年3月	桶屋 誠人	赤外線位置天文衛星 JASMINE の観測画像の既存観測データからの推定	片埜 宏一
修士(理学) 2021年3月	江川 喜啓	月面生成二次イオンと月表面組成との関係	齋藤 義文
修士(理学) 2021年3月	谷 竜太	「ひので」観測による太陽周期にわたる極域磁場の振る舞い	清水 敏文
修士(理学) 2021年3月	松本 光生	数値計算を用いた CO 振動回転遷移吸収線の擬似観測による活動銀河核分子トラスの研究	中川 貴雄
修士(理学) 2021年3月	平野 航亮	原子核時計の実現に向けた 229Th アイソマーエネルギーの決定精度の向上	山崎 典子
修士(理学) 2021年3月	八木 雄大	57Fe 原子核の共鳴吸収による 14.4keV 太陽アクション探査にむけた TES 型 X 線マイクロカロリメータの開発	山崎 典子
博士(理学) 2021年3月	前嶋 宏志	Cryogenic measurements of the absorption coefficient of CdZnTe as a candidate material for an immersion grating	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) 2020年9月	LEVILLAIN Emile Camille	Design of a transfer between northern NRHO and southern NRHO	川口 淳一郎
修士(工学) 2020年9月	MONTEIRO PADOVAN Tiago	Acquiring Attitude Control Strategy and Fundamentals on Propulsion Elements.	川口 淳一郎
修士(工学) 2021年3月	二村 成彦	低レイノルズ数流れにおける張り出しリブ構造を持つ後縁薄翼の高迎角空力特性	大山 聖
修士(工学) 2021年3月	平田 大	超高層大気領域へ到達する再利用観測ロケットの概念検討とコスト評価	小川 博之
修士(工学) 2021年3月	楠本 哲也	機能を停止した衛星の回収にむけた、非協力物体の運動推定に関する一考察	川口 淳一郎
修士(工学) 2021年3月	藤田 雅大	複数字宙機による電波干渉計構築のための通信および信号強度分布推定手法	川口 淳一郎
修士(工学) 2021年3月	石原 翼	衛星画像とローバ搭載カメラ画像を用いた長距離表面移動探査に関する研究	久保田 孝

修士 (工学) 2021年3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3月	中 源也	パラフィンワックス燃料ハイブリッドロケット内部弾道特性における輻射熱伝達の影響に関する実験的および数値解析的研究 (Numerical and Experimental Investigation of Radiative Heat Transfer on Paraffin Wax-Based Fuel Hybrid Rocket Internal Ballistics)	嶋田 徹
修士 (工学) 2021年3月	岡田 英	月惑星着陸機の耐転倒に向けたフットパッド形状と取り付け角度設計に関する研究	橋本 樹明
修士 (工学) 2021年3月	渡邊 覚斗	ベント型エアバッグを用いた惑星探査機の安全着陸に関する研究	橋本 樹明
修士 (工学) 2021年3月	唐木 達矢	パルスレーザによる二光子吸収過程を利用した重イオン誘起 SET 波形のエネルギー依存性の評価	廣瀬 和之
修士 (工学) 2021年3月	松沢 理宏	XPS 時間依存測定による二次元 MoS ₂ 膜の放射線損傷に関する研究	廣瀬 和之
博士 (工学) 2020年9月	Dwianto Yohanes Bimo	Adaptively Preserving Solutions in Feasible and Infeasible Regions for Solving Severely Constrained Engineering Design Optimization Problems (厳しい制約条件が課された工学設計最適化問題を解くために実行可能領域と実行不可能領域の解を適応的に保存する方法)	大山 聖
博士 (工学) 2020年9月	CORAL Giulio	Resistojet-Based Hybrid Electro-Chemical Thruster System Design and Proof of Concept (レジストジェットを利用した電気化学ハイブリッドスラスタのシステム設計と概念実証)	西山 和孝
博士 (工学) 2021年3月	河合 成孝	空力設計問題における不連続応答のための不確定性定量化手法の開発 Development of Uncertainty Quantification Method for Discontinuous System Responses in Aerodynamics Design Problems	大山 聖
博士 (工学) 2021年3月	坂本 康輔	Study on Hopping Behavior Strategy for Planetary Exploration	久保田 孝
博士 (工学) 2021年3月	坂本 琢馬	Study on Intelligence of Heterogeneous Robotic Team for Exploration Tasks	久保田 孝
博士 (工学) 2021年3月	HIYA Roy	Deep Learning for Planetary Exploration: Improving image analysis capabilities under limited data resources (深層学習の惑星探査への応用: データリソース制限下での画像解析能力の向上)	橋本 樹明

(受託指導学生)

*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 (工学) 2021年3月	小笠原 大地	工学院大学大学院 工学研究科	低レイノルズ数環境下における回転翼に関する数値的研究	大山 聖
修士 (工学) 2021年3月	高砂 民明	千葉工業大学大学院 工学研究科	tetraol-GAP/AP 推進薬の燃焼機構に関する研究	堀 恵一
修士 (工学) 2021年3月	高橋 秀幸	東海大学大学院 工学研究科	形状記憶合金ワイヤーを用いた宇宙展開膜構造物の膜形状制御に関する研究	森 治
修士 (工学) 2021年3月	高橋 勇多	東京工業大学 工学院機械系機械コース	大規模な磁気編隊飛行衛星システムの誘導制御に関する研究	坂井 真一郎
修士 (工学) 2021年3月	竹谷 拓良	東京農工大学大学院 工学府	大気圏突入用展開型柔軟構造エアロシエルのインフレーションチューブ内部の伝熱現象に関する研究	山田 和彦
修士 (工学) 2021年3月	中村 剛也	東京理科大学大学院 理工学研究科	km 級太陽発電衛星用送電一体型パネルの軽量化にむけた熱構造解析	田中 孝治
修士 (理工学) 2021年3月	関谷 直樹	法政大学大学院 理工学研究科	カーボンナノチューブアクチュエータの宇宙応用に関する基礎研究-耐宇宙環境性と平面度維持の評価-	田中 孝治
修士 (理工学) 2021年3月	柴田 亮彦	早稲田大学大学院 創造理工学研究科	高精度な熱変形評価に関する研究	峯杉 賢治
博士 (工学) 2021年3月	下村 伶	東京農工大学大学院 工学府	翼周りにおけるプラズマアクチュエータを用いたフィードバック剥離流れ制御への深層強化学習の適用	大山 聖
博士 (工学) 2021年3月	森吉 貴大	東京農工大学大学院 工学府	パラフォイル型火星探査機の運動解析及び風洞試験による飛行特性の研究	山田 和彦

(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) 2021年3月	伊藤 瑞生	東京大学大学院 新領域創成科学研究科	赤外線カメラデータを用いた局所地形の詳細モデリングと小惑星「リュウグウ」の熱慣性評価	田中 智
修士(科学) 2021年3月	森川 恵海	東京大学大学院 新領域創成科学研究科	物体検出アルゴリズムを用いた新しいクレータの検出手法の開発	田中 智
修士(工学) 2021年3月	栃本 祥吾	東京大学大学院 新領域創成科学研究科	宇宙望遠鏡へ向けた超伝導磁束ピンニング効果による非接触微小振動擾乱抑制機構の実験検証	坂井 真一郎
修士(理学) 2021年3月	伊藤 穂乃花	東京工業大学大学院 理学院	「すざく」衛星のデータを用いたブラックホール連星 V4641 Sgr の X 線放射領域の研究	堂谷 忠靖
修士(工学) 2021年3月	沼田 彩由	東京工業大学大学院 環境・社会理工学院	持続的な火星探査に向けた多地点間輸送システムの研究	野中 聡
修士(工学) 2021年3月	塚本 悠一郎	東京工業大学大学院 環境・社会理工学院	回転二重波折ソーラーセイルの展開シミュレーション	森 治
修士(理学) 2021年3月	鈴木 瞳	東京都立大学大学院 理学研究科	像再構成型 X 線光学系に用いる前置スリットの開発	石田 学
修士(工学) 2021年3月	渡辺 健太郎	静岡大学大学院 総合科学技術研究科	天体地表へのスラスト噴射によるレゴリスの舞い上がり現象に関する研究	澤井 秀次郎
修士(工学) 2021年3月	原 亮太	静岡大学大学院 総合科学技術研究科	磁気プラズマセイルの電磁流体解析 – プラズマ噴射が推力・流れ場に及ぼす影響 –	船木 一幸
修士(理学) 2021年3月	葉柴 隆斗	北海道大学大学院 理学院宇宙理学専攻	観測ロケット搭載用電離圏イオン測定器の開発に関する研究	佐藤 毅彦
修士(工学) 2021年3月	竹永 尚幸	青山学院大学大学院 理工学研究科	高温環境下における平織炭素繊維強化熱可塑性ポリイミド複合材の疲労挙動の評価	後藤 健
修士(工学) 2021年3月	君島 雄大	青山学院大学大学院 理工学研究科	太陽光圧を用いた可変構造宇宙機の姿勢制御に関する研究	森 治
修士(理学) 2021年3月	小林 聖平	東海大学大学院 理学研究科	宇宙線反粒子探索計画 GAPS 測定器用地上冷却システムの開発	福家 英之
修士(理工学) 2021年3月	斉藤 巧真	東京理科大学大学院 理工学研究科	進化アルゴリズムを用いた有限要素法解析モデルの自動生成手法の提案	大山 聖
修士(工学) 2021年3月	赤堀 正浩	東京理科大学大学院 基礎工学研究科	Y シリケート界面層を有する SiC/SiC 複合材料の作製と力学特性評価	後藤 健
修士(工学) 2021年3月	土屋 龍一	東京理科大学大学院 基礎工学研究科	高温曝露による SiC/SiC 複合材料の力学特性変化	後藤 健
修士(理学) 2021年3月	太田 大智	東京理科大学大学院 理学研究科	宇宙用大電力システムにおける放電に関する研究	田中 孝治
修士(工学) 2021年3月	竹田 悠志	東京理科大学大学院 基礎工学研究科	展開型柔軟エアロシェル分離を用いた火星抗力変調方式エアロキャプチャに関する研究	山田 和彦
修士(工学) 2021年3月	原島 葵	東京理科大学大学院 基礎工学研究科	アーク風洞を用いたアブレータ材料に空いた孔に流入する熱量評価に関する研究	山田 和彦
修士(工学) 2021年3月	神門 宏祐	法政大学大学院 理工学研究科	宇宙科学研究に向けたレーザー励起微粒子衝突実験装置射出部の最適化	矢野 創
修士(工学) 2021年3月	芹澤 遼太	法政大学大学院 理工学研究科	彗星サンプルリターンを目指した CNT 微粒子捕集材の実験的研究と数値解析による形状設計	矢野 創
修士(工学) 2021年3月	水上 恵利香	法政大学大学院 理工学研究科	微粒子環境モデルの更新に向けたたんぼぼ捕集パネル構造部上の衝突痕分析	矢野 創
修士(理工学) 2021年3月	岡坂 洋輝	法政大学大学院 理工学研究科	宇宙重力波望遠鏡 LISA のためのフォトレシーバーの開発 低・高周波帯域を分離したトランスインピーダンスアンプ	船木 一幸
博士(理学) 2020年9月	NGUYEN Kim Ngan	北海道大学 大学院理学院	The influence of gravitationally unstable protoplanetary disks on Type I migration (重力不安定原始惑星系円盤の I 型惑星移動への影響)	エリザベスタスカー
博士(理学) 2021年3月	中庭 望	東京都立大学大学院 理学研究科	X-ray study of the boundary layer of dwarf novae in optical quiescent state	石田 学

3. 学位取得者の進路・就職先

修士課程総数 53名

進学 13名

就職 38名 - 宇宙分野 11名

・公共機関 1名

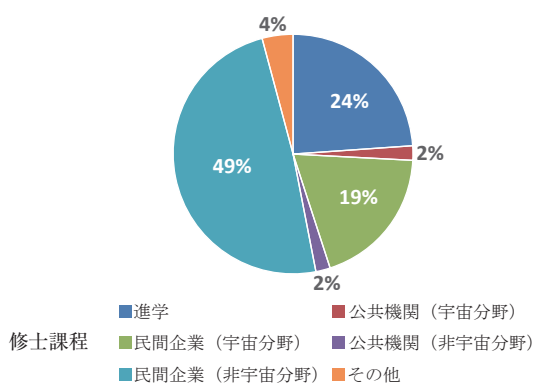
・民間企業 10名

- 非宇宙分野 27名

・公共機関 1名

・民間企業 26名

その他 2名



博士課程総数 16名

就職 12名 - 宇宙分野 3名

・公共機関 2名

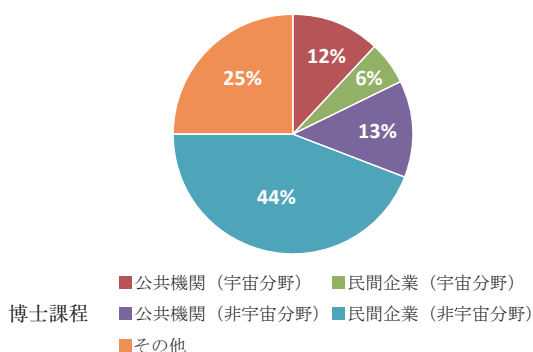
・民間企業 1名

- 非宇宙分野 9名

・公共機関 2名

・民間企業 7名

その他 4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)
坂本 康輔	久保田 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)
坂本 琢馬	久保田 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)
名田 悠一郎	大山 聖	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)
河合 成孝	大山 聖	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)
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)
平田 佳織	白井 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)
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)
新井 久旺	坂井 真一郎	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)

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（2020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	9	11	1	0	21	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	3
公立	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
私立	0	20	13	0	0	33	0	0	0	0	0	0	0	5	4	0	0	9
海外	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0
計	0	32	24	1	0	57	0	1	1	0	0	2	0	8	6	0	0	14

表6 宇宙研におけるインターンシップの指導状況（2020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	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

※新型コロナウイルス感染症拡大防止のため、2020年度はJAXA全体での一斉公募は実施されなかった。

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.ufinity.jp/jaxalib/>)にてサービスを提供している。2020年4月の緊急事態宣言発令による2か月間のキャンパス閉鎖のため、貸出およびオンライン資料の利用が減少した。



宇宙科学研究所図書室 カウンターのコロナ対策

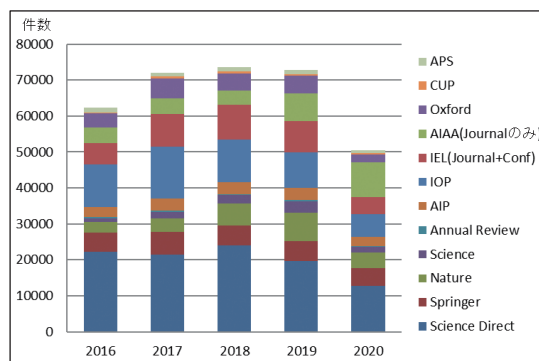
なお、2021年3月末現在の蔵書数・学術雑誌等は次のとおりである。

蔵書数	95,646冊 (増加内訳)
洋書	76,557冊 (図書35 製本雑誌62)
和書	19,089冊 (図書198 製本雑誌157)

所蔵雑誌種数	1,201種
洋雑誌	959種
和雑誌	242種

うち2020年受入雑誌種数	167種
洋雑誌	11種
電子ジャーナル	92種
国内欧文誌	5種
和雑誌	59種

電子ジャーナル	約4,100種
IEL Online	193種
IOP Journal	97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	



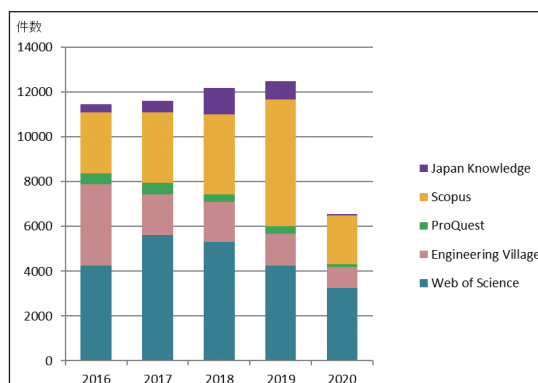
電子ジャーナルダウンロード件数 (年別)

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124,000冊
ProQuest Ebook Central	114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.	
AIAA Journal.	1(1963)-51(2013)	オンライン購読中
AIAA Meeting Paper.	(1963)+	オンライン購読中
AIP Conference Proceedings.	(1970)+	オンライン購読中
Acta Astronautica.	1(1974)-18,[19],20-76,88-119,142,157,159,162-176,178(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
Aeronautics.	(1909-10)	
Aerospace America.	22(1984)-57(2019)+	
American Ceramic Society Bulletin.	61(1982)-65,[66-82],83-99(2020)+	
Annales Geophysicae.	6(1988)-33(2015)	
Annual Reviews.		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. A. Materials Science & Processing.	60(1995)-81(2005)	
Applied Physics. B. Laser and Optics.	58(1994)-81(2005)	
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
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.	[1(1965/67)-3],4-54(2011)	
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],126-181(2019)+	
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
Chaos.	6(1996)-23(2013)	
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
Composites Science and Technology.	22(1985)-56(1996)	
ESA Bulletin.	no.41(1985)-83,89-137(2009)	
Earth, Moon, and Planets.	30(1984)-113(2014)	オンライン購読中
Earth Planets and Space.	50(1998)-64(2012)	
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
Fluid Dynamics.	1(1966)-14,17-46(2011)	
Geophysical Journal International.	98(1989)-133,[134],135-195(2013)	
Geophysical Research Letters.	1(1974)-40(2013)	オンライン購読中
High Temperature.	1(1963)-7,[9-10],11-36,38-51(2013)	
IEL Online		オンライン購読中
IOP		オンライン購読中
ISIJ International. *	29(1989)-60(2020)+	
Infrared Physics and Technology.	35(1994)-53(2010)	
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 Control.	1(1965)-86(2013)	
International Journal of Heat and Mass Transfer.	1(1960)-22,25-48(2005)	
International Journal of Hydrogen Energy.		オンライン購読中
International Journal of Mass Spectrometry.	176(1998)-250(2006)	
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],43-72(2019)+	

タイトル	所蔵巻号 []内は欠号あり.	
Journal of Chemical Physics.	1(1933)-139(2013)	
Journal of Composite Materials.	16(1982)-42,44-47(2013)	
Journal of Crystal Growth.	2(1968)-21,[22],23-47,56-285(2005)	
Journal of Fluid Mechanics.	[31(1968)-32],33-50,[51-63],64-737(2013)	
Journal of Geophysical Research.	54(1949),63-82(1977)	
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 Materials Science. Materials in Electronics.	1(1990)-15,17-22(2011)	
Journal of Materials Science. Materials in Medicine.	1(1990)-15,17-22(2011)	
Journal of Mathematical Physics.	[7(1966)-9],10-54(2013)	
Journal of the Optical Society of America. A.	1(1984)-30(2013)	
Journal of the Optical Society of America. B.	1(1984)-30(2013)	
Journal of Optimization Theory and Applications.	13(1974),15-16,19,24-26,30-159(2013)	
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
Journal of Physics. D.	1(1968)-43(2010)	オンライン購読中
Journal of Plasma Physics.	1(1967)-79(2013)	
Journal of Propulsion and Power.	1(1985)-7,[8],9-29(2013)	オンライン購読中
Journal of Sound and Vibration.	80(1982)-191,[192],193-289(2006)	
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
Journal of Vacuum Science & Technology. A.	1(1983)-31(2013)	
Journal of Vacuum Science & Technology. B.	1(1983)-31(2013)	
Materials Science & Engineering. A.	101(1988)-417(2006)	オンライン購読中
Materials Science & Engineering. B.	1(1988)-125(2005)	
Materials Science & Engineering. C.	[1(1993)],2-25(2005)	
Materials Science & Engineering. R.	10(1993)-51(2006)	
Materials Science and Technology.	1(1985)-22,24-29(2013)	
Materials Transactions.*	42(2001)-61(2020)+	オンライン購読中
Mercury.	12(1983)-36(2007)	
Metallurgical and Materials Transactions. A.	25(1994)-44(2013)	オンライン購読中
Meteoritics & Planetary Science.	31(1996)-35,[36],37-48(2013)	
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
NASA Tech Briefs.	[15(1991)],16-31,33-37,[38],39-43(2019)+	
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
Philosophical Magazine.	1(1926)-93(2013)	
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 the Earth and Planetary Interiors.	[43(1986)-58],59-183(2010)	
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 Chemistry and Plasma Processing.		オンライン購読中
Plasma Sources Science and Technology.		オンライン購読中

タイトル	所蔵巻号 []内は欠号あり.	
Proceedings : Mathematical, Physical and Engineering. Sciences.	381(1982)-461,[462],463-469(2013)	
Proceedings of the Combustion Institute.		オンライン購読中
Progress in Aerospace Science.	11(1970)-33,[34(1998)]	オンライン購読中
Progress of Theoretical Physics.	1(1946)-128(2012)//	
Progress of Theoretical Physics. Supplement.	78(1984)- 79,81-197(2012)//	
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
Radio Science.	1(1966)-2,[3],4-32,[33],34-48(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
SIAM Journal on Control and Optimization.	20(1982)-51(2013)	
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)-64(2011)	オンライン購読中
Shock Waves.		オンライン購読中
Sky & Telescope.	33(1967)-52,[53],54-118,120-140(2020)+	
Solar Energy Materials & Solar Cells.	25(1992)-45,[46],47-49(1997)	
Solar Physics.	1(1967)-220,223-288(2013)	オンライン購読中
Solid-State Electronics.	8(1965)-39,[40-46(2002)]	
Space Research Today.	170(2007)-179(2009/10)	
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)+	
Transactions of the ASME. Journal of Applied Mechanics.	49(1982)-80(2013)	
Transactions of the ASME. Journal of Dynamic Systems, Measurement	104(1982)-135(2013)	
Transactions of the ASME. Journal of Fluids Engineering.	104(1982)-135(2013)	
Transactions of the ASME. Journal of Heat Transfer.	104(1982)-135(2013)	オンライン購読中
Transactions of the ASME. Journal of Vibration and Acoustics.	112(1990)-135(2013)	
Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences.*	15(1972)-58(2015)	
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)-495,497-1192(2020/r.2)+	
分光研究	35(1986/s.61)-68(2019/r.1)+	
大学図書館研究	8(1976/s.51)-106(2017/h.29)//	
電子情報通信学会論文誌 A	70(1987/s.62)-97(1-3)(2014/h.26)//	
電子情報通信学会論文誌 B	70(1987/s.62)-97(1-3)(2014/h.26)//	
電子情報通信学会論文誌 C	70(1987/s.62)-73,[74],75-83(2000/h.12)- 97(1-3)(2014/h.26)//	
電子情報通信学会論文誌 D	70(1987/s.62)-97(1-3)(2014/h.26)//	
電子情報通信学会誌	70(1987/s.62)-103(2020/r.2)+	
電気化学	86(2018/h.30)-88(2020/r.2)+	
EXPLOSION	1(1991/h.3)-29(2019/r.1)+	
Electrochemistry (電気化学及び工業物理化学)	[29(1961/s.36)-40],41-85(2017/h.29)//	
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) 追録 W 航空	継続購読中	
JIS (日本工業規格) 総目録	継続購読中	
時刻表	継続購読中	
情報の科学と技術	継続購読中	
情報処理	[11(1970/s.45)-25],26-61(2020/r.2)+	
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)+	
高分子論文集	37(1980/s.55)-38,42-76(2019/r.1)//	
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)+	
ニュートン	継続購読中	
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)+	
日本エネルギー学会誌	71(1992/h.4)-95(2016/h.28)	
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)+
日本建築学会環境系論文集	566(2003/h.15)-778:73-85(2020/r.2)+
日本建築学会計画系論文集	455(1994/h.6)-778:73-85(2020/r.2)+
日本建築学会構造系論文集	455(1994/h.6)-778:73-85(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)+
パリティ	6(1991/h.3),[7],8-34(2019/r.1)//
繊維学会誌	31(1975/s.50)-44,[45],46-76(2020/r.2)+
真空	[5(1962/s.37)-23],28-60(2017/h.29)//
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)-33(2020/r.2)+

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。

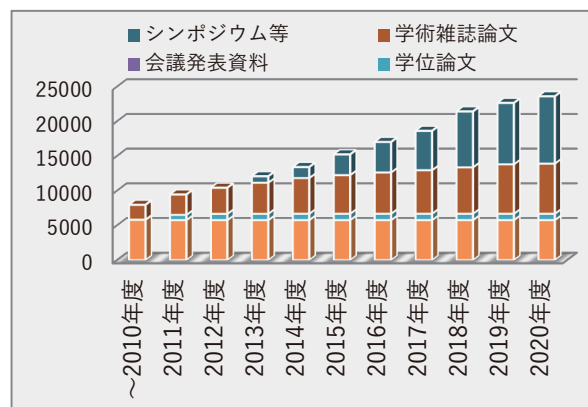
2009 年の JAXA リポジトリの開始以来、ISAS では毎年約 1,000 件以上のデータを登録し、着々と登録件数を増やし、リポジトリ＝貯蔵庫としての役割を果たしている。

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。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「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し、豪州と接続しての複雑なオペレーションを遂行した。また、2021年2月より、発信力の強化を意識して、ウェブやツイッターでの発信に新メンバーを投入するなど、力を入れている。

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。

2. はやぶさ2

2020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。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。

その中でも、12月、カプセルが地球に帰還した際のキャンペーンについて述べる。豪州ウーメラでの回収隊本部の北400kmに、クーバーペディという町がある。そこが地球に再突入したカプセルが高度40キロで火球を作る様子を撮像するのに最適な場所である。JAXA本部の広報部とも協力しつつ、クーバーペディに撮影隊と衛星中継車を送り込み、火球を生中継することに成功した。また、そこで撮影された映像は、様々な広報活動において活用されている。さらに、ウーメラに取材に来た豪州メディア（在豪日本メディアも含む：日本からの渡航は不可であった）をクーバーペディに誘導し、目玉となる画像を撮影させるよう誘導もした。日本側では、こういった映像を受けながら、交流棟に集まった記者に探査機

管制室の様子もリアルタイムで伝えるといった対応を行った。

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確認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。

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。

5. 2020年度の特別公開

オンラインで開催したことの顛末は、巻頭ハイライトに記載した。

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	Science 3 編 (2020 年 4 月-2021 年 3 月)	
2) 査読付き学術誌掲載論文	337 編 (2020 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)	54 編 (調査月: 2021 年 3 月, 調査対象: 2010 年 1 月 1 日~2020 年 12 月 31 日)	図 2
2. JAXA 出版物 (ISAS 出版分)	8 件 (RR: 6 件, RM: 1 件, SP: 1 件)	XII-2 (p.170)
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	14 件	XII-3-a (p. 170~)
b. 査読付き学術誌に発表のもの	381 編	XII-3-b (p. 171~)
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	27 件	XII-5 (p. 201~)
6. 特許権等	出願公開 14 件, 特許登録 14 件	XII-6 (p. 203~)

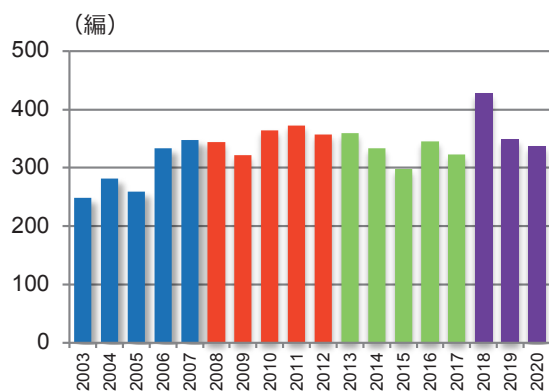


図 1 論文数の推移 (注 1)
Number of papers (Web of Science)

(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。また, 集計は年度ではなく暦年 (各年 1 月~12 月)。

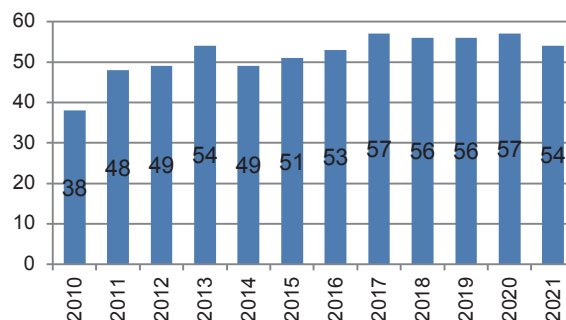


図 2 高被引用論文の推移
(2021 年 3 月調べ・ESI (Essential Science Indicators) データに基づく)

調査対象は, 2021 年 3 月 1 日に更新された ESI データに基づく, 2010 年 1 月 1 日~2020 年 12 月 31 日 (対象は過去 10 年) までに出版された論文。集計は年度ではなく暦年。

○「高被引用論文」とは, 文系を含む全学術領域を 22 分野に分け, 分野および出版年毎に分けたサブグループ毎に引用数を順位化し, 上位 1%に入る論文。

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、インターネット上で公開されている。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) (2020/4~2021/3)

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-20-004E

YOSHITAKE Miwa, NAKATO Aiko, KUMAGAI Kazuya, NISHIMURA Masahiro, YADA Toru, TACHIBANA Shogo, OKADA Tatsuki, ABE Masanao, YURIMOTO Hisayoshi, USUI Tomohiro, Astromaterials Science Research Group: Cleanliness level of the Ex-traterrestrial Sample Curation Center of JAXA

RR-20-005

竹内伸介, 北川幸樹, 徳留真一郎, 戸部裕史, 荒川 聡, 餅原義孝, 鈴木直洋, 芳仲敏成, 森下直樹, 岩崎祥大, 岩渕頌太, 和田明哲: 展開ノズル材耐熱試験本試験報告書

RR-20-007

松永浩貴, 伊東山登, 和田明哲, 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2年度研究成果報告書

RR-20-008

和田明哲, 渡邊裕樹, 月崎竜童, 池田知行, 飯塚俊明, 佐原宏典, 各務 聡, 伊東山登, 松永浩貴: 将来深宇宙探査に向けた革新的超小型推進系研究グループ 2020 年度研究成果報告書

RR-20-009

大気球研究報告

RR-20-010

宇宙科学情報解析論文誌: 第 10 号

研究開発資料 (JAXA Research and Development Memorandum) (2020/4~2021/3)

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-20-002

福島洋介, 三田 信: 観測ロケット S-310-45 号機実験計画・実験報告

特別資料 (JAXA Special Publication) (2020/4~2021/3)

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-20-004E

YADA Toru, *et al.*: Hayabusa Asteroid Sample Catalog 2020

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

吉川 真 (監修): 「はやぶさ 2」のすべて: 小惑星リュウグウ探査プロジェクト ミッション&メカニカル編: 誠文堂新光社: (2020)

吉川 真 (監修): わくわく小惑星ずかん: 恒星社厚生閣: (2020)

吉川 真 (監修): 宇宙ロケット図鑑: ロケットや探査機が大集合!: 成美堂出版: (2021)

吉川 真 (監修): 地球・宇宙探検 (学研の図鑑 LIVE スペシャル): 学研プラス: (2020)

津田雄一 (著): はやぶさ 2 の宇宙大航海記: 宝島社: (2021)

津田雄一 (著): はやぶさ 2 最強ミッションの真実 (NHK 出版新書): NHK 出版: (2020)

春山純一 (著): 人類はふたたび月を目指す (光文社新

- 書) : 光文社: (2020)
- 山口弘悦ほか (著) : トコトンやさしい天文学の本 (B&T ブックス 今日からモノ知りシリーズ) : 日刊工業新聞社: (2021)
- 大川拓也 (著) : 星と星座 新版 (小学館の図鑑 NEO ; 8) : 小学館: (2020)
- 坪井昌人ほか (編) : 電波天文学 第 2 版 (シリーズ現代の天文学 : 第 16 巻 宇宙の観測 : 2) : 日本評論社: (2020)
- Edited by Masato Tsuboi, et al.: New Horizons in Galactic Center Astronomy and Beyond (Astronomical Society of the Pacific Conference Series, Vol.598): Astronomical Society of the Pacific: (2020)
- Edited by Elizabeth J. Tasker, et al.: Planetary Diversity: Rocky planet processes and their observational signatures: IOP Publishing Ltd: (2020)
- 廣瀬和之 (分担執筆) : 宇宙ビジネス参入の留意点と求められる新技術, 新材料: 第 5 章第 6 節人工衛星搭載用の電子部品の信頼性: 技術情報協会: (2020)
- 久保田孝 (分担執筆) : 宇宙ビジネス参入の留意点と求められる新技術, 新材料: 第 2 章第 2 節 JAXA における宇宙ビジネスのオープンイノベーション: 技術情報協会: (2020)
- Moe Matsuoka (分担執筆) : Encyclopedia of Geology (Second Edition): In-Situ Planetary Spectroscopy, pp.194-206: Elsevier: (2021)

b. 査読付き学術誌に発表のもの

- M. Berthet *et al.*, Feasibility Assessment of Passive Stabilisation for a Nanosatellite with Aeroshell Deployed by Orbit-Attitude-Aerodynamics Simulation Platform. *Acta Astronautica*, Vol.173, pp.266-278 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2020.04.043>
- G. Ono *et al.*, GNC Strategies and Flight Results of Hayabusa2 First Touchdown Operation. *Acta Astronautica*, Vol.174, pp.131-147 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2020.04.029>
- R. Shirakawa *et al.*, Investigation and Experimental Simulation of Performance Deterioration of Microwave Discharge Ion Thruster $\mu 10$ during Space Operation. *Acta Astronautica*, Vol.174, pp.367-376 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2020.05.004>
- T. Saiki *et al.*, Hayabusa2's Kinetic Impact Experiment: Operational Planning and Results. *Acta Astronautica*, Vol.175, pp.362-374 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2020.05.064>
- A. Ishihara *et al.*, Blood Flow in Astronauts on Earth after Long Space Stay. *Acta Astronautica*, Vol.175, pp.462-464 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2020.05.017>
- T. Hoshino *et al.*, Lunar Polar Exploration Mission for Water Prospection - JAXA's Current Status of Joint Study with ISRO. *Acta Astronautica*, Vol.176, pp.52-58 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2020.05.054>
- Y. Tani *et al.*, Effect of Discharge Chamber Geometry on Ion Loss in Microwave Discharge Ion Thruster. *Acta Astronautica*, Vol.176, pp.77-88 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2020.05.062>
- T. Morishita *et al.*, Application of a Microwave Cathode to a 200-W Hall Thruster with Comparison to a Hollow Cathode. *Acta Astronautica*, Vol.176, pp.413-423 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2020.06.049>
- T. Ito *et al.*, Throttled Explicit Guidance for Pinpoint Landing under Bounded Thrust Acceleration. *Acta Astronautica*, Vol.176, pp.438-454 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2020.06.012>
- Y. Takao *et al.*, Analysis and Design of a Spacecraft Docking System Using a Deployable Boom. *Acta Astronautica*, Vol.179, pp.172-185 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2020.10.031>
- T. Chikazawa *et al.*, Minimizing Eclipses via Synodic Resonant Orbits with Applications to EQUULEUS and MMX. *Acta Astronautica*, Vol.180, pp.679-692 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2020.12.028>
- C. Giulio *et al.*, Design and Testing of Additively Manufactured High-efficiency Resistojet on Hydrogen Propellant. *Acta Astronautica*, Vol.181, pp.14-27 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2020.12.047>
- P. Nishanth *et al.*, Transfers around Phobos via Bifurcated retrograde orbits: Applications to Martian Moons Exploration Mission. *Acta Astronautica*, Vol.181, pp.70-80 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2021.01.016>
- Y. Takao *et al.*, Solar Electric Propulsion by a Solar Power Sail for Small Spacecraft Missions to the Outer Solar System. *Acta Astronautica*, Vol.181, pp.362-376 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2021.01.020>
- H. Masuda *et al.*, Diffusional and Dislocation Accommodation Mechanisms in Superplastic Materials. *Acta Astronautica*, Vol.197, pp.235-252 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.actamat.2020.07.042>
- V. Stefaan *et al.*, Effects of Restitution, Friction, and Attitude on 2D Low-Velocity Rigid-Body Impacts. *Advances in Space Research*, Vol.67(1), pp.411-435 (2020)

- <https://doi.org/10.1016/j.asr.2020.09.046>
- V. Stefaan *et al.*, Reduced-Gravity Experiments of Non-spherical Rigid-Body Impact on Hard Surfaces. *Advances in Space Research*, Vol.67(1), pp.436-476 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.asr.2020.10.018>
- H. Tomizaki *et al.*, Assessment of Space Debris Collisions against Spacecraft with Deorbit Devices. *Advances in Space Research*, Vol.67(5), pp.1526-1534 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.asr.2020.12.018>
- M. Matsushita *et al.*, Influence of Curved Thin-film Device on Deformation of a Solar Sail. *Advances in Space Research*, Vol.67(9), pp.2628-2642 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.asr.2020.06.005>
- M. Matsushita *et al.*, Solar Power Sail Membrane Prototype for OKEANOS Mission. *Advances in Space Research*, Vol.67(9), pp.2899-2911 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.asr.2020.10.007>
- H. E. Soken *et al.*, Filtering-Based Three-Axis Attitude Determination Package for Spinning Spacecraft: Preliminary Results with Arase. *Aerospace*, Vol.7(7), 97 (2020)
<https://doi.org/10.3390/aerospace7070097>
- H. E. Soken *et al.*, Attitude Estimation and Magnetometer Calibration Using Reconfigurable TRIAD+filtering Approach. *Aerospace Science and Technology*, Vol.99, 105754 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.ast.2020.105754>
- N. Dahal *et al.*, Classification of Supersonic Flow over a Rigid Parachute Model with Suspension Lines. *Aerospace Science and Technology*, Vol.105, 105954 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.ast.2020.105954>
- S. Shimomura *et al.*, Closed-Loop Flow Separation Control Using the Deep Q Network over Airfoil. *AIAA JOURNAL*, Vol.58(10), pp.4260-4270 (2020)
<https://doi.org/10.2514/1.J059447>
- Y. Takahashi *et al.*, Flow Enthalpy of Nonequilibrium Plasma in 1 MW Arc-Heated Wind Tunnel. *AIAA JOURNAL*, Vol.59(1), pp.263-275 (2021)
<https://doi.org/10.2514/1.J058407>
- N. Okuizumi *et al.*, Analytical Investigation of Global Deployed Shape of a Spinning Solar Sail Membrane. *AIAA JOURNAL*, Vol.59(3), pp.1075-1086 (2021)
<https://doi.org/10.2514/1.j059717>
- G. Shraddha *et al.*, Unequal Effect of Thermodynamics and Kinetics on Glass Forming Ability of Cu-Zr Alloys. *AIP Advances*, Vol.10(4), 045114 (2020)
<https://doi.org/10.1063/5.0002784>
- H. Kutsuma *et al.*, A Method to Measure Superconducting Transition Temperature of Microwave Kinetic Inductance Detector by Changing Power of Readout Microwaves. *AIP Advances*, Vol.10(9), 095320 (2020)
<https://doi.org/10.1063/5.0013946>
- A. C. Zhang *et al.*, The Cr-Zr-Ca Armalcolite in Lunar Rocks is Loveringite: Constraints from Electron Backscatter Diffraction Measurements. *American Mineralogist*, Vol.105(7), pp.1021-1029 (2020)
<https://doi.org/10.2138/am-2020-7260>
- JY. Li *et al.*, A New Occurrence of Corundum in Eucrite and Its Significance. *American Mineralogist*, Vol.105(11), pp.1656-1661 (2020)
<https://doi.org/10.2138/am-2020-7361>
- R. Nakada *et al.*, Vanadium Micro-XANES Determination of Oxygen Fugacity in Olivine-Hosted Glass Inclusion and Groundmass Glasses of Martian Primitive Shergottite Yamato 980459. *American Mineralogist*, Vol.105(11), pp.1695-1703 (2020)
<https://doi.org/10.2138/am-2020-7321>
- D. Schmid *et al.*, Magnetometer In-Flight Offset Accuracy for the BepiColombo Spacecraft. *Annales Geophysicae*, Vol.38(4), pp.823-832 (2020)
<https://doi.org/10.5194/angeo-38-823-2020>
- M. Inoue *et al.*, Effects of Sputtering Conditions on the Activities of High-Performance CO₂ Methanation Catalysts Prepared by a Co-Sputtering Technique Using the Polygonal Barrel System. *Applied Catalysis A: General*, Vol.597, 117557 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.apcata.2020.117557>
- N. Nakaniwa *et al.*, Development of X-Ray Mirror Foils Using a Hot Plastic Deformation Process. *Applied Optics*, Vol.59(28), pp.8793-8805 (2020)
<https://doi.org/10.1364/AO.401644>
- H. Nakagawa *et al.*, Design for Stray-Light Reduction to a Martian Ionospheric Imager. *Applied Optics*, Vol.59(32), pp.9937-9943 (2020)
<https://doi.org/10.1364/AO.401523>
- D. Ishi *et al.*, Enhanced X-Ray Reflectivity from Pt-Coated Silicon Micropore Optics Prepared by Plasma Atomic Layer Deposition. *Applied Physics Express*, Vol.13(8), 087001 (2020)
<https://doi.org/10.35848/1882-0786/aba7a5>
- Y. Nakashima *et al.*, Low-Noise Microwave SQUID Multiplexed Readout of 38 x-ray Transition-edge Sensor Microcalorimeters. *Applied Physics Letters*, Vol.177(12), 122601 (2020)
<https://doi.org/10.1063/5.0016333>
- Y. Tsuda *et al.*, Message from the Guest Editors of the Special Issue on Astrodynamics and Engineering Aspects of Hayabusa2—Sample Return Mission to the Asteroid Ryugu. *Astrodynamics*, Vol.4(2), 87 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s42064-020-0087-4>
- N. Ogawa *et al.*, Image-Based Autonomous Navigation of

- Hayabusa2 Using Artificial Landmarks: The Design and Brief In-flight Results of the First Landing on Asteroid Ryugu. *Astrodynamics*, Vol.4(2), pp.89-103 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s42064-020-0070-0>
- G. Ono *et al.*, Design and Flight Results of GNC Systems in Hayabusa2 Descent Operations. *Astrodynamics*, Vol.4(2), pp.105-117 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s42064-020-0072-y>
- K. Yoshikawa *et al.*, Modeling and Analysis of Hayabusa2 Touchdown. *Astrodynamics*, Vol.4(2), pp.119-135 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s42064-020-0073-x>
- Y. Anzai *et al.*, Visual Localization for Asteroid Touchdown Operation Based on Local Image Features. *Astrodynamics*, Vol.4(2), pp.149-161 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s42064-020-0075-8>
- Y. Takao *et al.*, Simultaneous Estimation of Spacecraft Position and Asteroid Diameter during Final Approach of Hayabusa2 to Ryugu. *Astrodynamics*, Vol.4(2), pp.163-175 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s42064-020-0078-5>
- S. Soldini *et al.*, Hayabusa2's Superior Solar Conjunction Mission Operations: Planning and Post-Operation Results. *Astrodynamics*, Vol.4(4), pp.265-288 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s42064-020-0076-7>
- T. Saiki *et al.*, Motion Reconstruction of the Small Carry-on Impactor Aboard Hayabusa2. *Astrodynamics*, Vol.4(4), pp.289-308 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s42064-020-0077-6>
- Y. Oki *et al.*, Orbit Insertion Strategy of Hayabusa2's Rover with Large Release Uncertainty around the Asteroid Ryugu. *Astrodynamics*, Vol.4(4), pp.309-329 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s42064-020-0080-y>
- Y. Mimasu *et al.*, Ground-based Low Altitude Hovering Technique of Hayabusa2. *Astrodynamics*, Vol.4(4), pp.331-347 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s42064-020-0082-9>
- Y. Takei *et al.*, Hayabusa2's Station-keeping Operation in the Proximity of the Asteroid Ryugu. *Astrodynamics*, Vol.4(4), pp.349-375 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s42064-020-0083-8>
- H. Takeuchi *et al.*, The Deep-Space Multi-Object Orbit Determination System and Its Application to Hayabusa2's Asteroid Proximity Operations. *Astrodynamics*, Vol.4(4), pp.377-392 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s42064-020-0084-7>
- F. Terui *et al.*, Guidance, Navigation, and Control of Hayabusa2 Touchdown Operations. *Astrodynamics*, Vol.4(4), pp.393-409 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s42064-020-0086-5>
- R. Poleski *et al.*, A Wide-Orbit Exoplanet OGLE-2012-BLG-0838Lb. *Astronomical Journal*, Vol.159(6), 261 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-3881/ab8a49>
- N. Koshimoto *et al.*, Bayesian Approach for Determining Microlens System Properties with High-angular-resolution Follow-up Imaging. *Astronomical Journal*, Vol.159(6), 268 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-3881/ab8adf>
- C. Han *et al.*, One Planet or Two Planets? The Ultra-sensitive Extreme-magnification Microlensing Event KMT-2019-BLG-1953. *Astronomical Journal*, Vol.160(1), 17 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-3881/ab91ac>
- YK. Jung *et al.*, OGLE-2018-BLG-1269Lb: A Jovian Planet with a Bright I=16 Host. *Astronomical Journal*, Vol.160(3), 148 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-3881/abacc8>
- YK. Jung *et al.*, KMT-2019-BLG-0842Lb: A Cold Planet below the Uranus/Sun Mass Ratio. *Astronomical Journal*, Vol.160(6), 255 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-3881/abbe93>
- T. Matsuo *et al.*, Spectroscopic Fourth-Order Coronagraph for the Characterization of Terrestrial Planets at Small Angular Separations from Host Stars. *Astronomical Journal*, Vol.161(2), 83 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-3881/abd248>
- K. Arimatsu *et al.*, Detectability of Optical Transients with Timescales of Subseconds. *Astronomical Journal*, Vol.161(3), 135 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-3881/abd94d>
- E. Tatsumi *et al.*, Global Photometric Properties of (162173) Ryugu. *Astronomy & Astrophysics*, Vol.639, A83 (2020)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/201937096>
- A. Nakajima *et al.*, Orbital Evolution of Saturn's Satellites Due to the Interaction Between the Moons and the Massive Rings. *Astronomy & Astrophysics*, Vol.640, L15 (2020)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202038743>
- L. Barrufet *et al.*, A High Redshift Population of Galaxies at the North Ecliptic Pole Unveiling the Main Sequence of Dusty Galaxies. *Astronomy & Astrophysics*, Vol.641, A129 (2020)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202037838>
- R. Joshi *et al.*, Multi-Thermal Atmosphere of a Mini-Solar Flare during Magnetic Reconnection Observed with IRIS. *Astronomy & Astrophysics*, Vol.645, A80 (2021)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202039229>
- R. Hyodo *et al.*, A "no-drift" Runaway Pile-up of Pebbles in Protoplanetary Disks in Which Midplane Turbulence Increases with Radius. *Astronomy & Astrophysics*,

- Vol.645, L9 (2021)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202040031>
- S. Ida *et al.*, Planetesimal Formation around the Now Line: I. Monte Carlo Simulations of Silicate Dust Pile-up in a Turbulent Disk. *Astronomy & Astrophysics*, Vol.646, A13 (2021)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202039705>
- R. Hyodo *et al.*, Planetesimal Formation around the Snow Line: II. Dust or Pebbles?. *Astronomy & Astrophysics*, Vol.646, A14 (2021)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202039894>
- D. Kuroda *et al.*, (85989) 1999 JD₆: a First Barbarian Asteroid Detected by Polarimetry in the NEA Population. *Astronomy & Astrophysics*, Vol.646, A51 (2021)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202039004>
- K. Wada *et al.*, Size of Particles Ejected from an Artificial Impact crater on Asteroid 162173 Ryugu. *Astronomy & Astrophysics*, Vol.647, A43 (2021)
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202039777>
- Q. Abarr *et al.*, XL-Calibur-a Second-Generation Balloon-Borne Hard X-Ray Polarimetry Mission. *Astroparticle Physics*, Vol.126, 102529 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.astropartphys.2020.102529>
- N. Saffold *et al.*, Cosmic Antihelium-3 Nuclei Sensitivity of the GAPS Experiment. *Astroparticle Physics*, Vol.130, 102580 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.astropartphys.2021.102580>
- T. Akutsu *et al.*, Vibration Isolation Systems for the Beam Splitter and Signal Recycling Mirrors of the KAGRA Gravitational Wave Detector. *Classical and Quantum Gravity*, Vol.38(6), 65011 (2021)
<https://doi.org/10.1088/1361-6382/abd922>
- T. Ushiba *et al.*, Cryogenic Suspension Design for a Kilometer-Scale Gravitational-Wave Detector. *Classical and Quantum Gravity*, Vol.38(8), 085013 (2021)
<https://doi.org/10.1088/1361-6382/abe9f3>
- P. Amit *et al.*, Bending Fatigue Behavior in an Advanced SiC/SiC Ceramic Matrix Composite Component at Elevated Temperature in Air. *Composites Part C: Open Access*, Vol.5, 100127 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2021.100127>
- Y. Ezoë *et al.*, Cooling System for the Resolve onboard XRISM. *Cryogenics*, Vol.108, 103016 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.cryogenics.2019.103016>
- K. Shinozaki *et al.*, Cooling Capability of JT Coolers during the Cool-Down Phase for Space Science Missions. *Cryogenics*, Vol.109, 103094 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.cryogenics.2020.103094>
- K. Otsuka *et al.*, Improvement of Micro-Vibration of a Two-Stage Stirling Cryocooler. *Cryogenics*, Vol.111, 103133 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.cryogenics.2020.103133>
- T. Prouve *et al.*, ATHENA X-IFU 300 K-50 mK Cryochain Test Results. *Cryogenics*, Vol.112, 103144 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.cryogenics.2020.103144>
- K. Kinefuchi *et al.*, Experimental Analysis of Thermal Behavior in Cryogenic Propellant Tank with Different Pressurants. *Cryogenics*, Vol.112, 103196 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.cryogenics.2020.103196>
- Y. Shirai *et al.*, Heat Transfer Characteristics of Liquid Hydrogen Flowing Inside of a Vertical Heated Pipe under Quasi-Stationary Heat Input. *Cryogenics*, Vol.113, 103230 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.cryogenics.2020.103230>
- K. Yamamoto *et al.*, Dynamic Precise Orbit Determination of Hayabusa2 Using Laser Altimeter (LIDAR) and Image Tracking Data Sets. *Earth, Planets and Space*, Vol.72(1), 85 (2020)
<https://doi.org/10.1186/s40623-020-01213-2>
- Y. Takano *et al.*, Chemical Assessment of the Explosive Chamber in the Projector System of Hayabusa2 for Asteroid Sampling. *Earth, Planets and Space*, Vol.72(1), 97 (2020)
<https://doi.org/10.1186/s40623-020-01217-y>
- M. Nose *et al.*, Oxygen Torus and Its Coincidence with EMIC Wave in the Deep Inner Magnetosphere: Van Allen Probe B and Arase Observations. *Earth, Planets and Space*, Vol.72(1), 111 (2020)
<https://doi.org/10.1186/s40623-020-01235-w>
- M. Ito *et al.*, The Universal Sample Holders of Microanalytical Instruments of FIB, TEM, NanoSIMS, and STXM-NEXAFS for the Coordinated Analysis of Extraterrestrial Materials. *Earth, Planets and Space*, Vol.72(1), 133 (2020)
<https://doi.org/10.1186/s40623-020-01267-2>
- H. Noda *et al.*, Alignment Determination of the Hayabusa2 Laser Altimeter (LIDAR). *Earth, Planets and Space*, Vol.73(1), 21 (2021)
<https://doi.org/10.1186/s40623-020-01342-8>
- K. Tomita-Yokotani *et al.*, Tolerance of Dried Cells of a Terrestrial Cyanobacterium, *Nostoc* sp. HK-01 to Temperature Cycles, Helium-ion Beams, Ultraviolet Radiation (172 and 254 nm), and Gamma Rays: Primitive Analysis for Space Experiments. *Eco-Engineering*, Vol.32(3), pp.47-53 (2020)
<https://doi.org/10.11450/seitaikogaku.32.47>
- O. S. Mendoza-Hernandez *et al.*, Effect of the Charge Process on the Performance of Li-ion Cells during Charge-Discharge Cycling at 0 °C. *Electrochemistry*, Vol.88(3), pp.230-235 (2020)

- <https://doi.org/10.5796/electrochemistry.20-00027>
- O. S. Mendoza-Hernandez *et al.*, Durability Analysis of the REIMEI Satellite Li-ion Batteries after more than 14 Years of Operation in Space. *Electrochemistry*, Vol.88(4), pp.300-304 (2020)
- <https://doi.org/10.5796/electrochemistry.20-00046>
- O. S. Mendoza-Hernandez *et al.*, Effect of the Charge Process and Discharge Rate on the Lithium Stripping Process Visibility in LiFePO₄-Graphite Li-ion Cells during Charge-Discharge Cycling at 0°C. *Electrochemistry*, Vol.88(4), pp.340-342 (2020)
- <https://doi.org/10.5796/electrochemistry.20-00052>
- Y. Sone *et al.*, Water Electrolysis by the Direct Water Supply to the Solid Polymer Electrolyte through the Interdigitated Structure of the Electrode. *Electrochemistry*, Vol.89(2), pp.138-140 (2021)
- <https://doi.org/10.5796/electrochemistry.20-00145>
- R. Mudassir *et al.*, Demonstration of Digital Retrodirective Method for Solar Power Satellite. *Electronics*, Vol.10(4), 498 (2021)
- <https://doi.org/10.3390/electronics10040498>
- MT. Scelzo *et al.*, Design and Validation of a Capacitance-Based Sensor for Slurry Density Measurement. *Experimental Thermal and Fluid Science*, Vol.122, 110299 (2021)
- <https://doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2020.110299>
- Y. Kawaguchi *et al.*, DNA Damage and Survival Time Course of Deinococcal Cell Pellets During 3 Years of Exposure to Outer Space. *Frontiers in Microbiology*, Vol.11, 2050 (2020)
- <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.02050>
- A. C. Zhang *et al.*, Unique Angrite-Like Fragments in a CH₃ Chondrite Reveal a New Basaltic Planetesimal. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol.275, pp.48-63 (2020)
- <https://doi.org/10.1016/j.gca.2020.02.014>
- N. Kawasaki *et al.*, Variations in Initial ²⁶Al/²⁷Al Ratios Among Fine-Grained Ca-Al-Rich Inclusions from Reduced CV Chondrites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol.279, pp.1-15 (2020)
- <https://doi.org/10.1016/j.gca.2020.03.045>
- R. Mendybaev *et al.*, Experiments Quantifying Elemental and Isotopic Fractionations during Evaporation of CAI-Like Melts in Low-Pressure Hydrogen and in Vacuum: Constraints on Thermal Processing of CAIs in the Protoplanetary Disk. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol.292, pp.557-576 (2021)
- <https://doi.org/10.1016/j.gca.2020.09.005>
- A. T. Hendry *et al.*, A Multi-Instrument Approach to Determining the Source-Region Extent of EEP-Driving EMIC Waves. *Geophysical Research Letters*, Vol.47(7), e2019GL086599 (2020)
- <https://doi.org/10.1029/2019GL086599>
- J. Peralta *et al.*, A Long-Lived Sharp Disruption on the Lower Clouds of Venus. *Geophysical Research Letters*, Vol.47(11), e2020GL087221 (2020)
- <https://doi.org/10.1029/2020GL087221>
- T. Nakamura *et al.*, Decay of Kelvin-Helmholtz Vortices at the Earth's Magnetopause Under Pure Southward IMF Conditions. *Geophysical Research Letters*, Vol.47(13), e2020GL087574 (2020)
- <https://doi.org/10.1029/2020GL087574>
- H. Uchida *et al.*, Asymmetric Development of Auroral Surges in the Northern and Southern Hemispheres. *Geophysical Research Letters*, Vol.47(13), e2020GL088750 (2020)
- <https://doi.org/10.1029/2020GL088750>
- R. Pfaff *et al.*, Daytime Dynamo Electrodynamics With Spiral Currents Driven by Strong Winds Revealed by Vapor Trails and Sounding Rocket Probes. *Geophysical Research Letters*, Vol.47(15), e2020GL088803 (2020)
- <https://doi.org/10.1029/2020GL088803>
- R. Noguchi *et al.*, Radar Sounding of Subsurface Structure in Eastern Coprates and Capri Chasmata, Mars. *Geophysical Research Letters*, Vol.47(16), e2020GL088556 (2020)
- <https://doi.org/10.1029/2020GL088556>
- J. L. Burch *et al.*, Electron Inflow Velocities and Reconnection Rates at Earth's Magnetopause and Magnetosheath. *Geophysical Research Letters*, Vol.47(17), e2020GL089082 (2020)
- <https://doi.org/10.1029/2020GL089082>
- W. J. Sun *et al.*, Flux Transfer Event Showers at Mercury: Dependence on Plasma beta and Magnetic Shear and Their Contribution to the Dungey Cycle. *Geophysical Research Letters*, Vol.47(21), e2020GL089784 (2020)
- <https://doi.org/10.1029/2020GL089784>
- Y. Miyoshi *et al.*, Relativistic Electron Microbursts as High-Energy Tail of Pulsating Aurora Electrons. *Geophysical Research Letters*, Vol.47(21), e2020GL090360 (2020)
- <https://doi.org/10.1029/2020GL090360>
- M. Fukizawa *et al.*, Pitch-Angle Scattering of Inner Magnetospheric Electrons Caused by ECH Waves Obtained With the Arase Satellite. *Geophysical Research Letters*, Vol.47(23), e2020GL089926 (2020)
- <https://doi.org/10.1029/2020GL089926>
- K. Seki *et al.*, Imaging the Source Region of the 2015 Phreatic Eruption at Owakudani, Hakone Volcano, Japan, Using High-Density Audio-Frequency Magnetotellurics. *Geophysical Research Letters*, Vol.48(1), e2020GL091568 (2021)

- <https://doi.org/10.1029/2020GL091568>
- Y. Kazama *et al.*, Extremely Collimated Electron Beams in the High Latitude Magnetosphere Observed by Arase. *Geophysical Research Letters*, Vol.48(5), e2020GL090522 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2020gl090522>
- T. Ishikawa *et al.*, Density of molten gadolinium oxide measured with the electrostatic levitation furnace in the International Space Station. *High Temperatures-High Pressures*, Vol.49(1-2), pp.5-15 (2020)
<https://doi.org/10.32908/hthp.v49.835>
- Y. Shimaki *et al.*, Thermophysical Properties of the Surface of Asteroid 162173 Ryugu: Infrared Observations and Thermal Inertia Mapping. *Icarus*, Vol.348, 113835 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2020.113835>
- SJ. Kim *et al.*, Temporal Variation of the 3-Micron Hydrocarbon Emissions at the 8-Micron North Polar Hot Spot of Jupiter: Comparison with Solar Wind Activity. *Icarus*, Vol.348, 113852 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2020.113852>
- L. Roth *et al.*, An Attempt to Detect Transient Changes in Io's SO₂ and NaCl Atmosphere. *Icarus*, Vol.350, 113925 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2020.113925>
- M. Lemelin *et al.*, Physical and Compositional Properties of Impact Melts for Jackson and Tycho Craters: Implications for Space Weathering and Degradation of Lunar Impact Melts. *Icarus*, Vol.351, 113926 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2020.113926>
- A. Galiano *et al.*, Characterization of the Ryugu Surface by Means of the Variability of the Near-Infrared Spectral Slope in NIRS3 Data. *Icarus*, Vol.351, 113959 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2020.113959>
- M. Hirabayashi *et al.*, Spin-Driven Evolution of Asteroids' Top-Shapes at Fast and Slow Spins Seen from (101955) Bennu and (162173) Ryugu. *Icarus*, Vol.352, 113946 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2020.113946>
- H. Kikuchi, Simulating Re-Impacts from Craters at the Deepest Location of Phobos to Generate its Blue Spectral units. *Icarus*, Vol.354, 113997 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2020.113997>
- R. Noguchi *et al.*, Crater Depth-to-Diameter Ratios on Asteroid 162173 Ryugu. *Icarus*, Vol.354, 114016 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2020.114016>
- R. Hyodo *et al.*, Modification of the Composition and Density of Mercury from Late Accretion. *Icarus*, Vol.354, 114064 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2020.114064>
- N. Hirata *et al.*, Rotational Effect as the Possible Cause of the East-West Asymmetric Crater Rims on Ryugu Observed by LIDAR Data. *Icarus*, Vol.354, 114073 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2020.114073>
- C. Pilorget *et al.*, Global-Scale Albedo and Spectro-Photometric Properties of Ryugu from NIRS3/Hayabusa2, Implications for the Composition of Ryugu and the Representativity of the Returned Samples. *Icarus*, Vol.355, 114126 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2020.114126>
- T. Satoh *et al.*, Venus Night-Side Photometry with "cleaned" Akatsuki/IR2 data: Aerosol Properties and Variations of Carbon Monoxide. *Icarus*, Vol.355, 114134 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2020.114134>
- Y. Nakauchi *et al.*, The Formation of H₂O and Si-OH by H₂⁺ Irradiation in Major Minerals of Carbonaceous Chondrites. *Icarus*, Vol.355, 114140 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2020.114140>
- L. Riu *et al.*, Spectral characterization of the craters of Ryugu as observed by the NIRS3 instrument on-board Hayabusa2. *Icarus*, Vol.357, 114253 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2020.114253>
- S. Kikuchi *et al.*, Ballistic Deployment of the Hayabusa2 Artificial Landmarks in the Microgravity Environment of Ryugu. *Icarus*, Vol.358, 114220 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2020.114220>
- S. Kameda *et al.*, Improved Method of Hydrous Mineral Detection by Latitudinal Distribution of 0.7- μ m Surface Reflectance Absorption on the Asteroid Ryugu. *Icarus*, Vol.360, 114348 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2021.114348>
- T. Kouyama *et al.*, Post-Arrival Calibration of Hayabusa2's Optical Navigation Cameras (ONCs): Severe Effects from Touchdown Events. *Icarus*, Vol.360, 114353 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2021.114353>
- S. Kimura *et al.*, Deep Space In Situ Imaging Results of Commercial Off-the-Shelf Visual Monitoring System Aboard the Hayabusa2 Spacecraft. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, Vol.36(3), pp.16-23 (2021)
<https://doi.org/10.1109/maes.2020.3043068>
- P. Budhaditya *et al.*, Development and Performance Evaluation of Small SAR System for 100-kg Class Satellite. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, Vol.13, pp.3879-3891 (2020)
<https://doi.org/10.1109/JSTARS.2020.3006396>
- H. Roy *et al.*, Toward Better Planetary Surface Exploration by Orbital Imagery Inpainting. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*

- ing, Vol.14, pp.175-189 (2021)
<https://doi.org/10.1109/jstars.2020.3038778>
- S. Yoshida *et al.*, C-Band Frequency-Tunable Rectifier Designed by HySIC Concept Utilizing GaAs MMIC and Si RFIC. *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, Vol.30(10), pp.997-1000 (2020)
<https://doi.org/10.1109/LMWC.2020.3020083>
- H. Inotsume *et al.*, Robust Path Planning for Slope Traversing Under Uncertainty in Slip Prediction. *IEEE Robotics and Automation Letters*, Vol.5(2), pp.3390-3397 (2020)
<https://doi.org/10.1109/LRA.2020.2975756>
- T. Sakamoto *et al.*, A Routing Framework for Heterogeneous Multi-Robot Teams in Exploration Tasks. *IEEE Robotics and Automation Letters*, Vol.5(4), pp.6662-6669 (2020)
<https://doi.org/10.1109/LRA.2020.3016285>
- M. Biscarini *et al.*, Optimal Stochastic Prediction and Verification of Signal-to-Noise Ratio and Data Rate for Ka-Band Spaceborne Telemetry Using Weather Forecasts. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Vol.69(2), pp.1065-1077 (2021)
<https://doi.org/10.1109/TAP.2020.3016865>
- D. Kobayashi. Scaling Trends of Digital Single-Event Effects: A Survey of SEU and SET Parameters and Comparison With Transistor Performance. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, Vol.68(2), pp.124-148 (2021)
<https://doi.org/10.1109/TNS.2020.3044659>
- S. Yoshida *et al.*, Initial Verification of a Bandwidth Tunable Ku-Band Power Amplifier Designed by the HySIC Concept. *IEICE Communications Express*, Vol.9(12), pp.599-604 (2020)
<https://doi.org/10.1587/comex.2020COL0007>
- T. Mizuno *et al.*, Geiger-Mode Three-Dimensional Image Sensor for Eye-Safe Flash LIDAR. *IEICE Electronics Express*, Vol.17(11), 20200152 (2020)
<https://doi.org/10.1587/elex.17.20200152>
- T. Kaneko *et al.*, 2.65Gbps Downlink Communications with Polarization Multiplexing in X-Band for Small Earth Observation Satellite. *IEICE Transactions on Communications*, Vol.E-104(B1), pp.1-12 (2021)
<https://doi.org/10.1587/transcom.2019EBN0009>
- T. Moriyoshi *et al.*, The Effect of Rigging Angle on Longitudinal Direction Motion of Parafoil-Type Vehicle: Basic Stability Analysis and Wind Tunnel Test. *International Journal of Aerospace Engineering*, Vol.2020, 8861714 (2020)
<https://doi.org/10.1155/2020/8861714>
- K. Odagiri *et al.*, Experimental Investigation on Thermal Characteristics of a Capillary Pumped Loop with Different Reservoir Locations. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol.158, 119964 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2020.119964>
- Y. Sakamoto *et al.*, Investigation of Boiling Hydrogen Flow Characteristics under Low-Pressure Conditions - Flow Regime Transition Characteristics. *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol.46(11), pp.8239-8252 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.12.038>
- N. Kawai *et al.*, In-situ Observation of Damage Evolution in Polycarbonate Subjected to Hypervelocity Impact. *International Journal of Impact Engineering*, Vol.142, 103584 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2020.103584>
- H. Oda *et al.*, Density of Molten Zirconium-Oxygen System Measured with an Electrostatic Levitation Furnace in the International Space Station. *International Journal of Microgravity Science and Application*, Vol.37(3), 370302 (2020)
<https://doi.org/10.15011/ijmsa.37.3.370302>
- C. Koyama *et al.*, Density Measurement of Molten Scandium by an Electrostatic Levitator. *International Journal of Microgravity Science and Application*, Vol.37(3), 370303 (2020)
<https://doi.org/10.15011/ijmsa.37.3.370303>
- T. Ishikawa *et al.*, Densities of Liquid Re, Os, and Ir, and Their Temperature Dependence Measured by an Electrostatic Levitator. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, Vol.92, 105305 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.jrmhm.2020.105305>
- H. Itsuji *et al.*, Spatial Resolution of Soft-Error Sensitive-Depth Analysis by Scanning Two-Photon Absorption Laser Microscopy. *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol.59(10), 106501 (2020)
<https://doi.org/10.35848/1347-4065/abb410>
- M. Tajima *et al.*, Round-Robin Test of the Photoluminescence Method after Electron Irradiation for Quantifying Low-Level Carbon in Silicon. *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol.59, SGGK05 (2020)
<https://doi.org/10.7567/1347-4065/ab5b61>
- M. Tajima *et al.*, Calibration Curve for the Photoluminescence Method after Electron Irradiation for Quantifying Low-Level Carbon in Silicon. *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol.60(2), 026501 (2021)
<https://doi.org/10.35848/1347-4065/abd282>
- E. Acar *et al.*, Thermo-Mechanical Characterization of an Aged Ni_{45.3}Ti_{39.7}Hf₁₀Pd₅ Shape Memory Alloy. *JOM*, Vol.73, pp.640-645 (2021)
<https://doi.org/10.1007/s11837-020-04449-1>

- S. Kavirajan *et al.*, Enhanced Seebeck Coefficient and Low Thermal Conductivity of $\text{Cu}_2\text{Se}_x\text{Te}_{1-x}$ Solid Solutions Via Minority Carrier Blocking and Interfacial Effects. *Journal of Alloys and Compounds*, Vol.835, 155188 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2020.155188>
- R. Takaku *et al.*, Broadband, Millimeter-Wave Anti-Reflective Structures on Sapphire Ablated with Femto-Second Laser. *Journal of Applied Physics*, Vol.128(22), 255302 (2020)
<https://doi.org/10.1063/5.0022765>
- T. Tamagawa *et al.*, Multiplexing Lobster-Eye Optics: a Concept for Wide-Field X-Ray Monitoring. *Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems*, Vol.6(2), 25003 (2020)
<https://doi.org/10.1117/1.JATIS.6.2.025003>
- K. Hagino *et al.*, Origin of the In-Orbit Instrumental Background of the Hard X-Ray Imager onboard Hitomi. *Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems*, Vol.6(4), 46003 (2020)
<https://doi.org/10.1117/1.JATIS.6.4.046003>
- P. von Doetinchem *et al.*, Cosmic-Ray Antinuclei as Messengers of New Physics: Status and Outlook for the New Decade. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, Vol.2020(08), 035 (2020)
<https://doi.org/10.1088/1475-7516/2020/08/035>
- N. Tomita *et al.*, Search for Hidden-Photon Cold Dark Matter Using a K-band Cryogenic Receiver. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, Vol.2020(09), 012 (2020)
<https://doi.org/10.1088/1475-7516/2020/09/012>
- T. Ghigna *et al.*, Requirements for Future CMB Satellite Missions: Photometric and Band-Pass Response Calibration. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, Vol.2020(11), 030 (2020)
<https://doi.org/10.1088/1475-7516/2020/11/030>
- S. Kawanishi *et al.*, Measurement of Thermophysical Properties of Molten Si-Cr and Si-Fe Alloys for Design of Solution Growth of SiC. *Journal of Crystal Growth*, Vol.541, 125658 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2020.125658>
- T. Okamoto *et al.*, Impact Ejecta Near the Impact Point Observed Using Ultra-High-Speed Imaging and SPH Simulations and a Comparison of the Two Methods. *Journal of Geophysical Research: Planets*, Vol.125(4), e2019JE005943 (2020)
<https://doi.org/10.1029/2019JE005943>
- YJ. Lee *et al.*, Spatial and Temporal Variability of the 365-nm Albedo of Venus Observed by the Camera on Board Venus Express. *Journal of Geophysical Research: Planets*, Vol.125(6), e2019JE006271 (2020)
<https://doi.org/10.1029/2019JE006271>
- Y. Suzuki *et al.*, Seasonal Variability of Mercury's Sodium Exosphere Deduced From MESSENGER Data and Numerical Simulation. *Journal of Geophysical Research: Planets*, Vol.125(9), e2020JE006472 (2020)
<https://doi.org/10.1029/2020JE006472>
- M. Nishizawa *et al.*, Experimental Simulations of Hypervelocity Impact Penetration of Asteroids Into the Terrestrial Ocean and Benthic Cratering. *Journal of Geophysical Research: Planets*, Vol.125(12), e2019JE006291 (2020)
<https://doi.org/10.1029/2019JE006291>
- K. Masunaga *et al.*, Martian Oxygen and Hydrogen Upper Atmospheres Responding to Solar and Dust Storm Drivers: Hisaki Space Telescope Observations. *Journal of Geophysical Research: Planets*, Vol.125(12), e2020JE006500 (2020)
<https://doi.org/10.1029/2020JE006500>
- G. Matthias *et al.*, Macroporosity and Grain Density of Rubble Pile Asteroid (162173) Ryugu. *Journal of Geophysical Research: Planets*, Vol.125(12), e2020JE006519 (2020)
<https://doi.org/10.1029/2020JE006519>
- H. Kurokawa *et al.*, A Probabilistic Approach to Determination of Ceres' Average Surface Composition From Dawn Visible-Infrared Mapping Spectrometer and Gamma Ray and Neutron Detector Data. *Journal of Geophysical Research: Planets*, Vol.125(12), e2020JE006606 (2020)
<https://doi.org/10.1029/2020JE006606>
- G. Nishiyama *et al.*, Simulation of Seismic Wave Propagation on Asteroid Ryugu Induced by The Impact Experiment of The Hayabusa2 Mission: Limited Mass Transport by Low Yield Strength of Porous Regolith. *Journal of Geophysical Research: Planets*, Vol.126(2), e2020JE006594 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2020je006594>
- Y. Miyashita *et al.*, On the Transition Between the Inner and Outer Plasma Sheet in the Earth's Magnetotail. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.125(4), e2019JA027561 (2020)
<https://doi.org/10.1029/2019JA027561>
- N. Kitamura *et al.*, Observations of the Source Region of Whistler Mode Waves in Magnetosheath Mirror Structures. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.125(5), e2019JA027488 (2020)
<https://doi.org/10.1029/2019JA027488>
- R. Kieokaew *et al.*, Magnetic Reconnection Inside a Flux Transfer Event-Like Structure in Magnetopause Kelvin-Helmholtz Waves. *Journal of Geophysical Research:*

- Space Physics*, Vol.125(6), e2019JA027527 (2020)
<https://doi.org/10.1029/2019JA027527>
- K. Shiokawa *et al.*, Arase Observation of the Source Region of Auroral Arcs and Diffuse Auroras in the Inner Magnetosphere. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.125(8), e2019JA027310 (2020)
<https://doi.org/10.1029/2019JA027310>
- M. Hikishima *et al.*, Particle Simulation of the Generation of Plasmaspheric Hiss. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.125(8), e2020JA027973 (2020)
<https://doi.org/10.1029/2020JA027973>
- R. Kataoka *et al.*, Plasma Waves Causing Relativistic Electron Precipitation Events at International Space Station: Lessons From Conjunction Observations With Arase Satellite. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.125(9), e2020JA027875 (2020)
<https://doi.org/10.1029/2020JA027875>
- C. Martinez-Calderon *et al.*, Spatial Extent of Quasiperiodic Emissions Simultaneously Observed by Arase and Van Allen Probes on 29 November 2018. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.125(9), e2020JA028126 (2020)
<https://doi.org/10.1029/2020JA028126>
- Y. Inaba *et al.*, Plasma and Field Observations in the Magnetospheric Source Region of a Stable Auroral Red (SAR) Arc by the Arase Satellite on 28 March 2017. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.125(10), e2020JA028068 (2020)
<https://doi.org/10.1029/2020JA028068>
- S. Matsuda *et al.*, Detection of UHR Frequencies by a Convolutional Neural Network From Arase/PWE Data. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.125(10), e2020JA028075 (2020)
<https://doi.org/10.1029/2020JA028075>
- C. Colpitts *et al.*, First Direct Observations of Propagation of Discrete Chorus Elements From the Equatorial Source to Higher Latitudes, Using the Van Allen Probes and Arase Satellites. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.125(10), e2020JA028315 (2020)
<https://doi.org/10.1029/2020JA028315>
- C. Tao *et al.*, Variation of Jupiter's Aurora Observed by Hisaki/EXCEED: 4. Quasi-Periodic Variation. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(2), e2020JA028575 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2020ja028575>
- C. Martinez-Calderon *et al.*, Multievent Study of Characteristics and Propagation of Naturally Occurring ELF/VLF Waves Using High-Latitude Ground Observations and Conjunctions With the Arase Satellite. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(2), e2020JA028682 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2020ja028682>
- T. Neethal *et al.*, Investigation of Small-Scale Electron Density Irregularities Observed by the Arase and Van Allen Probes Satellites Inside and Outside the Plasmasphere. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(3), e2020JA027917 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2020ja027917>
- S. Sugo *et al.*, Energy-Resolved Detection of Precipitating Electrons of 30-100 keV by a Sounding Rocket Associated with Dayside Chorus Waves. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(3), e2020JA028477 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2020JA028477>
- K. Hosokawa *et al.*, Over-Darkening of Pulsating Aurora. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(4), e2020JA028838 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2020JA028838>
- Y. Inaba *et al.*, Multi-event Analysis of Plasma and Field Variations in Source of Stable Auroral Red (SAR) Arcs in Inner Magnetosphere during Non-storm-time Substorms. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol.126(4), e2020JA029081 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2020JA029081>
- T. Ito *et al.*, Throttled Explicit Guidance to Realize Pinpoint Landing Under a Bounded Thrust Magnitude. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, Vol.44(4), pp.854-861 (2020)
<https://doi.org/10.2514/1.G005577>
- T. Aoyagi *et al.*, Performance Evaluation of a Silicon Strip Detector for Positrons/Electrons from a Pulsed a Muon Beam. *Journal of Instrumentation*, Vol.15(4), P04027 (2020)
<https://doi.org/10.1088/1748-0221/15/04/P04027>
- N. Iyomoto *et al.*, Development of Gamma-Ray Position-Sensitive Transition-Edge Sensor Microcalorimeters. *Journal of Low Temperature Physics*, Vol.200, pp.233-238 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s10909-020-02518-y>
- S. Yamada *et al.*, High Energy Background Event Identification Using Local Group Trigger in a 240-Pixel X-Ray TES Array. *Journal of Low Temperature Physics*, Vol.200, pp.392-399 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s10909-020-02468-5>
- H. Tatsuno *et al.*, Mitigating the Effects of Charged Particle Strikes on TES Arrays for Exotic Atom X-Ray Experiments. *Journal of Low Temperature Physics*, Vol.200, pp.247-254 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s10909-020-02484-5>
- R. Hayakawa *et al.*, Waveform Analysis of a 240-Pixel TES

- Array for X-Rays and Charged Particles Using a Function of Triggering Neighboring Pixels. *Journal of Low Temperature Physics*, Vol.200, pp.269-276 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s10909-020-02449-8>
- K. Lee *et al.*, GroundBIRD: A CMB Polarization Experiment with MKID Arrays. *Journal of Low Temperature Physics*, Vol.200, pp.384-391 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s10909-020-02511-5>
- S. Okada *et al.*, X-ray Spectroscopy of Muonic Atoms Isolated in Vacuum with Transition Edge Sensors. *Journal of Low Temperature Physics*, Vol.200, pp.445-451 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s10909-020-02476-5>
- H. Muramatsu *et al.*, Optimized TES Microcalorimeters with 14 eV Energy Resolution at 30 keV for γ -Ray Measurements of the ^{229}Th Isomer. *Journal of Low Temperature Physics*, Vol.200, pp.452-460 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s10909-020-02458-7>
- M. Inoue *et al.*, Structure-Sensitivity Factors Based on Highly Active CO_2 Methanation Catalysts Prepared via the Polygonal Barrel-Sputtering Method. *The Journal of Physical Chemistry C*, Vol.124(18), pp.10016-10025 (2020)
<https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.0c01666>
- K. Ozawa *et al.*, Performance of Mixture-Ratio-Controlled Hybrid Rockets for Nominal Fuel Regression. *Journal of Propulsion and Power*, Vol.36(3), pp.400-414 (2020)
<https://doi.org/10.2514/1.B37665>
- K. Ozawa *et al.*, Performance of Mixture-Ratio-Controlled Hybrid Rockets Under Uncertainties in Fuel Regression. *Journal of Propulsion and Power*, Vol.37(1), pp.86-99 (2021)
<https://doi.org/10.2514/1.B37970>
- K. Kinefuchi *et al.*, Keeper Ignition and Discharge Characteristics of Hollow Cathode Center-Mounted on Hall Thruster. *Journal of Propulsion and Power*, Vol.37(2), pp.223-230 (2021)
<https://doi.org/10.2514/1.B37814>
- K. Goto *et al.*, Thrust Validation of Rotating Detonation Engine System by Moving Rocket Sled Test. *Journal of Propulsion and Power*, Vol.37(3), pp.419-425 (2021)
<https://doi.org/10.2514/1.b38037>
- M. Naito *et al.*, Radiation Dose and Its Protection in the Moon from Galactic Cosmic Rays and Solar Energetic Particles: at the Lunar Surface and in a Lava Tube. *Journal of Radiological Protection*, Vol.40(4), pp.947-961 (2020)
<https://doi.org/10.1088/1361-6498/abb120>
- H. Hayakawa *et al.*, Three Case Reports on the Cometary Plasma Tail in the Historical Documents. *Journal of Space Weather and Space Climate*, Vol.11, 21 (2020)
<https://doi.org/10.1051/swsc/20200045>
- T. Shibata *et al.*, Prospects of a Hybrid Magnetic/Electrostatic Sample Container Retriever. *Journal of Spacecraft and Rockets*, Vol.57(3), pp.434-445 (2020)
<https://doi.org/10.2514/1.A34509>
- Y. Satou *et al.*, Specific Error Mode Correction for Deformable Reflector by Structure-Actuator Simultaneous Optimization. *Journal of Spacecraft and Rockets*, Vol.57(4), pp.728-739 (2020)
<https://doi.org/10.2514/1.A34480>
- S. Kikuchi *et al.*, Design and Reconstruction of the Hayabusa2 Precision Landing on Ryugu. *Journal of Spacecraft and Rockets*, Vol.57(5), pp.1033-1060 (2020)
<https://doi.org/10.2514/1.A34683>
- N. Ozaki *et al.*, Extended Robust Planetary Orbit Insertion Method Under Probabilistic Uncertainties. *Journal of Spacecraft and Rockets*, Vol.57(6), pp.1153-1164 (2020)
<https://doi.org/10.2514/1.A34755>
- J. Messineo *et al.*, Reconstructed Ballistic Data Versus Wax Regression-Rate Intrusive Measurement in a Hybrid Rocket. *Journal of Spacecraft and Rockets*, Vol.57(6), pp.1295-1308 (2020)
<https://doi.org/10.2514/1.A34695>
- N. Okuizumi *et al.*, Efficient Storage and Deployment of Tubular Composite Boom Using Spring Root Hinges. *Journal of Spacecraft and Rockets*, Vol.58(2), pp.334-344 (2021)
<https://doi.org/10.2514/1.a34661>
- K. Miyata *et al.*, Conceptual Study on Robust Rebound Suppression Mechanism for Small-Body Landing. *Journal of Spacecraft and Rockets*, Vol.58(2), pp.456-471 (2021)
<https://doi.org/10.2514/1.a34817>
- C. Onur *et al.*, Multiple-Target Low-Thrust Interplanetary Trajectory of DESTINY+. *Journal of Spacecraft and Rockets*, Vol.58(3), pp.830-847 (2021)
<https://doi.org/10.2514/1.A34804>
- K. Kuribayashi *et al.*, Containerless Processing of Metastable Multiferroic Composite in Ln-(Mn, Fe)-O System (Ln: Lanthanide). *Journal of the American Ceramic Society*, Vol.103(9), pp.4822-4831 (2020)
<https://doi.org/10.1111/jace.17194>
- C. Koyama *et al.*, Densities of Liquid Lanthanoid Sesquioxides Measured with the Electrostatic Levitation Furnace in the ISS. *Journal of the American Ceramic Society*, Vol.104(7), pp.2913-2918 (2021)
<https://doi.org/10.1111/jace.17674>
- Y. Tobata *et al.*, Cumulative Damage Mechanism of Short Fiber type C/SiC under Compression. *Journal of the European Ceramic Society*, Vol.41(1), pp.185-193 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2020.08.027>

- U. Dubuet *et al.*, Simulations of CO₂-CO Infrared Radiation Measurements in Shock and Expansion Tubes. *Journal of Thermophysics and Heat Transfer*, Vol.34(4), pp.725-732 (2020)
<https://doi.org/10.2514/1.T5853>
- BP. Abbott *et al.*, Prospects for Observing and Localizing Gravitational-Wave Transients with Advanced LIGO, Advanced Virgo and KAGRA. *Living Reviews in Relativity*, Vol.23(1), pp.3-2020 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s41114-020-00026-9>
- X. Liu *et al.*, Compressive Properties of Al-Si Alloy Lattice Structures with Three Different Unit Cells Fabricated via Laser Powder Bed Fusion. *Materials*, Vol.13(13), 2902 (2020)
<https://doi.org/10.3390/ma13132902>
- E. Acar *et al.*, Post-Aging Cooling Rate Effects in Ni_{45.3}Ti_{34.7}Hf₁₅Pd₅ Shape Memory Alloys. *Materials Research Bulletin*, Vol.133, 111016 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2020.111016>
- M. Shiwa *et al.*, Evaluation of Deterioration Damage for Liquid Oxygen/Hydrogen Combustion Chamber of Copper Alloy by Replica Method for Oxide Film. *Materials Transactions*, Vol.61(9), pp.1889-1893 (2020)
<https://doi.org/10.2320/matertrans.MT-M2019386>
- N. Shirai *et al.*, The Effects of Possible Contamination by Sample Holders on Samples to be Returned by Hayabusa2. *Meteoritics & Planetary Science*, Vol.55(7), pp.1665-1680 (2020)
<https://doi.org/10.1111/maps.13480>
- R. Nakada *et al.*, EXAFS Determination of Clay Minerals in Martian Meteorite Allan Hills 84001 and Its Implication for the Noachian Aqueous Environment. *Minerals*, Vol.11(2), 176 (2021)
<https://doi.org/10.3390/min11020176>
- A. Doi *et al.*, The Radio-Loud Narrow-Line Seyfert 1 Galaxy 1H 0323+342 in a Galaxy Merger. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol.496(2), pp.1757-1765 (2020)
<https://doi.org/10.1093/mnras/staa1525>
- SN. Yurchenko *et al.*, ExoMol Line Lists - XL. Rovibrational Molecular Line List for the Hydronium Ion (H₃O⁺). *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol.497(2), pp.2340-2351 (2020)
<https://doi.org/10.1093/mnras/staa2034>
- TC. Huang *et al.*, CFHT MegaPrime/MegaCam U-Band Source Catalogue of the AKARI North Ecliptic Pole-Wide Field. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol.498(1), pp.609-620 (2020)
<https://doi.org/10.1093/mnras/staa2459>
- H. Hotta *et al.*, Formation of Superstrong Horizontal Magnetic Field in Delta-Type Sunspot in Radiation Magnetohydrodynamic Simulations. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol.498(2), pp.2925-2935 (2020)
<https://doi.org/10.1093/mnras/staa2529>
- S. Yamanaka *et al.*, Testing an Indirect Method for Identifying Galaxies with High Levels of Lyman Continuum Leakage. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol.498(3), pp.3095-3114 (2020)
<https://doi.org/10.1093/mnras/staa2507>
- H. Shim *et al.*, NEPSC2, the North Ecliptic Pole SCUBA-2 survey: 850- μ m map and catalogue of 850- μ m-selected sources over 2 deg². *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol.498(4), pp.5065-5079 (2020)
<https://doi.org/10.1093/mnras/staa2621>
- Y. Han *et al.*, The Extreme Colliding-Wind System Apep: Resolved Imagery of the Central Binary and Dust Plume in the Infrared. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol.498(4), pp.5604-5619 (2020)
<https://doi.org/10.1093/mnras/staa2349>
- TW. Wang *et al.*, Extinction-Free Census of AGNs in the AKARI/IRC North Ecliptic Pole Field from 23-Band Infrared Photometry from Space Telescopes. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol.499(3), pp.4068-4081 (2020)
<https://doi.org/10.1093/mnras/staa2988>
- KA. Otto *et al.*, Surface Roughness Asteroid (162173) Ryugu and Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko Inferred from in Situ Observations. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol.500(3), pp.3178-3193 (2021)
<https://doi.org/10.1093/mnras/staa3314>
- K. Seong Jin *et al.*, Identification of AKARI Infrared Sources by the Deep HSC Optical Survey: Construction of a New Band-Merged Catalogue in the North Ecliptic Pole Wide Field. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol.500(3), pp.4078-4094 (2021)
<https://doi.org/10.1093/mnras/staa3359>
- N. Oi *et al.*, Subaru/HSC Deep Optical Imaging of Infrared Sources in the AKARI North Ecliptic Pole-Wide Field. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol.500(4), pp.5024-5042 (2021)
<https://doi.org/10.1093/mnras/staa3080>
- BH. Chen *et al.*, An Active Galactic Nucleus Recognition Model Based on Deep Neural Network. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol.501(3), pp.3951-3961 (2021)
<https://doi.org/10.1093/mnras/staa3865>
- H. Simon C. -C. *et al.*, Photometric Redshifts in the North Ecliptic Pole Wide Field based on a Deep Optical Survey with Hyper Suprime-Cam. *Monthly Notices of the Royal*

- Astronomical Society*, Vol.502(1), pp.140-156 (2021)
<https://doi.org/10.1093/mnras/staa3549>
- E. Tatsumi *et al.*, Collisional History of Ryugu's Parent Body from Bright Surface Boulders. *Nature Astronomy*, Vol.5, pp.39-45 (2021)
<https://doi.org/10.1038/s41550-020-1179-z>
- B. Cheng *et al.*, Reconstructing the Formation History of Top-Shaped Asteroids from the Surface Boulder Distribution. *Nature Astronomy*, Vol.5, pp.134-138 (2021)
<https://doi.org/10.1038/s41550-020-01226-7>
- K. Kitazato *et al.*, Thermally Altered Subsurface Material of Asteroid (162173) Ryugu. *Nature Astronomy*, Vol.5, pp.246-250 (2021)
<https://doi.org/10.1038/s41550-020-01271-2>
- The Tibet Asy Collaboration *et al.*, Potential PeVatron Supernova Remnant G106.3+2.7 Seen in the Highest-Energy Gamma Rays. *Nature Astronomy*, Vol.5, pp.460-464 (2021)
<https://doi.org/10.1038/s41550-020-01294-9>
- M. Koike *et al.*, In-Situ Preservation of Nitrogen-Bearing Organics in Noachian Martian Carbonates. *Nature Communications*, Vol.11(1), 1988 (2020)
<https://doi.org/10.1038/s41467-020-15931-4>
- A. Sanchez-Lavega *et al.*, Multilayer Hazes over Saturn's Hexagon from Cassini ISS Limb Images. *Nature Communications*, Vol.11(1), 2281 (2020)
<https://doi.org/10.1038/s41467-020-16110-1>
- P. Michel *et al.*, Collisional Formation of Top-Shaped Asteroids and Implications for the Origins of Ryugu and Bennu. *Nature Communications*, Vol.11(1), 2655 (2020)
<https://doi.org/10.1038/s41467-020-16433-z>
- YJ. Lee *et al.*, Brightness Modulations of Our Nearest Terrestrial Planet Venus Reveal Atmospheric Super-Rotation rather than Surface Features. *Nature Communications*, Vol.11(1), 5720 (2020)
<https://doi.org/10.1038/s41467-020-19385-6>
- Y. Oba *et al.*, Extraterrestrial Hexamethylenetetramine in Meteorites—a Precursor of Prebiotic Chemistry in the Inner Solar System. *Nature Communications*, Vol.11(1), 6243 (2020)
<https://doi.org/10.1038/s41467-020-20038-x>
- C. Koyama *et al.*, Very Sharp Diffraction Peak in Nonglass-Forming Liquid with the Formation of Distorted Tetraclusters. *NPG Asia Materials*, Vol.12(1), 43 (2020)
<https://doi.org/10.1038/s41427-020-0220-0>
- N. Brosius *et al.*, Benchmarking Surface Tension Measurement Method Using Two Oscillation Modes in Levitated Liquid Metals. *npj Microgravity*, Vol.7, 10 (2021)
<https://doi.org/10.1038/s41526-021-00137-9>
- H. Uchida *et al.*, Optical Blocking Performance of CCDs Developed for the X-ray Astronomy Satellite XRISM. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, Vol.978, 164374 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.nima.2020.164374>
- K. Furukawa *et al.*, Imaging and Spectral Performance of a 60 μm Pitch CdTe Double-Sided Strip Detector. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, Vol.978, 164378 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.nima.2020.164378>
- T. Kawamura *et al.*, Development of a Low-Noise Front-End ASIC for CdTe Detectors. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, Vol.982, 164575 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.nima.2020.164575>
- H. Kiji *et al.*, 64-Channel Photon-Counting Computed Tomography Using a new MPPC-CT System. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, Vol.984, 164610 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.nima.2020.164610>
- Y. Kanemaru *et al.*, Experimental Studies on the Charge Transfer Inefficiency of CCD Developed for the Soft X-Ray Imaging Telescope Xtend aboard the XRISM Satellite. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, Vol.984, 164646 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.nima.2020.164646>
- T. Yoneyama *et al.*, Screening and Selection of XRISM/Xtend Flight Model CCD. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, Vol.985, 164676 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.nima.2020.164676>
- N. Saffold *et al.*, Passivation of Si(Li) Detectors Operated above Cryogenic Temperatures for Space-Based Applications. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, Vol.997, 165015 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.nima.2020.165015>
- L. Moore *et al.*, Atmospheric Implications of the Lack of H_3^+ Detection at Neptune. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical Physical and Engineering Sciences*, Vol.378(2187), 20200100 (2020)
<https://doi.org/10.1098/rsta.2020.0100>
- P. Brogi *et al.*, CALET on the International Space Station: the First Three Years of Observations. *Physica Scripta*,

- Vol.95(7), 074012 (2020)
<https://doi.org/10.1088/1402-4896/ab957d>
- T. Kawasaki *et al.*, Optical Trapping of the Transversal Motion for an Optically Levitated Mirror. *Physical Review A*, Vol.102(5), 053520 (2020)
<https://doi.org/10.1103/PhysRevA.102.053520>
- Y. Michimura *et al.*, Prospects for Improving the Sensitivity of the Cryogenic Gravitational Wave Detector KAGRA. *Physical Review D*, Vol.102(2), 22008 (2020)
<https://doi.org/10.1103/PhysRevD.102.022008>
- S. Adachi *et al.*, Internal Delensing of Cosmic Microwave Background Polarization B-Modes with the POLARBEAR Experiment. *Physical Review Letters*, Vol.124(13), 131301 (2020)
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.124.131301>
- O. Adriani *et al.*, Direct Measurement of the Cosmic-Ray Carbon and Oxygen Spectra from 10 GeV/n to 2.2 TeV/n with the Calorimetric Electron Telescope on the International Space Station. *Physical Review Letters*, Vol.125(25), 251102 (2020)
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.125.251102>
- Y. Ozawa *et al.*, Effect of the Reynolds Number on the Aeroacoustic Fields of a Transitional Supersonic Jet. *Physics of Fluids*, Vol.32(4), 046108 (2020)
<https://doi.org/10.1063/1.5138195>
- Y. Takahashi *et al.*, Aerodynamic Instability of an Inflatable Aeroshell in Suborbital Re-Entry. *Physics of Fluids*, Vol.32(7), 075114 (2020)
<https://doi.org/10.1063/5.0009607>
- R. Fuse *et al.*, An Experimental Study of the Impact Flash: The Relationship Between Luminous Efficiency and Vacuum Level. *Planetary and Space Science*, Vol.187, 104921 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.pss.2020.104921>
- L. Riu *et al.*, MARAUDERS: A Mission Concept to Probe Volatile Distribution and Properties at the Lunar Poles with Miniature Impactors. *Planetary and Space Science*, Vol.189, 104969 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.pss.2020.104969>
- C. Lantz *et al.*, Planetary Terrestrial Analogues Library project: 1. Characterization of Samples by Near-Infrared Point Spectrometer. *Planetary and Space Science*, Vol.189, 104989 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.pss.2020.104989>
- K. Ohtsuka *et al.*, Full Rotationally Phase-Resolved Visible Reflectance Spectroscopy of 3200 Phaethon. *Planetary and Space Science*, Vol.191, 104940 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.pss.2020.104940>
- R. Ohsawa *et al.*, Relationship Between Radar Cross Section and Optical Magnitude Based on Radar and Optical Simultaneous Observations of Faint Meteors. *Planetary and Space Science*, Vol.194, 105011 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.pss.2020.105011>
- L. Lorda *et al.*, The Process for the Selection of MASCOT Landing Site on Ryugu: Design, Execution and Results. *Planetary and Space Science*, Vol.194, 105086 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.pss.2020.105086>
- C. Lange *et al.*, Micro- and Nanolander on the Surface of Ryugu - Commonalities, Differences and Lessons Learned for Future Microgravity Exploration. *Planetary and Space Science*, Vol.194, 105094 (2020)
<https://doi.org/10.1016/j.pss.2020.105094>
- M. Yanagisawa *et al.*, Low Dispersion Spectra of Lunar Impact Flashes in 2018 Geminids. *Planetary and Space Science*, Vol.195, 105131 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.pss.2020.105131>
- A. Suzuki *et al.*, Experimental Study Concerning the Oblique Impact of Low- and High-Density Projectiles on Sedimentary Rocks. *Planetary and Space Science*, Vol.195, 105141 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.pss.2020.105141>
- R. Garmier *et al.*, Attitude Reconstruction of MASCOT Lander during its Descent and Stay on Asteroid (162173) Ryugu. *Planetary and Space Science*, Vol.195, 105150 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.pss.2020.105150>
- S. Aizawa *et al.*, Cross-Comparison of Global Simulation Models Applied to Mercury's Dayside Magnetosphere. *Planetary and Space Science*, Vol.198, 105176 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.pss.2021.105176>
- H. Tra-Mi *et al.*, The MASCOT Lander aboard Hayabusa2: The In-Situ Exploration of NEA (162173) Ryugu. *Planetary and Space Science*, Vol.200, 105200 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.pss.2021.105200>
- R. Yokoo *et al.*, Experimental Study of Internal Flow Structures in Cylindrical Rotating Detonation Engines. *Proceedings of the Combustion Institute*, Vol.38(3), pp.3759-3768 (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.proci.2020.08.001>
- T. Matsumoto *et al.*, On the Origin of the Optical and Near-Infrared Extragalactic Background Light. *Proceedings of the Japan Academy, Series B*, Vol.96(8), pp.335-350 (2020)
<https://doi.org/10.2183/pjab.96.025>
- T. Akutsu *et al.*, Application of Independent Component Analysis to the iKAGRA Data. *Progress of Theoretical and Experimental Physics*, Vol.2020(5), 053F01 (2020)
<https://doi.org/10.1093/ptep/ptaa056>
- T. Akutsu *et al.*, Overview of KAGRA: KAGRA Science. *Progress of Theoretical and Experimental Physics*,

- Vol.2021(5), 05A103 (2020)
<https://doi.org/10.1093/ptep/ptaa120>
- K. Izumi *et al.*, The Current Status of Contribution Activities in Japan for LISA. *Progress of Theoretical and Experimental Physics*, Vol.2021(5), 05A106 (2020)
<https://doi.org/10.1093/ptep/ptaa124>
- T. Akutsu *et al.*, Overview of KAGRA: Detector Design and Construction History. *Progress of Theoretical and Experimental Physics*, Vol.2021(5), 05A101 (2020)
<https://doi.org/10.1093/ptep/ptaa125>
- T. Akutsu *et al.*, Overview of KAGRA: Calibration, Detector Characterization, Physical Environmental Monitors, and the Geophysics Interferometer. *Progress of Theoretical and Experimental Physics*, Vol.2021(5), 05A102 (2021)
<https://doi.org/10.1093/ptep/ptab018>
- S. Kawamura *et al.*, Current Status of Space Gravitational Wave Antenna DECIGO and B-DECIGO. *Progress of Theoretical and Experimental Physics*, Vol.2021(5), 05A105 (2020)
<https://doi.org/10.1093/ptep/ptab019>
- S. Nakahira *et al.*, MAXI/SSC All-Sky Maps from 0.7 keV to 4 keV. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.72(2), 17 (2020)
<https://doi.org/10.1093/pasj/psz139>
- S. Ide *et al.*, Discovery of a Transient X-Ray Source Suzaku J1305-4930 in NGC 4945. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.72(3), 40 (2020)
<https://doi.org/10.1093/pasj/psaa023>
- R. Katayama *et al.*, Hydrogen Recombination Near-Infrared Line Mapping of Centaurus A with IRSF/SIRIUS. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.72(5), 88 (2020)
<https://doi.org/10.1093/pasj/psaa081>
- M. Tsuboi *et al.*, Where is the Western Part of the Galactic Center Lobe located Really?. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.72(5), L10 (2021)
<https://doi.org/10.1093/pasj/psaa077>
- M. Takeo *et al.*, Spatial Distribution of the X-Ray-Emitting Plasma of U Geminorum in Quiescence and Outburst. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.73(1), pp.143-153 (2021)
<https://doi.org/10.1093/pasj/psaa111>
- K. Kondo *et al.*, Studies of Emission Regions of the X-Ray Pulsar Hercules X-1 with Pulse-Phase-Resolved Spectra Observed with Suzaku. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.73(2), pp.286-301 (2021)
<https://doi.org/10.1093/pasj/psaa120>
- M. Tsuboi *et al.*, Cloud-Cloud Collision in the Galactic Center Arc. *PASJ: Publications of the Astronomical Society of Japan*, Vol.73(Supplement_1), pp.S91-S116 (2021)
<https://doi.org/10.1093/pasj/psaa095>
- T. Tsuchikawa *et al.*, Pixel-Based Spectral Characterization of Mid-infrared Si Array Detectors for Astronomical Observations in Space. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, Vol.132(1013), 074502 (2020)
<https://doi.org/10.1088/1538-3873/ab8aa8>
- S. Matsuda *et al.*, Minimization of Pt-Electrocatalyst Deactivation in CO₂ Reduction Using a Polymer Electrolyte Cell. *Reaction Chemistry & Engineering*, Vol.5(6), pp.1064-1070 (2020)
<https://doi.org/10.1039/d0re00083c>
- S. Yamada *et al.*, Broadband High-Energy Resolution Hard X-Ray Spectroscopy Using Transition Edge Sensors at SPring-8. *Review of Scientific Instruments*, Vol.92(1), 013103 (2020)
<https://doi.org/10.1063/5.0020642>
- T. Horinouchi *et al.*, How Waves and Turbulence Maintain the Super-Rotation of Venus' Atmosphere. *Science*, Vol.368(6489), pp.405-409 (2020)
<https://doi.org/10.1126/science.aaz4439>
- T. Morota *et al.*, Sample Collection from Asteroid (162173) Ryugu by Hayabusa2: Implications for Surface Evolution. *Science*, Vol.368(6491), pp.654-659 (2020)
<https://doi.org/10.1126/science.aaz6306>
- T. Enoto *et al.*, Enhanced X-Ray Emission Coinciding with Giant Radio Pulses from the Crab Pulsar. *Science*, Vol.372(6538), pp.187-190 (2021)
<https://doi.org/10.1126/science.abd4659>
- S. Yokota *et al.*, KAGUYA Observation of Global Emissions of Indigenous Carbon Ions from the Moon. *Science Advances*, Vol.6(19), eaba1050 (2020)
<https://doi.org/10.1126/sciadv.aba1050>
- R. Ishikawa *et al.*, Mapping Solar Magnetic Fields from the Photosphere to the Base of the Corona. *Science Advances*, Vol.7(8), eabe8406 (2021)
<https://doi.org/10.1126/sciadv.abe8406>
- N. Itouyama *et al.*, Construction and Validation of a Detailed Gas-Phase Chemical Reaction Model for Ammonium-Dinitramide-Based Ionic Liquids. *Science and Technology of Energetic Materials*, Vol.81(2), pp.53-66 (2020)
<https://www.jes.or.jp/mag/stem/vol.81/No.2.04.html>
- H. Nakano *et al.*, Precometary Organic Matter: A Hidden Reservoir of Water inside the Snow Line. *Scientific Reports*, Vol.10(1), 7755 (2020)
<https://doi.org/10.1038/s41598-020-64815-6>
- S. Imajo *et al.*, Active Auroral Arc Powered by Accelerated Electrons from Very High Altitudes. *Scientific Reports*,

- Vol.11(1), 1610 (2021)
<https://doi.org/10.1038/s41598-020-79665-5>
- K. Goto *et al.*, Investigation into the Effective Injector Area of a Rotating Detonation Engine with Impact of Backflow. *Shock Waves*, (2021)
<https://doi.org/10.1007/s00193-021-00998-9>
- RT. Ishikawa *et al.*, Temporal and Spatial Scales in Coronal Rain Revealed by UV Imaging and Spectroscopic Observations. *Solar Physics*, Vol.295(4), 53 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s11207-020-01617-z>
- T. Usui *et al.*, The Importance of Phobos Sample Return for Understanding the Mars-Moon System. *Space Science Reviews*, Vol.216(4), 49 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s11214-020-00668-9>
- Y. Kasaba *et al.*, Plasma Wave Investigation (PWI) Aboard BepiColombo Mio on the Trip to the First Measurement of Electric Fields, Electromagnetic Waves, and Radio Waves Around Mercury. *Space Science Reviews*, Vol.216(4), 65 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s11214-020-00692-9>
- A. Milillo *et al.*, Investigating Mercury's Environment with the Two-Spacecraft BepiColombo Mission. *Space Science Reviews*, Vol.216(5), 93 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s11214-020-00712-8>
- J. Huovelin *et al.*, Solar Intensity X-Ray and Particle Spectrometer SIXS: Instrument Design and First Results. *Space Science Reviews*, Vol.216(5), 94 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s11214-020-00717-3>
- S. Soldini *et al.*, Hayabusa2's Superior Solar Conjunction Phase: Trajectory Design, Guidance and Navigation. *Space Science Reviews*, Vol.216(6), 108 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s11214-020-00731-5>
- S. Yagitani *et al.*, Measurements of Magnetic Field Fluctuations for Plasma Wave Investigation by the Search Coil Magnetometers (SCM) Onboard BepiColombo Mio (Mercury Magnetospheric Orbiter). *Space Science Reviews*, Vol.216(7), 111 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s11214-020-00734-2>
- G. Murakami *et al.*, Mio-First Comprehensive Exploration of Mercury's Space Environment: Mission Overview. *Space Science Reviews*, Vol.216(7), 113 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s11214-020-00733-3>
- S. Kikuchi *et al.*, Hayabusa2 Landing Site Selection: Surface Topography of Ryugu and Touchdown Safety. *Space Science Reviews*, Vol.216(7), 116 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s11214-020-00737-z>
- W. Baumjohann *et al.*, The BepiColombo-Mio Magnetometer en Route to Mercury. *Space Science Reviews*, Vol.216(8), 125 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s11214-020-00754-y>
- EJ. Bunce *et al.*, The BepiColombo Mercury Imaging X-Ray Spectrometer: Science Goals, Instrument Performance and Operations. *Space Science Reviews*, Vol.216(8), 126 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s11214-020-00750-2>
- M. Kobayashi *et al.*, Mercury Dust Monitor (MDM) Onboard the Mio Orbiter of the BepiColombo Mission. *Space Science Reviews*, Vol.216(8), 144 (2020)
<https://doi.org/10.1007/s11214-020-00775-7>
- V. Mangano *et al.*, BepiColombo Science Investigations During Cruise and Flybys at the Earth, Venus and Mercury. *Space Science Reviews*, Vol.217(1), 23 (2021)
<https://doi.org/10.1007/s11214-021-00797-9>
- E. Montagnon *et al.*, BepiColombo Ground Segment and Mission Operations. *Space Science Reviews*, Vol.217(2), 32 (2021)
<https://doi.org/10.1007/s11214-021-00805-y>
- K. Yoshioka *et al.*, Long-Term Monitoring of Energetic Protons at the Bottom of Earth's Radiation Belt. *Space Weather*, Vol.19(1), e2020SW002611 (2021)
<https://doi.org/10.1029/2020SW002611>
- T. Sato *et al.*, A Subsolar Metallicity Progenitor for Cassiopeia A, the Remnant of a Type IIb Supernova. *The Astrophysical Journal*, Vol.893(1), 49 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab822a>
- M. Aguilar Faundez *et al.*, Measurement of the Cosmic Microwave Background Polarization Lensing Power Spectrum from Two Years of POLARBEAR Data. *The Astrophysical Journal*, Vol.893(1), 85 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab7e29>
- H. Suzuki *et al.*, Uniform Distribution of the Extremely Overionized Plasma Associated with the Supernova Remnant G359.1-0.5. *The Astrophysical Journal*, Vol.893(2), 147 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab80ba>
- Y. Kimura *et al.*, Properties of AGN Multiband Optical Variability in the HSC SSP Transient Survey. *The Astrophysical Journal*, Vol.894(1), 24 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab83f3>
- MJ. Hankins *et al.*, SOFIA/FORCAST Galactic Center Legacy Survey: Overview. *The Astrophysical Journal*, Vol.894(1), 55 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab7c5d>
- DH. Brooks *et al.*, The Drivers of Active Region Outflows into the Slow Solar Wind. *The Astrophysical Journal*, Vol.894(2), 144 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab8a4c>
- KS. Lee *et al.*, A Solar Magnetic-fan Flaring Arch Heated by Nonthermal Particles and Hot Plasma from an X-Ray Jet Eruption. *The Astrophysical Journal*, Vol.895(1), 42

- (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab8bce>
- Y. Kawabata *et al.*, Extrapolation of Three-dimensional Magnetic Field Structure in Flare-productive Active Regions with Different Initial Conditions. *The Astrophysical Journal*, Vol.895(2), 105 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab8ea9>
- HP. Warren *et al.*, Observation and Modeling of High-temperature Solar Active Region Emission during the High-resolution Coronal Imager Flight of 2018 May 29. *The Astrophysical Journal*, Vol.896(1), 51 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab917c>
- S. Adachi *et al.*, A Measurement of the Degree-scale CMB B-mode Angular Power Spectrum with POLARBEAR. *The Astrophysical Journal*, Vol.897(1), 55 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab8f24>
- K. Fukushima *et al.*, Element Stratification in the Middle-aged SN Ia Remnant G344.7-0.1. *The Astrophysical Journal*, Vol.897(1), 62 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab94a6>
- R. Hyodo *et al.*, Escape and Accretion by Cratering Impacts: Formulation of Scaling Relations for High-speed Ejecta. *The Astrophysical Journal*, Vol.898(1), 30 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab9897>
- Y. Kawabata *et al.*, Chromospheric Magnetic Field: A Comparison of He I 10830 Å Observations with Nonlinear Force-free Field Extrapolation. *The Astrophysical Journal*, Vol.898(1), 32 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab9816>
- RM. Lau *et al.*, Revisiting the Impact of Dust Production from Carbon-rich Wolf-Rayet Binaries. *The Astrophysical Journal*, Vol.898(1), 74 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab9cb5>
- N. Isobe *et al.*, Herschel SPIRE Discovery of Far-infrared Excess Synchrotron Emission from the West Hot Spot of the Radio Galaxy Pictor A. *The Astrophysical Journal*, Vol.899(1), 17 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab9d1c>
- Y. Toba *et al.*, Search for Optically Dark Infrared Galaxies without Counterparts of Subaru Hyper Suprime-Cam in the AKARI North Ecliptic Pole Wide Survey Field. *The Astrophysical Journal*, Vol.899(1), 35 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab9cb7>
- T. Kokusho *et al.*, Near-infrared [Fe II] and H₂ Line Mapping of the Supernova Remnant IC 443 with the IRSF/SIRIUS. *The Astrophysical Journal*, Vol.899(1), 49 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab9cb3>
- T. Hasegawa *et al.*, On the Formation of Lyman β and the Oi 1027 and 1028 Å Spectral Lines. *The Astrophysical Journal*, Vol.900(1), 34 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/aba95c>
- H. Suzuki *et al.*, Plasma Diagnostics of the Supernova Remnant N132D using Deep XMM-Newton Observations with the Reflection Grating Spectrometer. *The Astrophysical Journal*, Vol.900(1), 39 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/aba52a>
- X. Chen *et al.*, Tracing the Coevolution Path of Supermassive Black Holes and Spheroids with AKARI-selected Ultraluminous IR Galaxies at Intermediate Redshifts. *The Astrophysical Journal*, Vol.900(1), 51 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/aba599>
- RM. Lau *et al.*, Resolving Decades of Periodic Spirals from the Wolf-Rayet Dust Factory WR 112. *The Astrophysical Journal*, Vol.900(2), 190 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/abaab8>
- R. Itoh *et al.*, Blazar Radio and Optical Survey (BROS): A Catalog of Blazar Candidates Showing Flat Radio Spectrum and Their Optical Identification in Pan-STARRS1 Surveys. *The Astrophysical Journal*, Vol.901(1), 3 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/abab07>
- S. Takasao *et al.*, Investigation of Coronal Properties of X-Ray Bright G-dwarf Stars Based on the Solar Surface Magnetic Field-Corona Relationship. *The Astrophysical Journal*, Vol.901(1), 70 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/abad34>
- S. Toriumi *et al.*, Sun-as-a-star Spectral Irradiance Observations of Transiting Active Regions. *The Astrophysical Journal*, Vol.902(1), 36 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/abadf9>
- CW. Jiang *et al.*, Testing a Data-driven Active Region Evolution Model with Boundary Data at Different Heights from a Solar Magnetic Flux Emergence Simulation. *The Astrophysical Journal*, Vol.903(1), 11 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/abb5ac>
- S. Adachi *et al.*, A Measurement of the CMB E-mode Angular Power Spectrum at Subdegree Scales from 670 Square Degrees of POLARBEAR Data. *The Astrophysical Journal*, Vol.904(1), 65 (2020)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/abbacd>
- S. Nitta *et al.*, Fundamental Properties of Sheared/Guide Field MHD Magnetic Reconnection. *The Astrophysical Journal*, Vol.907(1), 21 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/abcb8c>
- R. Fukai *et al.*, Assessment of Cr Isotopic Heterogeneities of Volatile-rich Asteroids Based on Multiple Planet Formation Models. *The Astrophysical Journal*, Vol.908(1), 64 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/abd2b9>
- RM. Lau *et al.*, Revealing Efficient Dust Formation at Low

- Metallicity in Extragalactic Carbon-rich Wolf-Rayet Binaries. *The Astrophysical Journal*, Vol.909(2), 113 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/abd8cd>
- R. Sasaki *et al.*, The RS CVn-type Star GT Mus Shows Most Energetic X-Ray Flares Throughout the 2010s. *The Astrophysical Journal*, Vol.910(1), 25 (2021)
<https://doi.org/10.3847/1538-4357/abde38>
- Y. Iwata *et al.*, Time Variations in the Flux Density of Sgr A* at 230 GHz Detected with ALMA. *The Astrophysical Journal Letters*, Vol.892(2), L30 (2020)
<https://doi.org/10.3847/2041-8213/ab800d>
- AY. Duan *et al.*, On the Lorentz Force and Torque of Solar Photospheric Emerging Magnetic Fields. *The Astrophysical Journal Letters*, Vol.896(1), L9 (2020)
<https://doi.org/10.3847/2041-8213/ab961e>
- L. O'Rourke *et al.*, Low Water Outgassing from (24) Themis and (65) Cybele: 3.1 μm Near-IR Spectral Implications. *The Astrophysical Journal Letters*, Vol.898(2), L45 (2020)
<https://doi.org/10.3847/2041-8213/aba62b>
- M. Tominaga *et al.*, Discovery of the Black Hole X-Ray Binary Transient MAXI J1348-630. *The Astrophysical Journal Letters*, Vol.899(1), L20 (2020)
<https://doi.org/10.3847/2041-8213/abaaaa>
- T. Kadono *et al.*, Impact Experiment on Asteroid (162173) Ryugu: Structure beneath the Impact Point Revealed by In Situ Observations of the Ejecta Curtain. *The Astrophysical Journal Letters*, Vol.899(1), L22 (2020)
<https://doi.org/10.3847/2041-8213/aba949>
- T. Currie *et al.*, SCEXAO/CHARIS Direct Imaging Discovery of a 20 au Separation, Low-mass Ratio Brown Dwarf Companion to an Accelerating Sun-Like Star*. *The Astrophysical Journal Letters*, Vol.904(2), L25 (2020)
<https://doi.org/10.3847/2041-8213/abc631>
- YX. Hao *et al.*, The Formation of Saturn's and Jupiter's Electron Radiation Belts by Magnetospheric Electric Fields. *The Astrophysical Journal Letters*, Vol.905(1), L10 (2020)
<https://doi.org/10.3847/2041-8213/abca3f>
- T. Tanaka *et al.*, Rapid Deceleration of Blast Waves Witnessed in Tycho's Supernova Remnant. *The Astrophysical Journal Letters*, Vol.906(1), L30 (2021)
<https://doi.org/10.3847/2041-8213/abd6cf>
- HZ. Wang *et al.*, Earth Wind as a Possible Exogenous Source of Lunar Surface Hydration. *The Astrophysical Journal Letters*, Vol.907(2), L32 (2021)
<https://doi.org/10.3847/2041-8213/abd559>
- Y. Tsuda *et al.*, Initial Achievements of Hayabusa2 in Asteroid Proximity Phase. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences*, Vol.63(4), pp.115-123 (2020)
<https://doi.org/10.2322/tjsass.63.115>
- S. Kawai *et al.*, Uncertainty Quantification and Global Sensitivity Analysis of Low-Reynolds-Number Airfoil for Future Mars Airplane. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences*, Vol.63(4), pp.172-182 (2020)
<https://doi.org/10.2322/tjsass.63.172>
- M. Fujiwara *et al.*, Development of On-board Image Processing Algorithm to Detect Lunar Impact Flashes for DELPHINUS. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences*, Vol.63(6), pp.265-271 (2020)
<https://doi.org/10.2322/tjsass.63.265>
- R. Tsukizaki *et al.*, Application of Two-photon Laser-induced Fluorescence Spectroscopy to Microwave Cathode. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences*, Vol.63(6), pp.281-283 (2020)
<https://doi.org/10.2322/tjsass.63.281>
- T. Toda, Resources for Future Updates of JAXA New Deep Space Station. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.18(3), pp.38-43 (2020)
<https://doi.org/10.2322/tastj.18.38>
- S. Fukuda *et al.*, Thermal Cycle Tests of CLCC Solder Joints: Influence of Substrate, Solder, and Pad Patterns. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.18(3), pp.51-56 (2020)
<https://doi.org/10.2322/tastj.18.51>
- Y. Yamashita *et al.*, Characteristics of Plasma and Gas in Microwave Discharge Ion Thruster $\mu 10$ Using Kinetic Particle Simulation. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.18(3), pp.57-63 (2020)
<https://doi.org/10.2322/tastj.18.57>
- S. Fukuda *et al.*, Innovative Avionics Miniaturization by Chip-Level Integration Using Vertical Assembly Technique. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.18(3), pp.71-76 (2020)
<https://doi.org/10.2322/tastj.18.71>
- K. Kariya *et al.*, Initial Study of Neuromorphic Application for Vision-Based Navigation. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.18(3), pp.108-115 (2020)
<https://doi.org/10.2322/tastj.18.108>
- T. Kawano *et al.*, Study of Leg Arrangement for Stable

- Touchdown during Two-Step Landing for SLIM. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.18(5), pp.222-230 (2020)
<https://doi.org/10.2322/tastj.18.222>
- M. Nozaki *et al.*, Proposal of Space-use SMA Actuator System Model and Primary Experiments. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.18(5), pp.243-249 (2020)
<https://doi.org/10.2322/tastj.18.243>
- K. Ishimura *et al.*, Approximated Completion Conditions of Kinematic Couplings for Precise Deployable Structures. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.18(6), pp.369-374 (2020)
<https://doi.org/10.2322/tastj.18.369>
- T. Saiki *et al.*, Overview of Hayabusa2 Asteroid Proximity Operation Planning and Preliminary Results. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.19(1), pp.52-60 (2021)
<https://doi.org/10.2322/tastj.19.52>
- T. Suzuki *et al.*, Study of Ablative Thermal Protection System with Density Gradient. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.19(1), pp.116-122 (2021)
<https://doi.org/10.2322/tastj.19.116>
- Y. Saito *et al.*, Recent Developments on the Super-Pressure Balloon with a Diamond Shaped Net — Ground Inflation Tests of Two 2,000 m³ Balloons —. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.19(2), pp.170-175 (2021)
<https://doi.org/10.2322/tastj.19.170>
- S. Tokudome *et al.*, An Experimental Study of an N₂O / Ethanol Propulsion System with 2 kN Thrust Class BBM. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.19(2), pp.186-192 (2021)
<https://doi.org/10.2322/tastj.19.186>
- H. Nagaoka *et al.*, Development and Improvement Status of Active X-Ray Generators for Future Lunar and Planetary Landing Observations. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, Vol.19(2), pp.193-198 (2021)
<https://doi.org/10.2322/tastj.19.193>
- 金澤真吾 *ほか*. 直交3次元非晶質SiC繊維/SiC/YSi₂-Si複合材料の開発. *材料*, Vol.70(2), pp.86-92 (2021)
<https://doi.org/10.2472/jsms.70.86>
- 後藤 健 *ほか*. 自動車ブレーキ用ハイブリッドセラミックスの開発. *まてりあ*, Vol.60(2), pp.116-118 (2021)
<https://doi.org/10.2320/materia.60.116>
- 安達美咲 *ほか*. イオンエンジンの推進材としての昇華性物質の検討. *宇宙太陽発電*, Vol.5, pp.65-67 (2020)
https://doi.org/10.24662/sspss.5.0_65
- 稲谷芳文. 再使用輸送系と最近の動向. *宇宙太陽発電*, Vol.5, pp.74-79 (2020)
https://doi.org/10.24662/sspss.5.0_74
- 野中 聡. 再使用ロケット実験機の現状. *宇宙太陽発電*, Vol.5, pp.86-92 (2020)
https://doi.org/10.24662/sspss.5.0_86
- 張 科寅 *ほか*. 電気推進機による軌道間輸送の質量とコストに関する検討. *宇宙太陽発電*, Vol.5, pp.101-106 (2020)
https://doi.org/10.24662/sspss.5.0_101
- 関谷直樹 *ほか*. カーボンナノチューブアクチュエータのSPSへの応用. *宇宙太陽発電*, Vol.6, pp.47-50 (2021)
https://doi.org/10.24662/sspss.6.0_47
- 加藤陸史 *ほか*. ソーラーセイルにおける薄膜デバイスの反りに伴う展張状態の膜面全体形状変化が太陽光圧トルクに与える影響. *航空宇宙技術*, Vol.19, pp.101-110 (2020)
<https://doi.org/10.2322/astj.JSASS-D-19-00044>
- YB. Dwianto *et al.*, Adaptively Enhancing Infeasible Region Exploration on Multiple Constraint Ranking. *進化計算学会論文誌*, Vol.11(2), pp.18-28 (2020)
<https://doi.org/10.11394/tjpnsec.11.18>
- 森下貴都 *ほか*. マイクロ波放電式プラズマ源による高真空下除電. *静電気学会誌*, Vol.44(3), pp.128-134 (2020)
<https://doi.org/10.34342/iesj.2020.44.3.128>
- 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1報) - 基本的な加工特性 -. *精密工学会誌*, Vol.86(8), pp.626-632 (2020)
<https://doi.org/10.2493/jjspe.86.626>
- 吉光徹雄 *ほか*. 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*, Vol.38(8), pp.754-761 (2020)
<https://doi.org/10.7210/jrsj.38.754>
- 早坂 耀 *ほか*. DyMnO₃ の過冷却融液からの急速凝固における核形成律速相選択. *日本金属学会誌*, Vol.85(4), pp.155-161 (2021)
<https://doi.org/10.2320/jinstmet.J2020061>
- 万戸雄輝 *ほか*. 超高速衝突によるイジェクタの時間分解発光スペクトルの解析. *日本航空宇宙学会論文集*, Vol.68(4), pp.133-141 (2020)
<https://doi.org/10.2322/jjsass.68.133>
- 森吉貴大 *ほか*. 火星探査用パラグライダーの横安定性に関する研究. *日本航空宇宙学会論文集*, Vol.68(5), pp.181-188 (2020)

- <https://doi.org/10.2322/jjsass.68.181>
 柏岡秀哉ほか. 異方性反射を考慮した太陽光圧による探査機の姿勢運動モデル. *日本航空宇宙学会論文集*, Vol.69(1), pp.9-15 (2021)
- <https://doi.org/10.2322/jjsass.69.9>
 岡田達明ほか. 火の鳥「はやぶさ」未来編 その21~熱撮像で明らかにされた始原的小惑星の超高空隙な特徴~. *日本惑星科学会誌 遊星人*, Vol.29(2), pp.80-87 (2020)
- https://doi.org/10.14909/yuseijin.29.2_80
 清水久芳ほか. 月縦孔地下空洞の磁力探査. *日本惑星科学会誌 遊星人*, Vol.29(4), pp.200-207 (2020)
- https://doi.org/10.14909/yuseijin.29.4_200
 國中 均. マイクロ波放電式プラズマ源の研究開発と応用. *表面と真空*, Vol.63(4), pp.183-188 (2020)
- <https://doi.org/10.1380/vss.63.183>
 橘 省吾. 「はやぶさ2」のリユウグウ探査と太陽系科学. *表面と真空*, Vol.63(4), pp.189-194 (2020)
- <https://doi.org/10.1380/vss.63.189>
 安部正真. 月と小惑星の宇宙風化. *表面と真空*, Vol.63(4), pp.195-200 (2020)
- <https://doi.org/10.1380/vss.63.195>

4. 外部の国内, 国際会議等に発表のもの

基調

- 小林大輔. “宇宙線破壊損圧が示すワイドバンドギャップ半導体パワーデバイスの余力”. 先進パワー半導体分科会 第7回講演会, 応用物理学会 先進パワー半導体分科会 : (2020)
- 深井稜汰. “太古代岩石の¹⁴²Nd異常に対する質量依存Nd同位体分別による影響”. 日本地球化学会年会, 日本地球化学会, PR0003 : (2020)
- (AGU), SM048-10 : (2020)
- M. Nishio. “Solar Wind Interaction: Observations”. TSU Mini-Moon Seminar Series (II) : (2020)
- Y. Tsuda. “Earth Return Accomplished: Status and Achievements of Hayabusa2”. CNES Special Webinar : (2020)
- M. Nishino. “Plasma, Atmosphere, and Dust Environments of the Moon”. The 21st Workshop on Fine Particle Plasmas : (2020)
- M. Yoshikawa *et al.* “The Nature of Small near Earth Asteroids Unraveled by Hayabusa and Hayabusa2”. 43rd COSPAR Scientific Assembly (COSPAR 2021), B0.1-0024-21 : (2021)
- M. Yoshikawa *et al.* “Mission Status of Hayabusa2 - Exploration of Asteroid Ryugu”. 43rd COSPAR Scientific Assembly (COSPAR 2021), B1.1-0001-21 : (2021)
- S. Toriumi. “Flux Emergence and Generation of Flare-productive Active Regions”. 43rd COSPAR Scientific Assembly (COSPAR 2021), E2.1-0005-21 : (2021)
- H. Yano. “How Can Science that only Solar System Exploration Addresses be Integrated into the Global Exploration Vision?”. 43rd COSPAR Scientific Assembly (COSPAR 2021), PEX.2-0003-21 : (2021)
- H. Yamaguchi. “Connecting Supernova Remnants to Their Progenitor Systems and Explosion Mechanism through X-ray Observations”. 43rd COSPAR Scientific Assembly (COSPAR 2021), E1.2-0001-21 : (2021)
- T. Yoshida. “Japanese Balloon Program”. 43rd COSPAR Scientific Assembly (COSPAR 2021), PSB.1-0005-21 : (2021)
- H. Yano. “Robotic Deep Space Exploration in the Asia-Pacific: from Small Bodies to Ocean Worlds”. ISU Adelaide Conference 2021, Breakout Room: Deep Space and Interplanetary Missions : (2021)
- H. Yano. “Sample Return Technologies for Micrometeor-

招待

- Hajime Yano. “Hayabusa and Hayabusa2: How Asteroid Sample Returns Have Changed the Society”. ISU Alumni Conference 2020, Session 39: Participant Talks – Australia/Asia : (2020)
- Hajime Yano. “Advanced Composites for Sample Return Missions in Solar System Exploration”. The 3rd International Conference on Advanced Composite Materials : (2020)
- Y. Tsuda. “Exploring C-type Asteroid: Achievements of Hayabusa2 in the Ryugu Proximity Operation”. The first Global Virtual Workshop (GVW-I) : (2020)
- S. Kikuchi *et al.* “Key Engineering Technologies for Post-Hayabusa2 Small-Body Missions”. ISAS Planetary Exploration Workshop 2020 : (2020)
- T. Chujo *et al.* “Mission Concept for Demonstration of Exploration Technology by a Micro Solar Power Sail”. ISAS Planetary Exploration Workshop 2020 : (2020)
- K. Odagiri. “Research and Development of a Thermal Control System for Future Planetary Space Science Missions”. ISAS Planetary Exploration Workshop 2020 : (2020)
- S. Wei-Jie *et al.* “MESSENGER Observations of Flux Transfer Event Showers and Their Influences on Sodium Ions in Mercury’s Dayside Magnetosphere”. AGU Fall Meeting 2020, American Geophysical Union

- oids in Space: From LEO to Deep Space”. PERC International Symposium on Dust & Parent Bodies 2021(IDP2021) : (2021)
- T. Shimizu. “Hinode Coordinations for Investigating Inner Heliosphere”. ISEE/ISAS Symposium on Inner Heliosphere Studies : (2021)
- I. Funaki. “An Overview of Electric Propulsion Activities in Japan”. Asian Joint Conference on Propulsion and Power(AJCPP2021) : (2021)
- H. Hasegawa *et al.* “Magnetic Island Formation in Reconnecting Electron-Scale Current Sheet: Magnetospheric Multiscale Observations in Earth’s Magnetotail”. 4th Asia-Pacific Conference on Plasma Physics (AAPPs-DPP2020), PL-25 : (2021)
- H. Yano. “The Sensing Technology in Planet Exploration: Cases for Hayabusa and Hayabusa 2”. MAS.S76: Adventures in Sensing : (Spring, 2021)
- T. Shimizu. “The Solar-C (EUVST) Mission Status”. Solar Orbiter Science Working Team Meeting
- 矢野 創. “MEF 20 年の歩みを振り返る”. 小天体探査フォーラム (MEF) 20 周年記念オンラインシンポジウム : (2020)
- T. Shimizu. “The Solar-C (EUVST) Mission and Solar Observations in 2020s”. JpGU-AGU Joint Meeting 2020, 日本地球惑星科学連合, U13-03 : (2020)
- Y. Saito *et al.* “Current Status of Japanese Participation in JUICE (Jupiter Icy Moons Explorer)”. JpGU-AGU Joint Meeting 2020, 日本地球惑星科学連合, PCG24-08 : (2020)
- S. Sakai *et al.* “SLIM (Smart Lander for Investigating Moon) Project for Pin-Point Landing Demonstration”. JpGU-AGU Joint Meeting 2020, 日本地球惑星科学連合, PPS02-06 : (2020)
- 中村 正人 *ほか*. “2020 年代の日本の金星探査”. JpGU-AGU Joint Meeting 2020, 日本地球惑星科学連合, PPS06-01 : (2020)
- T. Morita *et al.* “Surface evolution of carbonaceous asteroid Ryugu revealed from touchdown operation of Hayabusa2”. JpGU-AGU Joint Meeting 2020, 日本地球惑星科学連合, PPS07-02 : (2020)
- M. Arakawa *et al.* “Artificial Impact Crater Formed by Small Carry-on Impactor on the Asteroid 162173 Ryugu in the Gravity-Dominated Regime”. JpGU-AGU Joint Meeting 2020, 日本地球惑星科学連合, PPS07-06 : (2020)
- 海老沢研. “宇宙科学分野におけるオープンサイエンスとデータ・サンプルマネージメント”. JpGU-AGU Joint Meeting 2020, 日本地球惑星科学連合, U12-03 : (2020)
- 海老沢研. “宇宙科学研究所におけるデータ公開・制限公開に関する議論の紹介”. 第 1 回 SPARC Japan セミナー2020 「研究データ公開：フルオープンと制限公開の境界線」 : (2020)
- 津田雄一. “宇宙科学による知のフロンティアの開拓”. 第 64 回宇宙科学技術連合講演会 (特別企画 内閣府宇宙全国キャラバン) : (2020)
- 森 治. “ソーラー電力セイルの小型化・汎用化・ビジネス化”. 第 4 回スマート宇宙機器システムシンポジウム : (2020)
- 津田雄一. “帰ってきた小惑星探査機はやぶさ 2”. UNISEC WORKSHOP 2020 : (2020)
- 鳥海 森. “太陽物理学における数値計算の現状と課題”. 令和 2 年度国立天文台 CfCA ユーザーズミーティング, I01. : (2021)
- 船木一幸. “これまでの歩みと成果”. 宇宙探査オープンイノベーションフォーラム : (2021)
- 鈴木志野. “惑星ハビタビリティの拡大：不溶性リン酸塩鉱物の生命利用”. 第 9 回宇宙における生命ワークショップ : (2021)
- 吉川 真. “小惑星探査ミッションはやぶさ 2 が成し遂げたこと”. 電子情報通信学会総合大会 : (2021)
- 佐伯孝尚. “帰ってきたはやぶさ 2”. 第 13 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM2021) : (2021)
- 川勝康弘. “火星衛星探査計画 MMX”. 東京理科大学 第 2 回宇宙シンポジウム, 来賓講演 : (2021)
- 吉川 真. “プラネタリーディフェンスに関する国際的な取り組み”. 天体の衝突物理の解明 (XVI) /第 12 回スペースガード研究会 : (2021)
- 和泉 究. “招待講義・セミナー (プログラムでは: 宇宙重力波観測の最近)”. 若手による重力・宇宙論研究会 2021 : (2021)
- 海老沢研. “天文・宇宙物理学分野におけるオープンサイエンス”. 理研シンポジウム: 理研ハッカソン オープンシンポジウム —理研が進めるオープンサイエンスの実践— : (2021)
- 西野真木. “彗星プラズマ環境 (特に Rosetta の観測結果)”. 太陽地球惑星圏の研究領域 将来衛星計画ロードマップ策定に向けた勉強会 第 12 回

おもな国際会議

- European Geosciences Union General Assembly 2020 (EGU2020), Online, 2020.05.04-08.
- KJ. Hwang *et al.* “Local Kinetic Processes Determining Macroscopic Properties of Interlinked Magnetic Flux Tubes”. EGU2020-3699
- T. Nakamura *et al.* “Magnetic reconnection induced by the Kelvin-Helmholtz vortex at the Earth’s magnetopause during southward IMF”. EGU2020-4027
- D. Mare *et al.* “Evolution of Turbulence in the Kelvin-Helmholtz Instability Mediated by the Magneto-

pause and its Boundary Layer”. EGU2020-21014

Hinode SWG Meeting 2020, Online, 2020.07.27.

T. Sakao. “Spacecraft Status”.

E. DeLuca *et al.* “XRT Status Report”.

2020 AAS/AIAA Astrodynamics Specialist Conference, Virtual Conference, 2020.08.09-12.

H. E. Soken *et al.* “Attitude-Independent Magnetometer Calibration for Spinning Spacecraft Using Quasi-Measurements”. AAS 20-501

T. Kusumoto *et al.* “Image-Based Trajectory Estimation of an Artificial Landmark Deployed by Hayabusa2”. AAS 20-617

European Astrobiology Network Association (EANA) 2020, Virtual conference, 2020.08.27-28.

S. Yokobori *et al.* “Exposure Experiment of Deinococcal Species in Tanpopo Mission at Exposure Facility of Japanese Experiment Module of International Space Station”.

K. Kobayashi *et al.* “Stability of Amino Acid Precursors in Space: Verification by Ground Simulations and Space Experiments”.

ISAS Planetary Exploration Workshop 2020, Online, 2020.09.09-11.

K. Yamada. “Research and Development for Sample Return Capsule to Support Future Advanced Sample Return Mission”.

Y. Takei *et al.* “The Concept of Deep Space Orbital Transfer Vehicle (DSOTV) Inspired by Hayabusa2 Technology”.

MMS Fall 2020 SWT Meeting, Virtual Conference, 2020.10.06-08.

H. Hasegawa *et al.* “Generation of turbulence in Kelvin-Helmholtz vortices at the Earth’s magnetopause”.

H. Hasegawa *et al.* “Linear Eigenmode Analysis of the Tearing Instability in Electron-Scale Current Sheet with Nongyrotropic Electron Pressure”.

71st International Astronautical Congress(IAC2020), Online Meeting, 2020.10.12-1.

M. Yamakawa *et al.* “Scattering Mechanism of Surface Material by Thrusting near Asteroid”. IAC-20.A2.4.13

T. Hashimoto *et al.* “Development of CubeSat Moon Lander OMOTENASHI”. IAC-20.A3.2A.11

Y. Kawakatsu *et al.* “System Definition of Martian Moons eXploration (MMX)”. IAC-20.A3.4B.1

E. Minakami *et al.* “Direct Measurements of Hypervelocity

Impact Fluxes on the TANPOPO AI Frames in 2015-2018”. IAC-20.A6.1.10

T. Kusumoto *et al.* “Estimation of Angular Momentum Using Artificial Markers for the Capture of Non-Cooperative Space Debris Targets”. IAC-20.A6.5.12

Y. Kimishima *et al.* “Initial Study on Attitude Control of Transformable Spacecraft Around Unstable Equilibrium Point Using Solar Radiation Pressure”. IAC-20.C1.8.8

T. Nakamura *et al.* “Thermal Analysis of Hybrid System Combined with Thin Film and Bulk Structure for Solar Power Satellite”. IAC-20.C2.1.11

S. Akutsu *et al.* “Discharge Phenomena of High-Power Radiation Antennas”. IAC-20.C2.6.4

A. K. Sugihara *et al.* “Towards 100-metre Class Monolithic Space Structures: Methods to Ensure Sail Flatness for Extremely Large Solar Sails”. IAC-20.C2.9.2

H. Takahashi *et al.* “Shape Control of Solar Sail Using Selective Operation of Membrane Mounting SMA Wires”. IAC-20.C2.9.3

N. Sekiya *et al.* “Influence of Carbon Nanotube Actuator by Space Environmental Factors”. IAC-20.C2.9.4

D. Ota *et al.* “Risk Analysis of Uber High Power System of Solar Power Satellite”. IAC-20.C3.1.11

Y. Sugawara *et al.* “Transformable Spacecraft: Feasibility Study and Conceptual Design”. IAC-20.D1.2.8

AGU Fall Meeting 2020, Online Everywhere, 2020.12.01-17, American Geophysical Union (AGU).

G. Nishiyama *et al.* “Simulation of Seismic Wave Propagation on Ryugu Induced by the SCI Impact Experiment of the Hayabusa2 Mission: Limited Seismic Shaking Due to Low Yield Strength of the Surface Regolith”. P037-09

A. Tei *et al.* “IRIS Mg II Observations and Non-LTE Modeling of Off-limb Spicules”. SH001-0008

S. Toriumi *et al.* “Delta-sunspot Formation in Realistic Magnetic Flux Emergence Simulations”. SH006-04

S. Imada *et al.* “Current Status of the Solar-C_EUVST Mission”. SH056-05

J. Webster *et al.* “Instabilities Associated with Electron-Scale X-line Evolution”. SM020-0012

R. E. Denton *et al.* “Polynomial Reconstruction of the Magnetic Field in the Vicinity of the Magnetospheric Multiscale (MMS) Spacecraft: New Results”. SM022-04

T. Nakamura *et al.* “Evolution of Macro- and Micro-Scale Turbulence during Magnetic Reconnection”. SM027-05

H. Hasegawa *et al.* “Magnetic-Field Annihilation and Island Formation in Electron-Scale Current Sheet in Earth’s Magnetotail”. SM028-02

- N. Kitamura *et al.* “Modulation of Energy Transfer between Hot Protons and Electromagnetic Ion Cyclotron Waves by Compressional Pc5 ULF Waves”. SM032-0012
- SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation, Online Only, 2020.12.14-18.**
- Y. Maeda *et al.* “XL-Calibur: The Next-Generation Balloon-Borne Hard X-Ray Polarimeter”.
<https://doi.org/10.1117/12.2560319>
- Y. Ezoe *et al.* “GEO-X (GEOspace X-ray imager)”.
<https://doi.org/10.1117/12.2560780>
- A. Takada *et al.* “SMILE-3: Sky Survey in MeV Gamma-Ray Using the Electron-Tracking Compton Telescope Loaded on Balloons”.
<https://doi.org/10.1117/12.2560886>
- T. Shimizu *et al.* “The Solar-C_EUVST Mission: the Latest Status”. <https://doi.org/10.1117/12.2560887>
- T. Wada *et al.* “SPICA Mid-Infrared Instrument (SMI): The Latest Design and Specifications”.
<https://doi.org/10.1117/12.2561157>
- N. Narukage *et al.* “Satellite Mission: PhoENiX (Physics of Energetic and Non-Thermal Plasmas in the X (= Magnetic Reconnection) Region)”.
<https://doi.org/10.1117/12.2561341>
- H. Maeshima *et al.* “Transmittance Measurement of Low/High-Resistivity of CdZnTe at Cryogenic Temperature for Material Selection of the Immersion Grating of SPICA SMI”. <https://doi.org/10.1117/12.2562042>
- T. Sakao *et al.* “Development of Precision Wolter Mirrors towards PhoENiX Mission for the Sun”.
<https://doi.org/10.1117/12.2562077>
- M. Tashiro *et al.* “Status of X-Ray Imaging and Spectroscopy Mission (XRISM)”. <https://doi.org/10.1117/12.2565812>
- 43rd COSPAR Scientific Assembly (COSPAR 2021), Hybrid (Virtual and In-person Presentations), 2021.01.28-02.04, Australian Academy of Science / UNSW Canberra.**
- S. Nakajima *et al.* “Current Activities of JAXA’s Interplanetary CubeSats and Micro-Sats”. B0.5-0003-21
- T. Hirai *et al.* “The Flight Model Design and its Calibration Evaluation of the Cis-Lunar Object Detector within Thermal Insulation (Cloth) onboard the Interplanetary Cubesat Equuleus”. B1.1-0015-21
- T. Okada *et al.* “OKEANOS: Solar Power Sail Exploration to Relics of the Planetary Migration”. B1.1-0039-21
- R. Serizawa *et al.* “Development of Particle Capture Performance by Modeling Vertically Aligned Carbon Nanotubes for a Comet Rendezvous Sample Return”. B1.1-0049-21
- K. Yoshikawa *et al.* “Balloon Observation of the Galactic Center Region with MeV gamma-ray telescope in SMILE-2+”. E1.13-0023-21
- P. von Doetinchem *et al.* “The General AntiParticle Spectrometer - Search for Dark Matter using Cosmic-ray Antinuclei”. E1.16-0069-21
- S. Imada *et al.* “Science Objectives and Current Status of Solar-C_EUVST”. E2.4-0004-21
- K. Kobayashi *et al.* “Space Exposure of Amino Acids and Amino Acid Precursors in the Tanpopo and the Tanpopo 2 Missions”. F3.2-0001-21
- A. Yamagishi *et al.* “Current Status of TANPOPO: Capture and Exposure Experiment of Micrometeorite and Microbes on Exposure Facility of International Space Station”. F3.2-0004-21
- K. Tomita-Yokotani *et al.* “Plant nutrients in the denaturation substances in candidate organisms, cyanobacteria, mosses and trees, for habitation on Mars”. F4.5-0004-21
- N. Saffold *et al.* “Antihelium Sensitivity of the GAPS Experiment”. H0.2-0011-21
- H. Yano *et al.* “Categorization of the Planetary Protection Policy for Planetary Ring Microparticles”. PPP.1-0016-21
- H. Yano *et al.* “Planetary Protection Status Report of the Asteroid Vicinity and Inbound Trajectory Phases of Hayabusa-2”. PPP.2-0001-21
- Y. Saito *et al.* “Development of a Super-Pressure Balloon with a Diamond Shaped Net - Ground Inflation Test of NPB7-1 -”. PSB.1-0010-21
- K. Nakashino *et al.* “Inflated Shape of Super-Pressure Balloon with Diamond-Shaped Net”. PSB.1-0011-21
- A. Takada *et al.* “SMILE-3: scientific Observation of Celestial MeV Gamma-Ray with Electron-Tracking Compton Telescope”. PSB.1-0015-21
- M. Kozai *et al.* “The GAPS Instrument to Search for Low-Energy Cosmic Antinuclei as a Dark Matter Signature”. PSB.1-0016-21
- S. Kodaira *et al.* “Space Radiation Dosimetry onboard the International Space Station for Tanpopo Experiment”.
- AIAA SciTech Forum 2021, ONLINE, 2021.02.11-15,2021.02.19-21, AIAA(American Institute of Aeronautics and Astronautics).**
- S. Fukumaru *et al.* “Aeroheating Measurement of HAYABUSA-CAPSULE using HEK-X Expansion Tube”. AIAA 2021-0492
- Y. Takahashi *et al.* “Simultaneous Control of Relative Position and Absolute Attitude for Electromagnetic Spacecraft Swarm”. AIAA 2021-1104

- Y. Takao *et al.* “Active Shape Control of Membrane Structures Using Spin-Synchronous Vibrations”. AIAA 2021-1606
- D. Ota *et al.* “Mitigation of Multipactor Effect in High Power Microwave Systems for SPS”. AIAA 2021-1656
- S. Iwabuchi *et al.* “Regenerative Landing Gear that Stabilizes the Attitude of a Planetary Lander”. AIAA 2021-1799
- Asian Joint Conference on Propulsion and Power (AJCPP2021), Virtual Conference, 2021.03.03-05.**
- S. Sawada *et al.* “Experimental Study of Torque around the Thrust Axis on a Rotating Detonation Engine”.
- S. Imai *et al.* “Measurement and Observation on Spot-plume Mode Plasmas of LaB6 Hollow Cathode”.
- K. Ishihara *et al.* “Study on the Effect of the Difference between Detonation and Constant-pressure Combustion on Thrust Characteristics”.
- M. Aoki *et al.* “Spectroscopic Analysis of Bright Boulders Inside the SCI Crater on Asteroid Ryugu”. #1989
- S. Sasaki *et al.* “Crack Orientations of Boulders on Ryugu: N-S Preference and Exfoliation Feature”. #2010
- Y. Takai *et al.* “Statistics of Small Craters Observed on Boulder Surface of Asteroid Ryugu”. #2044
- Y. Yokota *et al.* “East-West Comparison of the Photometric Properties on Asteroid Ryugu”. #2105
- K. Saiki *et al.* “Development of Two Types of NIR Spectral Camera for Lunar Missions SLIM and LUPEX”. #2303

その他の国際会議

- H. Hasegawa *et al.* “Small-Scale Magnetic Island Forming in a Reconnecting Electron-Scale Current Sheet: Tail EDR Event on 2017-08-10”. Spring 2020 MMS SWT Meeting : (2020)
- M. Mizuno *et al.* “A New Path Planning Architecture to Consider Motion Uncertainty in Natural Environment”. 2020 IEEE International Conference on Robotics and Automation(ICRA2020) : (2020)
- R. Fukai *et al.* “Assessments of the Effects by Mass-Dependent Fractionation for ¹⁴²Nd Compositions in Archean Rocks”. Goldschmidt 2020, Geochemical Society and the European Association of Geochemistry. : (2020)
- K. Odagiri *et al.* “Thermo-Fluid Characteristics of a Capillary Pumped Loop with Different Reservoir Locations”. 50th International Conference on Environmental Systems(ICES 2021)(Paper Reference List), ICES Steering Committee : (2020)
- Q. Sean *et al.* “The GAPS Experiment: Probing Unique Dark Matter Parameter Space With Low Energy Cosmic Ray Antinuclei”. 40th International Conference on High Energy Physics (ICHEP2020), C11 commission of the International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP) : (2020)
- H. Yamaguchi. “Identifying New Physics from High-Resolution Spectra”. AtomDB Workshop and Advanced Spectroscopy School, Atomic Data for Astrophysicists(ATOMDB) : (2020)
- S. Tochimoto *et al.* “Evaluation of Vibration Transfer Characteristics in Micro Vibration”. 2020 AAS/AIAA Astrodynamics Specialist Conference, The AAS Space Flight Mechanics Committee and the AIAA Astrodynamics Technical Committee, AAS 20-526 : (2020)
- A. Tei *et al.* “IRIS Mg II Observations and Non-LTE Modeling of Off-limb Spicules”. Annual Meeting of the Astronomische Gesellschaft 2020, German Astronomical Society(AG) : (2020)
- 52nd Lunar and Planetary Science Conference (LPSC), Virtual Conference, 2021.03.15-19, Lunar and Planetary Institute (LPI) / NASA / USRA.**
- R. Fukai *et al.* “The Evolutional Model of Chromium Isotopic Heterogeneities in the Protoplanetary Disk”. #1049
- E. Tatsumi *et al.* “Flux Emergence and Generation of Flare-productive Active Regions”. #1338
- K. Yumoto *et al.* “Cross Calibration Between Hayabusa2 ONC-T and OSIRIS-REx MapCam for Comparative Analyses of Asteroids Ryugu and Bennu”. #1370
- S. Sugita *et al.* “Collisional and Thermal Evolution of Ryugu’s Parent Body Inferred from Bright Boulders”. #1399
- N. Takaki *et al.* “Surface Flows Mechanism on Asteroid Ryugu Inferred from the Azimuthal Direction of Wake-like Features on Regolith Around Large Boulders”. #1432
- T. Morota *et al.* “Impact Strength of Ryugu’s Boulder Inferred from Meter-Sized Crater Statistics”. #1755
- G. Nishiyama *et al.* “A New Model of Seismicity on Asteroids Implied by the SCI Experiment of the Hayabusa2 Mission: Insights from the Existence of Boulders Perched on Other Boulders”. #1819
- N. Sakatani *et al.* “Anomalously Porous and Dark Rocks on Asteroid (162173) Ryugu”. #1832
- T. Ebihara *et al.* “Investigation of Distribution and Orientations of Boulders on Asteroid Ryugu: Implications for Surface Evolution”. #1902
- M. Yamada *et al.* “Moon Imaging by Optical Navigation Camera (ONC) During HAYABUSA2 Earth Return”. #1942

- S. Toriumi. “Convective Flux Emergence Simulations of the Generation of Flare-prolific Active Regions”. *Helicity 2020* : (2020)
- Y. Nakatsugawa *et al.* “Thermo-Fluid Behavior in a Micro-Grooved Evaporator of LHP Based on Microscale Infrared / Visible Observations”. The 31st International Symposium on Transport Phenomena(ISTP31 2020), Pacific Center of Thermal Fluids Engineering (PCT-FE), 157 : (2020)
- T. Kawate *et al.* “Ion Fraction Diagnostics for High-Temperature Solar Flare Plasmas via UV Line Spectroscopy”. The 29th International Toki Conference on Plasma and Fusion Research, National Institute for Fusion Science, Poster-2-F5-15 : (2020)
- X. Chang *et al.* “Design Study of Cryogenic Loop Heat Pipe for Space Application”. 17th International Conference on Flow Dynamics, Executive Committee of International Conference on Flow Dynamics, GS1-7 : (2020)
- H. Hasegawa *et al.* “Fast Collisionless Magnetic-Field Annihilation in Electron-Scale Current Sheet”. UJI Reconnection Workshop (URW) 2020, Heliophysics Study Group of Japan : (2020)
- H. Fuke *et al.* “Balloon Flight Demonstration of Perovskite Solar Cell toward Applications to Inflatable Structures”. The 30th International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-30) & Global Photovoltaic Conference 2020 (GPVC 2020), Korea Photovoltaic Society (KPVs), P3-T5-124 : (2020)
- M. Yamatani *et al.* “The GAPS Project: an Indirect Dark Matter Search with Low-Energy Cosmic-Ray Antiparticles”. KASHIWA Dark Matter Symposium 2020 : (2020)
- S. Shigeto *et al.* “Vibration Suppression Control with Frequency Shaping for Mechanical Cooler of High Precision Observation Satellite”. The 15th International Conference on Motion and Vibration Control (MoViC2020), The Japan Society of Mechanical Engineers, 10084 : (2020)
- N. Isobe *et al.* “Particle Acceleration and Magnetic-Field Amplification by Magnetic Turbulence in the West Hot Spot of Pictor A Revealed with Mid-to-Far Infrared Observations”. Black Hole Astrophysics with VLBI: Multi-Wavelength and Multi-Messenger Era, Institute for Cosmic Ray Research, the University of Tokyo : (2021)
- S. Tochimoto *et al.* “Examintion of Magnetic Directional Control by Force Using Superconducting Diamagnetic Effect”. 31st AAS/AIAA Space Flight Mechanics Meeting, American Astronautical Society (AAS)/American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA), AAS 21-387 : (2021)
- S. Toriumi *et al.* “Sun-as-a-Star Multi-wavelength Observations: A Milestone for Characterization of Stellar Active Regions”. *Cool Stars 20.5* : (2021)
- K. Kariya *et al.* “Neuromorphic Computing for Spacecraft’s Terrain Relative Navigation: A Case of Event-Based Crater Classification Task”. The 8th Annual Neuro-Inspired Computational Elements (NICE) workshop : (2021)
- J. Frank *et al.* “MARS-/EUROPA-INPPS Flagship Missions: High and Low Power Electric Thrusters, Orbits/Payloads and Co-Flying Satellites”. Space Propulsion Conference 2020+1, 00448 : (2021)
- Y. Yokota *et al.* “Visible Wavelength Normal Albedo Map of Asteroid Ryugu”. 42nd International Symposium on Dry Process (DPS2021) : (2021)

おもな国内会議

日本地球惑星科学連合 2020 年大会 (JpGU-AGU JointMeeting 2020, Virtual Meeting, 2020.07.12-16. 日本地球惑星科学連合 /American Geophysical Union(AGU).

R. Fukai *et al.* “Formation Region of Volatile-Rich Asteroids Inferred from Nucleosynthetic Isotope Variations in Carbonaceous Chondrites”. MIS07-P21

A. Yamagishi *et al.* “Third Year Results and Current Status of Tanpopo: Capture and Exposure Experiment of Micrometeoroids and Microbes on Exposure Facility of International Space Station”. MIS17-13

小林憲正ほか. “宇宙環境下でのアミノ酸およびアミノ酸前駆体の安定性: 宇宙実験たんぽぽ・たんぽぽ2および地上実験から探る”. MIS17-P01

M. Shiotani *et al.* “Satellite Observation of the Whole Atmosphere - Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder (SMILES-2)”. MSD47-P04

H. Sugahara *et al.* “Examination of Analytical Accuracy of GC/IRMS: Nitrogen Isotopic Composition of 15N-Enriched Amino acids”. MTT51-08

柳瀬菜穂ほか. “Development of an Ion Source for Future Solar System Explorations”. PCG24-03

K. Asamura *et al.* “Sounding Rocket Missions (LAMP and SS520-3) for Ionospheric and Magnetospheric Explorations”. PCG24-13

川島桜也ほか. “太陽系探査を目指した小型イオントラップフーリエ変換型質量分析器の開発”. PCG24-17

平原聖文ほか. “An International Multi-Point Space Exploration Mission for Intergrated Observations in the Space-Earth Coupling System”. PCG24-P04

坂野井健ほか. “Auroral Imaging at Visible and

- Far-Ultra-Violet Wavelengths for the Future Polar Orbiting Satellite Mission FACTORS". PCG24-P05
- 小嶋浩嗣 *ほか*. "Design of Electric field Measurements in the Future Mission FACTORS Targeting Transverse Ion Acceleration in the Terrestrial Polar Magnetosphere". PCG24-P06
- 菊川素如 *ほか*. "Development and Integration of the High-Speed Current Detection Circuits in Particle Sensors Dedicated to Wave-Particle Interaction Analyzer". PCG24-P12
- 阿部琢美 *ほか*. "Development of an Instrument to Measure Ion Drift Velocity and Density in the Ionosphere". PCG24-P15
- 中川朋子 *ほか*. "かぐや衛星軌道上月の極域で観測された 1-16Hz のホイストラ波のエネルギー源の探索". PEM11-09
- 木村智樹 *ほか*. "2018-19年のひさき-NICER 協調観測で発見された近接連星系の恒星フレア". PEM11-P06
- Y. Kakinami *et al.* "Chemical Releases from the Sounding Rockets - Old but New Technique to Observe Thermosphere and Ionosphere". PEM12-31
- 三宅壮聡 *ほか*. "Analysis of VLF Band Waves near the Sq Current System observed by S-310-44 Sounding Rocket". PEM12-P06
- R. Hashiba *et al.* "Numerical Study of the Internal Mesh Structure for Ion Drift Velocity Analyzer on Sounding Rocket". PEM12-P37
- 滑川 拓 *ほか*. "観測パッケージ PARM-HEP による脈動オーロラに伴うマイクロバースト現象の観測". PEM13-P05
- T. Yokoyama *et al.* "Perspective of Simulation Studies for the Solar-C_EUVST Science". PEM14-P11
- N. Kitamura *et al.* "Direct Measurements of Energy Transfer from Hot Protons to EMIC Waves in ULF Waves at the Outer Magnetosphere". PEM16-03
- 長谷川洋 *ほか*. "Magnetic Island Formation in Reconnecting Electron-Scale Current Sheet: MMS Observations in the Magnetotail". PEM16-P01
- M. N Nishino *et al.* "Multi-Spacecraft Observations of Cold-Dense Plasma Sheet under Northward IMF". PEM16-P02
- S. Toriumi *et al.* "Realistic MHD Modeling of Delta-Sunspots: How to Generate Most Violent Active Regions of the Sun". PEM17-20
- 関根康人 *ほか*. "Geophysical and Astrobiological Perspectives for Future Spacecraft Missions to Jovian Icy Moons". PPS01-16
- 浅村和史 *ほか*. "A low-Energy Energetic Neutral Atom Analyzer (PEP/JNA) for JUICE Mission". PPS01-P02
- 塩谷圭吾 *ほか*. "JUICE 搭載ガリメデレーザ-高度計 (GALA) - 概要およびプロジェクト進捗". PPS01-P03
- 横田勝一郎 *ほか*. "Global Emissions of Carbon Ions from the Total Lunar Surface". PPS02-09
- W. Huizi *et al.* "The Heterogeneity of Lunar Plasma Environment and its Influences on Lunar Surface Hydration". PPS02-P03
- K. Wada *et al.* "The Size of Ejecta Particles of the Artificial Impact Crater Formed by Hayabusa2 Small Carry-on Impactor". PPS04-03
- N. Sakatani *et al.* "Thermophysical Property of the Artificial Impact Crater on Asteroid Ryugu". PPS04-05
- N. Takaki *et al.* "Surface Flow Analysis Based on Spectral Distributions around Larger Boulders on Ryugu". PPS04-08
- G. Nishiyama *et al.* "Seismic Wave Propagation on Asteroid Ryugu Induced by the Impact Experiment of the Hayabusa2 Mission". PPS05-09
- M. Yoshikawa *et al.* "Technological Challenges and Achievements in Hayabusa2 Mission". PPS07-01
- K. Yumoto *et al.* "Morphological and Spectral Trends among Boulders on Asteroid 162173 Ryugu: Implication for Parent Body Processes". PPS07-04
- S. Watanabe *et al.* "Subsurface Structure Inferred from the Relation between Craters and their Surrounding Boulders on Asteroid Ryugu". PPS07-08
- Y. Yokota *et al.* "Visible Wavelength Normal Albedo Map of Ryugu Derived by Hayabusa2 Optical Navigation Camera". PPS07-P03
- Y. Takai *et al.* "Change in Boulder Surface Spectra on Asteroid Ryugu Induced by Touchdown Operations of Hayabusa2". PPS07-P04
- K. Kitsunai *et al.* "Estimation Based on Analysis of Boulder Motion of Bulk Density of the Boulders on the Surface of Ryugu at Touchdown Operation". PPS07-P06
- S. Sasaki *et al.* "Crack Orientation of Surface Boulders on Ryugu". PPS07-P08
- 笠原 慧 *ほか*. "Comet Interceptor Mission: an Overview and an Expected Contribution from Japan". PPS07-P29
- D. Yamamoto *et al.* "Thermal History of Coarse-Grained CAIs in the Protosolar Disk Constrained by O-isotope Exchange Kinetics between CAI Melt and Water Vapor". PPS10-08
- 第 62 回構造強度に関する講演会, オンライン会場, 2020.08.05-07. 日本航空宇宙学会**
- 竹内優一郎 *ほか*. "曲率を有する薄膜デバイスの貼付位置による膜構造物の変形状と光圧トルクへの影響". 1A15
- 小野田淳次郎 *ほか*. "サージ電圧を利用した圧電素子による振動エネルギーハーベストについて-その2". 3A04

日本天文学会 2020 年秋季年会, 弘前大学 (オンライン開催), 2020.09.08-10.

今田晋亮 *ほか*. “高感度 EUV/UV 分光望遠鏡衛星(Solar-C EUVST)の現状”. M01a

鳥海 森 *ほか*. “Solar-C 計画における運用体制構築と成果創出へ向けた最近の取り組み”. M02a

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 (2020 年秋)”. M04a

勝川行雄 *ほか*. “SUNRISE-3 気球実験と偏光分光装置 SCIP の開発状況”. M05a

堀田英之 *ほか*. “輻射磁気流体シミュレーションを用いた黒点超強力磁場生成機構の研究”. M15a

三好隆博 *ほか*. “磁気静水圧平衡非フォースフリー磁場モデルによる太陽浮上磁場の再構成: 背景温度分布の影響”. M17a

川手朋子 *ほか*. “紫外線における高階電離鉄輝線を用いたイオン組成比診断”. M27a

水村好貴 *ほか*. “MeV ガンマ線撮像分光気球実験 SMILE による銀河中心領域の観測”. Q21a

Y. Zhou. “Can Warm-Hot Intergalactic Medium Account for the Spatial Fluctuation of the Soft Diffuse X-Ray Background?”. Q25a

大藪進喜 *ほか*. “SPICA 搭載中間赤外線観測装置:ESA 審査に基づく概念検討・設計の進捗”. V214a

鈴木仁研 *ほか*. “次世代赤外線天文衛星 SPICA: 極低温冷却システムの熱構造の詳細検討”. V215a

高橋弘充 *ほか*. “硬 X 線偏光観測実験 XL-Calibur 気球の 2022 年フライトへ向けた準備状況”. V305a

江副祐一郎 *ほか*. “地球磁気圏 X 線撮像計画 GEO-X (GEOspace X-ray imager) の現状 III”. V316a

生田ちさと *ほか*. “天文学のサポーターに対するアンケート調査報告”. Y03a

井上芳幸 *ほか*. “セイファートのミリ波超過成分の起源”. Z109a

森 浩二 *ほか*. “超巨大ブラックホールの進化を探る広帯域 X 線高感度撮像分光衛星 FORCE”. Z129a

日本物理学会 2020 年秋季大会, オンライン開催, 物性 2020.09.08-11.

奥村拓馬 *ほか*. “超伝導検出器を用いたミュオンネオン原子の精密 X 線分光”. 10pA1-8

奥村拓馬 *ほか*. “超伝導検出器による金属内ミュオンからの電子特性 X 線の観測”. 10pA1-9

第 81 回応用物理学会秋季学術講演会, オンライン開催, 2020.09.08-11.

張 恵 *ほか*. “第一原理計算を用いた欠陥のある GaN の絶縁破壊電界の予測”. 8p-Z02-4

野崎 遼 *ほか*. “放出 2 次電子数計算法の検討と試料電流

測定による妥当性評価”. 10p-Z09-12

2020 年度日本機械学会年次大会, オンライン, 2020.09.13-16.

鈴木健吾 *ほか*. “水素/酸素分圧比センサのガス検知特性の評価”. J01106

丸 祐介 *ほか*. “水素酸素濃度比センサによる水素燃料再使用ロケットにおける漏洩検知の試み”. J01107

日本物理学会 2020 年秋季大会, オンライン開催, 素核宇 2020.09.14-17.

福家英之 *ほか*. “宇宙線反粒子探索 GAPS 実験計画の現状報告”. 14pSN-7

阿部 光 *ほか*. “再構成電子飛跡の高精度化を目指した 3 軸 μ -PIC の開発”. 15aSF-3

中澤知洋 *ほか*. “広帯域 X 線の高感度観測衛星 FORCE : ミッション提案とサイエンス目的の深化”. 16pSM-9

吉川 慶 *ほか*. “SMILE54 : MeV ガンマ線観測実験 SMILE-2+ の天体解析の現状”. 17pSM-10

池田智法 *ほか*. “SMILE55 : 機械学習による ETCC 検出器の点源分解能の改善”. 17pSM-11

日本流体力学会 年会 2020, オンライン講演会, 2020.09.18-20.

鳥海 森 *ほか*. “輻射磁気流体計算によるデルタ型太陽黒点の自発的形成”.

堀田英之 *ほか*. “輻射磁気流体計算を用いた太陽黒点の非常に強い磁場の研究”.

日本マイクロ重力応用学会 第 32 回学術講演会 (JASMAC-32), オンライン開催 (Zoom), 2020.10.04-07.

折笠 勇 *ほか*. “試料幅減少に伴う上部高温液体中の速度・温度場変化”. OR-0702

富永晃司 *ほか*. “ISS 実験との比較による過剰エンタルピーモデルでのソーレ係数予測精度の評価”. OR-0706

田辺光昭 *ほか*. “PHOENIX-2. -複数液滴の冷炎ダイナミクス-, 状況報告”. OS1-4

R. Ghritli *et al.* “Estimation of Diffusion Coefficient of GaSb into InSb Melt by using Bayesian Optimization Method Based on the ISS Experimental Results”. P03

小田嶋俊宏 *ほか*. “微小重力ソーレ係数測定実験における位相解析法の改善”. P09

第 64 回宇宙科学技術連合講演会, WEB 開催, 2020.10.27-30. 日本航空宇宙学会

伊藤琢博 *ほか*. “超精密フォーメーションフライト実証機 SILVIA の意義”. 2B12

佐藤修一 *ほか*. “超精密フォーメーションフライト実証機 SILVIA のミッション機器設計”. 2B13

道村唯太 *ほか*. “超精密フォーメーションフライト実証機

SILVIA による重力波観測の可能性”. 2B14
 稲富裕光 *ほか*. “効率的な滅菌、除染のための基盤技術の確立”. 2G06
 奥泉信克 *ほか*. “正方形膜面を展開する巻き付け収納型円筒 CFRP ブームの同期展開”. 2I05
 松下将典 *ほか*. “浮力を用いた重力補償による軌道上膜形状再現実験手法の評価”. 2I06
 高尾勇輝 *ほか*. “展開型薄膜構造物のアクティブ励振による形状制御システムとその地上実証実験”. 2I07
 池田宏太郎 *ほか*. “可変構造宇宙機のパネル間相対角度制御に関する研究”. 2I13
 阿久津壮希 *ほか*. “宇宙機搭載用大電力マイクロ波放射アンテナの放電”. 2J17
 木下英明 *ほか*. “ニューロモーフィックコンピューティングによる宇宙機の地形相対航法におけるクレータ検出の検討”. 2L02
 鈴木カレブ *ほか*. “MEMS ジャイロを適用した宇宙用小型 IMU の開発検討”. 2L15
 宮崎康行 *ほか*. “スターシェードによる系外惑星観測とその技術実証衛星「Euryops」の検討”. 3B06
 高橋勇多 *ほか*. “磁気アクチュエータによる群衛星の位置・姿勢同時制御”. 3B13
 栃本祥吾 *ほか*. “磁束ピンニング効果を用いた非接触微小擾乱抑制機構における振動伝播特性の総合評価”. 3B15
 川勝康弘 *ほか*. “火星衛星探査計画 MMX の探査シナリオと概要”. 3D01
 巳谷真司 *ほか*. “火星衛星探査計画 MMX 航法誘導制御系の設計と検証”. 3D05
 曾根理嗣 *ほか*. “外部気液分離を必要としない内部加圧式水電解による水素／酸素製造と炭酸ガスからの水再生技術の一体化”. 3G09
 稲富裕光. “国際宇宙探査時代に向けた宇宙惑星居住科学の推進”. 3G17
 楠本哲也 *ほか*. “はやぶさ 2 のターゲットマーカーの挙動解析”. 3K07
 山川真以子 *ほか*. “スラスト噴射による天体表面物体の挙動”. 3K09
 秋山風也 *ほか*. “超小型衛星 BEAK ミッション用 SMA エアロシェルの開発”. 3M12
 坂井真一郎 *ほか*. “小型月着陸実証機 SLIM プロジェクトとその開発状況”. 4E05
 下地治彦 *ほか*. “SLIM 探査機システムの設計と検証”. 4E06
 藤井 剛 *ほか*. “小型月着陸実証機 (SLIM) の推進システム燃焼試験結果とシステム設計への反映”. 4E07
 水野貴秀 *ほか*. “SLIM 搭載着陸レーダ EM のフィールド試験による機能性能の評価”. 4E08
 仲内悠祐 *ほか*. “SLIM 搭載分光カメラの開発状況とその科学観測”. 4E09

前田孝雄 *ほか*. “SLIM へ搭載可能な小型天体表面探査プローブ”. 4E10
 谷口 正 *ほか*. “SLIM における月スイングバイ後の分散解析における考察”. 4E11
 丸 祐介 *ほか*. “SLIM のための三次元積層造形によるセルパターン構造着陸衝撃吸収材の開発”. 4E12
 大関裕太 *ほか*. “外乱を伴う月面撮影画像と地図画像との高精度照合に関する研究”. 4E13
 藁谷由香 *ほか*. “密集クレータによる推定誤差を考慮した宇宙探査機の自己位置推定”. 4E14
 植田聡史 *ほか*. “GPU による月着陸降下誘導則の超並列評価”. 4E16
 山田和彦 *ほか*. “小型の深宇宙探査機用のサンプルリターンカプセルの提案”. 4F02
 中条俊大 *ほか*. “月軌道放出による超小型ソーラー電力セイル探査機の深宇宙探査ミッション構想”. 4K12
 竹田悠志 *ほか*. “火星抗力変調方式エアロキャプチャにおけるエアロシェル分離アルゴリズム手法提案とその評価”. 4M13

第 41 回熱物性シンポジウム, オンライン開催, 2020.10.28-30. 日本熱物性学会

仲田結衣 *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”. A124
 小山千尋 *ほか*. “ISS 搭載静電浮遊炉における高温酸化物融体の熱物性測定”. A125

極限環境生物学会 2020 年度 (第 21 回) 年会, オンライン開催, 2020.11.01.

横堀伸一 *ほか*. “国際宇宙ステーションにおけるたんぽぽ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”. 2-5
 山岸明彦 *ほか*. “宇宙空間で 3 年間曝露した *デイノコッカス* 細胞塊の生存曲線と DNA 損傷”. 2-6

第 148 回地球電磁気・地球惑星圏学会 (SGEPSS) 総会および講演会, オンライン開催, 2020.11.01-04.

石坂圭吾 *ほか*. “S-310-44 号機による Sq 電流系周辺における DC/AC 電界観測結果”. R005-13
 葉柴隆斗 *ほか*. “観測ロケット搭載用イオンドリフト速度測定器の内部メッシュ構造設計および性能評価”. R005-14
 阿部琢美 *ほか*. “超高層大気測定用圧力計の開発”. R005-15
 江副祐一郎 *ほか*. “地球磁気圏 X 線撮像計画 GEO-X の現状”. R006-18
 西野真木 *ほか*. “On the Origin of Cold-Dense Plasmas in the Dusk Magnetotail Plasma Sheet: MMS Observations”. R006-20
 山西涼友 *ほか*. “磁気流体緩和法で再現された黒点上空磁

場の三次元構造”. R010-07

日本惑星科学会 2020 年秋季講演会, オンライン開催,
2020.11.12-14.

湯本航生 *ほか*. “小惑星リュウグウ上の岩塊の形態・分光
スペクトル的特徴”. O-D1-A15

渡邊誠一郎 *ほか*. “はやぶさ2 のリュウグウ近傍観測の科
学成果”. O-D2-B18

杉田精司 *ほか*. “小惑星リュウグウ上の明るい岩塊の高分
解能観測”. O-D2-B19

海老原樹 *ほか*. “小惑星リュウグウにおける岩の分布と方
位角の調査: 表面進化への示唆”. O-D2-B24

高井雄大 *ほか*. “小惑星リュウグウ表面のボルダー上に観
測された小クレーターの統計”. O-D2-B27

本田理恵 *ほか*. “はやぶさ 2SCI による人工クレーター形
成に伴う小惑星リュウグウの再表面化過程”.
O-D2-B36

佐々木晶 *ほか*. “リュウグウ上の岩塊の割れ目の方向の分
布と熱疲労効果”. P-D1-A21

巽 瑛理 *ほか*. “リュウグウの宇宙風化から見た B 型小
惑星と C 型小惑星の関連”. P-D1-A8

青木美波 *ほか*. “クレーター周辺のブライトボルダーのス
ペクトル解析”. P-D2-A35

VLBI 懇談会 シンポジウム 2020, オンライン,
2020.11.18-20.

土居明広 *ほか*. “スペース VLBI 技術調査会の検討状況”.

河野裕介 *ほか*. “気球 VLBI 計画 2020 年報告と 2021 年の
計画”.

第 61 回電池討論会, WEB 開催 (オンライン討論会),
2020.11.18-20. 電気化学会 電池技術委員会

李 碩 *ほか*. “一定速度昇温試験により 1°C 劣化させたり
チウムイオン二次電池の発熱挙動解析”.

松嶋 敦 *ほか*. “深宇宙想定環境におけるイオン液体 Li -
S 電池の材料・作動特性”.

宇宙太陽発電 (SSPS) シンポジウム, オンライン,
2020.12.04-05. 宇宙太陽発電学会

関谷直樹 *ほか*. “カーボンナノチューブアクチュエータの
SPS 応用に向けた基礎研究”.

中村剛也 *ほか*. “薄膜を応用した SPS 用ハイブリッド型発
送電一体パネルの熱変形に関する研究”.

MPGD & Active 媒質 TPC 2020 研究会, オンライン参加
および神戸大学 先端融合研究環境統合研究拠点コンベン
ションホール, 2020.12.25-26.

園田真也 *ほか*. “電子飛跡検出型コンプトンカメラによる
福島第一原子力発電所建屋周辺のイメージング分析
結果”. 15

吉田有良 *ほか*. “飛跡決定精度向上に向けた u-PIC の新電
極構造の開発”. 18

第 8 回誘導制御マルチシンポジウム (MSCS 2021), オ
ンライン開催 (Zoom), 2021.03.01-04. 第 8 回制御部門
マルチシンポジウム実行委員会

植田聡史 *ほか*. “強化学習を活用した月着陸軌道制御のレ
ジリエンス向上”. 1B1-2

谷口 正 *ほか*. “SLIM スイングバイ後の軌道制御共分散
に対する考察”. 1B1-5

日本物理学会第 76 回年次大会 (2021 年), オンライン開
催, 2021.03.12-15.

邱奕寰 *ほか*. “CdTe 検出器を用いた負ミュオンによる非
破壊三次元イメージング法の開発”. 12aK1-8

吉田有良 *ほか*. “新電極構造を持つ 2 次元位置感度型検出
器, 3 軸 u-PIC の上下カソードに電位差をつけた際の
アバランシェ増幅率の変化”. 13aT2-9

池田智法 *ほか*. “SMILE56 : MeV ガンマ線観測実験
SMILE-2+ の解析の現状報告”. 14pW2-1

荻尾真吾 *ほか*. “SMILE57 : MeV ガンマ線観測気球実験
SMILE-2+ における高エネルギーイベントの解析”.
14pW2-2

津田雅弥 *ほか*. “SMILE58 : 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
カメラシステムの開発”. 14pW2-3

高橋弘充 *ほか*. “硬 X 線偏光観測実験 XL-Calibur 気球実験
計画の 2022 年フライトへ向けた準備状況”. 14pW2-9

南 喬博 *ほか*. “様々な領域への応用をめざした高効率テ
ルル化カドミウム半導体両面ストリップ検出器の開
発”. 15pW2-11

中澤知洋 *ほか*. “広帯域 X 線の高感度観測衛星 FORCE :
2020 年度のミッション部および衛星システム検討の
進化”. 15pW2-4

2021 年 第 68 回応用物理学会春季学術講演会, オンライ
ン開催, 2021.03.16-19.

唐木達矢 *ほか*. “パルスレーザによる二光子吸収過程を利用
した重イオン誘起 SET パルス波形のエネルギー依
存性の再現”. 16p-Z25-4

出原勇磨 *ほか*. “二次元ペロブスカイト物質 (C₄H₉NH₃)
2PbBr₄ における励起相関発光測定”. 17a-Z23-4

出原勇磨 *ほか*. “XPS 時間依存測定による二次元 MoS₂ 膜
の放射線損傷に関する研究”. 18p-Z31-14

室賀 惟 *ほか*. “臭化鉛ペロブスカイトにおける励起子多
体効果の観測”. 19a-Z26-2

日本天文学会 2021 年春季年会, 東京工業大学 (オンライ
ン開催), 2021.03.16-19.

成影典之 *ほか*. “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 (概要)”. M01a
- 大場崇義 *ほか*. “SUNRISE-3 大気球太陽観測実験: 高精度近赤外線偏光分光装置 SCIP による観測制御の検証”. M02a
- 渡邊恭子 *ほか*. “Solar-C(EUVST)/SoSpIM の開発状況と科学課題の検討”. M03a
- 桜井 隆 *ほか*. “太陽表面の磁場構造のサイズ分布”. M15a
- 谷 竜太 *ほか*. “サイクル 24 にわたる「ひので」高解像度観測でみた太陽極域磁場の振る舞い”. M16a
- 長谷川隆祥 *ほか*. “Lyman 線のスペクトル線形状と彩層大気構造に関する研究”. M21a
- S. Toriumi *et al.*. “Sun-as-a-Star Multi-Wavelength Observations as a Milestone for Characterization of Stellar Active Regions”. N04a
- 大西崇介 *ほか*. “CO 振動回転遷移吸収線の成分分離による IRAS 08572+3915 AGN トーラス内部構造の研究”. S07a
- 馬場俊介 *ほか*. “超高光度赤外線銀河 IRAS 17208-0014 の深く埋もれた中心核の構造”. S09a
- 砂田裕志 *ほか*. “Cygnus A ホットスポットの赤外線スペクトルの折れ曲がりを用いた磁場推定”. S19a
- 高田淳史 *ほか*. “MeV ガンマ線観測気球実験 SMILE-2+ による系外拡散ガンマ線観測”. S21a
- 和泉 究 *ほか*. “スペース重力波望遠鏡 LISA のための機器開発: フォトレシーバ”. V217a
- 土屋史紀 *ほか*. “LAPYUTA 計画 (Life-environmentology, Astronomy, and Planetary Ultraviolet Telescope Assembly) の検討”. V219a
- 山村一誠 *ほか*. “SPICA(次世代赤外線天文衛星): 検討中止の経緯とこれまでの成果”. V223a
- 鈴木仁研 *ほか*. “将来計画に向けた無冷媒冷却方式による赤外線望遠鏡の熱検討”. V224a
- 東谷千比呂 *ほか*. “冷却宇宙望遠鏡を構成する低温要素技術開発”. V225a
- 和田武彦 *ほか*. “SPICA 搭載中間赤外線観測装置 SMI: Phase-A 技術開発・検討結果報告”. V226a
- 清水敏文 *ほか*. “高感度太陽紫外線分光観測衛星 Solar-C(EUVST) の最新状況”. V227a
- 土川拓朗 *ほか*. “中間赤外線アレイ検出器の高精度較正に向けた全素子のスペクトル感度評価”. V228b
- 榎木谷海 *ほか*. “中間赤外線で高感度・広帯域分光を実現するためのプリズム表面加工精度測定”. V229b
- 前嶋宏志 *ほか*. “中間赤外線用 Immersion grating の開発: 極低温での低抵抗/高抵抗型 CdZnTe の吸収係数評価”. V230b
- 末松芳法 *ほか*. “Solar-C (EUVST) 主鏡アセンブリ設計進捗”. V231b
- 原 弘久 *ほか*. “Solar-C (EUVST): EUVST 構造設計の進捗報告”. V232b
- 川手朋子 *ほか*. “Solar-C (EUVST) 光学設計の最新状況および公差解析結果報告”. V233b
- 永田伸一 *ほか*. “Solar-C (EUVST) 海外機関担当コンポーネントの検討状況”. V234b
- 鄭 祥子 *ほか*. “超高精度太陽センサ「UFSS」: Solar-C (EUVST) に向けた試作品によるバイアス誤差補正法の検討”. V235b
- 久保雅仁 *ほか*. “SUNRISE-3 大気球太陽観測実験: 高精度近赤外線偏光分光装置 SCIP による高速偏光変調・偏光復調の同期精度の検証”. V236b
- 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小型衛星計画 FORCE の現状 (11)”. V326a
- 前田良知 *ほか*. “硬 X 線偏光観測実験 XL-Calibur 気球実験計画”. V335a
- 渡辺 伸 *ほか*. “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 (CdTe 半導体焦点面検出器の開発)”. V337a

電気化学会第 88 回大会, オンライン開催, 2021.03.22-24.

- 堤瑛智代 *ほか*. “Co 系正極材料を有する 3 極式ラミネート型リチウムイオン二次電池の微分容量曲線解析”. 3H17
- 李 碩 *ほか*. “1°C 劣化させたりチウムイオン二次電池の異なる昇温速度下の熱暴走試験”. 3H18

その他の国内会議

- 渡邊友貴 *ほか*. “月面探査用蠕動運動型掘削ロボットにおける分散駆動掘削機構に対応した推進機構の開発”. ロボティクス・メカトロニクス講演会講演会 2020 in Kanazawa(ROBOMECH2020), 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス部門, B03-2: (2020)
- 中島晋太郎. “近年の超小型衛星・探査機の動向と将来像”. 衛星通信研究会, 電子情報通信学会, SAT2020-9: (2020)
- 福家英之. “エキゾチック原子法を用いた宇宙観測およびその応用による新機軸”. 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」領域研究会, 新学術領域研究「量子ビーム応用」事務局: (2020)
- 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 (蒸気溝幅と濡れ性が蒸発熱伝達に及ぼす影響)”. 混相流シンポジウム 2020, 日本混相流学会: (2020)
- 君島雄大 *ほか*. “可変構造宇宙機の太陽輻射圧を用いた不安定平衡点まわりでの姿勢制御に関する基礎検討”. Dynamics and Design Conference 2020(D&D2020), 日本機械学会, 517: (2020)
- 小原真司 *ほか*. “歪んだ OEr4 テトラクラスターが形成する Er2O3 液体の構造”. 日本セラミックス協会第 3 回秋季講演会, 日本セラミックス協会, 2B06: (2020)

- 下田孝幸 *ほか*. “火星衛星探査機 (MMX) のサンプルリターンカプセル設計及び開発状況”. 日本機械学会 2020 年度年次大会, 日本機械学会, S19105 : (2020)
- 阿部琢美. “観測ロケット実験の現状と今後”. 宇宙空間からの地球超高層大気観測に関する研究会, 名古屋大学宇宙地球環境研究所 : (2020)
- 高木亮治 *ほか*. “埋め込み境界法における二次元薄翼表面での解析精度の検証”. 流体力学講演会/航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム 2020 オンライン, 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, 3C03 : (2020)
- 猪爪宏彰 *ほか*. “転移学習に基づいた探査ローバのスリッパ予測手法”. 第 38 回日本ロボット学会学術講演会, 日本ロボット学会, 2F1-01 : (2020)
- 木村駿太 *ほか*. “陸棲シアノバクテリア *Nostoc* sp. HK-01 の休眠発芽のサイトカニンによる促進”. 植物化学調節学会第 55 回大会, 植物化学調節学会, 306 : (2020)
- 西條達哉 *ほか*. “紫外線暴露したポリアリレート製ロープの力学的特性評価”. 第 28 回機械材料・材料加工技術講演会(M&P2020), 日本機械学会, 317 : (2020)
- 深井稜汰 *ほか*. “平衡論的同位体効果が放射性起源 Nd 同位体比測定に与える影響”. 日本質量分析学会同位体比部会, 日本質量分析学会 : (2020)
- 松嶋 敦 *ほか*. “深宇宙探査衛星への搭載を目指したイオン液体 Li - S 電池の材料・作動特性”. 2020 年度第三回関西電気化学研究会, 関西電気化学会 : (2020)
- 鳥海 森 *ほか*. “輻射磁気流体シミュレーションで解き明かす磁場・対流相互作用による太陽フレア黒点形成”. プラズマ・核融合学会 第 37 回年会, プラズマ・核融合学会, 02P01 : (2020)
- 土屋佑太 *ほか*. “高崎研の多種多様な量子ビームに支えられた宇宙用 SOI-SOC MPU 開発”. QST 高崎サイエンスフェスタ : (2020)
- 張 恵 *ほか*. “第一原理計算を用いた欠陥のある GaN の絶縁破壊電界の予測”. 先進パワー半導体分科会第 7 回講演会, 応用物理学会 先進パワー半導体分科会, IA-11 : (2020)
- 渡辺健太郎 *ほか*. “天体地表着陸時のスラスタプルーム噴射によるレゴリスの舞い上がり現象に関する研究”. 第 29 回スペース・エンジニアリング・コンファレンス [SEC'20], 日本機械学会宇宙工学部門, B1 : (2020)
- 西野祐一 *ほか*. “小型月着陸実証機 SLIM 向け高精度レーザ測距センサの原理実証モデルの開発”. 第 18 回赤外放射応用関連学会等年会, 日本赤外線学会/映像情報メディア学会 : (2021)
- 中条俊大 *ほか*. “超小型ソーラーセイルによる太陽-地球-月系航行技術と実証ミッション”. 超小型探査機を用いた月以遠深宇宙探査に関する研究会, 日本航空宇宙学会 : (2021)
- 西野真木 *ほか*. “月環境学の創成”. 第 22 回 惑星圏研究会, 東北大学, 04-04 : (2021)
- 小財正義 *ほか*. “宇宙線反粒子観測実験 GAPS と太陽モジュレーション”. 2020 年度 ISEE 研究集会「太陽地球環境と宇宙線モジュレーション」, 「惑星間空間プラズマにおける波動現象」および太陽圏・宇宙線関連の共同研究成果報告会 : (2021)
- 深井稜汰 *ほか*. “Cr 同位体不均質モデル構築による炭素質小惑星の形成領域の推定”. 第 4 回水惑星学全体会議, 水惑星学事務局 : (2021)
- 鈴木志野 *ほか*. “極限環境微生物から読み解く地球外生命の可能性”. 第 31 回 自然科学研究機構シンポジウム, 大学共同利用機関法人自然科学研究機構 : (2021)
- 阿部琢美. “電離圏熱的プラズマの観測手法について”. 名大 ISEE 研究集会 宇宙地球結合系における物理機構・素過程に関する統合的研究形態・体系の構築・推進, 名古屋大学宇宙地球環境研究所 : (2021)
- 木村駿太. “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”. 日本農芸化学会 2021 年度大会 2021 年度産学官学術交流フォーラム, 日本農芸化学会 : (2021)

5. 表彰・受賞

第7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
高橋 一郎	在オーストラリア日本国大使館参事官(教育・スポーツ・科学技術担当)：受賞当時	「はやぶさ2カプセル回収に向けた宇宙庁(ASA)を始めとする豪州政府との調整のほか、帰還へ向けた豪州発の機運醸成に関して、在オーストラリア日本国大使館のご担当として多大なる尽力をいただき、カプセル回収成功に貢献いただいた」	2021年1月6日
Caitlin Caruana	Assistant Manager, International Engagement Australian Space Agency	「はやぶさ2カプセル回収班の豪州入国や豪州内での活動、カプセルの迅速な日本への輸送を実現するため、豪州政府・南豪州政府との調整をリードし、カプセル回収成功に貢献いただいた」	2021年1月6日

職員

受賞対象者	所属	受賞内容	受賞年月日
山口 弘悦	宇宙物理学研究系	文部科学省 令和2年度科学技術分野 文部科学大臣表彰 若手科学賞「宇宙高温プラズマのX線分光研究」	2020年4月14日
佐伯 孝尚 澤田 弘崇 ほか	宇宙飛翔工学研究系 ほか	市村清新技術財団 第52回 市村学術賞(貢献賞)「人工衝突体による遠方天体地下掘削技術の実現」	2020年7月15日
國中 均	宇宙科学研究所 所長	公益財団法人双葉電子記念財団 2020年度衛藤細矢記念賞	2020年9月25日
廣瀬 和之	宇宙機応用工学研究系	応用物理学会 第14回(2020年度)フェロー表彰「薄膜・界面・素子物理の評価に基づく宇宙用集積回路装置の開発」	2020年9月
和泉 究	宇宙物理学研究系	岩垂獎学会 2020年度岩垂獎学会賞「史上初の重力波直接観測に向けたレーザー干渉計の実験研究」	2020年9月
成尾 芳博 丸 祐介 ほか	宇宙飛翔工学研究系 ほか	日本マリンエンジニアリング学会 論文賞「液化水素用緊急離脱機構の熱応力特性」	2020年10月27日
吉光 徹雄 久保田 孝	宇宙機応用工学研究系	日本ロボット学会 第1回優秀研究・技術賞「小惑星探査ローバ MINERVA-II の運用」(第37回日本ロボット学会学術講演会/2L1-01)	2020年10月
大山 聖	宇宙飛翔工学研究系	日本機械学会 設計工学・システム部門 部門貢献表彰	2020年11月
村上 豪	太陽系科学研究系	地球電磁気・地球惑星圏学会 大林奨励賞「極端紫外光撮像による地球・惑星プラズマ圏に関する研究」	2020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 和田 明哲, 岩崎 祥大	宇宙飛翔工学研究系 ほか	日本燃焼学会 2020年『美しい炎』の写真展優秀作品賞「デトネーションエンジン宇宙へ」	2020年12月
はやぶさ2 プロジェクトチーム		内閣総理大臣顕彰	2020年12月17日
久保田 孝	宇宙機応用工学研究系	計測自動制御学会 システムインテグレーション(SI)部門 部門技術業績賞「超小型探査ロボットシステム「ミネルバ2」の開発と小惑星移動探査の実現」	2020年12月18日
Chromospheric Layer SpectroPolarimeter-2 (CLASP2) Team		NASA Marshall Space Flight Center (MSFC) Group Achievement Honor Award for outstanding execution of the CLASP2 sounding rocket mission	2021年
藤田 和央	学際科学研究系	日本航空宇宙学会 第52期(令和2年度)フェロー	2021年

下田 孝幸	大学共同利用実験調整グループ	日本航空宇宙学会 第52期(令和2年度)フェロー	2021年
はやぶさ2 衝突装置・分離 カメラ開発チーム		日本機械学会 2020年度宇宙工学部門 宇宙賞	2021年3月17日
はやぶさ2 サンプリング装置 開発チーム		日本機械学会 2020年度宇宙工学部門 宇宙賞	2021年3月17日
木村 駿太	学際科学研究系	日本農芸化学会 第1回農芸化学研究企画賞 新企画賞「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」	2021年3月21日
はやぶさ2 プロジェクトチーム /MINERVA-II プロジェクトチーム		第9回ロボット大賞 文部科学大臣賞「小惑星探査機はやぶさ2, 小惑星探査ロボット MINERVA-II」	2021年3月
武井 悠人 佐伯 孝尚 澤田 弘崇 三樹 裕也 津田 雄一	はやぶさ2 プロジェクトチーム	日本機械学会 2020年度日本機械学会賞(技術)「小惑星探査機はやぶさ2における未踏天体地下探査技術の開発と運用」	2021年3月
はやぶさ2 プロジェクトチーム		相模原市 特別表彰	2021年3月
小惑星探査機 「はやぶさ2」		銀河連邦 銀河連邦表彰	2021年3月

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
中 源也	東京大学大学院 工学系研究科	嶋田 徹	AIAA 2020 Region VII Student Paper Competition, 1st Place in the Master Category, "Numerical Model of Radiative and Convective Heat Flux for Fuel Regression Rate of Wax-based Hybrid Rocket"	2020年11月
Padilha Danilo Domingues ほか	東京大学大学院 工学系研究科	川口 淳一郎	第28回衛星設計コンテスト 日本天文学会賞 「ARETHUSA」	2020年10月
高橋 勇多	東京工業大学大学院 (技術習実習生)	坂井 真一郎	日本機械学会 2020年度日本機械学会三浦賞	2021年3月
筒井 史也	横浜国立大学大学院 (技術習実習生)	野中 聡	日本航空宇宙学会 学生優秀発表賞「非対称に配置された2つの突起を有する細長物体の空力解析」	2020年12月

名誉教授

受賞者	賞賜	年月日
奥田 治之	瑞宝中綬章	2020年4月29日 (発令日)

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)			
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	2020年4月30日	2020-066796
漏洩検査装置及び漏洩検査システム	曾根理嗣, MENDOZA Omar	2020年5月7日	2020-071903
ボルト破断式アクチュエータの制御装置、制御システム	大槻真嗣	2020年7月9日	2020-107126
アンテナ装置	齋藤宏文, PYNE Budhaditya	2020年9月24日	2020-155843
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	2020年12月24日	2020-204616
誘導プログラム、誘導方法、及び誘導装置	伊藤琢博, 坂井真一郎	2021年2月12日	2021-015351
密閉容器	齋藤芳隆	2021年2月15日	2021-017136
(国外)			
光学デバイス、姿勢制御装置、及び宇宙機	川口淳一郎, 森 治, 中条俊大	2020年4月8日	EP-3633442
光学デバイス、姿勢制御装置、及び宇宙機	川口淳一郎, 森 治, 中条俊大	2020年4月16日	US-2020/0115069
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	2020年4月30日	WO-2020/085434
漏洩検査装置及び漏洩検査システム	曾根理嗣, MENDOZA Omar	2019年5月7日	WO-2020/090360
シート状構造体、形状推定方法、及び宇宙機	森 治	2019年5月28日	US- 020/0165011
メタン合成装置	曾根理嗣, MENDOZA Omar, 島 明日香	2019年6月18日	DE 112018005397
アンテナ装置	齋藤宏文, PYNE Budhaditya	2020年9月24日	US-2020/0303811

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)			
噴射装置及び推進システム	羽生宏人	2020年4月27日	6696648
結合分離装置	佐伯孝尚	2020年6月30日	6725786
トロイダル型点火器	羽生宏人, 徳留真一郎	2020年6月30日	6725794
点火安全装置	佐伯孝尚	2020年7月2日	6726848
ホイール及びホイールシステム	大槻真嗣	2021年1月29日	6830624

シート状構造体、形状推定方法、及び宇宙機	森 治	2021年2月24日	6842169
水電解／燃料電池発電用セル及びこれを複数積層したセル積層体	曾根理嗣	2021年3月2日	6845436
X線光学系基材の製造方法	満田和久	2021年3月4日	6846691
(国外)			
展開構造物への高周波給電方式	齋藤宏文, 富木淳史	2020年7月15日	KR-10-2136445
互いに非可溶性である複数種類の液化ガスを燃料に用いた、長秒時噴射を可能とする蒸気噴射システム	川口淳一郎, 森 治, 山本高行	2020年12月22日	US-10870502
噴射システム	森 治, 川口淳一郎	2021年1月5日	US-10883449
展開構造物への高周波給電方式	齋藤宏文, 富木淳史	2021年3月31日	DE-3012903
展開構造物への高周波給電方式	齋藤宏文, 富木淳史	2021年3月31日	EP-3012903
展開構造物への高周波給電方式	齋藤宏文, 富木淳史	2021年3月31日	GB-3012903

略称

WO: PCT (Patent Cooperation Treaty) US: アメリカ合衆国 EP: ヨーロッパ特許 DE: ドイツ KR: 大韓民国 GB: イギリス

[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／岩田 隆浩／齋藤 芳隆／竹内 伸介
吉光 徹雄／藤本 正樹／大井田 俊彦／遠藤 敬

宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所年次要覧 2020年度

2021年11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

