

赤:顕著な成果、灰:次年度以降に実施(計画)、青:計画通りでなかった(実績)、無色:計画どおり

Ⅲ. 3. 8 宇宙科学・探査

2019年度 自己評価

S

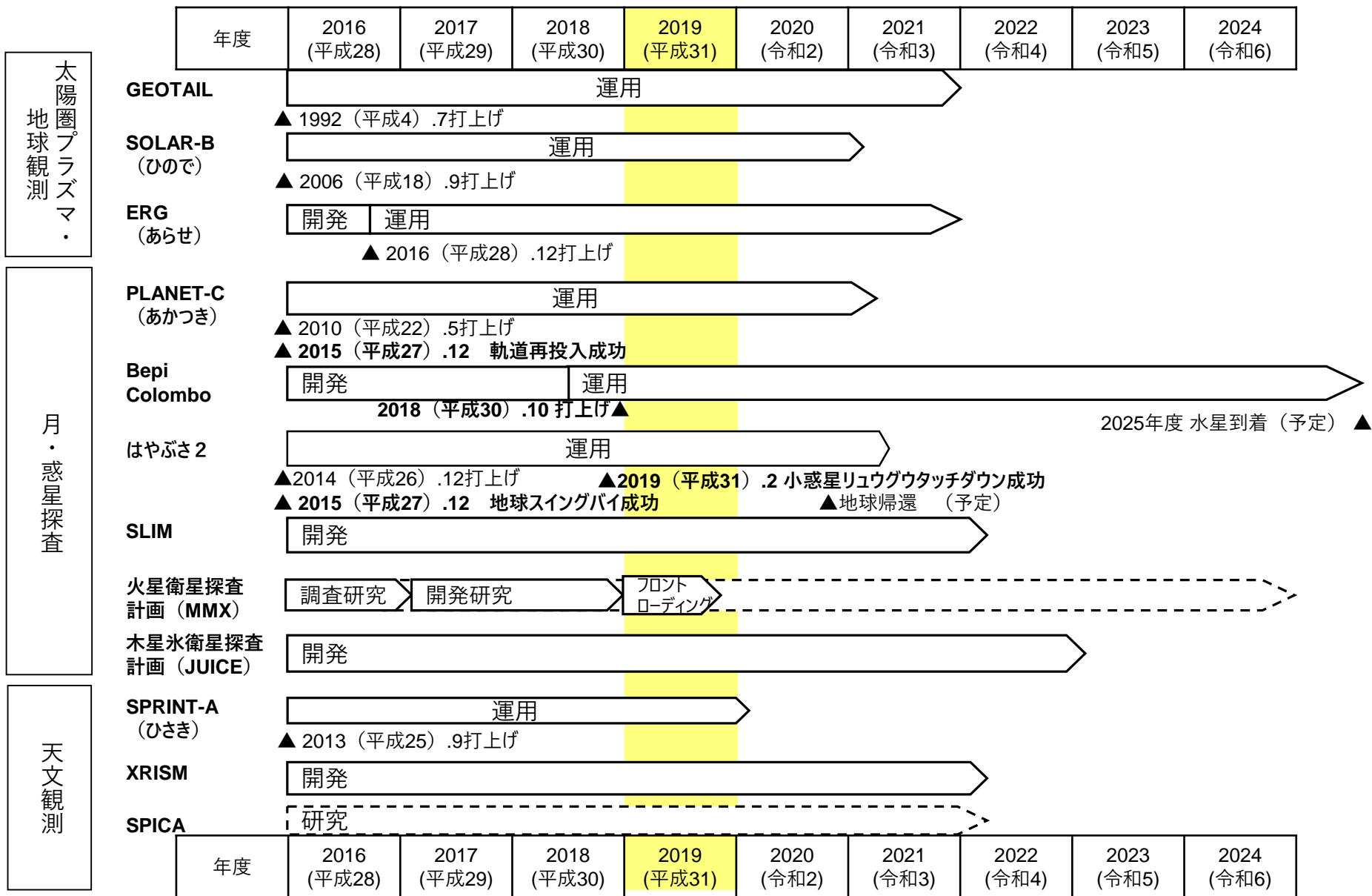
| 中長期計画 | 年度計画 | 実績 |
|--|---|---|
| Ⅲ. 3. 8 宇宙科学・探査 | Ⅰ. 1. 8. 宇宙科学・探査 | — |
| <p>宇宙科学に係る人類共通の知的資産の創出及び革新的・萌芽的な技術の獲得を通じた新たな宇宙開発利用の可能性の開拓を目指し、国内外の研究機関等との連携を強化して宇宙科学研究を推進する。具体的には、「宇宙の始まりと銀河から惑星に至る構造形成の解明」、「太陽系と生命の起源の解明」、「宇宙機及び宇宙輸送システムに関わる宇宙工学技術の革新」を目標として位置付け、世界的に優れた研究成果を創出する。</p> | <p>Ⅰ. 1. 8 宇宙科学・探査 「宇宙の始まりと銀河から惑星に至る構造形成の解明」、「太陽系と生命の起源の解明」、「宇宙機及び宇宙輸送システムに関わる宇宙工学技術の革新」を目標として位置付け、世界的に優れた研究成果の創出に取り組む。</p> | — |
| <p>(1) 学術研究の推進</p> <p>宇宙科学研究の推進に当たっては、大学の研究者等との有機的かつ多様な形での共同活動を行う大学共同利用システムの下でのミッション提案に加え、長期的な視点での取組が必要な宇宙探査等について、ミッション創出と技術開発を両輪とした効果的な推進(プログラム化)や、国際協力及び国際宇宙探査との連携の観点にも考慮しつつ、JAXAが宇宙科学の長期的・戦略的なシナリオを策定し、実施する。また、シナリオの実施に必要な技術目標(宇宙科学技術ロードマップ)を定め、長期的な視点での技術開発を進める。</p> | <p>宇宙科学研究の推進に当たっては、大学の研究者等との有機的かつ多様な形での共同活動を行う大学共同利用システムの下でのミッション提案に加え、長期的な視点での取組が必要な宇宙探査等について、ミッション創出と技術開発を両輪とした効果的な推進(プログラム化)や、国際協力及び国際宇宙探査への貢献の観点にも考慮し JAXAが策定した宇宙科学の次期中長期計画をめぐる戦略的シナリオ(以下、「シナリオ」という。)に基づき、必要な技術目標(宇宙科学技術ロードマップ)を策定する。</p> | <p>戦略シナリオなどに記載されているミッションなどを実現するために、必要な一連の技術開発を、長期的・戦略的に記載した「宇宙科学技術ロードマップ」を策定し、技術のフロントローディングとして実施する候補テーマの検討を進めた。</p> |
| (中略) | (中略) | (中略) |

| 中長期計画 | 年度計画 | 実績 |
|--|---|--|
| (2) 研究開発・運用を行う衛星・探査機等 | | |
| ①宇宙の始まりと銀河から惑星に至る構造形成の解明 | ①宇宙の始まりと銀河から惑星に至る構造形成の解明 | ビッグバン時の密度ゆらぎが素となって星の集団である銀河が生まれ、さらにそれが銀河団という集団を成している。このような階層構造の中で、星の周囲に惑星が生まれ、その中に地球のような生命惑星を検出したいという目標が系外惑星観測を現代天文学の柱のひとつとした。現在、ISASが準備を進める二つの天文衛星は、それぞれ、銀河団という構造の謎(XRISM)、銀河における星形成過程(SPICA)に迫るものである。 |
| ・X線による宇宙の高温プラズマの高波長分解能観測を実施するためのX線天文衛星代替機の開発及び運用を行う。 | ●X線分光撮像衛星(XRISM)の詳細設計を進める。 | 衛星システム及び地上システムについて、NASA、ESA、大学等と協力してコンポーネント/サブシステム/システムレベルの詳細設計を実施、詳細設計審査会を経て、製作試験を開始した。NASAとの共同システムエンジニアリングを推進し、リスク低減活動を継続している。科学運用準備を進め、観測ターゲットの選定を開始した。 |
| ・これまでにない感度での赤外線による宇宙観測を実施するための次世代赤外線天文衛星(SPICA)のプロジェクト化に向けた検討を行う。 | ●次世代赤外線天文衛星(SPICA)について、欧州宇宙機関でのミッション公募の選抜状況を踏まえつつ、プロジェクト化に向けた検討を行う。 | ESA及び日欧観測装置チームと協働して、概念検討を進めた。軽量化と設計自由度の観点から、望遠鏡をバス部に対して縦向きに配置する案を採用することとし(従来の横向き案から変更)、JAXA担当の冷却系パイロドモジュールの熱・構造設計を進めた。また、配置変更に伴う観測装置の再配置と光学設計を進め、2020年4-5月に予定されているESAの中間審査に臨む。 |
| ②太陽系と生命の起源の解明 | | |
| ・水星の磁場・磁気圏・内部・表層の総合観測を実施するための水星探査計画/水星磁気圏探査機(BepiColombo/MMO)の開発及び水星到着に向けた運用を行う。 | ●水星探査計画/水星磁気圏探査(BepiColombo/MMO)の運用支援を行う。 | 予定されていた全ての初期チェックアウト運用を完了した。2020年度に予定されている地球スイングバイ観測の計画策定を進め、模擬運用を実施した。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ツールの整備を引き続き進めた。各機器の地上試験結果および打ち上げ後初期運用結果をまとめた投稿論文を国際学術誌Space Science Review(2020年10月頃発行予定)として準備を進めた。 |
| (中略) | (中略) | (中略) |
| ・以下の衛星・探査機の運用を行う。 | | |
| (中略) | (中略) | (中略) |

| 中長期計画 | 年度計画 | 実績 |
|------------------|---|---|
| 小惑星探査機はやぶさ2 | ●小惑星探査機はやぶさ2 | <p>2019年4月に衝突装置を用いて人工クレータの生成に成功した。7月には人工クレータ近傍にタッチダウンし、地下物質を含んだサンプルの採取に成功した。10月にMINERVA-II2の分離に成功し、小惑星近傍で計画していたミッションを全て完遂した。</p> <p>サクセスクライテリアにおいては、小惑星離脱までの目標をエクストラサクセスを含めて全て達成した。また、工学的には7つの「世界初」を達成し、当初の想定を大きく越える成果を得ることができた (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)天体着陸精度60cmの実現、4)人工クレータの作成とその過程・前後の詳細観測、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)。2020年末の地球帰還を目指し、11月に小惑星リュウグウを出発した。</p> |
| ジオスペース探査衛星 (ERG) | ●ジオスペース探査衛星 (ERG) | <p>観測運用順調に継続し、国際的な地磁場やオーロラ等の地上観測ネットワークとの共同観測を実施した。</p> <p>2019年夏から秋にかけて2機の米国Van Allen Probes衛星が運用終了するまで、累積512回のバーストモード協調観測を実施した。また、2019年秋からは6月に打ち上げられた米国DSX衛星とのバーストモード協調観測を開始している。</p> <p>GRL誌Editor's Highlights (Seki et al., 2019)やEPS誌Highlighted Papers (Kataoka et al., 2019) に選ばれるなど、注目される科学成果があがっている。</p> |
| (中略) | (中略) | (中略) |
| ④その他 | ●宇宙科学研究の取組の中で創出した成果について、産業振興への貢献をはじめとした社会還元に向けた取組を行う。 | <ul style="list-style-type: none"> 経済産業省委託事業の宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業 (民生部品等を活用した宇宙機器の軌道上等実証) で、打上げ経費の削減や打上げ能力の向上に資する自律飛行安全システムの開発及び実証を目指し、スペースワン(株)と共同で自律飛行安全システムの研究開発を実施中。今後システムの地上実証を行う。 新事業促進部とSynspective社の共創事業覚書に基づき、ImPACTプログラムにてJAXAが開発した小型SAR技術を活用。革新実証1号機を用いた実験「小型実証衛星RAPIS-1からの2 Gbps級大容量データ伝送の受信実証」を実施するため、宇宙研、慶応大、東大の3者間共同研究契約を締結し、実施中。(参照 III.6.2項) |
| (後略) | (後略) | (後略) |

| 主な評価軸（評価の視点）、指標等 | |
|---|--|
| <p>< 評価軸 ></p> <p>【宇宙利用拡大と産業振興】</p> <p>○新たな事業の創出等の宇宙利用の拡大及び産業振興、宇宙産業の国際競争力強化に貢献するための立案・検討・マネジメントは適切に進められたか。それに伴う成果が生まれているか。</p> | <p>< 評価指標 ></p> <p>（成果指標）</p> <ul style="list-style-type: none"> ○宇宙利用の拡大と産業振興、宇宙産業の国際競争力強化に係る取組の成果（品質・コスト・スケジュール等を考慮した取組を含む） <p>（マネジメント等指標）</p> <ul style="list-style-type: none"> ○研究開発等の実施に係る事前検討の状況 ○研究開発等の実施に係るマネジメントの状況（例：研究開発の進捗管理の実施状況、施設・設備の整備・維持・運用の状況等） ○民間事業者等の外部との連携・協力の状況 <p>< モニタリング指標 ></p> <p>（成果指標）</p> <ul style="list-style-type: none"> ○国際的ベンチマークに照らした研究開発等の成果（例：基幹ロケットの打上げ成功率・オンタイム成功率等） ○宇宙実証機会の提供の状況（例：民間事業者・大学等への実証機会の提供数等） ○研究開発成果の社会還元・展開状況（例：知的財産権の出願・権利化・ライセンス供与件数、受託件数、ISS 利用件数、施設・設備の供用件数等） ○新たな事業の創出の状況（例：JAXA が関与した民間事業者等による事業等の創出数等） ○外部へのデータ提供の状況（例：国内外の関係機関等への衛星データ提供数等） <p>（マネジメント等指標）</p> <ul style="list-style-type: none"> ○民間事業者等の外部との連携・協力の状況（例：協定・共同研究件数、技術支援件数、JAXA の施策・制度等への民間事業者・大学等の参入数又は参加者数等） ○外部資金等の獲得・活用の状況（例：民間資金等を活用した事業数等） |
| <p>【宇宙科学・探査分野における世界最高水準の成果創出及び国際的プレゼンスの維持・向上等】</p> <p>○世界最高水準の科学成果の創出や我が国の国際的プレゼンス維持・向上等に貢献する宇宙科学研究、宇宙探査活動、有人宇宙活動等の立案・検討・マネジメントは適切に進められたか。それに伴う成果が生まれているか。</p> | <p>< 評価指標 ></p> <p>（成果指標）</p> <ul style="list-style-type: none"> ○宇宙科学・探査分野における世界最高水準の成果創出及び国際的プレゼンスの維持・向上等に係る取組の成果 <p>（マネジメント等指標）</p> <ul style="list-style-type: none"> ○研究開発等の実施に係る事前検討の状況 ○研究開発等の実施に係るマネジメントの状況（例：研究開発の進捗管理の実施状況、施設・設備の整備・維持・運用の状況等） ○大学・海外機関等の外部との連携・協力の状況 <p>< モニタリング指標 ></p> <p>（成果指標）</p> <ul style="list-style-type: none"> ○国際的ベンチマークに照らした研究開発等の成果（例：著名論文誌への掲載状況等） ○人材育成のための制度整備・運用の成果（例：受入学生の進路等） <p>（マネジメント等指標）</p> <ul style="list-style-type: none"> ○大学・海外機関等の外部との連携・協力の状況（例：協定・共同研究件数等） ○人材育成のための制度整備・運用の状況（例：学生受入数、人材交流の状況等） ○論文数の状況（例：査読付き論文数、高被引用論文数等） ○外部資金等の獲得・活用の状況（例：科研費等の外部資金の獲得金額・件数等） |

スケジュール



【評定理由・根拠】

小惑星探査機「はやぶさ2」は、天体着陸精度60cmの実現、小惑星での人工クレーターの作成とその過程・前後の詳細観測、同一天体2地点への着陸、地球圏外の天体の地下物質へのアクセス、最小・複数の小天体周回人工衛星の実現という、工学的な「世界初」を達成し、また、観測データを解析し得られた成果については、Science誌、Nature誌に掲載されるなど、当初の想定を大きく超える成果を得た。さらに、ジオスペース探査衛星「あらせ」(ERG)の観測による「分子イオンの電離圏からの流出」の成果は、米国地球物理学会のGeophysical Research Lettersの2019年Editor's Highlightsに選ばれるなど、宇宙科学分野において世界トップクラスの科学的成果を創出した。これらは、宇宙科学・探査分野における世界最高水準の成果創出に向けて、特に顕著な成果を創出したと評価する。

【小惑星探査機「はやぶさ2」の取り組み】 <補足1、2、3参照>

1. 小惑星探査機「はやぶさ2」は、2019年4月に衝突装置(SCI)を用いて小惑星リュウグウにおいて人工クレーターの生成に成功し、7月に人工クレータ近傍に2回目のタッチダウンを行い、地下物質を含んだサンプルの採取に成功した。9月には2つのターゲットマーカを、10月にはMINERVA-II2の分離し、これらをリュウグウの周囲を回る人工衛星とすることに成功し、その軌道運動の観測にも成功した。以上をもって、小惑星近傍で計画していたミッションを全て完遂し、2020年末の地球帰還を目指し、11月に小惑星リュウグウを出発した。**工学的には、2018年度の2つの成果を合わせ次の7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、日本の宇宙探査技術の高さを示すことができた。**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ーの作成とその過程・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(1, 2はFY2018の成果)。これらの実績は、**第8回技術経営・イノベーション大賞(科学技術と経済の会会長賞)ほか、多くの賞を受賞するなど、第三者から高い評価が得られた。**さらに、昨年度、日本放送協会(NHK)で放送された「はやぶさ2」を特集した番組(NHKスペシャル)が、第61回科学技術映像祭で文部科学大臣賞(教育・教養部門)を受賞することが決定した。
2. 小惑星探査機「はやぶさ2」は、2019年4月5日に小惑星において人工クレーターを作る衝突実験を行い、クレーターができる瞬間やその直後に生成されたクレーターを詳細に観測した。生成されたクレーターは直径が10m以上と事前の予測よりもはるかに大きく、分離カメラ(DCAM3)によって連続的に撮影された衝突放出物の画像と合わせて、リュウグウの表面の物性や表面の年代などの推定がなされた。結果は**Science誌に2020年3月に掲載された。また、米国のCNN、ニューヨークタイムズでも取り上げられる等、海外でも注目を集めた。**さらに、2019年7月11日に成功した第2回目のタッチダウン(人工クレーター中心から20mほど離れた地点)では、**誤差60cmという高精度誘導を達成し、地下物質の採取もできたと考えられ、日本の技術力を世界にアピールすることができた。**
3. 小惑星探査機「はやぶさ2」に搭載されたサイエンス機器によって取得されたデータの解析が進められ、論文として様々な雑誌で出版されている。特に、中間赤外カメラのデータによりリュウグウ表面の岩石の詳細を調べたものは**Nature誌に掲載され、小惑星探査から「太陽系がどのようにしてできたのか、そこにおいて地球はどのように生命惑星となったのか」という課題解決に貢献するという、はやぶさ2計画立ち上げ時点での大目標に向けての進展が確認できる。**

【評定理由・根拠】（続き）

【太陽系と生命の起源の解明（太陽系スノーラインより内側の惑星に水と有機物が持ち込まれた過程の理解）】 <補足4参照>

4. 小惑星探査機「はやぶさ」が持ち帰ったイトカワ粒子の力学的特性測定に成功し、小惑星と地球の水は同じ起源をもつ可能性が高いことが分かった。また火星衛星探査機（MMX）のターゲット天体である火星の衛星「フォボス」表面に火星の全時代・全領域の物質が含まれることが示唆され、MMXが火星サンプルリターンの側面を持つこと、すなわち、MMXによるサンプルリターンの科学的価値がさらに高まったと考えられる。**両成果は、新たな科学的価値をもたらし、太陽系と生命の起源の解明（太陽系スノーラインより内側の惑星に水と有機物が持ち込まれた過程の理解）への貢献が期待される。**

【査読付き論文等（宇宙科学分野において世界トップクラスの科学的成果を創出）】 <補足5、6参照>

5. 本年度も多くの査読付き論文が学術誌に掲載され、宇宙科学分野において世界トップクラスの科学的成果を創出した。特に、**ジオスペース探査衛星「あらせ」（ERG）の観測による「分子イオンの電離圏からの流出」の成果は、米国地球物理学会のGeophysical Research Lettersの2019年Editor's Highlightsに選ばれたことは、小型計画によるタイムリーな科学的課題の探求が可能であることを示す。**本論文により、宇宙天気現象が発生する舞台となる宇宙空間のプラズマは、太陽に起源をもつプラズマが主と思われていたが、酸素イオンなどの地球起源の大気分子イオンが、地球の超高層大気において加速されて宇宙空間に流出し、宇宙環境を大きく変化させることを明らかにした。本成果により、宇宙嵐などの宇宙天気現象や、より長期的な地球大気の変遷についての理解が大きく進むことになる。また、米国地球物理学連合速報誌 Geophysical Research Lettersは、宇宙地球科学分野において、国際的に最も高い評価を受けている学術誌であり、掲載論文の中から約1%にあたる論文が、科学的に重要であり、地球物理学分野に大きな影響を与える成果として Editor's Highlightとして選出される。当該あらせに関する成果は、太陽地球系科学分野で唯一選出されたもので、大きな注目をあびた。**また、日本実験棟「きぼう」船外実験プラットフォームに搭載されている、高エネルギー電子・ガンマ線観測装置「CALET」を用いた宇宙線観測結果を報告した論文については、米国学術誌Physical Review Lettersのハイライト論文に選定された。**本学術誌は物理学分野においてScienceやNatureに匹敵する最高レベルであり、物理学者の一つの目標とされている極めて著名な国際雑誌である。さらに本論文は、掲載論文の中でもたった10%となる「ハイライト論文」として選定されており、**世界トップクラスの成果を創出した。**

なお、年度計画で設定した業務は、計画通り実施した。

評定理由・根拠（補足） 1.

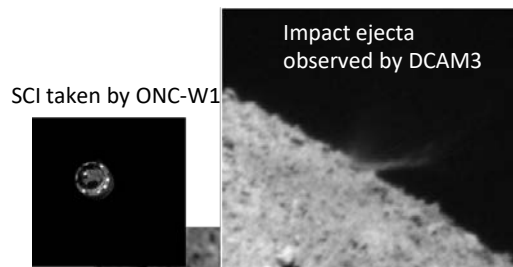
<小惑星探査機「はやぶさ2」の取り組み>

●2019年4月に衝突装置（SCI）を用いて小惑星リュウグウでの人工クレーターの生成に成功した。7月には人工クレータ近傍に2回目のタッチダウンを行い、地下物質を含んだサンプルの採取に成功した。9月には2つのターゲットマーカを、10月にはMINERVA-II2の分離し、これらをリュウグウの周囲を回る人工衛星とすることに成功し、その軌道運動の観測にも成功した。以上をもって小惑星近傍で計画していたミッションを全て完遂した。2020年末の地球帰還を目指し、11月に小惑星リュウグウを出発した。

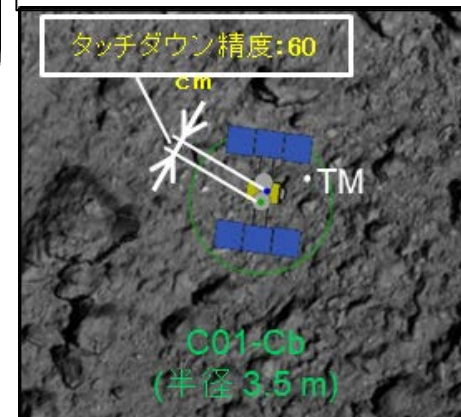
●工学的には2018年度の2つの成果を合わせて7つの「世界初」を達成。当初の想定を大きく越える成果を得ることができた。

- 1) 小型探査ロボットによる小天体表面の移動探査（FY2018の成果）
- 2) 複数の探査ロボットの小天体上への投下・展開（FY2018の成果）
- 3) 小惑星での人工クレーターの作成とその過程・前後の詳細観測（2019年4月）
- 4) 天体着陸精度60cmの実現（2019年7月）
- 5) 同一天体2地点への着陸（1回目：2019年2月、2回目：2019年7月）
- 6) 地球圏外の天体の地下物質へのアクセス（2019年7月）
- 7) 最小・複数の小天体周回人工衛星の実現（2019年10月）

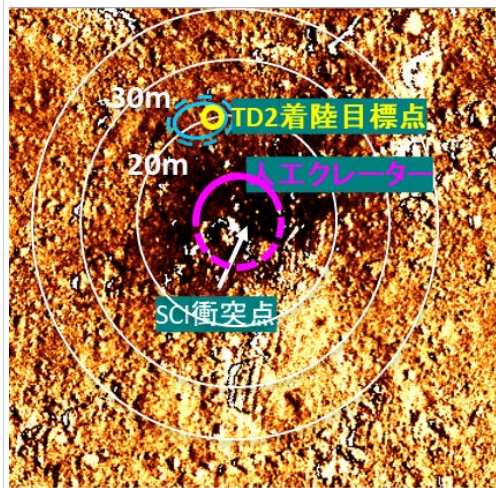
3) 小惑星での人工クレーターの作成とその過程・前後の詳細観測（左図）



4) 天体着陸精度60cmの実現（下図）

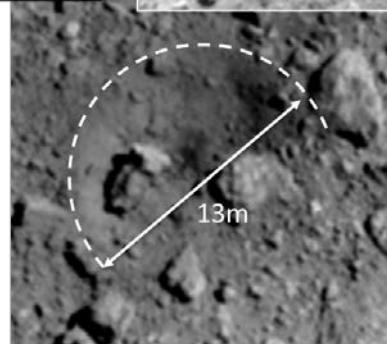


- 5) 同一天体2地点への着陸（左図）
- 6) 地球圏外の天体の地下物質へのアクセス（下図）



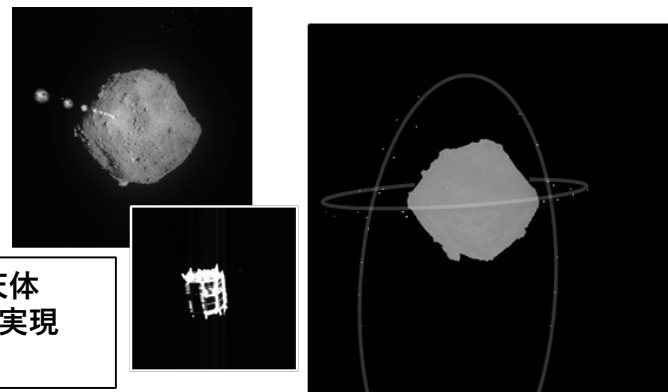
Accumulation of Impact ejecta around artificial crater

Artificial crater and TD2 point in one view



Artificial crater generated by SCI

7) 最小・複数の小天体周回人工衛星の実現（右図）



評定理由・根拠（補足） 2.

<小惑星探査機「はやぶさ2」の取り組み> 続き

・プロジェクト活動を通じて、多くの賞を受賞した。

| | 表彰年月 | 表彰された人、グループ名、所属 | 表彰した団体名 | 表彰のタイトル | 表彰された内容 |
|---|---------|------------------------------------|-----------------|---|--|
| 1 | 2019/05 | JAXA「はやぶさ」「はやぶさ2」 | クールジャパン協議会 | COOL JAPAN AWARD 2019【一般部門】アウトバウンドカテゴリー | 精緻な技術の結集した宇宙機器はまさに日本人らしいクール！ |
| 2 | 2019/06 | 「はやぶさ2」プロジェクト | Airbus社 | Airbus Space Day「はやぶさ2特別表彰」 | MASCOT搭載カメラ |
| 3 | 2019/07 | 「はやぶさ2」プロジェクト | 日本SFファングループ連合会議 | 2019年第50回星雲賞 自由部門 | MINERVA-II 1のリユウグウ着地及び小惑星移動探査 |
| 4 | 2019/09 | 吉光徹雄、久保田孝 | 日本ロボット学会 | 2019年度実用化技術賞 | 小惑星探査ローバ「ミネルバ2」の開発 |
| 5 | 2019/11 | 檜原弘樹、佐野淳平、益田哲也、大嶽久志、岡田達明、尾川順子、津田雄一 | 電子情報通信学会DC研究会 | 第6回研究会最優秀講演賞 | はやぶさ2搭載光学航法機器の信頼性評価 ～リソース制約を満たす高信頼性システムの軌道上実証～ |
| 6 | 2020/02 | 津田雄一 | 日本学術振興会 | 日本学術振興会賞 | 小惑星高精度着陸と深宇宙航行技術に関する先駆的研究及びその実証 |
| 7 | 2020/02 | 「はやぶさ2」プロジェクトチーム | 科学技術と経済の会 | 第8回技術経営・イノベーション大賞（科学技術と経済の会会長賞） | はやぶさ2による未踏天体探査の完遂と新たな探査技術の確立 |
| 8 | 2020/03 | 久保田孝、吉光徹雄 | 日本機械学会 | 宇宙工学部門一般表彰スペースフロンティア | MINERVA-II |
| 9 | 2020/03 | 菊地 翔太 | 宇宙科学振興会 | 第12回宇宙科学奨励賞 | 小天体近傍の強摂動環境における軌道・姿勢力学理論の構築 |

・建設中の美笹深宇宙探査用地上局が、「はやぶさ2」からのX帯電波を2019年12月にX帯で送られる位置計測のための信号の受信に成功した。



評定理由・根拠（補足）3.

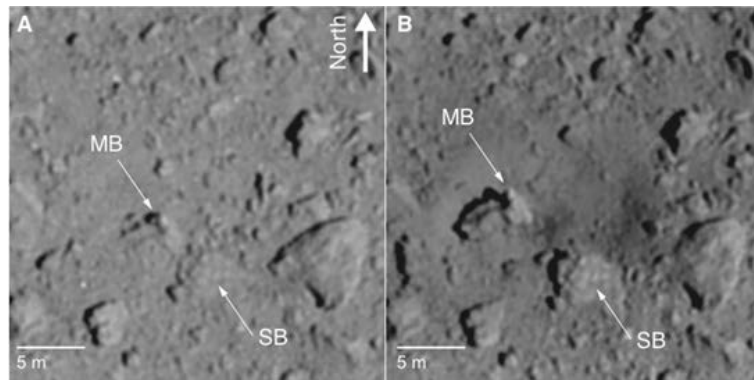
<小惑星探査機「はやぶさ2」の取り組み> 続き

Science誌に掲載：

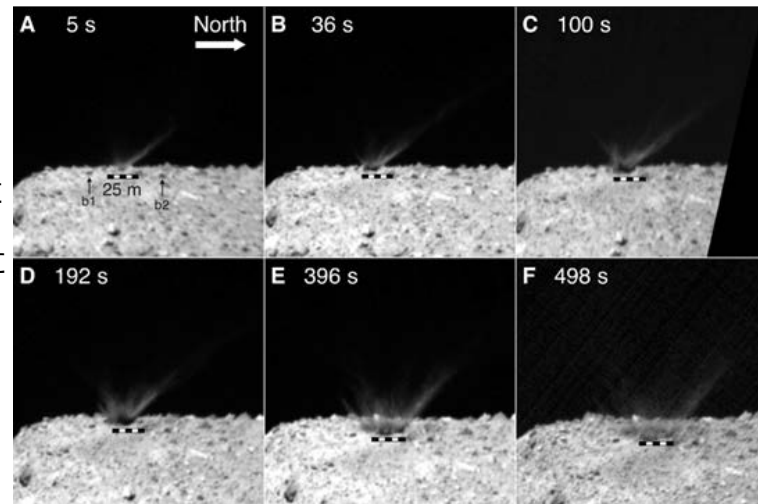
「小型衝突装置SCIと分離カメラDCAM3による小惑星リュウグウにおける宇宙衝突実験のその場観測」(doi: 10.1126/science.aaz1701)

- 「はやぶさ2」搭載の小型衝突装置SCIは2019年4月5日に作動し、C型小惑星リュウグウの表面に直径10m以上の半円形人工クレーターを形成した。（世界初）（図1）
- 分離カメラDCAM3は表面からの衝突放出物（エジェクタ）を8分間以上に渡って撮像し、その場観測によるエジェクタカーテンの成長と表面への堆積を世界で初めて明らかにした。（図2）
- これらの観測事実は、人工クレーターが重力支配域で形成されたことを示し、リュウグウ最上部1mのクレーター保持年代は約10万年よりも若いことを示唆している。
- 本成果は、**米国のCNN、ニューヨークタイムズでも紹介され、世界に向けてアピールができた。**

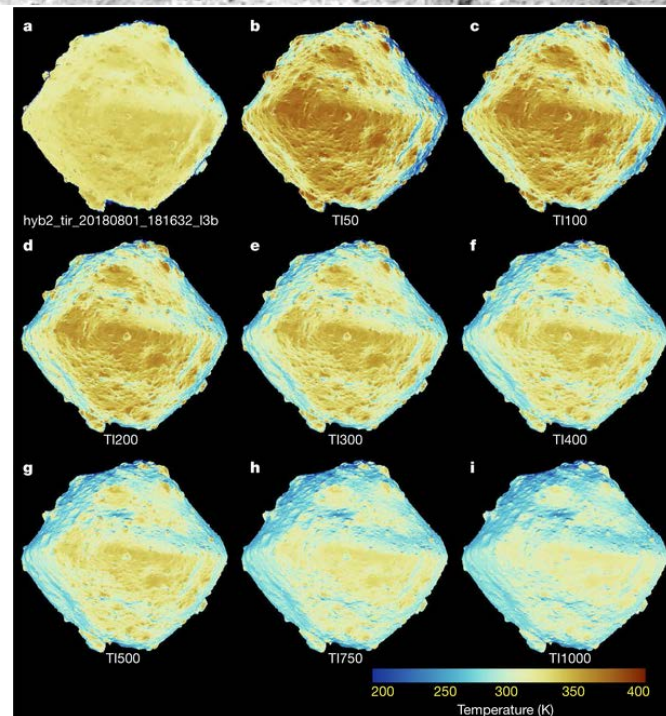
（左図：図1）
ONC-T画像。
SCI作動前のリュウグウ表面(A)、
作動後に形成された人工クレーター(B)。



（右上図：図2）DCAM3D
画像。SCI作動からの時刻差
が5秒(A)、36秒(B)、100秒
(C)、192秒(D)、396秒(E)、
498秒(F)。



（右下図：図3）2018年8月1
日、高度5kmからの熱撮像
(a)、および一様な熱慣性
(50-1000 JK⁻¹s^{-0.5}m⁻²) で
の熱計算の結果 (b-i) との
比較。



Nature誌に掲載：

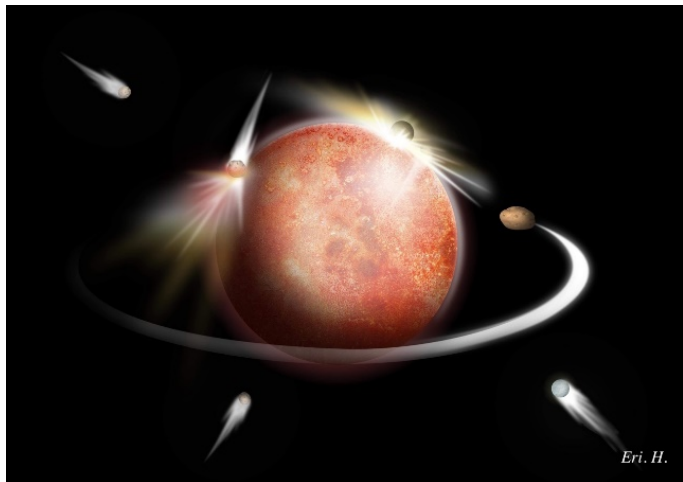
「始原的小惑星リュウグウの熱撮像によって明かされた超多孔質な物質的特徴」
(doi: 10.1038/s41586-020-2102-6)

- 今まで、水や有機物を多く含む炭素質隕石の母天体とされるC型小惑星の物理状態についてはよく知られていなかったが、「はやぶさ2」搭載の中間赤外カメラ（TIR）による小惑星リュウグウの熱撮像観測によって、史上初めて小惑星の表面温度と熱感性を高解像度で得ることに成功した。
- その結果、リュウグウ表面には炭素質コンドライト的な岩塊も存在するが、大部分はより熱慣性が低く（約 300 JK⁻¹s^{-0.5}m⁻²）、より多孔質な岩塊と岩石小片で覆われていることが分かった。それらの表面凹凸によって温度日変化が小さくなる現象も確認された。（図3）
- これらの事実は、極めて多孔質な母天体が衝突破壊と再集積した結果、現在のリュウグウが形成されたことを示唆する。

評定理由・根拠（補足） 4.

< 太陽系と生命の起源の解明（太陽系スノーラインより内側の惑星に水と有機物が持ち込まれた過程の理解） >

・はやぶさが持ち帰ったイトカワ粒子の力学的特性を測定することに初めて成功した。得られた結果は、今後小惑星表層のレゴリスの力学的振る舞いの研究や、将来の小惑星探査における、探査機と小惑星の接地イベントの事前シミュレーションなどに大きく役立つことが期待される。(Tanbakouei S. et al, 2019. *Mechanical properties of particles from the surface of asteroid 25143 Itokawa*, *Astronomy & Astrophysics, Volume 629, A119*)また、水素同位体の測定と含水量の測定にも初めて成功した。測定結果はイトカワ母天体形成時の値と考えることができ、小惑星と地球の水は同じ起源をもつ可能性が高いことが分かった。(Jin Z. and Bose M., 2019. *New clues to ancient water on Itokawa*, *Science Advances, Volume 5, Issue 5*)



●火星の月（衛星）であるフォボスは、2024年打ち上げ予定の火星衛星探査計機（MMX）のターゲット天体である。

●火星には、クレーターを形成する小天体衝突が恒常的に起こっており、破片の一部がフォボスへ輸送される。最新の衝突数値計算と高精度の軌道計算を組み合わせ算出した結果、従来想定量の10倍-100倍の火星物質がフォボス表面に混入していることが示唆された。

●フォボス表面に、火星の全時代・全領域の物質が含まれることを意味し、MMX計画によって、火星衛星の表土のみでなく、火星物質も地球に持ち帰られることを示唆する。つまり、JAXAが火星物質を、世界に先駆けて、獲得しうることを示唆する。

●火星衛星から採取される火星サンプルは、NASAとESAが主導する超大型計画である火星本体からの火星サンプルリターン（Mars2020）に比べると少量だが、火星史を包括的に理解できる多様な物質を含むことが期待される。

●本研究の結果は、欧米に比較すれば小規模なJAXAの火星衛星探査に、質の面での新たな科学的価値をもたらした。(R. Hyodo, et al. "Transport of impact ejecta from Mars to its moons as a means to reveal Martian history", *Scientific Reports*, 9, 19833 (2019))

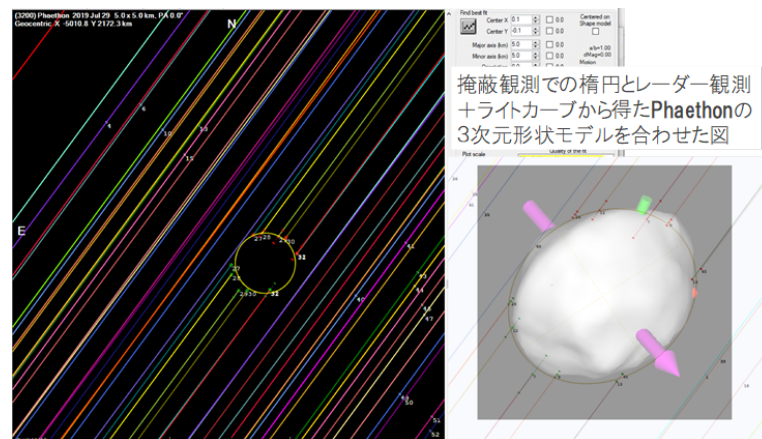
火星における無数の小天体衝突と、破片のフォボスへの輸送過程のイメージ図。
小天体衝突は、火星形成後から恒常的に、あらゆる方向から飛来する衝突天体により、火星全球で起こる。

●DESTINY+の理学ミッション目的は、地球生命起源の外来仮説の実証のため、地球外からの有機物や炭素質物質の主要供給媒体と考えられる「ダスト」の実態を輸送経路を辿り調査することである。

●その一環として地球飛来ダストの特定供給源である流星群母天体（小惑星Phaethon）の実態解明を目的としたフライバイ観測を行う。

●フライバイ対象である小惑星Phaethonに関しては、これまでは小さい太陽位相角での観測事例がなく、絶対等級の決定精度が悪い（直径4.4km～6km、アルベド0.09-0.16）為、今回掩蔽観測（Phaethonが恒星の前を横切り、減光することによる恒星掩蔽）を国際協力（NASA含む大学研究チーム）により世界各国で実施した。

●世界の学界からの小惑星Phaethonへの興味は高く、特にNASAの協力もあって、その直径を4.72km-5.67km（掩蔽時断面）と直接推定した。（本観測結果について現在論文執筆中）



2019年7月29日アメリカ南西部での掩蔽観測結果

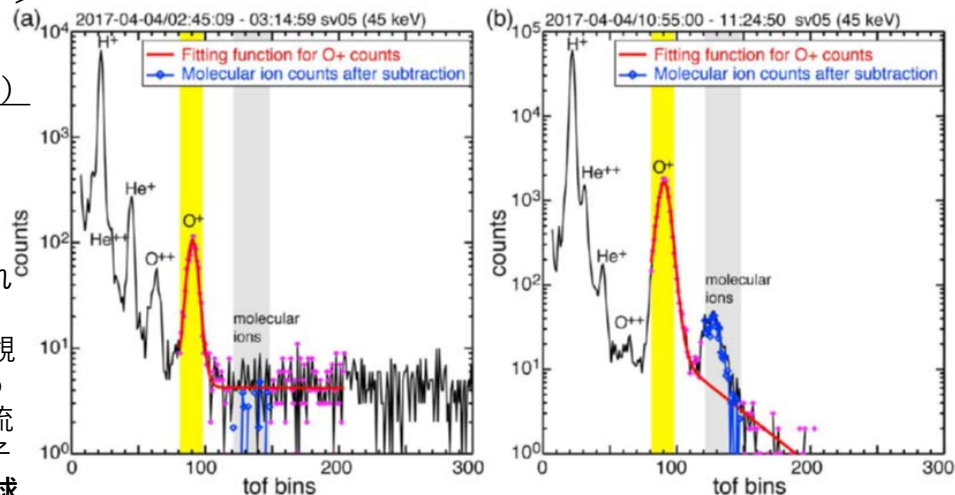
評定理由・根拠（補足） 5.

< 査読付き論文等（宇宙科学分野において世界トップクラスの科学的成果を創出） >

●「あらせ」（米国地球物理学会のGRL誌の2019年Editor's Highlightsに選定）

(K. Seki, et al. "Statistical properties of molecular ions in the ring current observed by the Arase (ERG) satellite", Geophysical Research Letters, vol.46, pp.8643–8651, doi: 10.1029/2019GL084163 (2019))

分子イオンは通常、電離層の低高度にのみ存在しており、高速なイオン流出がなければ宇宙空間に逃げ出すことはできないと考えられている。このような分子イオンの磁気圏への流出は大きな宇宙嵐時にしか起こらないと思われていたが、「あらせ」搭載のイオン観測装置の観測により、小規模な宇宙嵐時にも分子イオンが存在することが明らかになった。この結果は、地磁気活動が活発な時には頻繁に低高度電離圏から分子イオンが流出している可能性を示す発見である。即ち、宇宙嵐が地球の電離層から効率的に分子イオンを宇宙空間に損失させるドライバーである可能性を示している。本成果は**米国地球物理学会のGRL誌の2019年Editor's Highlightsに選ばれた。**

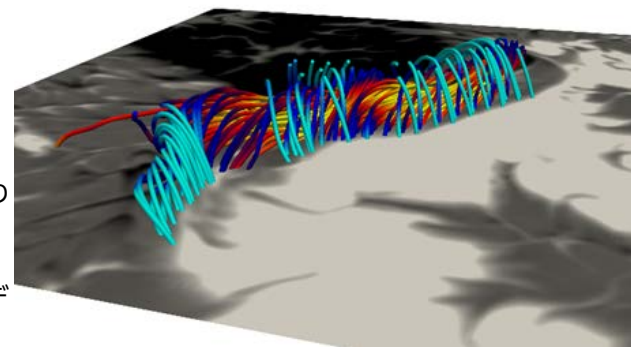


図：「あらせ」が観測した45 keVのイオンの飛行時間(TOF)スペクトル分布。(a) 地磁気活動静穏時。(b) 同日の小規模な宇宙嵐開始時。分子イオンが、宇宙嵐開始時に検出されている。

●「ひので」（太陽フレア）

(S. Toriumi, et al. "Spontaneous Generation of δ -sunspots in Convective Magnetohydrodynamic Simulation of Magnetic Flux Emergence", The Astrophysical Journal Letters, Vol. 886, L21, doi: 10.3847/2041-8213/ab55e7 (2019))

地球の磁気嵐やオーロラの原因となり、衛星・通信障害を引き起こす巨大な「太陽フレア」は、複雑な形状を持つ太陽黒点（デルタ型黒点）に生じる。本研究では「京」コンピュータを用いた大規模数値シミュレーションにより、太陽内部に存在する磁場が太陽表面に出現し、デルタ型黒点を自発的に形成する過程を世界で初めて再現した。デルタ型黒点の形成には磁場と熱対流の相互作用が重要な役割を果たすことが明らかになったほか、形成されたデルタ型黒点は「ひので」衛星などの観測結果とも極めて整合的であった。本研究は、巨大太陽フレアを生じる黒点が、なぜ、どのように発生するのかを明らかにする。これは太陽物理学上の問題を解決する意義だけでなく、宇宙天気予報技術の進展や恒星黒点・恒星フレアの理解といった広い波及効果を持つ成果である。



図：デルタ型黒点の上空には強くねじれた磁力線が形成される。これはフラックスロープと呼ばれ、太陽フレアが発生すると宇宙空間へ放出される。

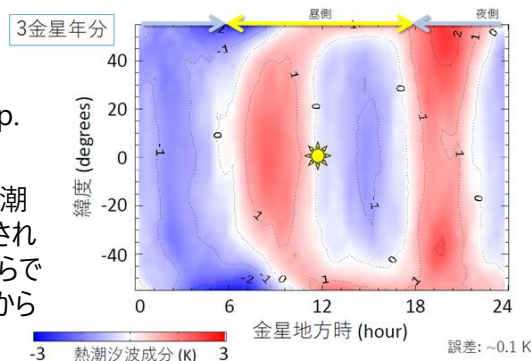
評定理由・根拠（補足） 6.

< 査読付き論文等（宇宙科学分野において世界トップクラスの科学的成果を創出）> 続き

●「あかつき」

(T. Kouyama et al. "Global structure of thermal tides in the upper cloud layer of Venus revealed by LIR onboard Akatsuki", Geophysical Research Letters, vol 46, pp. 9457-9465, doi: 10.1029/2019GL083820 (2019))

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。従来は太陽光を反射する昼側半球が観測されるのみであったが、雲頂付近からの熱赤外線をとらえるLIRは昼面・夜面ともに観測可能だからである。これにより一日潮・半日潮成分の詳細構造を明らかにでき、半日潮汐波の鉛直構造からこの波が大気を加速＝スーパーローテーションに寄与している可能性を示唆した。

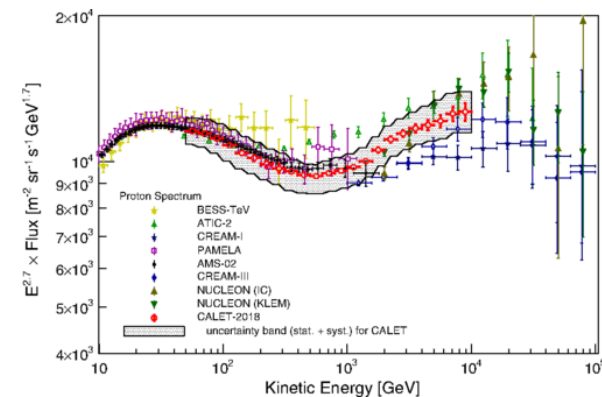


図：あかつきLIRの3金星年分の観測から得た「熱潮汐による雲頂温度場」の全球構造。±3度ほどの温度振幅があり、特に低緯度では半日潮成分が卓越している。全球構造を明らかにしたのは世界初であり、昼面・夜面ともに観測できるLIRの特性と、あかつきの金星赤道周回軌道の利点が発揮された（2019年11月19日 記者説明会資料より）。

●「CALET」（米国学術誌Physical Review Lettersのハイライト論文に選定）

(O. Adriani, et al. "Direct Measurement of the Cosmic-Ray Proton Spectrum from 50 GeV to 10 TeV with the Calorimetric Electron Telescope on the International Space Station", Physical Review Letters, Vol. 122 doi: 10.1103/PhysRevLett.122.181102 (2019))

日本実験棟「きぼう」船外実験プラットフォームに搭載されている、高エネルギー電子・ガンマ線観測装置「CALET」を用いた宇宙線観測により、飛翔体による単一の観測装置としてはかつてない広エネルギー範囲にて陽子スペクトルを決定し、スペクトルの折れ曲がりの存在を確かなものとした。決定したスペクトルはsub-TeV領域にてスペクトルの冪数の変化（スペクトルの折れ曲がり）を3シグマ以上の高い信頼度で示している。このようなスペクトルの冪数の変化は従来の理解では説明することができないため、超新星残骸などの宇宙線加速源や銀河内における伝播機構について新たな理解を獲得するための重要なデータとなる。CALETは今後さらに高精度な観測データを提供することで宇宙線物理学分野への貢献を深める。**本観測結果を報告した論文は米国学術誌Physical Review Lettersのハイライト論文に選定された。**（参照 III.3.9項）



50GeV – 10TeV陽子エネルギー・スペクトル (赤点)
[Physical Review Letters, Vol. 122, 181102 (2019)より転載]

●「Hourglass実験」（現在、論文投稿執筆中）

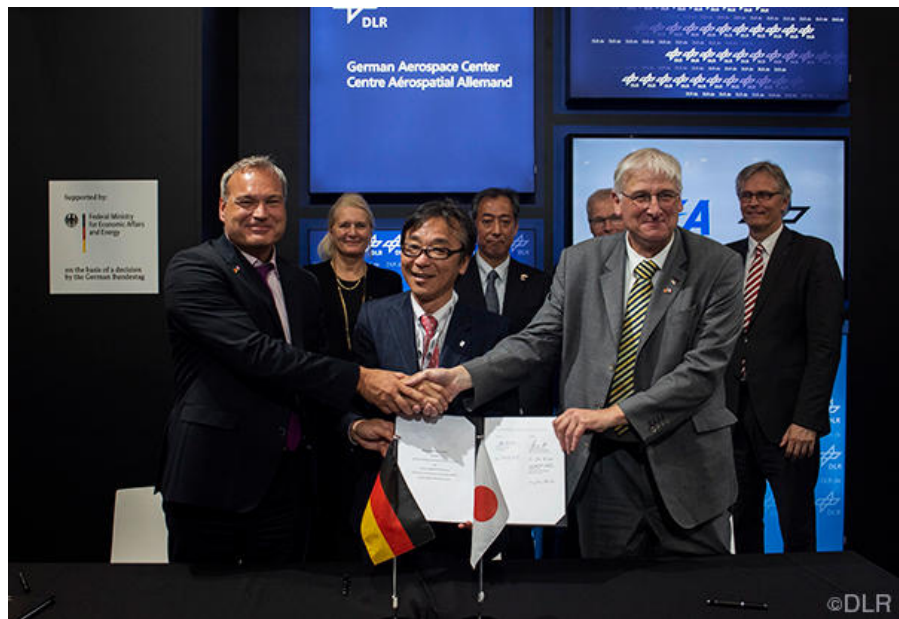
有人宇宙技術部門との連携ミッションとして、Hourglass実験を国際宇宙ステーションの人工重力発生装置で一部実施した。将来の惑星探査機設計のための粉粒体の低重力における特性の取得とDEM等の数値計算の答え合わせとなる基本データを取得した。ミッション立ち上げから打上げまで1年未満という短い期間で外部の大学研究者と連携して設計製造を行い、多くの学生参加によりコミュニティの拡大と人材育成を同時に行った。得られた実験結果は、科学的にも惑星形成過程の解明へ貢献し、他国との相補関係を築く上で強力な工学的知見となりうると考えられた。

（参照：III.3.9 項）

参考情報 1.



首相官邸にてCNESと実施取り決め交換



DLRと実施取り決め交換

< 戦略的な国際協力の推進 >

・X線分光撮像衛星（XRISM）は、欧米とも協力してX線天文学に新しい地平をもたらす先駆けとなる計画である。NASAとの大型協力を進めることと並行して、欧州宇宙機関（ESA）とも協定を取り交わした。世界と共同しつつ、X線天文分野を次のステージへと引き上げるにおいては日本が先導役を果たす。はやぶさ2に続けて、小天体からのサンプルリターンにおいては日本が火星衛星探査計画（MMX）によってリーダーシップを発揮する。MMXには、欧米からの多くの参加があるが、特にフランスとの実施取り決めの締結については、エマニュエル・マクロン（Mr. Emmanuel Macron）フランス共和国大統領の来日の機をとらえ、安倍首相も御臨席のもと、首相官邸にて署名式を行った。

・国際協力には、海外からJAXAの計画に協力参加してもらうとともに、日本の研究者が観測機器の提供を伴って、特に日本では打ち上げることのできない大規模な海外の計画に参加し、成果創出の機会を獲得することも大事である。宇宙科学プログラムにおいてそのような活動をサポートする枠組みをあらためて定義することを行い、国内メンバー周知するとともに、海外宇宙機関にも提示してきている。

（参照 III .6.1項）



<人材育成>

・宇宙科学・探査分野を支える研究者人材の育成・採用・活用に関する方針・計画を戦略的・計画的に議論する「宇宙研人材委員会」を設け、学生を含む宇宙研の活動に関係するすべての人材の活用のために、宇宙研人材育成基本方針を策定した。方針においては、各制度ごとの部分最適の運用から所の人材の活用を全体最適になるように俯瞰し、特に今後の宇宙科学・探査を支える若手人材の育成に重点をおくこととした。さらに、国の施策である女性活躍推進を受け、女性研究者の増加への取り組みを検討した。主に、この分野に進む女子学生の増加（母集団の底上げ）に必要な施策として、1）女性研究者、エンジニア、事業推進系、学生との交流の場の立ち上げ、2）女性研究者を目指す層のすそ野拡大を目指した中高大生へのアプローチ、3）女性活躍の観点から見た、アウトリーチ素材等におけるネガティブインパクト解消策を検討し、1）は所内における風通しの良い環境構築の一つとして、女性研究者等交流会を試行、2）は、女性比率の高い大学、高校等の連携を検討し、大学、高専とは来年度の連携に向けて調整を始めた。

・また、大学共同利用システムによる大学院教育・実践的人材育成機会の提供として、大学院生などを小型飛翔体（観測ロケット及び大気球）実験の「現場」に参加させ、そこで研究・教育・プロジェクト実施の一体運営による人材育成も行っている。2019年度も観測ロケットS-310-45号機、大気球実験において、実践的な宇宙実証実験の機会を将来の担い手である若手に提供し、プロジェクト活動を含む実践教育を実施し、今後の宇宙分野の発展に向けた人材育成に貢献した。

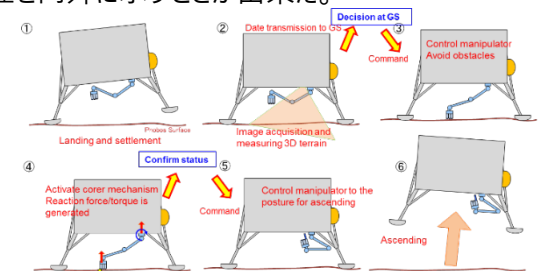
<宇宙科学コミュニティとの連携強化>

・宇宙科学・探査の進め方として、より効率的かつ効果的な推進を目指し、長期的、戦略的な宇宙科学・探査のプログラム化を導入することが必要になり、2018年度から宇宙科学・探査ロードマップの改訂、及び宇宙科学技術ロードマップの制定に向けた検討を進め、宇宙理工学委員会、宇宙科学コミュニティとのタウンミーティングによる意見交換や、委員会での議論等を踏まえた上で、宇宙科学研究所にて制定し、今後の宇宙科学・探査の方向性を内外に示すことが出来た。

<フロントローディング（開発リスクの低減、ミッション立ち上げ強化）>

・火星衛星探査機（MMX）は、初期段階での不確定性を低減し、またその後の開発全体のリスクを低減するため、新規性（リスク）の高いミッション系機器等キーとなる重要技術（クリティカル技術）について、先行的に研究開発・実証するため、MMXで初めて導入した。1）重力天体着陸・表面探査技術、2）ミッション部成立性、3）探査機システムについて集中的な技術検討を行い、いずれも成立性の目途を得た。移行後の技術/コスト/スケジュールリスクを抑制した、実現性の高い確実な計画として結実した。

・また、技術ロードマップ等をコミュニティと共有した上で、宇宙科学・探査に係るプロジェクト移行前にミッションの実現に必要なキー技術の事前実証を行いミッション立ち上げ強化を図ること、また、将来を見据えたミッション創出を念頭に我が国が世界に先駆けて獲得すべき共通技術領域の研究開発を重点的かつ継続的に推進することを目的に実施する「技術のフロントローディング」機能を提案し、FY2020からの実行に目途があった。今後、「宇宙科学技術ロードマップ」を踏まえ、上記を念頭に研究開発を重点的かつ継続的に推進する。



図：【フロントローディングの一例】火星衛星表面での運用シナリオを検討し、「火星衛星表面から地下2cm以上の深さのサンプルを採取すること。」のミッション要求を満たせるロボットアーム及びコアラー機構の機能試験を実施。

参考情報 3.

<産業振興>

・春日電機株式会社との共同研究で、小惑星探査機「はやぶさ2」のイオンエンジン技術を応用し、従来の真空除電技術と比べて100倍以上の速度で真空中の帯電した物体を除電することができる除電器の開発に世界で初めて成功した。さらに、春日電機株式会社は、この共同研究の成果である技術を利用し、宇宙技術を活用したスピノフ製品（地上転用）として「マイクロ波プラズマ除電処理システム」を開発した。

（参照 III.4.1項）



小惑星探査機「はやぶさ2」



© 春日電機

マイクロ波プラズマ除電処理システム

<記念式典等>

・2019年度は、相模原キャンパス移転30周年、日本初の人工衛星「おおすみ」打ち上げから50周年の記念の年度。

・11月1日に相模原キャンパス移転30周年記念式典を開催。上野文部科学副大臣をはじめ約180名にご出席いただき、地元自治体や関連機関等に対し、今までの協力への謝意と今後の関係強化を図るため感謝状を贈呈。また、相模原市との更なる連携強化を目的として協定を締結した。記念式典の翌日には、例年夏に開催していた相模原キャンパス特別公開を一日のみ開催し、1万人超の来場者があった。

・「おおすみ」打上げ50周年を記念した「宇宙科学・探査とおおすみシンポジウム」を2月11日に国立科学博物館にて開催し、約150名にご出席いただいた。シンポジウムでは、2件の基調講演と、後半のパネルディスカッションでは、これまでの宇宙科学・探査の50年を振り返るとともに、新たな50年に向けての活発な議論が行われた。



相模原市との協定締結式



特別公開の様子

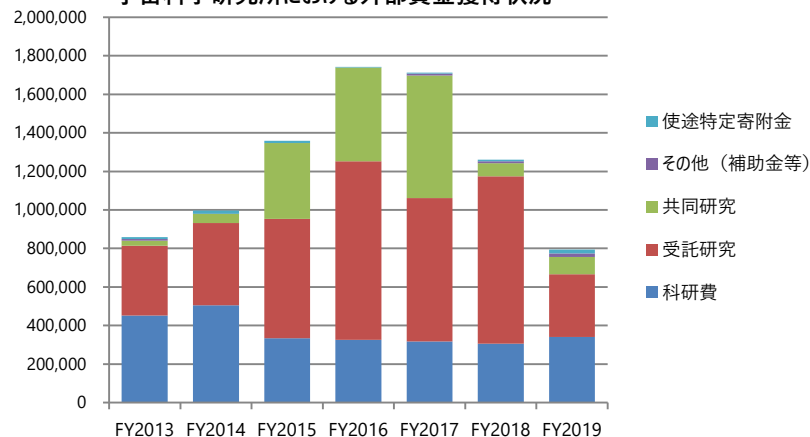


「おおすみ」打上げ50周年を記念した「宇宙科学・探査とおおすみシンポジウム」の様子

参考情報 4.

| | 実績 | 備考 |
|-----------------|--|--|
| 1. 今年度の研究成果 | | |
| (1) 査読付き学術誌掲載論文 | 348 編 (2019年1月-12月) | Web of Science (WOS)調べ (図2) |
| (2) 著名な学術誌での掲載数 | Nature 2編、Science 3編 (2019年4月-2020年3月) | |
| (3) 学術賞受賞 | ○はやぶさ2：科学技術と経済の会会長賞受賞 ○はやぶさ、はやぶさ2：COOL JAPAN AWARD 2019受賞 ○宇宙機応用光学研究系 久保田教授、吉光准教授： 日本機械学会宇宙工学部門 一般表彰スペースフロンティア受賞 ○宇宙飛行工学研究系 佐伯助教他：第52回市村学術賞 貢献賞受賞 他多数 | |
| 2. 高被引用論文数 | 57編 (調査月：2020年2月、 調査対象：2009年1月1日～2019年12月31日) | Essential Science Indicators (ESI) データに基づく (図3) |
| 3. 外部資金獲得額 | 約 7.9億円 (2020年2月現在) | (図1) 受託研究の減少は、革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) が2018年度で終了したため。 |
| 4. 学位取得者数 | 57名 (修士48名、博士9名) | (参考4) |

単位：千円 (図1) ■ 外部資金獲得状況 (FY2013～FY2019)

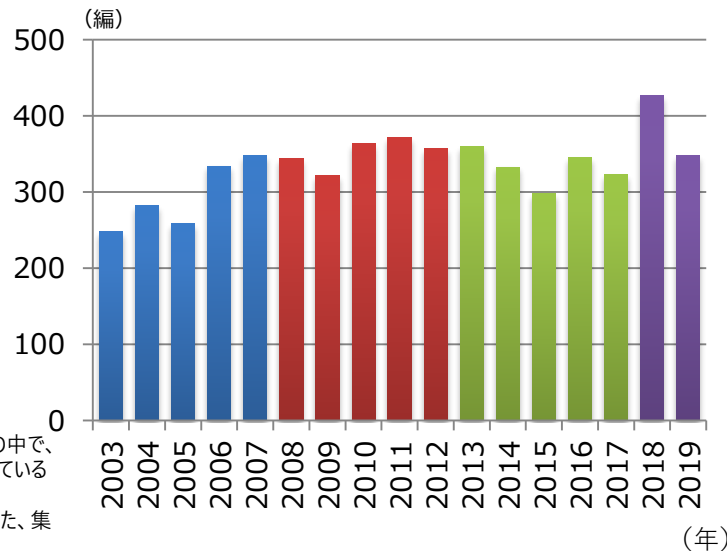


| 年度 | FY2013 | FY2014 | FY2015 | FY2016 | FY2017 | FY2018 | FY2019 |
|------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| 計 | 858,134 | 995,831 | 1,359,098 | 1,743,065 | 1,713,181 | 1,259,964 | 793,206 |
| 科研費 | 451,100 | 505,675 | 333,147 | 324,890 | 316,514 | 305,377 | 340,219 |
| 受託研究 | 362,360 | 426,449 | 619,484 | 927,347 | 744,326 | 868,792 | 326,421 |
| 共同研究 | 26,839 | 47,138 | 395,185 | 486,208 | 637,341 | 67,977 | 88,516 |
| その他 (補助金等) | 8,335 | 800 | 0 | 0 | 9,000 | 10,000 | 19,000 |
| 使途特定寄附金 | 9,500 | 15,769 | 11,282 | 4,620 | 6,000 | 7,818 | 19,050 |

●受託研究には、科学技術振興機構 (JST) の競争的資金制度含む

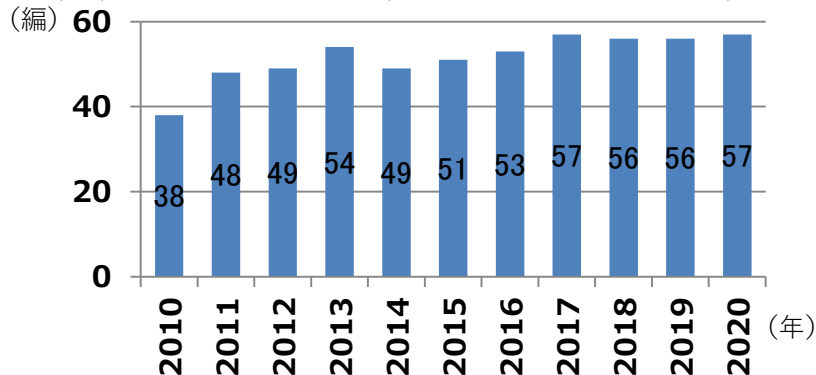
単位：千円

(図2) ■論文数の推移 (注1)
Number of papers (Web of Science)



(注1) ISASの研究者を共著者に含む論文の中で、Web of Science (WOS) が調査の対象としている学術誌に掲載された論文のみの数。
従って、全査読付き論文数よりも少ない。また、集計は年度ではなく暦年。(各年1月～12月)

(図3) ■高被引用論文の推移 (2020年2月調べ・ESIデータに基づく)



○調査対象は、2020年2月27日に更新されたESIデータに基づく、2009年1月1日～2019年12月31日(対象は過去10年)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、分野及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。

■ 学位取得状況

(参考4) ISAS 学位取得者状況等
大学院生に実践的な研究現場を提供し、人材育成、技術者養成を実施。

| 学位取得年度 | 2014年度 | | | 2015年度 | | | 2016年度 | | | 2017年度 | | | 2018年度 | | | 2019年度 | | |
|-----------|--------|----|----|--------|----|----|--------|----|----|--------|----|----|--------|----|----|--------|----|----|
| | 修士 | 博士 | 小計 | 修士 | 博士 | 小計 | 修士 | 博士 | 小計 | 修士 | 博士 | 小計 | 修士 | 博士 | 小計 | 修士 | 博士 | 小計 |
| 総合研究大学院大学 | 2 | 2 | 4 | 0 | 2 | 2 | 0 | 5 | 5 | 1 | 3 | 4 | 1 | 4 | 5 | 0 | 3 | 3 |
| 東京大学大学院 | 24 | 9 | 33 | 31 | 6 | 37 | 24 | 11 | 35 | 28 | 7 | 35 | 25 | 10 | 35 | 21 | 6 | 27 |
| 特別共同利用研究員 | 29 | 5 | 34 | 15 | 3 | 18 | 10 | 0 | 10 | 12 | 0 | 12 | 18 | 1 | 19 | 7 | 0 | 7 |
| 連携大学院 | 7 | 2 | 9 | 5 | 1 | 6 | 6 | 2 | 8 | 10 | 3 | 13 | 8 | 0 | 8 | 20 | 0 | 20 |
| 計 | 62 | 18 | 80 | 51 | 12 | 63 | 40 | 18 | 58 | 51 | 13 | 64 | 52 | 15 | 67 | 48 | 9 | 57 |

■ 学位取得者の進路

| 修士課程 | 総数： 48名 | 博士課程 | 総数： 9名 |
|------|---|------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> ○進学 10名 ○就職 34名 <ul style="list-style-type: none"> うち、宇宙分野 16名 <ul style="list-style-type: none"> ・公共機関 1名 (JAXA 1名) ・民間企業 15名 うち、非宇宙分野 18名 <ul style="list-style-type: none"> ・公共機関 0名 ・民間企業 18名 ○その他4名 | | <ul style="list-style-type: none"> ○就職 9名 <ul style="list-style-type: none"> うち、宇宙分野 7名 <ul style="list-style-type: none"> ・公共機関 5名 (JAXA 3名、国立天文台 1名、名古屋大 1名) ・民間企業 2名 うち、非宇宙分野 2名 <ul style="list-style-type: none"> ・公共機関 1名 ・民間企業 1名 |



2.プロジェクトの目標と成功基準



2.1 プロジェクトの目的

SLIMは、以下の2つの目的を達成することで、将来の月惑星探査に貢献することを目指した提案である。

【2つの目的】

- <<目的A>> 小型の探査機にて、月への高精度着陸技術の実証を目指す
 - 諸外国で行われてきている月着陸の精度はkmオーダー。これに対して、SLIMでは将来の科学探査・国際宇宙探査で必要とされる100mオーダーを目指す
- <<目的B>> 従来と比較して、大幅に軽量な月惑星探査機システムを実現し、着陸後の月面活動の実証実験を含めて実施することで、月惑星探査の高頻度化に貢献する
 - 軽量化に伴うコスト低減を含めた低リソース化は、我が国における惑星探査の自立性確保の観点からも重要
 - 諸外国の月着陸機と比較して大幅な軽量化を目指している

例: 米国月着陸機「サーベイヤー」打上重量995kg vs SLIM打上重量 約590kg

【将来探査への貢献】

- 重力天体への高精度着陸探査技術を習得。火星着陸探査への応用も期待される
- イプシロンロケットで月惑星探査を実現するのに必要な諸技術を習得
- 小型探査機を実現する技術は、将来、月面から帰還するシステムを考える上でも重要



2.プロジェクトの目標と成功基準



【参考表】諸外国の月着陸探査機

| 探査機名 | 実施国 | 打ち上げ年 | 着陸精度 | 重量(打ち上げ時) |
|--|-----|-----------|--|-------------------------------|
| サーベイヤー1号 | 米国 | 1966 | (アポロ実証機) | 995.2kg |
| サーベイヤー7号 | 米国 | 1968 | (アポロ実証機) | 1039kg |
| アポロ11号 | 米国 | 1969 | 誤差楕円 20km(downrange) x 5km(crossrange) | 司令・機械船 : 28.8t 着陸船 : 15.2t |
| アポロ12号 | 米国 | 1969 | 誤差楕円 13km(downrange) x 5km(crossrange), 結果は163[m] (ターゲット: Surveyor III) | 司令・機械船 : 28.8t 着陸船 : 15.2t |
| ルナ9号 | ソ連 | 1966 | ("Luna-9,13はシンプルなナビゲーションだった"。エアバッグによるランダ軟着陸) | 1538kg |
| ルナ13号 | ソ連 | 1966 | | 1620kg |
| ルナ20号 | ソ連 | 1972 | ("Luna-18クラッシュ地点から1.8km") | 5727kg |
| 嫦娥3号 (Chang'e 3) | 中国 | 2013 | ("予定していた虹の入江ではなく、やや東にずれた雨の海北西部に着陸") | 3700kg |
| Astrobotic Griffin Lander (Google Lunar XPRIZE) | 米国 | ~2017(予定) | 100m | 2360kg |
| Resource Prospector Mission | 米国 | 2020(予定) | 100m | |
| ルナ25号 (Luna Grob Lander) | ソ連 | 2019(予定) | 30km | 1450kg |
| ルナ27号 (Luna Resurs Lander) | ソ連 | 2021(予定) | 3km | 2200kg |
| 嫦娥4号 (Chang'e 4) | 中国 | 2018(予定) | (月の裏側への着陸) | 3700kg |
| 嫦娥5号 (Chang'e 5) | 中国 | 2017(予定) | | |
| チャンドラヤーン2号 | インド | 2017(予定) | 誤差楕円 30km(downrange) x 15km(crossrange) | 3200kg |
| SLIM | 日本 | 2020(予定) | 100m | 約590kg |



2.プロジェクトの目標と成功基準



2.5 SLIMの成功基準

前述の目標に対応して、成功基準を以下のように定めている

| 基準 | 内容 | 判断時期 |
|-----------|---|---|
| ミニマムサクセス | 小型軽量の探査機による月面着陸を実施する。それによって、以下の2項目を達成する。 <ul style="list-style-type: none">高精度着陸に必須の光学照合航法を、実際の月着陸降下を実施することで検証する(A-1, A-2)軽量探査機システムを開発し、軌道上動作確認を行う(B-1, B-2) | 取得したテレメータを元に地上での解析を月面着陸降下実施後1ヶ月以内(TBD)に実施 |
| フルサクセス | 精度100m以内の高精度着陸が達成されること。 具体的には、高精度着陸航法系が正常動作し、誘導則に適切にフィードバックされ、着陸後のデータの解析により着陸達成に至る探査機の正常動作と着陸精度達成が確認されること。(A-1~4, B-1~3の全てを達成することを意味する) | 取得したテレメータを元に地上での解析を月面着陸降下実施後1ヶ月以内(TBD)に実施 |
| エクストラサクセス | 高精度着陸に関する技術データ伝送後も、日没までの一定期間、月面における活動を継続し、将来の本格的な月惑星表面探査を見据え、月面で活動するミッションを実施する。(A-1~4, B-1~4の全てを達成することを意味する) | ミッション終了時 |

| 財務及び人員に関する情報 | | | | | | | | |
|-----------------|------------|------------|------|------|------|------|------|--|
| 項目 \ 年度 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | |
| 予算額 (千円) | 17,106,903 | 20,473,275 | | | | | | |
| 決算額 (千円) | 17,435,242 | 21,401,455 | | | | | | |
| 経常費用 (千円) | － | － | | | | | | |
| 経常利益 (千円) | － | － | | | | | | |
| 行政コスト (千円) (※1) | － | － | | | | | | |
| 従事人員数 (人) | 307 | 318 | | | | | | |

(※1) 「独立行政法人会計基準」及び「独立行政法人会計基準注解」の改訂(平成30年9月改定)に伴い、2018年度は「行政サービス実施コスト」、2019年度以降は「行政コスト」の金額を記載。

| 主な参考指標情報 | | | | | | | |
|------------------|-----------------------|-----------------------|------|------|------|------|------|
| 項目 \ 年度 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
| 大学共同利用設備の利用件数 | 87 | 93 | | | | | |
| 女性・外国人の教員採用数 | 1名 | 0名 | | | | | |
| 日本学術振興会のフェロー数 | 8名 | 7名 | | | | | |
| 大学などへの転出研究者数 | 1名 | 3名 | | | | | |
| 大学共同利用連携拠点数 | 5 | 3 | | | | | |
| 学生受入数及び学位取得者数 | 受入学生数：278名、学位取得者数：67名 | 受入学生数：264名、学位取得者数：57名 | | | | | |
| 査読付き論文数 | 427編 ※1 | 348編 ※1 | | | | | |
| 高被引用論分数 | 56編 ※2 | 57編 ※2 | | | | | |
| 学術表彰の受賞件数 | 8件 | 19件 | | | | | |
| 科研費等外部資金の申請数と取得額 | 125件 1,261,278千円 | 137件 793,206千円 | | | | | |

※1査読付き論文数：暦年で換算（2019年1月-12月）

※2高被引用論文数：調査月：2020年2月、
調査対象：2009年1月1日～2019年12月31日

| 2018年度 業務実績評価において指摘された課題 | 改善内容 |
|---|---|
| <p>○引き続き、「はやぶさ2」の活躍、目標の成果を上げることで、研究開発に拍車をかけてもらいたい。宇宙開発技術への国民への理解を深めるための科学技術への理解浸透のコミュニケーションを促進して頂き、若年層の技術への興味促進を行い、将来の日本技術人材の育成に貢献してほしい。</p> | <p>「はやぶさ2」の成果が今後のミッション、例えば火星衛星探査計画（MMX）に繋がる、継続性のあるものであることを説明するなどし、継続した研究開発の必要性をこれからも発信していく。また、今年度の相模原キャンパス特別公開は1万人を超える来場者があったが、若年層の来場者も多くみられた。今後もこのような機会を活用しながら、人材育成へ貢献できるように努める。</p> |
| <p>○科学技術の創出等の成果が求められる事業においては、科学的成果の普及啓発以外の面においても、我が国の社会・国民に対してどのようなアウトカムを創出できているのかを、納税者の視点でKPIとした評価、資金計画も含めた中長期ロードマップの明確化とそれに基づく進捗評価が必要である。</p> | <p>得られたアウトカムを提示するにあたって、具体的な指標や資金計画を含めた中長期ロードマップの提示有無や方法について検討する。 宇宙基本計画工程表、独法評価基準などに基づき、評価いただいております。また、効率的かつ効果的に宇宙科学・探査を推進することなどを目的に「宇宙科学・探査ロードマップ」を作成しており、それに沿ってプロジェクトを進めている。</p> |
| <p>○当該項目が示す範囲が、「宇宙科学・探査」という「分野」を指しているのか、あるいは「宇宙科学研究所」という「場所」を指しているのが不明確である。法人全体という視点で考えれば、所管部門ごとの項目とするのではなく、部門間の横通しの連携や協力もあり得るはずである。宇宙科学研究所は、「宇宙科学・探査」という分野を超えて、多面的な役割を担っており、当該部門のガバナンス・評価についても、宇宙科学・探査のみならず、衛星リモートセンシングや宇宙輸送システムなど、関連する他領域についても明示的に役割を配分し、評価することが望まれる。</p> | <p>中長期目標の項目毎に評価することとされており、目標・計画に照らして、対応する計画と実績に沿って自己評価を行っている。「宇宙科学・探査」の項目において目標・計画に掲げられているリモセン・宇宙輸送システム関連の活動は、本項目にて評価いただきたい。 中長期目標の項目毎に評価することとされており、目標・計画に照らして、対応する計画と実績に沿って自己評価を行っている。</p> |
| <p>○「はやぶさ2」が多大な成果を上げている背景には、「はやぶさ」（初号機）や他のJAXAミッションで獲得された経験や資源が有効的に活用されていることがあると考えられる。「はやぶさ2」のミッションを通じて獲得した知見等についても、今後のミッションに有効的に活用されることを強く期待する。</p> | <p>「はやぶさ2」メンバーを後続の計画に参加させるなどし、獲得した知見等を次の開発に繋げられるようにしている。</p> |
| <p>○「はやぶさ2」のミッションがもたらした成果は絶大である。国際的なプレゼンスも極めて高く、計測技術や誘導制御技術など、モビリティ等今後大きく変貌が予測される分野に寄与するものであり、産業界への転用・競争力強化への貢献に期待する。</p> | <p>成果の社会実装の可能性を探るとともに、はやぶさ2に限らず、引き続き革新的な技術開発を進める。</p> |
| <p>○NASAの最終選考で惜しくも選出されなかったCAESARプロジェクトへの参画を例に、国際的な競争力を更につけるためにも、今後もJAXAの強みを生かせる海外のミッションへの参画等の魅力的機会があれば、うまく捉えて可能性を広げることが望む。</p> | <p>国際協力は重要であるため、JAXAの強みを生かせる海外ミッションへの参画を今後も進める。</p> |
| <p>○今後の宇宙科学、宇宙研の活動を支える人材の確保は、引き続き重要な課題である。新たに設置された「宇宙研人材委員会」で、女性の採用も含めて具体的な人材育成の戦略を練ってもらいたい。</p> | <p>より長期的な視点に立った女性や外国人と言った多様な人材の採用・育成・活用について検討を進める。</p> |

| 2018年度 業務実績評価において指摘された課題 | 改善内容 |
|--|---|
| <p>○科学的成果の普及啓発以外の面においても、我が国の社会・国民に対してどのようなアウトカムを創出できているのか、国民からみた宇宙科学・探査の意義について、納税者の視点に立った不断の検討と成果の提示が必要である。例えば「はやぶさ」、「はやぶさ2」の成果がどのように生活に係わってくるのかなど、今後、説明責任を十分に果たしていく必要がある。</p> | <p>2019年度は特に「はやぶさ2」では定期的な説明会を実施するなど、成果の提示に努めてきたが、さらにこの成果が何に役立っていくのか、例えば今後のミッションにどのように繋がっていくのかなどについても、積極的に説明を行うように努める。</p> |
| <p>○産業化への貢献が難しい領域ではあるが、宇宙科学・探査も、開発が終わってから産業化を考えるのではなく、常に同時に産業化を考えながらすすめていくことが重要である。今後は、全ての宇宙科学・探査のプロジェクトにおいて、産業化への貢献についても評価することを期待する。</p> | <p>JAXA職員が行うJAXA発ベンチャーで宇宙科学・探査分野では、「はやぶさ」で用いられた技術を利用した事業のベンチャーがあり、また「はやぶさ2」でもイオンエンジン技術を活用したスピノフ製品が開発されているなど、少しずつ産業界への波及効果が出てきている。今後は、このような成果、事例の情報発信をさらに実施するように努める。</p> |
| <p>○「宇宙研人材委員会」をはじめ、法人の各研究人材制度（プロジェクト研究員制度、国際ヤングフェローシップ等）の実績データ調査・追跡調査などの実施結果をまとめる必要がある。昨年度に指摘のあった「大学共同利用機関（システム）」としての評価基準と合わせて検討されることを期待する。</p> | <p>既存の人事制度の実績や、評価も含めた大学共同利用の在り方を踏まえつつ、宇宙科学・探査を担う人材の活用・育成全般について、宇宙研人材員会で検討を進め「方針」「実施計画」としてとりまとめる。</p> |
| <p>○他機関との人事交流について、平成30年度は転出が1名と低調であったと考える。クロスアポイントメント制度によって宇宙科学研究所に人材を取り入れる方向は効果的に進められているようであるが、法人から関係機関に人材を輩出するという観点での人材交流・人材育成の見通し・構想について示すことを希望する。（「大学への転出促進のための制度」の整備状況の報告も含め）</p> | <p>宇宙研人材委員会において、これからの教育職の在り方、キャリアパスについて所としての考え方や必要な施策を検討する。</p> |
| <p>○「はやぶさ2」の成果は大変素晴らしいが、それ以外の成果を目にする機会は少ない。「はやぶさ2」に依存し過ぎぬよう次の核となる差別化ポイントを不断に検討し、長期ミッション計画に反映することを期待する。</p> | <p>将来ミッションの具体化に繋げることをアウトプットとするという意図の下に、「宇宙科学の次期中長期計画をめぐる戦略的シナリオ」を作成しており、宇宙物理、太陽圏科学・惑星科学、宇宙工学のそれぞれの分野ごとに、実施に際しての方針などをまとめている。</p> |

| 2019年度 自己評価において抽出した抱負・課題 | 対応方針 |
|---|--|
| <p>小惑星探査機「はやぶさ2」は、リュウグウが提示した様々な難関を突破し、2019年2月に初回のタッチダウン、4月に衝突実験、そして、それにより巻き上がった地下物質を取得する二回目のタッチダウンを7月に成功させた。ただし、それらを真の成功と呼ぶには、2020年末において唯一無二であるサンプルを無事に回収する必要がある。従来からの計画に従って技術的準備を進める中、新型コロナの猛威が世界的に深刻な影響を与えるということが起こり、全く別の側面からの新しい方策を追加する必要性が生じている。回収隊の安全と現地での感染拡大を起こさないことを確保しつつ、自身では制御できない要素を減らした実行案を策定し、それに従うことで、サンプルを今年末に回収する確実性を最大化する。</p> | <p>回収隊に参加する隊員の感染を防ぐために、出発前に隔離生活を行うことや外部との接触のない形で人員を輸送するといった実効策の検討、感染予防に必要な物資(マスク、アルコール除菌ペーパー、隔離生活支援物資等) や出発前に隊員が検査を受けられるように手配すること等を、関係機関の協力を得ながら進める。</p> |