

Ⅲ. 3. 7 宇宙システム全体の機能保証

2019年度 自己評価

B

中長期計画

我が国の人工衛星や地上設備などの宇宙システム全体の機能保証の強化の必要性を踏まえ、政府において、「宇宙システム全体の機能保証(Mission Assurance)の強化に関する基本的考え方」(平成29年4月20日、宇宙システムの安定性強化に関する関係府省庁連絡会議)が策定され、宇宙システムの機能保証強化に関連する施策について具体化に向けた検討が進められている。これらを踏まえ、宇宙システム全体の機能保証について、内閣府や防衛省をはじめとする政府の安全保障関係機関と連携し、政府の機能保証強化策の検討や宇宙システム全体の脆弱性評価、機能保証強化のための机上演習等の政府の取組に対し、

機能保証の観点から宇宙システムの開発や運用に関する知見を提供するなどの技術的な支援を行い、我が国の宇宙システム全体の機能保証に貢献する。また、機能保証と密接な関係にある我が国の将来の射場や即応型小型衛星等の在り方に関する政府の検討についても技術的な支援を行う。

また、上記政府の基本的考え方に基づき、我が国の安全保障や国民の経済活動等に重要な役割を果たすJAXAが保有する宇宙システムの脆弱性評価を行うとともに、その結果を踏まえた必要な取組を進める。

主な評価軸 (評価の視点)、指標等

<p>< 評価軸 > 【安全保障の確保及び安全・安心な社会の実現】 ○我が国の安全保障の確保及び安全・安心な社会の実現に貢献する取組の立案・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 > (成果指標) ○安全保障の確保及び安全・安心な社会の実現に係る取組の成果 (マネジメント等指標) ○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) ○安全保障・防災関係機関等の外部との連携・協力の状況</p> <p>< モニタリング指標 > (成果指標) ○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) (マネジメント等指標) ○安全保障・防災関係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) ○外部資金等の獲得・活用の状況 (例：受託件数等)</p>
---	---

【評定理由・根拠】

宇宙システム全体の機能保証強化に向けて、関連するプロジェクトを着実に遂行するとともに、安全保障関係機関との連携を強化することにより、年度計画で設定した業務を計画通り実施した。主な業務実績・成果は以下のとおり。

1. 宇宙システム全体の機能保証に資する防衛省・防衛装備庁等関係府省との連携強化

- ミッションアシュアランス（機能保証）強化に資するため、衛星利用に係るリスクシナリオ等の政府におけるケーススタディを支援した。
- ミッションアシュアランス強化を視野に、以下の通り防衛省/防衛装備庁との連携強化を進めている。

◇宇宙安全保障の確保に向けた取組として、2波長赤外線センサの実証研究（Ⅲ3.6項 参照）及び宇宙状況監視（SSA）（Ⅲ3.5項 参照）という重要プロジェクトを着実に遂行している。

◇また、宇宙空間の安定的利用を確保するため、防衛大綱・中期防にて導入が明示されたSSA衛星について防衛装備庁より「宇宙設置型光学望遠鏡衛星へ適用する技術に関する調査検討」を受託した。

◇防衛省/防衛装備庁との間での人事交流及び防衛省が主催する報告会への講師派遣等の推進・拡充を図ることも、着実に連携を強化した。特に2019年度は、防衛大学校におけるJAXA連携講座への講師派遣、防衛装備庁技術シンポジウムにおける理事長の特別講演を実施した。

参考：国の政策文書におけるJAXAの役割

※『宇宙領域を活用した情報収集、通信、測位等の各種能力を一層向上させるとともに、宇宙空間の状況を地上及び宇宙空間から常時継続的に監視する体制を構築する。（中略）その際、民生技術を積極的に活用するとともに、宇宙航空研究開発機構（JAXA）等の関係機関や米国等の関係国との連携強化を図る。』（「平成31年度以降に係る防衛計画の大綱」, p.18-19）

※『宇宙領域を専門とする職種の創設や教育の充実を図るほか、民生技術を積極的に利活用するとともに、宇宙航空研究開発機構（JAXA）等の関係機関や米国等の関係国に宇宙に係る最先端の技術・知見が蓄積されていることを踏まえ、人材の育成も含め、これらの機関等との協力を進める。』（「中期防衛力整備計画」, p.6-7）

【評定理由・根拠】（続き）

2. JAXAが保有する宇宙システムの脆弱性評価、宇宙機関連システムの対策強化の取組

- 宇宙機関連システムのセキュリティ対策に関し、宇宙関連企業や制御系セキュリティ専門組織を含む関係機関を集め検討する枠組みの下、**宇宙システムセキュリティ管理標準・セキュリティ対策標準の作成を実施**するとともに、宇宙機関連システム特有の脅威情報の共有を実施した。
- 種子島宇宙センターの電力・水・空調等のインフラ設備の脆弱性評価を実施し、セキュリティ対策状況を把握した。この脆弱性評価においては、**外部のセキュリティ専門家よりエリアセキュリティについて高水準であると評価**されている。
- **制御系セキュリティ専門家や海外宇宙機関とのチャンネルを確立**し、セキュリティ標準の作成や人材育成の進め方など長期的な対策を推進した。
 - ◇宇宙機関間のIT・セキュリティ管理に関する情報管理枠組みである宇宙機関CIO※会合（SACIO、2019年6月）、宇宙データ通信システムに関わる国際標準化検討委員会（CCSDS、2019年10月）や、NASAやESA等との個別調整の場を活用し、国際動向を把握した。（※CIO：情報化統括責任者）
 - ◇宇宙機設計標準の枠組みを活用し、宇宙機関連システムのセキュリティ対策を検討するワーキンググループ（セキュリティWG）を設置した。この中で、宇宙業界で共通的な設計標準の体系および管理手法と、世界的標準とされる米国標準技術研究所のサイバーセキュリティフレームワーク(NIST-CSF)を用い、宇宙機関連システムの脅威識別・リスク評価を実施し、現状を踏まえたセキュリティ標準のドラフトを作成した。
 - ◇制御系セキュリティ対策の体系的な手法収集と実践的な攻撃/防御手法を習得することを目的に、制御系研修に参加した。

防衛省とJAXAの協力・連携状況（FY2019末時点）

（FY2019分は青字）

【協定関連】

- 防衛省との宇宙状況監視(SSA)や衛星データの提供・利用等に関する協定を締結・推進中
- 防衛装備庁との航空宇宙分野での研究協力に関する協定を締結・推進中

【人事交流関連】

- 防衛装備庁との相互の人事交流を実施中（FY2014～）
- 防衛省（航空幕僚監部）から追跡ネットワーク技術センターへの要員の派遣を受け、SSAシステムの設計・整備における協力を実施中（FY2017～）

【受託関連】

- 防衛装備庁より、先進光学衛星に相乗り搭載する衛星搭載型2波長赤外線センサの研究試作を受託（FY2015～）
- 防衛装備庁より、宇宙設置型光学望遠鏡衛星へ適用する技術に関する調査検討を受託（FY2019）

【視察・講師派遣（FY2019分）】

- 防衛大臣をはじめ、筑波宇宙センター等への視察に対応し、業務状況の説明や意見交換を実施
- 防衛大学校におけるJAXA連携講座や防衛装備庁技術シンポジウムをはじめ、各種の講師派遣・講演を実施

【安全保障技術研究推進制度（実施中のもの）】

- FY2017採択課題：3件（極超音速飛行に向けた、流体・燃焼の基礎的研究、等）
- FY2018採択課題：2件（回転爆轟波の詳細構造の解明、雑音画像中の低輝度移動物体高速自動検出技術の開発）
- FY2019採択課題：1件（屈折率分布レンズ材料に関する研究）

【その他の各種取組】

- 防衛装備庁が開発したF7-10エンジンを導入し、JAXAや産業界が有するエンジン技術のテストベッドとして活用（FY2016～）
- 防衛省をはじめとする関係府省とともに、米空軍主催の多国籍机上演習「シュリーバー演習」に初参加（FY2018）
- 2018年12月の大綱・中期防の策定を踏まえ、SSA衛星の導入を始め、防衛省による具体的な取組へのJAXAの協力の充実に向けた意見交換を開始（FY2019～）



研究協力、人事交流、講師派遣等、様々な分野で防衛省との連携を強化・拡充

年度計画	実績
<p>1. 1. 7. 宇宙システム全体の機能保証</p> <p>内閣府や防衛省をはじめとする政府の安全保障関係機関と連携し、政府の機能保証強化策の検討や宇宙システム全体の脆弱性評価、機能保証強化のための机上演習等に向けた政府の取組に対し、機能保証の観点から宇宙システムの開発や運用に関する知見を提供するなどの技術的な支援を行い、我が国の宇宙システム全体の機能保証に貢献する。また、機能保証と密接な関係にある我が国の将来の射場や即応型小型衛星等の在り方に関する政府の検討についても技術的な支援を行う。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・宇宙安全保障の確保に向けた取組として、2波長赤外線センサの実証研究及び宇宙状況監視（SSA）という重要プロジェクトを着実に遂行している。 ・防衛省/防衛装備庁との間での人事交流及び防衛省が主催する報告会への講師派遣等の推進・拡充を図ることも、着実に連携を強化した。 ・特に2019年度においては、防衛装備庁から「宇宙設置型光学望遠鏡衛星へ適用する技術に関する調査検討」を受託するとともに、防衛大学校におけるJAXA連携講座、防衛装備庁技術シンポジウムにおける理事長の特別講演を実施した。 ・また、2018年12月の大綱・中期防の策定を踏まえ、SSA衛星の導入を始め、防衛省による具体的な取組へのJAXAの協力の充実に向けた意見交換を開始した。 <p>宇宙機関連システムのセキュリティ対策に関し、宇宙関連企業や制御系セキュリティ専門組織を含む関係機関を集め検討する枠組みの下、宇宙システムセキュリティ管理標準・セキュリティ対策標準の作成を実施するとともに、宇宙機関連システム特有の脅威情報の共有を実施した。また、種子島宇宙センターの電力・水・空調等のインフラ設備の脆弱性評価を実施し、セキュリティ対策状況を把握した。この脆弱性評価においては、外部のセキュリティ専門家よりエリアセキュリティについて高水準であると評価されている。</p>
<p>平成30年度までの宇宙システムの脆弱性評価を踏まえ、事業継続計画（BCP）等のベストプラクティスの共有やミッションアシュアランス（機能保証）強化に資するリスクシナリオ等のケーススタディなど、政府全体で実施する宇宙システムのミッションアシュアランス（機能保証）強化に資する取組の検討について、政府の求めに応じた支援を行う。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・JAXAが保有する宇宙システムを含め、2017(平成29)年度に政府全体で実施した宇宙システムの脆弱性評価の結果を踏まえ、政府の求めに応じて、事業継続計画（BCP）等のベストプラクティスの共有やミッションアシュアランス（機能保証）強化に資するリスクシナリオ等のケーススタディに係る取組を支援した。

財務及び人員に関する情報 (※2)							
項目 \ 年度	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
予算額 (千円)	2,227,890	1,277,755					
決算額 (千円)	1,882,437	1,319,479					
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)	9	9					

(※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。

(※2) 予算額、決算額、従事人員数は、それぞれ「Ⅲ.3.5 宇宙状況把握」と「Ⅲ.3.7 宇宙システム全体の機能保証」の合計数。

2019年度 自己評価において抽出した抱負・課題	対応方針
JAXA保有の宇宙機関連システムのセキュリティ確保のための活動について、制御システムに関する専門家からのアドバイスや海外の対応状況も踏まえながら着実に実施していく必要がある。	<p>宇宙機関連システムに対し、引き続きルールの設定に加え、セキュリティ対策実施に必要なセキュリティ人材の育成、点検・監査の実施等、次年度より多面的なアプローチで引き続き対応していく。</p> <p>①2019年度に作成した宇宙システムセキュリティ管理標準及び対策基準を、専門家からのコメントも踏まえ2020年中に初版制定し、新規プロジェクト等への適用開始に向けた社内調整を行う。</p> <p>②宇宙機関連システムの管理者に向け、ミッション特有の脅威や対策、海外の動向等を共有するなど、教育活動を開始する。</p> <p>③システム点検の実施、さらに独立した審査/監査体制を検討する。</p>
安全保障関係機関との協力については、各機関からの要請に応えられるよう、次年度以降も対応していく。	同左

Ⅲ. 3. 8 宇宙科学・探査

中長期計画 (1 / 2)

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。

(1) 学術研究の推進

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。

さらに、研究の更なる活性化の観点から、ミッションの立ち上げから終了までを見据えたミッション実現性の事前検討機能の充実及び大学共同利用連携拠点の更なる拡大・充実を行う。

以上の基本方針に基づき、宇宙基本計画にて定める「戦略的に実施する中型計画」、「公募型小型計画」、「多様な小規模プロジェクト（戦略的国際協同計画、小規模計画）」の各機会を活用して、衛星・探査機、小型飛翔体実験（観測ロケット、大気球）の開発・打上げ・運用を一貫して行う。

衛星・探査機の開発にあたっては、宇宙科学研究所のみならず、JAXA全体で密に連携し、大型化・複雑化する衛星・探査機システムを確実に開発する。また、これらのプロジェクトから創出される世界一級の観測データ（採取した地球外の物質試料を含む）は、国際的に広く活用されるようユーザーフレンドリーな形態で公開する。

世界最先端の成果創出を続けるには、人材育成と人材流動性、人材多様性の確保が必須であることから、そのための取組を行う。具体的には、引き続き、世界的業績を有する研究者の招聘、終身雇用（テニユア）教育職への外国人や女性の積極的採用、終身雇用を見据えた有期雇用（テニユアトラック）特任助教制度の整備、大学への転出促進のための制度整備、クロスアポイントメント制度の活用等の施策を進める。

(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

- ・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。
- ・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。

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。
- ・惑星間ダスト及び地球飛来ダストの母天体の観測を実施するための公募型小型計画2の候補として選定された事項についてプロジェクト化に向けた研究を行う。
- ・火星及び衛星の近傍観測と衛星からのサンプル回収を実施するための火星衛星探査計画（MMX）の開発及び運用を行う。
- ・欧州宇宙機関（ESA）が実施する木星氷衛星探査計画（JUICE）に参画する。
- ・以下の衛星・探査機の運用を行う。
 - 磁気圏尾部観測衛星（GEOTAIL）
 - 太陽観測衛星（SOLAR-B）
 - 金星探査機（PLANET-C）
 - 惑星分光観測衛星（SPRINT-A）
 - 小惑星探査機はやぶさ2
 - ジオスペース探査衛星（ERG）

中長期計画（2 / 2）

③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

- ・小型探査機による重力天体への高精度着陸技術の実証を実施するための小型月着陸実証機（SLIM）の開発及び運用を行う。
- ・前述の「宇宙科学技術ロードマップ」に従い、深宇宙航行を革新するためのシステム技術・推進技術・大気圏突入技術、重力天体着陸技術や表面探査技術等、プロジェクトを主導する工学技術の世界最高水準を目指した研究開発を行う。また、宇宙輸送のための将来のシステム技術・推進技術等の検討を含め、萌芽的な工学技術の研究を行う。

④その他

- ・宇宙科学プロジェクトの候補ミッション（戦略的中型計画2、公募型小型計画3、4等）について、初期の成立性検討や初期の研究開発（フロントローディング活動）を従前より充実させ、プロジェクト化について検討を実施する。
- ・我が国の宇宙科学・宇宙探査ミッションの自立的遂行のため、また、国際協力による海外機関ミッションの遂行支援により国際的プレゼンスを確保する観点から、現行深宇宙通信局の後継局として、新たにより高い周波数帯であるKa帯の受信も可能とする深宇宙探査用地上局の開発を進める。
- ・小型飛翔体や実験・試験設備について、多様な実験ニーズへの対応に向けた高度化を図る。特に、大型の設備に関しては、JAXA全体での効率的な維持・整備を行う。
- ・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。

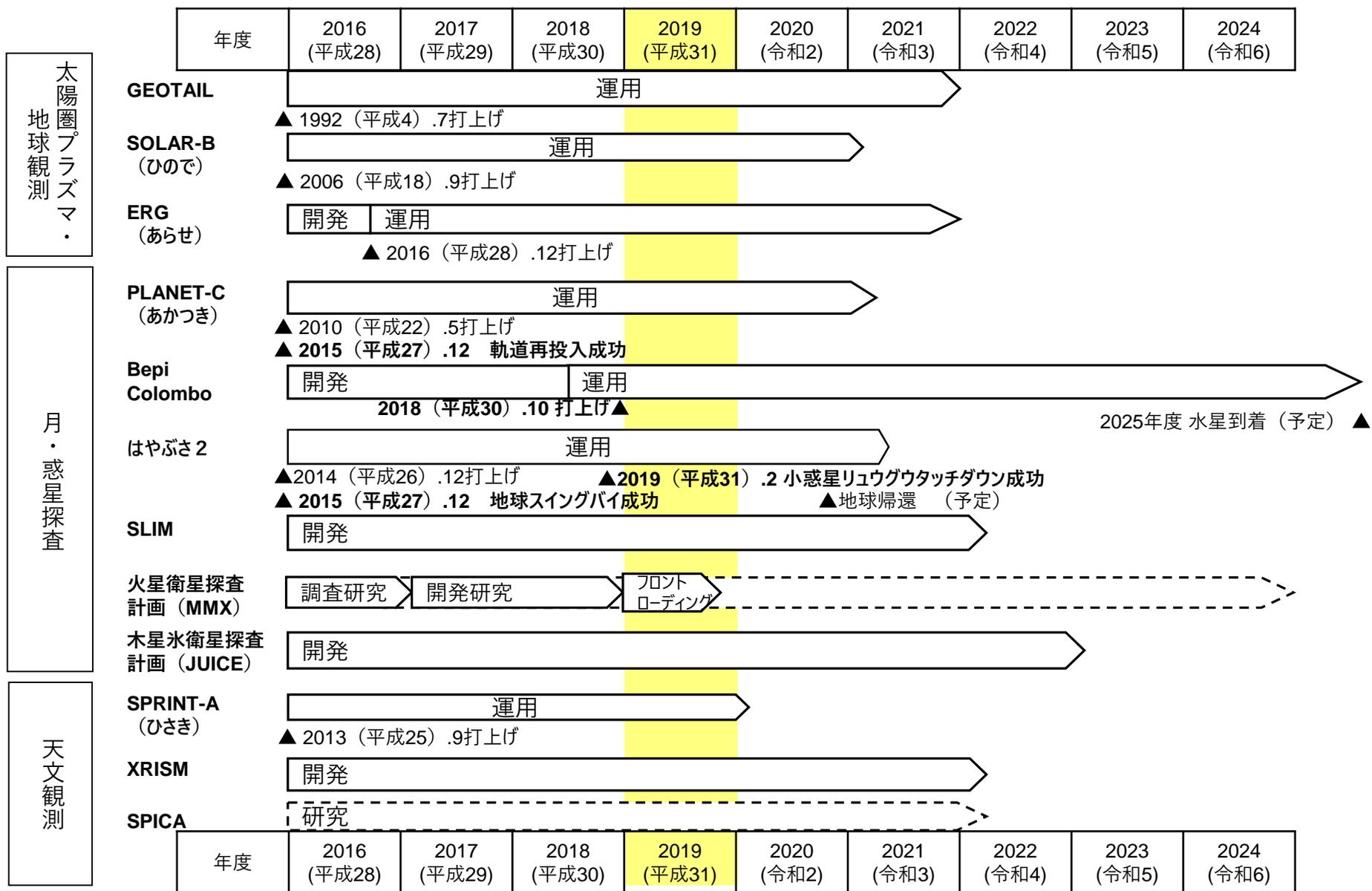
（3）大学院教育への協力

宇宙航空分野に留まらず産業界を含む幅広い分野で活躍し、将来の我が国を担う人材の育成を目的として、総合研究大学院大学、東京大学大学院との連携、連携大学院制度等を活用し、教育環境の向上に努めつつ、研究開発の現場であるJAXAでの学生の受入れ指導等により、大学院教育への協力を行う。

（空欄）

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されていたが、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>

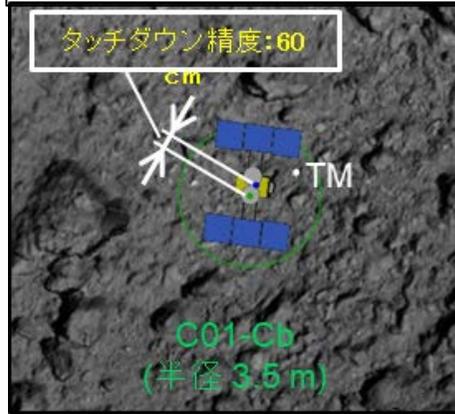
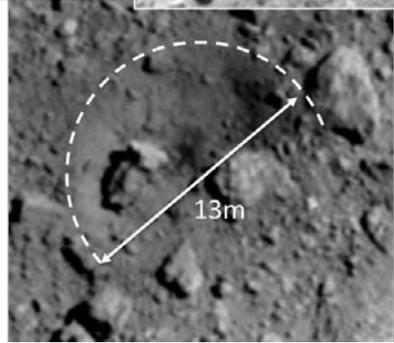
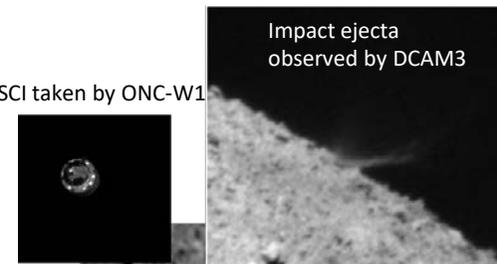
●2019年4月に衝突装置（SCI）を用いて小惑星リュウグウでの人工クレーターの生成に成功した。7月には人工クレーター近傍に2回目のタッチダウンを行い、地下物質を含んだサンプルの採取に成功した。9月には2つのターゲットマーカを、10月にはMINERVA-II2の分離し、これらをリュウグウの周囲を回る人工衛星とすることに成功し、その軌道運動の観測にも成功した。以上をもって小惑星近傍で計画していたミッションを全て完遂した。2020年末の地球帰還を目指し、11月に小惑星リュウグウを出発した。

●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。

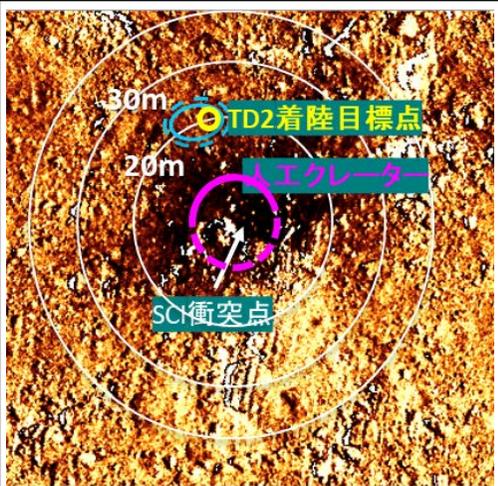
- 1) 小型探査ロボットによる小天体表面の移動探査（FY2018の成果）
- 2) 複数の探査ロボットの小天体上への投下・展開（FY2018の成果）
- 3) 小惑星での人工クレーターの作成とその過程・前後の詳細観測（2019年4月）
- 4) 天体着陸精度60cmの実現（2019年7月）
- 5) 同一天体2地点への着陸（1回目：2019年2月、2回目：2019年7月）
- 6) 地球圏外の天体の地下物質へのアクセス（2019年7月）
- 7) 最小・複数の小天体周回人工衛星の実現（2019年10月）

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）

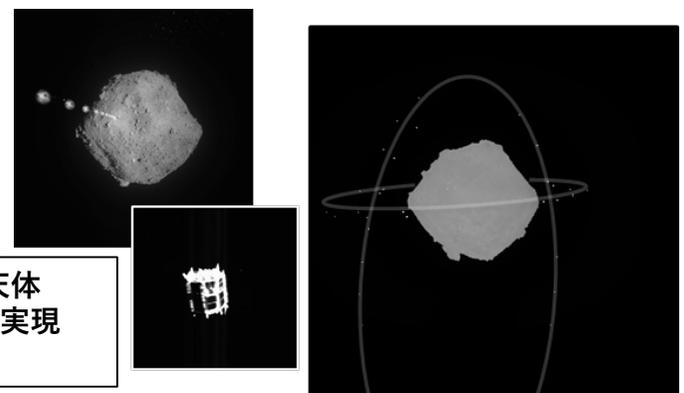


Accumulation of Impact ejecta around artificial crater

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.

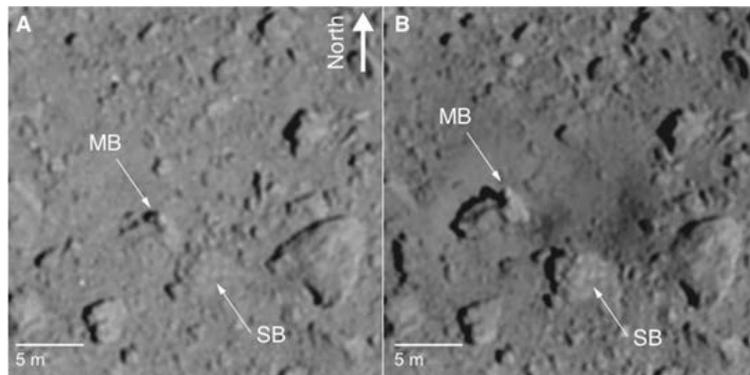
<小惑星探査機「はやぶさ2」の取り組み> 続き

Science誌に掲載：

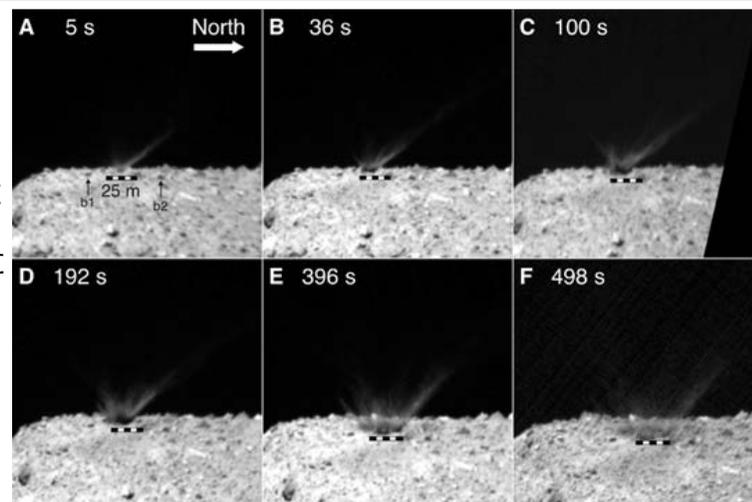
「小型衝突装置SCIと分離カメラDCAM3による小惑星リュウグウにおける宇宙衝突実験のその場観測」(doi: 10.1126/science.aaz1701)

- 「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。

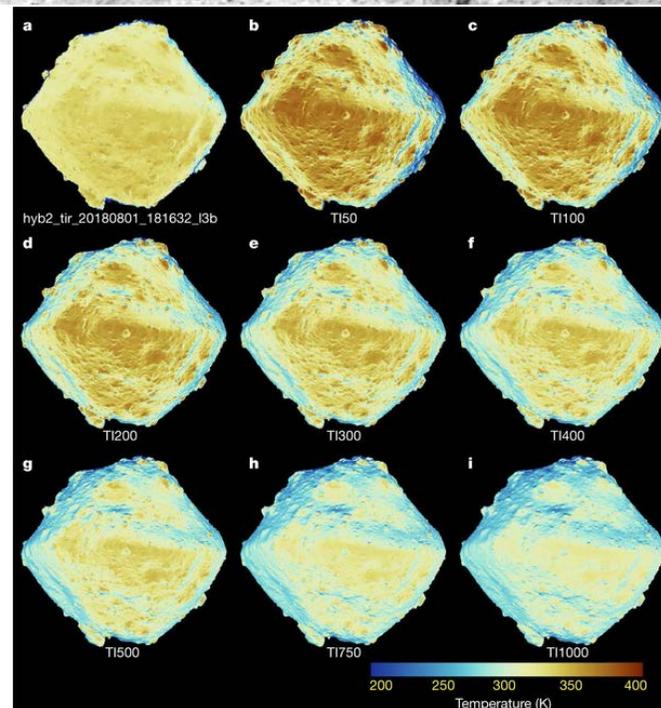
（左図：図1）
ONC-T画像。
SCI作動前のリュウグウ表面(A)、
作動後に形成された人工クレーター(B)。



（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：

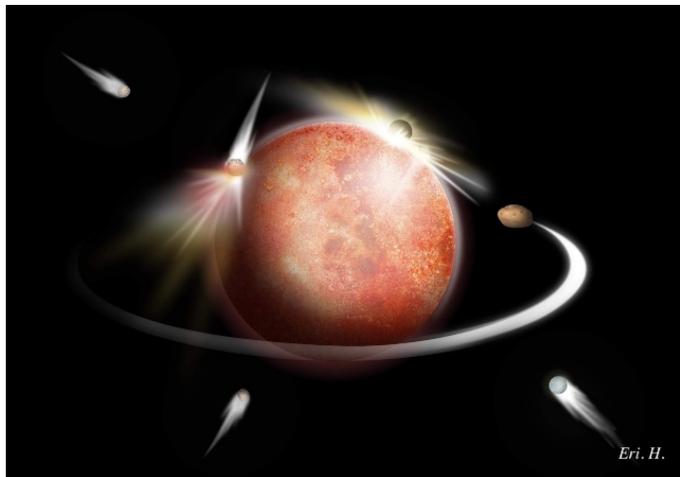
「始原的小惑星リュウグウの熱撮像によって明かされた超多孔質な物質的特徴」
(doi: 10.1038/s41586-020-2102-6)

- 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て算出した結果、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))

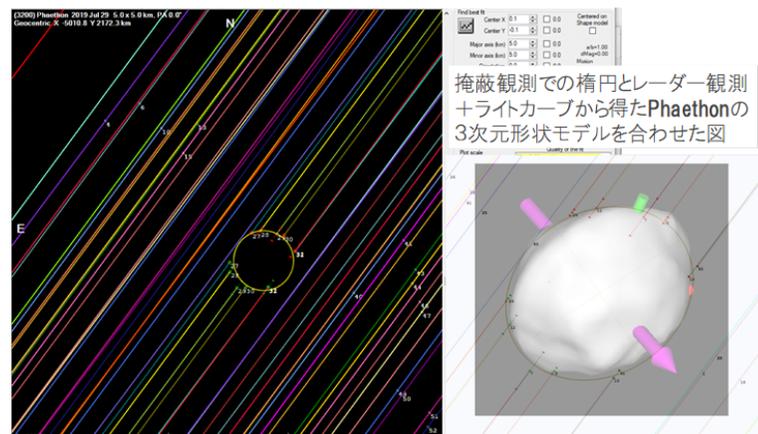
火星における無数の小天体衝突と、破片のフォボスへの輸送過程のイメージ図。
小天体衝突は、火星形成後から恒常的に、あらゆる方向から飛来する衝突天体により、火星全球で起こる。

●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

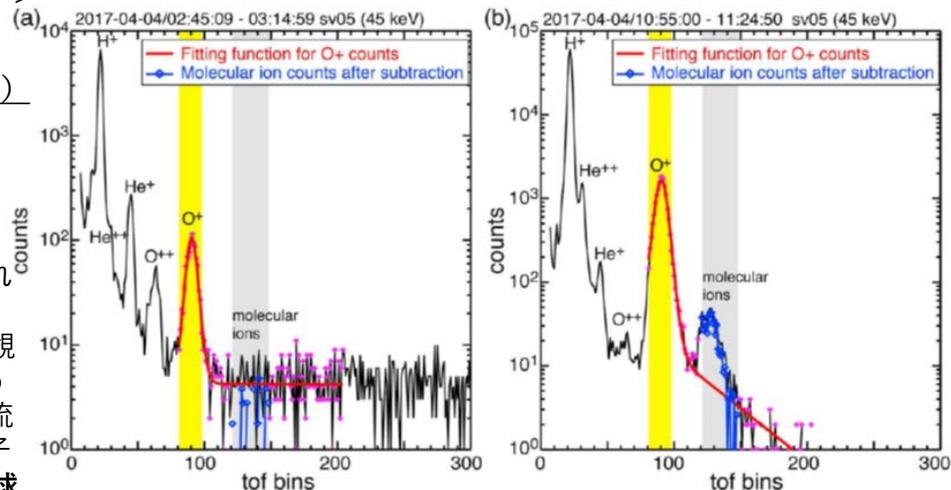
評定理由・根拠（補足） 5.

< 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。**

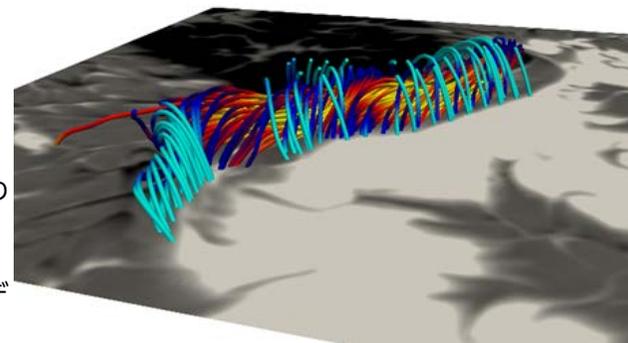


図：「あらせ」が観測した45 keVのイオンの飛行時間(TOF)スペクトル分布。(a) 地磁気活動静穏時。(b) 同日の小規模な宇宙嵐開始時。分子イオンが、宇宙嵐開始時に検出されている。

●「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。

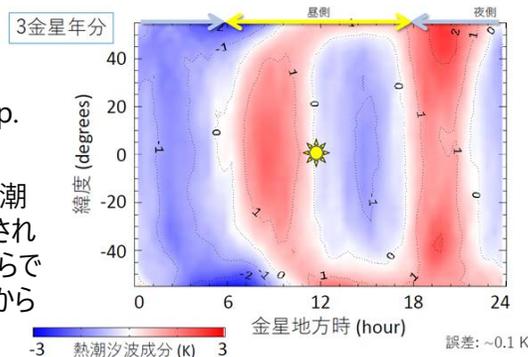
評定理由・根拠（補足） 6.

< 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。

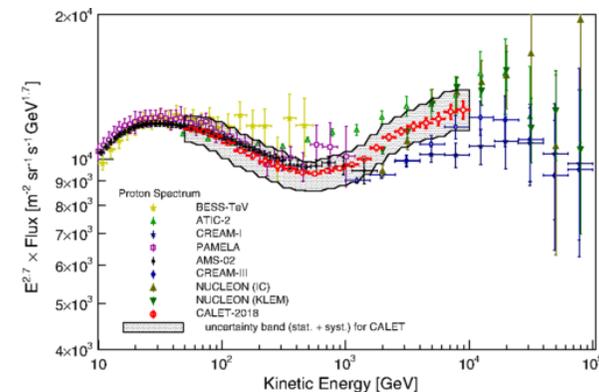


図：あかつきLIRの3金星年分の観測から得た「熱潮汐による雲頂温度場」の全球構造。±3度ほどの温度振幅があり、特に低緯度では半日潮成分が卓越している。全球構造を明らかにしたのは世界初であり、昼面・夜面ともに観測できるLIRの特性と、あかつきの金星赤道周回軌道の利点が発揮された（2019年11月19日 記者説明会資料より）。

●「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）



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。

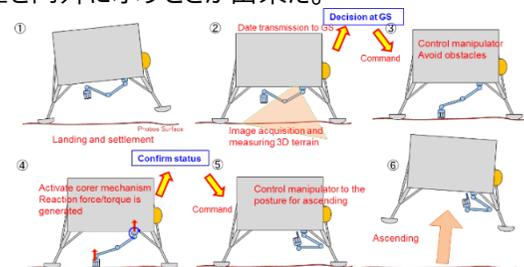
<宇宙科学コミュニティとの連携強化>

・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

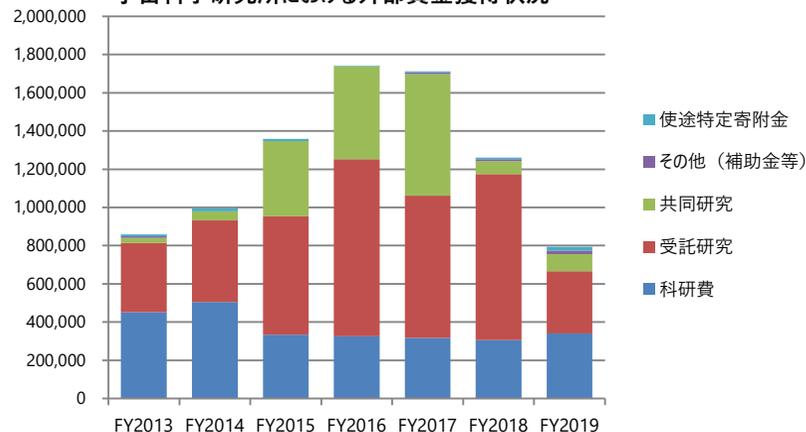


「おおすみ」打上げ50周年を記念した「宇宙科学・探査とおすみシンポジウム」の様子

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)

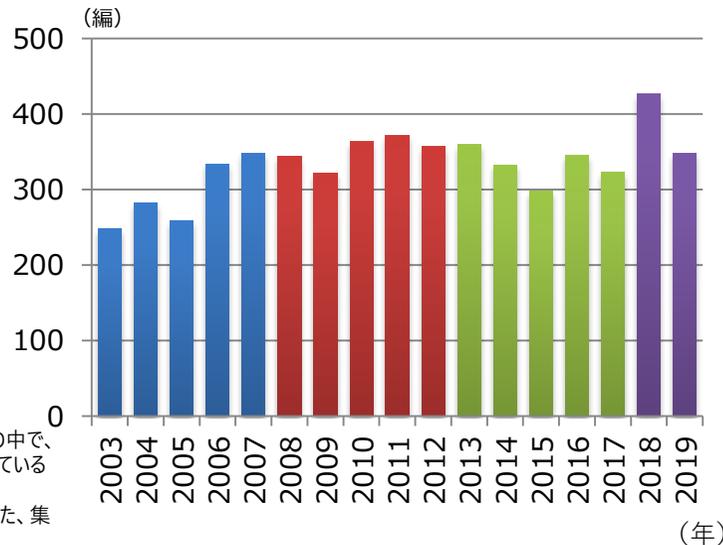


年度	FY2013	FY2014	FY2015	FY2016	FY2017	FY2018	FY2019
計	858,134	995,831	1,359,098	1,743,065	1,713,181	1,259,964	793,206
科研費	451,100	505,675	333,147	324,890	316,514	305,377	340,219
受託研究	362,360	426,449	619,484	927,347	744,326	868,792	326,421
共同研究	26,839	47,138	395,185	486,208	637,341	67,977	88,516
その他 (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

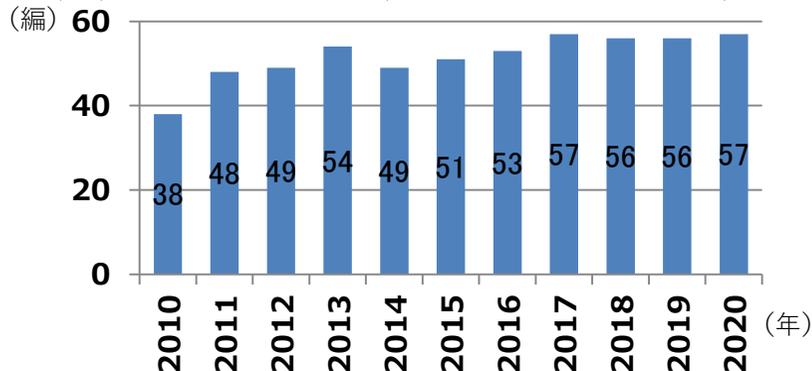
単位：千円

(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															
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
	○進学 10名 ○就職 34名 うち、宇宙分野 16名 ・公共機関 1名 (JAXA 1名) ・民間企業 15名 うち、非宇宙分野 18名 ・公共機関 0名 ・民間企業 18名 ○その他4名		○就職 9名 うち、宇宙分野 7名 ・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 ・公共機関 1名 ・民間企業 1名

年度計画	実績
<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>—</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>
<p>さらに、研究の更なる活性化の観点から、ボトムアップによるミッション提案、特に新規分野からの提案を促進するために、ミッションの立ち上げから終了までを見据えたミッション実現性の事前検討機能の充実及び大学共同利用連携拠点の更なる拡大・充実のための方策を検討する。</p>	<p>宇宙科学の発展に必須な要素の一部を、宇宙研外の拠点が担うことを狙い、大学連携拠点事業を実施している。今年度は、FY2017に採択した3拠点（北大：超小型深宇宙探査機用キックモータ研究開発拠点、千葉工大：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IPMU：硬X線・ガンマ線イメージング連携拠点）の活動（4年間）が後半に入り、拠点としての契約終了後の独立を見据えた取組みが各拠点で進められた。北大拠点では、平成30年度末で契約終了した東大の超小型衛星開発拠点との連携が引き続き検討されている。</p>
<p>以上を踏まえ、具体的には、「戦略的に実施する中型計画」、「公募型小型計画」、及び「多様な小規模プロジェクト（戦略的国際協同計画、小規模計画）」の候補ミッションの選定を行う。衛星・探査機については、次項に定めるとおり開発等を進めるとともに、小型飛翔体（観測ロケット、大気球）による実験機会を提供する。</p>	<p>戦略的海外共同計画は、プリプロ候補となっている1件についてミッション定義段階の活動を継続中。小規模計画は6件の活動を継続し、FY2019に新規2件を採択した。戦略的中型計画2に選定されなかった1件については、引き続きミッション定義段階の活動を継続する。公募型小型計画3に選定されなかった2件について、公募型小型計画4以降の選定に向けて、活動を継続中。</p>

年度計画	実績
	<p>観測ロケットS-310-45号機では、搭載した新開発のモーションステージ（UMS）は、ロケット飛翔中のタイムラインに沿って動作が行われ、装置の設計概念に関する技術実証に成功した。また、同時に搭載されていた分離プローブ（ロケットから離れた位置でのセンシング装置）についても正常な動作が確認され、予定されていたレーザ電力伝送実験や宇宙空間におけるWiFi通信およびデータ伝送実験も成功した。実験オプションで搭載した全方位カメラによるロケット機体の全体撮像を実施し、地上への画像送信にも成功した。</p> <p>大気球実験は当初大型気球によるもの6実験とゴム気球によるもの1実験を計画したが、気球飛翔に不可欠なヘリウムガスの国内供給不足のため実験実施に十分なヘリウムガスを確保できず、大型気球による1実験とゴム気球による1実験を実施するにとどまったが、両実験とも所期の成功基準を達成し学術発表が行われている。なお今後のヘリウムガス供給懸念への対応として水素ガス利用を念頭に、水素ガスを用いてゴム気球を放球し、大型気球放球における水素ガス利用の課題を抽出した。国内実験の実施と並行して2021年春に実施予定のオーストラリア気球実験の実施調整を開始した。</p>
<p>衛星・探査機の開発にあたっては、宇宙科学研究所のみならず、JAXA全体で密に連携することで、大型化・複雑化する衛星・探査機システムを確実に開発する。また、これらのプロジェクトから創出される世界一級の観測データ（採取した地球外の物質試料を含む）は、国際的に広く活用されるようユーザーフレンドリーな形態で公開する。</p>	<p>引き続き、プロジェクトマネジメント改革の考えを宇宙科学プロジェクトへ適用し、安全性・信頼性を第一にした確実なプロジェクト遂行に努めた。特に、プロジェクト化以前の前期検討段階におけるプロセスをより充実させつつある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・赤外線天文衛星「あかり」（ASTRO-F）の観測データについて、公開予定データの検証と公開準備を行った。 ・DARTS（宇宙科学データアーカイブシステム）にて、大学等と協力し過去の有用な科学衛星データを整備し公開する活動の結果を含めて、新たにデータを一般公開した（「きぼう」実験データ、のぞみ・ぎんがのrawデータ、はるかVSOP、ひのとSOX、MAXI/RBM等に加えて多数の既存の衛星のデータ種別追加）。データ公開サービスの安定運用により、世界の研究者から年間で約112テラバイトのデータダウンロード（約4100万回アクセス）を継続的に実現している。 ・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。 ・衛星・探査機の異常の早期発見・通知を行うツールとして「衛星自動監視ソフトウェア(ATMOS)」を開発し、既存のSPRINT-A、ERG、HAYABUSA-2の運用に適用した。可視帯のみでなく非可視帯も含むデータを自動監視することで、より確実な衛星の健全性確保に寄与している。

年度計画	実績
	<p>「はやぶさ」が帰還させたサンプルの分析に関して、FY2019に実施した第7回国際研究公募において、3件の研究提案を採択し、13個のはやぶさ帰還試料を研究者に分配した。これまでの帰還試料分析研究成果としてFY2019に3本の査読付き論文が発行されている。サンプルカタログを発行し、記載されているイトカワ粒子の総数がはじめて1000個を超えた。</p>
<p>人材育成と人材流動性、人材多様性の確保に向けた取組として、世界的業績を有する研究者の招聘、終身雇用（テニユア）教育職への外国人や女性の積極的採用、終身雇用を見据えた有期雇用（テニユアトラック）特任助教制度の運用、大学への転出促進のための制度整備、クロスアポイントメント制度の活用等の施策を進める。</p>	<p>テニユアトラック（特任助教）制度に基づき、公募を行い、年度内に2名の特任助教が着任した（2019年度末、4名在籍）。また、新たにクロスアポイントメント制度を活用した事例が、1件あった。2019年度末現在、女性教育職は6名（うち外国人1名）、外国人研究者（テニユア、ITYF、プロジェクト研究員、海外客員）は、6名在籍しており、積極的採用の検討及び支援策を行っている。また、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、そのためには若手層でのニーズを把握するための対話ルートを充実させることとした。</p>
<p>(2) 研究開発・運用を行う衛星・探査機等</p>	<p>—</p>
<p>宇宙科学の目標の達成に向け、科学衛星・探査機プロジェクトの立ち上げに向けた検討・研究、開発及び運用を行う。</p>	<p>宇宙理工学委員会のもとでワーキンググループ（WG）、リサーチグループ（RG）での開発研究を進めた。また、X線分光撮像衛星（XRISM）を始めとした開発中の科学衛星、探査機は、計画通りに開発を進めた。さらに、稼働中の科学衛星、探査機も着実に運用を行った。</p>

年度計画	実績
<p>①宇宙の始まりと銀河から惑星に至る構造形成の解明</p>	<p>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、さらにそれら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。</p>
<p>●X線分光撮像衛星（XRISM）の詳細設計を進める。</p>	<p>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。</p>
<p>●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。</p>	<p>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担当の冷却系ペイロードモジュールの熱・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。</p>
<p>②太陽系と生命の起源の解明</p>	<p>以下で特にハイライトされた4つの計画は、「条件の異なる太陽系の内側領域と外側領域のそれぞれにおいて、どのように天体が形成・進化してきたか。地球が生命惑星となるために必須であった外側から内側への水・有機物の輸送は、どのようなものだったのか」という課題に多面的にアプローチするものである。特にMMXは、この意味での「はやぶさ2」からの継続であるとともに、JAXAの火星探査の道を切り拓くものでもある。</p>
<p>●水星探査計画／水星磁気圏探査機（BepiColombo/MMO）の運用支援を行う。</p>	<p>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。</p>

年度計画	実績
<ul style="list-style-type: none"> ●深宇宙探査技術実証機（DESTINY+）の開発に着手する。 	<p>公募型小型計画2として選定したDestiny+の概念設計をすすめ、キー技術かつクリティカルパスであるイオンエンジンサブシステムについて基本設計を始め、開発に着手した。また、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、開発研究を継続した。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ●火星衛星探査機（MMX）のフロントローディングを行い、開発に着手する。 	<p>2024年度の打上げに向けて、2019年度はフロントローディング活動として、1）重力天体着陸・表面探査技術（往路モジュール、着陸航法誘導、サンプリング装置）、2）ミッション部成立性、3）探査機システム成立性の技術検討を実施し、リスク低減した開発計画に反映し、「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」という、フロントローディング活動の所期の目的を達成した。また、探査対象天体は、ミッション定義段階にて、惑星科学の観点からはフォボスの方が望ましいと評価していた。システム定義段階の諸検討を経て、その技術的実現性（探査機成立性、惑星保護方針）が確認できたことから、フォボスに確定した。</p> <p>開発移行後の技術/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。計画はJAXAプロジェクト移行審査の結果を踏まえて、文部科学省宇宙開発利用部会第53回で審議・了承された。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ●欧州宇宙機関（ESA）が実施する木星氷衛星探査計画（JUICE）に参画する。 	<p>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、ガリメデレーザ高度計）について、エンジニアリングモデルの試験、フライト品の製作・試験・欧州へのデリバリーを大きなスケジュール遅延なく進めている。サイエンス参加の2機器（カメラシステム(JANUS)、磁力計(J-MAG))についても観測計画の検討などに貢献した。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ●以下の衛星・探査機の運用を行う。 	<p>—</p>
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 磁気圏尾部観測衛星（GEOTAIL） 	<p>今年度「サブストーム（オーロラ爆発）時の磁気圏の磁場と電流系の3次元構造の時間変動の可視化」[G. K. Stephens et al., JGR, 2019]や、「宇宙空間（Geotail、MMS、THEMIS衛星）とオーロラ・地磁気同時観測によるサブストーム開始機構の理解の深化」[K. Nykyri et.al., JGR, 2019]などの成果が得られた。また、昨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、NASA側でも2020年までの運用延長が認められており、2020年に次のsenior reviewが予定されている。</p>

年度計画	実績
<p>▶ 太陽観測衛星 (SOLAR-B)</p>	<p>NASAのIRIS衛星やALMA(電波)との連携観測を継続させ、NASAのParker Solar Probe衛星が太陽接近時に連携観測を実施した。国際研究コミュニティから観測提案を23件採択した。打上げ後11年で得られた成果をレビューチーム(35名)が評価執筆したレビュー論文“Achievements of Hinode in the first eleven years”が査読され日本天文学会欧文研究報告誌PASJに刊行された。第13回ひので科学会議が分野横断プラズマ会議(IPELS)との合同会議として東京大学で9/2-6に開催され、20か国から208名(うち日本から59名)が「ひので」成果に基づくプラズマ現象の議論が行われた。太陽観測衛星「ようこう」「ひので」の科学活動で貢献された柴田一成氏(京都大学教授)が米国天文学会より2020年 George Ellery Hale Prizeを受賞された。</p>
<p>▶ 金星探査機 (PLANET-C)</p>	<p>熱潮汐波の全球に渡る構造を明らかにし、また昼面の子午面循環は極向き、夜面の子午面循環は赤道向きであること、ヴィナスエクスプレスなどとのデータを参照して、雲のアルベドの10年単位の長期変動を明らかにするなどの成果を上げている。</p>
<p>▶ 惑星分光観測衛星 (SPRINT-A)</p>	<p>木星、金星等の連続モニタリング観測を実施し、世界的にユニークな極端紫外線スペクトルデータを創出した。平成28(2016)年後半から開始された、木星探査機(Juno)との木星協調観測やNASA Participating Scientist Programを利用した共同研究の成果が学術誌に掲載された。また、東北大で開催された、外惑星を囲む電離圏・磁気圏を巡る世界最大の会合MOP (Magneto-spheres of Outer Planets) で「ひさき」特別セッションを設け、世界中の外惑星研究者に「ひさき」の成果をアピールした。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た。</p>
<p>▶ 小惑星探査機はやぶさ2</p>	<p>2019年4月に衝突装置を用いて、小惑星リュウグウ表面への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。 サクセスクリテリアにおいては、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)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)。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>

年度計画	実績
<p>▶ ジオスペース探査衛星（ERG）</p>	<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。 <u>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。</u> 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>
<p>③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</p>	<p>月・火星を対象とする国際宇宙探査ということにJAXAは取り組んでいく。小型月着陸実証機（SLIM）は、その着陸探査の側面において先導役となるものである。</p>
<p>●小型月着陸実証機（SLIM）の詳細設計及び製作・試験を行う。</p>	<p>詳細設計を進め、併せてシステム燃焼試験等の重要な試験を実施した。それらの結果も踏まえて、詳細設計審査のプロセスを開始した。</p>
<p>●「宇宙科学技術ロードマップ」の検討を踏まえ、プロジェクトを主導する工学技術の世界最高水準を目指した研究開発を行う。また、萌芽的な工学技術の研究を行う。</p>	<p>宇宙科学ミッションを支える探査機・ロケットのシステム／サブシステム技術や地上試験・検証用のシミュレータや標準プラットフォーム、あるいは軌道決定等の運用技術に関する研究開発を支援し、宇宙機の開発・運用現場に即時的に投入可能な技術や知見の開拓・蓄積を行い、将来のプロジェクトを牽引する工学技術の研究及び萌芽的な工学技術の研究を確実に推進した。</p>
<p>④その他</p>	<p>今年度に準備を進めることを決断した二つの天文衛星は、それぞれ、ビッグバン以前にあった、ビッグバンを生み出した過程を探る（LiteBIRD）、我々の銀河系（天の川銀河）の中核における構造を理解しその形成史を探ると同時に、質量の小さい星の周囲にある系外惑星を効率よく検出する（小型JASMINE）というものであり、JAXA宇宙科学に新しいページを加えるものである。</p>
<p>●宇宙科学プロジェクトの候補ミッション（戦略的中型計画2、公募型小型計画3等）について、初期の成立性検討や初期の研究開発を充実させ、プロジェクト化について検討を実施する。</p>	<p>戦略的中型計画2として選定された宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星（LiteBIRD）、公募型小型計画3として選定された赤外線位置天文観測衛星（小型JASMINE）について、プロジェクト準備審査に向けた活動を進めた。</p>
<p>●現行深宇宙通信局の後継局として、深宇宙探査用地上局の製作及び現地据付工事を進める。</p>	<p>現地据付調整工事を完了し、機器間の総合試験を経て、はやぶさ2からのX帯電波の試験的受信に成功した。</p>

年度計画	実績
<ul style="list-style-type: none"> ●小型飛翔体や実験・試験設備について、多様な実験ニーズへの対応に向けた高度化の検討や大型設備のJAXA全体での効率的な維持・整備に向けた検討を行う。 	<p>観測ロケットによる実験では、計画スケジュールの大幅遅延を防止するため、品質保証部門を設置し、もの作りの初期段階で不具合要因を把握して適切に処置を行った。実験装置を含む機体システムの総合試験時に発生する不具合要因を詳細に分析し、運用面を含めた対処方針を明確化するなどして射場作業への反映を行った。その結果、射場作業における不具合ゼロを達成した。</p> <p>新工作室にて専任スタッフによる「インハウス」での「ものづくり」を開始し、スタッフの様々な経験を活かした技術コンサルティングも適時行い研究開発の発展に貢献している。更に、関係大学、高専との共同研究や技術交流も複数行い、工作室の技術レベルの更なる向上に努めている。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ●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）
<p>（3）大学院教育への協力</p>	<p>－</p>
<p>宇宙航空分野に留まらず産業界を含む幅広い分野で活躍し、将来の我が国を担う人材の育成を目的として、総合研究大学院大学、東京大学大学院との連携、連携大学院制度等を活用し、教育環境の向上に努めつつ、研究開発の現場であるJAXAでの学生の受入れ指導等により、大学院教育への協力を行う。</p>	<p>2019年度、延べ264人の学生を受け入れた（東大学際；79人、総研大：28人、連携大学院：49人、その他：108人）。また、宇宙研での受入れ学生のリサーチアシスタント業務として、通常のリサーチアシスタント業務のほか、「はやぶさ2」の運用管制業務による宇宙科学の最先端の現場体験を内容とする業務を実施した（延べ39人参加）。</p>

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>

Ⅲ. 3. 9 国際宇宙ステーション

中長期計画

国際宇宙ステーションに関して以下の取組を行う。

(1) 地球低軌道利用の拡大と事業化に向けた取組

我が国の科学技術政策や民間ニーズを踏まえ、重点化した分野の「きぼう」利用サービス（新薬設計支援、加齢研究支援、超小型衛星放出及び船外ポート利用）について、定時化（決まった時間間隔で利用できること）・高頻度化・定型化等を進める（プラットフォーム化）。プラットフォーム化した利用サービスについては、利用能力や技術の量的・質的な機能向上、新たな実験手法の開発及び地上の実験設備との連携により実験技術の適用範囲を広げ、利用機会を大幅に拡大する。

さらに、社会的インパクトの大きい研究への協力や支援を通じ、新たな概念・価値を創出する利用サービスを確立し、新たなプラットフォームとして整備する。

加えて、人材育成機能及び超小型衛星開発能力・経験を持つ大学や国の研究機関等との戦略パートナーとしての連携を強化するとともに、定型化されたサービスを事業としてエンドユーザーに提供する民間事業者を選定し、ノウハウ等を含む技術移転を行うことで、国内のみならず海外のユーザを開拓する。

これらの活動により、2020年までに「きぼう」が科学技術イノベーションを支える研究開発基盤として産学官で幅広く利用される姿を実現するとともに、その実績を基に、民間事業者主体による「きぼう」利用事業を開始し、2024年を目標に「きぼう」の一部について事業の自立化を目指す。

また、ISS計画終了以降も見据え、民間事業者による事業化の視点を重視した利用アイデア募集や「きぼう」における利用実証等を通じ、研究開発利用に留まらない新たな地球低軌道利用事業の実現可能性を追求し、事業の創出を目指す。

上述の取組及び国際的動向を踏まえ、地球低軌道有人宇宙活動の2025年以降の在り方や可能性について、技術的な検討を進める。

(2) ISS計画を通じた国際的プレゼンスの維持・向上に資する取組

ISS計画における国際約束に基づく基幹的な役割を果たすとともに、我が国を通じたISS利用機会の提供を海外に広げることで、ISS参加各極に留まらず、アジア諸国、国連等との関係を強化する。

具体的には、日米関係の強化に貢献するため、日米オープン・プラットフォーム・パートナーシップ・プログラム(JP-US OP3)に基づいた、国際宇宙探査等に資する技術の共同研究、ISSや新型宇宙ステーション補給機（HTV-X(仮称)）等を用いた実証、日米研究者による共同実験の実施、実験装置の相互利用、実験試料の交換等の協力を通じて新たに得られた知見により、ISS計画への両国の貢献から生み出される成果を最大化する。

また、「きぼう」、宇宙ステーション補給機（HTV）「こうのとりのとり」を安定的かつ効率的に運用するとともに、日本人宇宙飛行士の活動を安全・着実に進行。さらに「こうのとりのとり」を高度化させ、将来への波及性の高いHTV-X（仮称）を開発し、着実な運用をすることで、ISSへの輸送能力の向上と運用コストの低減を実現するとともに、ISS物資輸送機会を活用した技術実証機会の提供を実現することで、我が国の効率的な有人宇宙活動の実現及び産業の振興等に貢献する。加えて、国連及び人材育成等で海外と連携している大学等との枠組みの活用により、海外機関による「きぼう」利用を拡大する。

さらに、国際宇宙探査や将来の地球低軌道有人宇宙活動等に資するため、水・空気補給量の大幅な削減を目指した再生型環境制御等の有人滞在技術、定型的なクルー作業を代替する自動化・自律化技術、超長期や地球低軌道以遠でのクルー滞在に必要な宇宙医学・健康管理技術等について、ISSを最大限活用した実証を行う。

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：基幹ロケットの打ち上げ成功率・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



*：加盟国はコスタリカ、グアテマラ、ニカラグア、パナマ、エルサルバドル、ベリーズ、ホンジュラス、ドミニカ共和国。

【評定理由・根拠】

ISS計画は、日本の有人技術獲得や利用成果創出、米欧宇宙開発への貢献を目的に始まった。「きぼう」完成、「こうのとり」初号機から10年を迎え、当初目的に加え、「こうのとり」100%成功等の基幹的役割や「きぼう」を軸に将来宇宙探査に不可欠な技術開発を行ってきた実績が国際的な高い評価と宇宙先進国としての地位をもたらし、「スペースX」運用初号機へ野口飛行士が初の国際パートナーとして選ばれ、次期月探査計画のアジア唯一となる参画表明につながった。同時に、宇宙利用の量、質拡大に向けたプラットフォーム(基礎基盤)化に取り組み、世界初の成果や新興国の宇宙参加、人材育成等を促し、非宇宙を含む新たな事業、社会実装をもたらすとともに、限られたリソースでISS参加国中最も効率よく利用成果を生み出す等効率運用、利用を達成した。具体的には、特にISS・「きぼう」にかかる以下の特に顕著な成果が得られたと評価する。<(補足 総論) 参照>

1. 地球低軌道利用の拡大と事業化に関する取組 (例)

過去10年にわたる産学官との工夫、連携により、「きぼう」を宇宙実証の場として不可欠な存在に高め、国内外で利用を拡大、多様化するとともに、自らも機能を向上し活用し続けることで、民間からの高い評価や世界初を含む「きぼう」ならではの様々な成果が効率的に得られた。

(1) 衛星バス不要・高頻度な実証機会の自由度という特性を活かした民間の技術実証利用が成果を上げるとともに、民間事業者による事業拡大フェーズへ発展
<(補足 1-1)、(補足 1-2) 参照>

- 利用メニューの拡大を含む「高頻度化、定時化、定型化」や電力、通信などのリソース提供によるバス部不要な実証機会により有償利用の受注件数を4年連続で増加。
- (株)ソニー-CSL社との小型衛星光通信実験は、宇宙探査イノベーションハブ、情報通信研究機構と連携のうえ、Ethernetでの宇宙と地上の双方光通信を世界で初めて達成し、第4回宇宙開発利用大賞(総理大臣賞)を受賞。同社からは、JAXAによる実験状況に応じた迅速な対応に加え、「きぼう」の利用機会があったことでより短期、低廉に実証出来たことに高い評価が示された。(参照 III.4.2項)
- 小型衛星放出、船外ポート利用事業は、週1回の技術支援やプロセス改善等のきめ細かなサポートによりエンドユーザの早期実証機会への要望やビジネス拡大に貢献。
 - 船外ポート利用事業 (Space BD(株)) : スペインのベンチャー企業に契約後約1年で実証機会を提供、実現し、早期実証へのビジネス需要に貢献。
 - 超小型衛星放出事業 (Space BD(株)、三井物産エアロスペース(株)) : 事業化後2年で34機の受注を獲得し、事業が定着化。
- さらに、「きぼう」で技術実証した膜展開式軌道離脱装置が(株)ALEの人工流れ星実証衛星に搭載、実用化されるなど、「きぼう」を通じた利用、社会実装を拡大。

【評定理由・根拠】（続き）

1. 地球低軌道利用の拡大と事業化に関する取組（例）（続き）

(2) 人工重力付加装置や非接触での高融点材料溶融装置、船外装置での世界初の科学研究成果を創出し、さらに機関間や装置間連携で成果を拡大
<(補足 1-3)、(補足 1-4) 参照>

- 日本にしかない人工重力環境下でのマウス飼育と全数生存帰還を4回連続で達成。マウス飼育システムは文部科学大臣賞を受賞。また、同システムはNASAのレポートでもFeatured Investigationに選ばれた。
- タンパク質結晶化実験では、デュシェンヌ型筋ジストロフィー(DMD)に有効性の高い阻害剤候補の創出に貢献。製薬会社での「動物実験・ヒト臨床試験（第II相）を経て「医療研究開発革新基盤創成事業」（日本医療研究開発機構）において阻害剤化合物の研究が採択された。
- 2000°C以上の高融点材料を非接触で浮遊、溶融可能な世界唯一の静電浮遊炉(ELF)では、物質・材料研究機構と地上では困難な高融点酸化物（La₂O₃-Nb₂O₅系）の浮遊・溶融に成功し世界初の熱物性値を取得、また、超高融点（2413°C）を有する酸化エルビウム（Er₂O₃）液体の原子配列と電子状態を世界で初めて測定することに成功（NPG Asia Materials誌 (IF:8.052)）したほか、ELFデータをNIMS材料データベース公開するなど、波及効果の大きい材料開発へのニーズに応えた。
- 全天X線観測装置（MAXI）は、10年間の集大成としてX線CCDを用いた軟X線帯域の全天マップを世界初公開（日本天文学会欧文学会誌でも掲載）し、MAXIと高エネルギー電子・ガンマ線観測装置（CALET）は、荷電粒子の情報を「あらせ」に提供し詳細観測データ取得につなげる等当初想定していなかった成果を創出した。
- 「きぼう関連の論文数は前年を上回る153件、累計1,900件超となり、限られたリソースの最大限活用によりISS参加国中最も効率よく利用成果を創出した。
成果例：
 - ①宇宙でマウスの精子が受精能力を保ち次世代マウスでも影響が見られないことを発見（Scientific Report 誌(IF:4.011））
 - ②魚のウロコを用いた宇宙での骨吸収に関する知見を獲得（J. Pineal Research誌(IF:15.221））
 - ③別目的の観測機器(MAXI、CALET、SEDA-AP）での同時観測により将来の宇宙天気予報に向けた基礎データを取得。（Space Weather誌(IF:3.69））

【評定理由・根拠】（続き）

2. ISS計画を通じた国際的プレゼンスの維持・向上に向けた取組（例）

現役のISS輸送船唯一となる「こうのとり」100%成功等ISSにおける基幹的な役割を果たすとともに、ISSの技術を発展させ将来の月近傍、月面活動に不可欠な技術開発を行う等、過去10年の実績が国際社会から高く評価された結果、スペースX社の運用初号機に野口飛行士が初の国際パートナー搭乗員として選ばれたとともに、月周回有人拠点「ゲートウェイ」(Gateway)を含む月探査計画にアジア唯一参画表明がなされ、探査につなげることで日本のプレゼンスを維持、向上させることに貢献した。

- (1) 各国の状況に応じた「きぼう」利用で国際協力を拡大し、日本のプレゼンスを発揮（「きぼう」利用を通じた国際貢献の拡大）＜(補足 2-1)、(補足 2-2)参照＞
 - 衛星技術を有する大学（東大、九工大等）と連携のうえ、開発、打上げ、運用をパッケージに、人材育成を交え各国のレベルやニーズに合わせ参画機会や実験プログラムを設定、提供する細やかな戦略と持続的サポートにより新興国の宇宙参加を実現。
 - スリランカ、ネパール、シンガポール、ルワンダ、エジプトの超小型衛星を放出し、放出数は海外累計で19か国、27機に。
 - 日本主導でアジア太平洋地域の「きぼう」利用を目指すKibo-ABCは、UAE飛行士による「きぼう」内ドローン「Int-Ball」を利用した教育ミッション等を実施、400人以上がパブリックビューイングに参加し、UAEやニュージーランド、オーストラリア、台湾、バングラディッシュから6機関がKibo-ABCへ新規加盟。
 - マレーシアによる船外曝露実験（光ファイバ線量計）、タイによるタンパク質結晶生成実験（抗マalaria薬開発）等アジアでの本格利用が進展。
 - これらの取組みは国内外の要人から高く評価され、アジア唯一のISS計画参加国としてのリーダーシップを発揮。
 - アフリカ開発会議（TICAD7@横浜）初となる成果文書への「宇宙」の記載、総理の基調講演でのルワンダ、東大の衛星開発に関する紹介。
 - ルワンダ衛星プロマネの同国教育担当相への就任。
- (2) 日本の高い技術が評価され、日米政府間協力枠組み(JP-US OP3)による日米協力を加速 ＜(補足 2-3) 参照＞
 - 静電浮遊炉利用：米国内の4つの実験テーマでの実験が決定。NASAが自国リソース(宇宙飛行士の作業時間等)を提供する形でJAXAの実験も実施。
 - 小動物の宇宙飼育システム：月や火星の重力環境を模擬できるのはJAXAのみであり、4回の飼育ミッション連続成功を受け、国際宇宙探査につながる長期的なマウスの重力影響評価に向け、JAXAの小動物飼育システムを活用したNASAとの共同低重力ミッションの実施を合意。
- (3) ISS計画における着実な国際約束の遂行、有人宇宙飛行への取り組み ＜(補足 2-4) 参照＞
 - 当初計画になかった「こうのとり」8号機(HTV8)を打ち上げ、ISS輸送船唯一の100%成功を維持。ISSの維持に必須な大型バッテリー等の唯一の輸送機として補給を行い、ISSの安定的な運用に貢献し、各極から日本の貢献への感謝と信頼が寄せられた。
 - 「きぼう」組立完成、「こうのとり」打ち上げ10周年を受け、シンポジウムと記念式典を開催。シンポではネットで100万件以上のアクセスを記録するなど、式典と合わせ多くのメディアで取り上げられた(【参考】HTV8打上げ中継のアクセス数は約15万件)。
- (4) 将来低軌道、国際探査への貢献 ＜(補足 2-4) 参照＞
 - 国際宇宙探査にオールジャパンで挑むべく、「きぼう」で培った技術を発展させ、将来につながる国際的に評価される宇宙技術の研究開発を数多く推進した。
 - NASAが月面探査の主要要素として期待するトヨタ自動車との与圧ローバに関する共同研究。（参照 III.3.8項）
 - MMXなど探査機の着陸機設計に資する、地盤特性（レゴリス）の重力依存性研究（月・火星等の重力環境模擬が可能な装置を用いた軌道上実験）。
 - 他国が利用を求めているマウス飼育の汎用タスク自動化・自律化につながる遠隔操作の研究開発。

3. なお、年度計画で設定した業務は計画通り実施した。

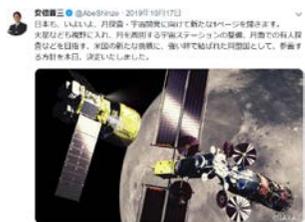
評定理由・根拠（補足 総論）：「きぼう」完成、「こうのとりの初号機」から10年、「きぼう」は当初の目的を超え、新たなステージへ（詳細は次ページ以降を参照）

「きぼう」、現役輸送船唯一の100%成功を誇る「こうのとりの初号機」によるISS安定運用への貢献



2019年9月、8号機成功により、「こうのとりの初号機」はISS現役輸送船唯一の100%成功を更新。他極大寿命(10年)を超え安定運用を達成。これによりISSの運用を牽引。

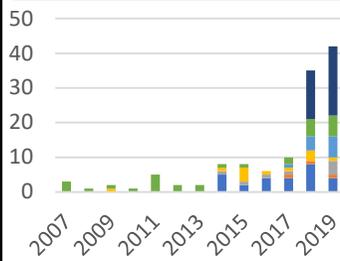
野口飛行士が初の国際パートナーとして選ばれ、Gateway等次期月探査計画へアジア唯一の参画表明



Gateway計画参画を伝える総理ツイート

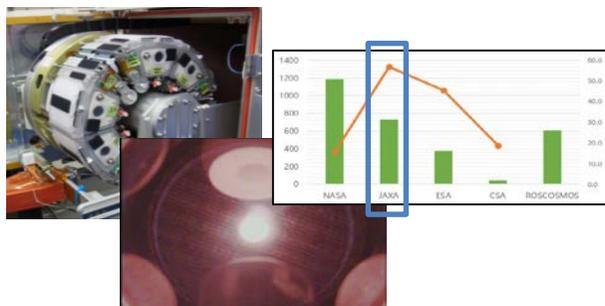
10年間の実績が国内外で評価され、スペースX社の運用初号機に野口飛行士が初の国際パートナー搭乗員として選ばれたとともに、月周回有人拠点（Gateway）を含む月探査計画にアジア唯一参画表明がなされ、探査につなげることで日本のプレゼンス維持、向上に貢献。

「きぼう」プラットフォーム化による宇宙へのアクセス性、自由度向上と新たな価値の提供



大型衛星にはない宇宙へのアクセス性と自由度により、「きぼう」を不可欠な技術実証の場に高め、非宇宙を含めた新たな事業、社会実装をもたらした。また、一部利用事業を民間開放し、衛星放出事業は2年間で34機の受注を獲得。これらの取り組みは世界初の成果や総理大臣賞の受賞等高い評価をもたらした。
< (補足1-1),(補足1-2)参照 >

ISS参加国で最も効率よく利用成果を創出



最先端のタンパク質結晶生成実験、日本にしかない可変重力環境下でのマウス飼育、2000℃以上の高融点材料を非接触で浮遊、熔融可能なELF等、日本独自の技術により世界初の成果を生み出すと共に、限られたリソースを最大限活用することによりでISS参加国中最も効率よく利用成果を創出。< (補足1-4)参照 >

「きぼう」による人材育成、国際貢献と国内外からの高い評価、宇宙先進国の地位獲得



ISS唯一のエアロック、ロボットアームの組み合わせによる超小型衛星放出は、累計19か国27機、米国分も含めると計254機に。より短期、タイムリーな打ち上げ手段として、アジア・アフリカ等新興国に打ち上げ機会を提供し、国内外から高い評価が示された。< (補足2-1),(補足2-2)参照 >

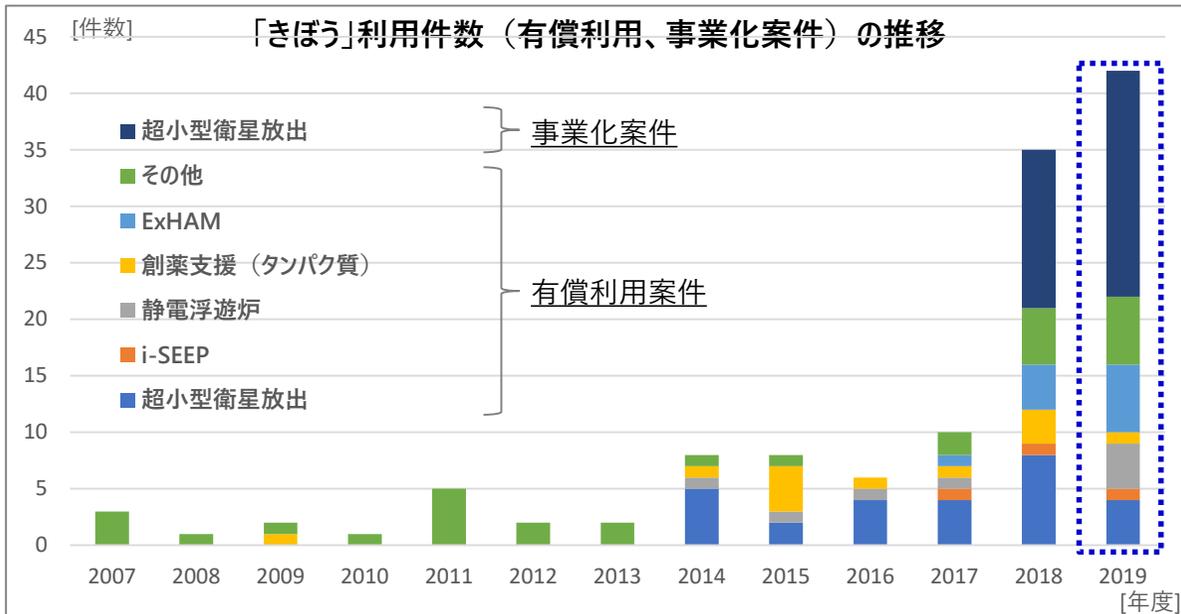
日本の独自技術により日米協力（JP-US-OP3）を加速



JAXAのみ可能な月や火星を模擬する可変重力環境を活かし、国際宇宙探査につながる長期的なマウスの重力影響評価に向け、NASAがリソース（飛行士の作業時間等）を提供し、JAXAの小動物飼育システムを活用したNASAとの共同低重力ミッションの実施を合意。なお、小動物飼育システムは文部科学大臣賞を受賞。ELFでの共同実験も進み、日米協力を強化。< (補足2-3)参照 >

評定理由・根拠（補足1-1）地球低軌道利用の拡大と事業化に関する取組

1.(1) 民間による技術実証と事業の拡大



超小型衛星放出事業における衛星受領(2019.12)
 Space BD株式会社への事業移管後第一号となる衛星(G-SATELLITE)のJAXAへの引渡しを実施（事業者選定以降、JAXAは衛星放出にかかるプロセスの標準化や技術指導を行い、継続的に事業者をサポート）。超小型衛星放出事業はSpace BD(株)、三井物産エアロスペース(株)により、**事業化後2年で34機の受注を獲得し、事業が定着化**してきている。

G-SATELLITE関係者 引き渡されたG-SATELLITE

参考
超小型衛星放出事業の一部民間開放
 「きぼう」からの超小型衛星放出サービス事業者として、Space BD株式会社、三井物産株式会社を選定。

参考
「きぼう」船外プラットフォーム利用サービス事業の一部民間開放
 「きぼう」の船外プラットフォームにおける軌道上利用サービスを提供する事業者について、Space BD株式会社を選定。

「きぼう」船外実験プラットフォームの有償利用(2019.12)
 「きぼう」船外実験プラットフォームに搭載されるiSIM(*のSpace BD株式会社からJAXAへの引渡しを実施。iSIMは、スペインの宇宙ベンチャー（Satlantis社）が開発した超小型衛星用地球観測カメラで、船外実験プラットフォームで技術実証を行う。**契約後約1年の短期間でHTV9での打上げ準備を整え、早期実証へのビジネス需要に貢献している。**

* : Integrated Standard Imager for Microsatellites

引き渡し確認書の取り交し 引き渡されたiSIM

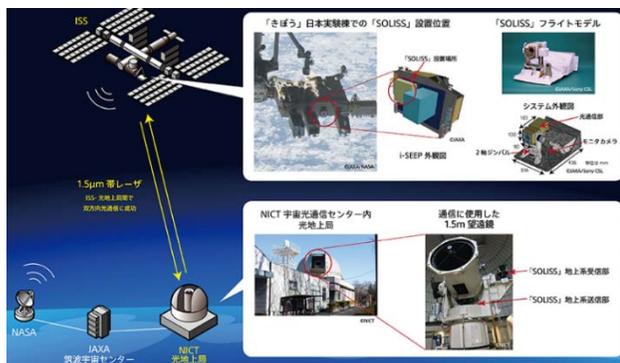
評定理由・根拠 (補足 1 - 2) 地球低軌道利用の拡大と事業化に関する取組

1.(1) 民間による技術実証と事業の拡大 (続き)

JAXA・NICT・ソニー-CSLによる 長距離空間光通信軌道上実証(参照: III.4.2項)

NICTと(株)ソニーコンピュータサイエンス研究所(CSL)は、「きぼう」に設置した小型光通信実験装置「SOLISS」(Small Optical Link for International Space Station)は、情報通信研究機構(NICT)の宇宙光通信地上局との間で双方向光通信リンクを確立し、Ethernet経由での高精細度(HD)画像データ伝送に成功。**小型衛星搭載用の光通信機器としてEthernetによる通信を実現した世界初の事例。**

JAXAの有償利用制度を通じ、2019年に「こうのとり」8号機で打ち上げ、「きぼう」の船外実験プラットフォームにある中型曝露実験アダプター(i-SEEP)に設置。JAXAの実験状況に応じた迅速な対応に加え、「きぼう」利用の機会があったことで、より短期、低廉に実証出来たことに高い評価が示された。



宇宙イノベーションパートナーシップ (J-SPARC) における 地球低軌道事業共創(参照: III.4.1項)

JAXA×バスキュール×スカパーJSAT ～「宇宙メディア事業」～

(株)バスキュール、スカパーJSAT(株)とISSにスタジオを開設し、「宇宙メディア事業」の創出に向けて活動開始(11月)。「きぼう」を利用した世界初の対面型リアルタイム双方向通信放送システムを構築中。上記のシステムを用い「きぼう」船内に番組スタジオ「The Space Frontier Studio KIBO(きぼう宇宙放送局)」を設け、ディスプレイを介し、地上とライブ配信を行う。民間事業促進のため、「きぼう」の共通基盤(地上システムの一部換装など)の充実化を図っている。



Space BD×Z会グループ×JAXA

～「宇宙飛行士訓練方法を活用した次世代型教育事業」～

非認知スキルを一層重視する2021年度以降の文部科学省学習指導要領への改訂を見据え、Space BD(株)、(株)増進会ホールディングス(Z会グループ)と、本分野における学校・企業における育成市場確立を目指している。

JAXAは、事業者が作成したプロダクト及び活用方法、教育現場での試行状況を確認し、宇宙飛行士訓練技術情報の教育現場への反映に向け、指導を行っている。

「きぼう」を利用した技術実証の広がり ～膜展開式軌道離脱装置の軌道上実証～

(株)中島田鉄工所と東北大学による膜展開式軌道離脱装置(*)の宇宙実証を目的に、超小型衛星「FREEDOM」を開発。2017年1月に「きぼう」から放出、宇宙実証が成功。2019年12月、「きぼう」を利用した宇宙実証をきっかけとして、膜展開式軌道離脱装置(DOM)が、(株)ALEの人工流れ星実証衛星「ALE-1」に搭載され、宇宙での膜展開に成功。



「きぼう」で実証された成果が実利用につながった。

(*) 超小型人工衛星を地球周回軌道から除去することを目的とする装置。



ワンテーブル×JAXA

～「BOSAI SPACE FOOD PROJECT」～

被災地と宇宙に共通する食の課題やニーズを抽出し、双方のノウハウを組み合わせ災害時でも宇宙でも活用できる食の新カテゴリ「BOSAI SPACE FOOD」(BSF)の開発、事業化を目指す。2019度は、BSFのあり方や各種要件検討を実施(宇宙日本食、日本災害食認証制度の連携検討等)やBSF1.0(プロトタイプ)の販売開始、及び、参加型宇宙食等のタイアップ企画等を実施し、事業化実現に向けた活動を行った。



BSF1.0
備蓄ゼリー

評定理由・根拠 (補足 1 - 3) 地球低軌道利用の拡大と事業化に関する取組

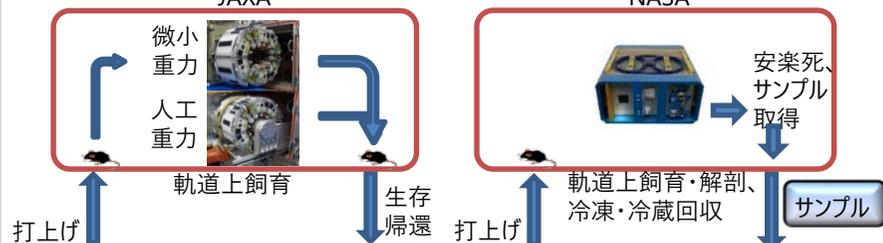
1.(2) 日本独自の装置による世界初の科学研究成果創出と機関間、装置間連携による成果の拡大

宇宙でのマウス利用実験とJAXAの優位性

JAXAは2016年に世界で初めてISSにマウスを搭載。遠心機を利用した人工重力環境や個別ケージ(1ケージ1匹)による飼育環境を実現。同時に**100%生存帰還**も実現。その後も100%生存帰還を**4回連続で成功**。

ミッション	2019年の成果例
代表研究者	北海道大学・村上正晃・JAXA技術実証
科学・研究面での「世界初」	世界初 ：中枢神経系等の炎症疾患モデルマウスを全匹生存帰還。 意義・価値：様々な病気に関連する炎症をコントロールする方法(例：神経刺激により炎症を制御する方法等)の開発が可能に。
技術面での「世界初」	世界初 ：月の低重力環境(1/6G)での哺乳類の長期間飼育。 意義・価値：有人宇宙探査における月や火星など地球より低い重力環境での身体応答などが事前確認が可能に。

JAXAとNASAのマウス実験システム比較



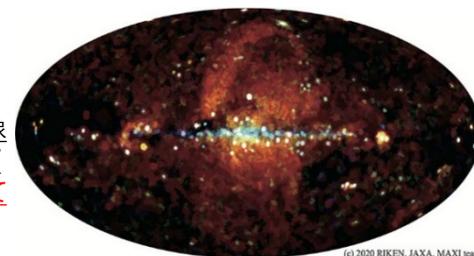
	人工重力	飼育形態	帰還/回収
NASA	無	・群飼(1ケージ10匹) ・2016年までメスのみ	臓器等の冷凍・冷蔵回収 (生存帰還は2017年-)
JAXA	有(0G、1/6G、1G等)	個飼(1ケージ1匹)	生存帰還

国内外の産学官連携によるELFとSpring-8を通じた世界初の発見

ELFは、3000°Cの高温融点材料を静電気力で炉の中に浮かせ、擾乱が少なく高純度を保った状態で加熱、溶融、冷却し、熱物性を測定することを可能とする装置。今般、超高融点(2413°C)を有する酸化エルビウム(Er₂O₃)液体の原子配列と電子状態の測定に世界で初めて成功。Er₂O₃液体は結晶に似た高い周期性を持つことが分かり、液体は周期性を持たないという定説を覆す発見。本研究は、新材料の開発や高温液体から生成される物質の成り立ち理解に繋がることが期待されている。

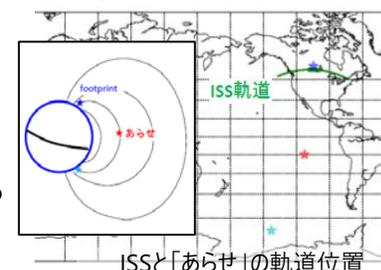
【当初計画を超えた成果】

MAXI搭載のソリッドステートカメラは2009年8月に運用を開始し、理化学研究所を始め多数の研究機関参加のもと現在も観測を継続中。それぞれの場所を1000回程度撮像、足し合わせることでより全天にわたりスムーズなマップを実現。本研究により、**世界で初めてX線CCDによる全天マップの取得に成功**。



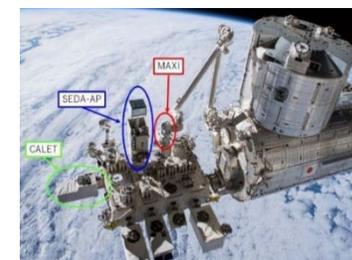
【衛星との連携】「あらせ」との連携

MAXIとCALETは、ジオスペース探査衛星「あらせ」との間で、MAXIから荷電粒子に関する情報を提供し「あらせ」での詳細観測データの取得につなげたり、CALETとの同時観測で放射線電子の「集中豪雨」現象を解明し**高度な宇宙天気予報実現に寄与**する等連携を実施。(参照：III.3.8項)



【既存観測施設間の連携】

国立極地研究所、早稲田大学など国内外の機関とともに、「きぼう」船外実験プラットフォームに搭載された3つの観測装置(MAXI、CALET、宇宙環境計測ミッション装置(SEDA-AP))による2年半の同時観測データを用い電子の集中豪雨(*)による被爆線量の測定に成功し、**将来の宇宙天気予報に向けた基礎データを取得**。研究成果はアメリカ地球物理学連合のSpace Weather誌(IF:3.69)に掲載された。



「きぼう」上のSEDA-AP、MAXI、CALET

*ISSが夜間に高磁気緯度地域を通過する際、数分間にわたり電子が降り注ぐ現象(relativistic electron precipitation: 相対論的電子降下現象/REP現象)。REP現象発生中は、放射線電子の数が平常時比で数百～数千倍に増え、船外活動中の宇宙飛行士(特に眼の水晶体)への被爆が懸念されている。

MAXIとCALETは、それぞれX線天体、銀河宇宙線観測のために設計され、本研究のような地球低軌道における地磁気捕捉荷電粒子の測定は主目的としていないが、本研究を通じ、各装置の観測データを組み合わせることによる**本来の研究分野を超えた新たなデータ活用の可能性が示された**。

評定理由・根拠 (補足 1 - 4) 地球低軌道利用の拡大と事業化に関する取組

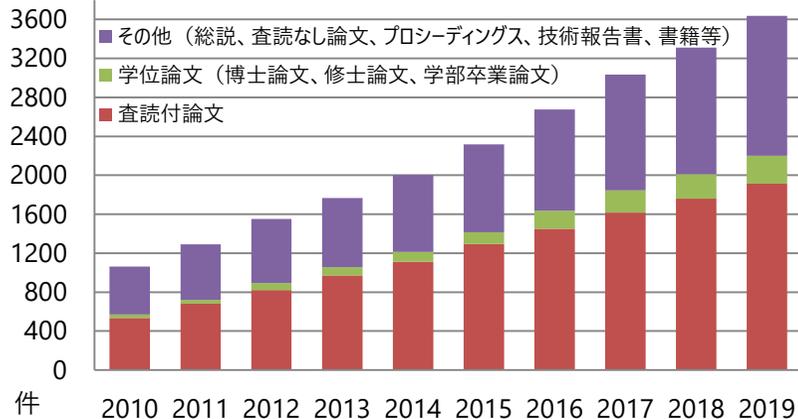
1.(2)日本独自の装置による世界初の科学研究成果創出と機関間、装置間連携による成果の拡大 (続き)

「きぼう」利用の成果例

- ①「きぼう」でのマウス飼育により宇宙滞在が受精能力に及ぼす影響を解析
大阪大学、筑波大学との共同研究により「きぼう」での長期飼育マウスの全数生存帰還を成功させた第1回小動物飼育ミッション(2016年)にて、帰還した雄性マウスの生殖器官や精子受精能力等を評価。
結果、マウスが正常な受精能力を持ち、次世代マウスの成育、繁殖能力においても親世代の影響は見られないことを世界で初めて明らかにし、著名な論文に掲載された。(2019年度、Scientific Report 誌(IF:4.011))
- ②タンパク質結晶生成実験～歯周病治療薬などの研究開発への貢献～
岩手医科大学、昭和大学、長岡技術科学大学、長岡工業高等専門学校とのタンパク質結晶生成実験を通じて見出された歯周病菌の増殖を抑制する化合物の有用性を検証し、同じメカニズムで増殖する多剤耐性菌等の抗菌薬開発にもつなげる成果として著名な論文に掲載された(Scientific Report 誌(IF:4.011))。
- ③魚のウロコを利用し、宇宙での骨吸収に対するメトニンの効果を解析
金沢大学等との共同研究により、魚のウロコを用いて宇宙空間で生じる骨吸収がメトニンによって抑制されることを見出した。骨量低下の予防・治療薬への活用が期待される(Journal of Pineal Research (IF:15.221))。

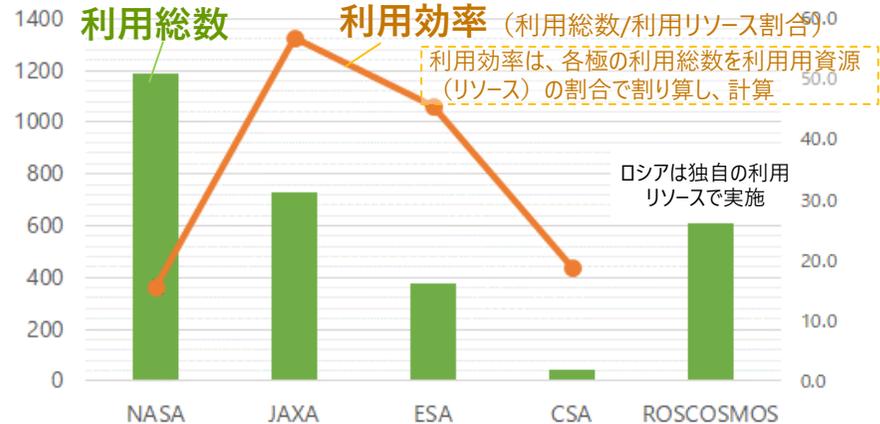
「きぼう」に関連する学術的成果

2019年までの累計で、1,900件を超える査読付き論文が発表されている。



ISS利用統計情報を分析した利用総数と利用効率の分析結果

日本はISSパートナー中最も効率よく利用を創出。利用総数はNASAに次ぐ2位であり、多くの利用を創出しているとともに、利用効率(利用リソースあたりの総利用数)は5極中1位。



(※イタリア宇宙機関 (ASI) による件数は、NASAに67件、ESAに3件、ROSCOSMOSに1件含まれる。)

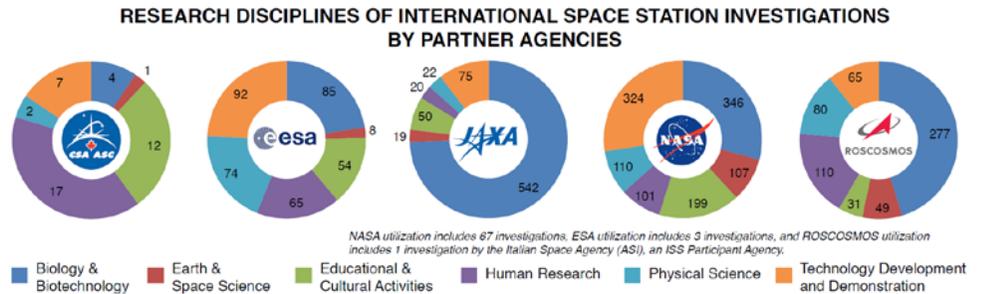
(参考) 利用用資源 (リソース)

	米	日	欧	加	露
米側リソース	76.6%	12.8%	8.3%	2.3%	0.0%
露側リソース	0%	0%	0%	0%	100%

参加各極は、下図割合で利用用資源(電力、クルータイム)の配分を受ける(MOU第8条 3.b、3.c)
同様に、下図割合で利用用の輸送能力・通信能力を取得する権利を有する(MOU第8条3.d)

(参考) 利用総数(各極比較)

出典：ISS Utilization Statistics Expeditions 0-60, Oct., 2019



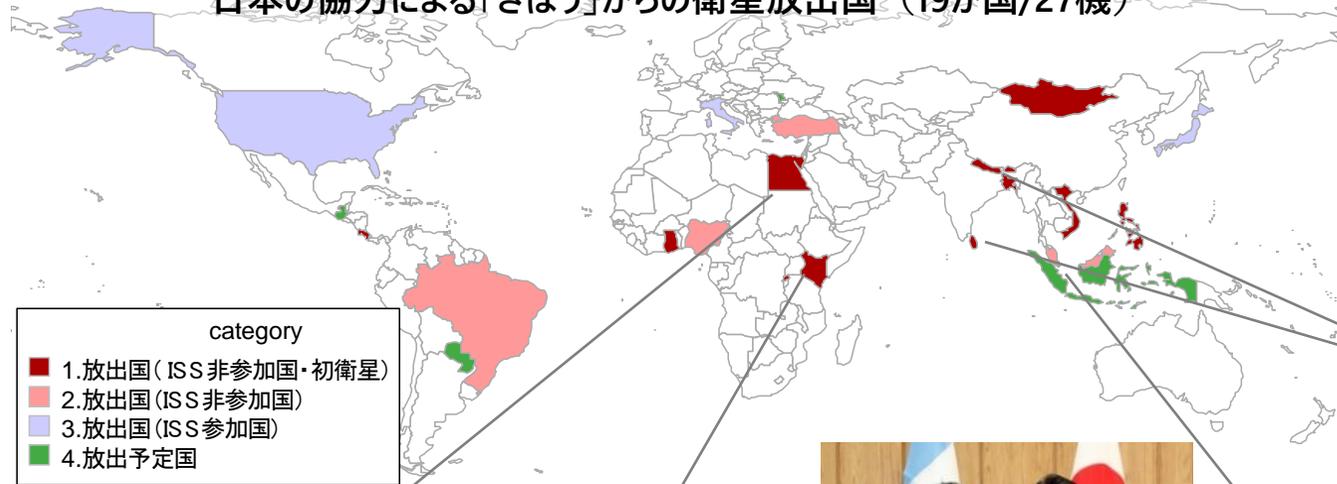
評定理由・根拠 (補足2-1) ISS計画を通じた国際的プレゼンスの維持・向上に向けた取組

2.(1) 「きぼう」利用を通じた国際貢献の拡大

超小型衛星放出

- 「拡大版SDGsアクションプラン2019」の具体的取組としても位置付けられている超小型衛星放出は、6月にスリランカ、ネパール、シンガポールの、11月にルワンダ、エジプトの超小型衛星を放出。ネパール、スリランカにとって初めての衛星となり、ネパール現地ではライブ中継がなされ政府要人等200名規模が参加、報道がなされるなど「きぼう」のプレゼンス向上に貢献した。
- また、国連宇宙部 (UNOOSA) との超小型衛星放出の機会提供に関する連携協力 (KiboCUBE) について、2023年度末まで協定を延長した (10月)。KiboCUBE第2弾のグアテマラ衛星は、JAXA技術指導のもと3月にISSへ打ち上げた。

日本の協力による「きぼう」からの衛星放出国 (19か国/27機)



エジプトの超小型衛星の放出



ルワンダの超小型衛星の放出



安倍総理とモラレス・グアテマラ大統領との会談

モラレス・グアテマラ大統領から同国初となる衛星放出プロジェクトについてJAXAの協力へ謝意が述べられ、総理からプロジェクトの成功を祈念している旨発言。

1. 放出国 (ISS非参加国・当該国初衛星)

国名(数)	放出年(FY)
バングラディッシュ(1)	2017
ブータン(1)	2018
コスタリカ(1)	2018
ガーナ(1)	2017
ケニア(1)	2018
モンゴル(1)	2017
ネパール(1)	2019
フィリピン(2)	2016, 2018
ルワンダ(1)	2019
スリランカ(1)	2019
ベトナム(2)	2012, 2013

2. 放出国 (ISS非参加国)

国名(数)	放出年(FY)
ブラジル(2)	2014, 2015
エジプト(1)	2019
マレーシア(1)	2018
ナイジェリア(1)	2017
シンガポール(3)	2016, 2018, 2019
トルコ(1)	2018

【参考】4. 2020年度以降の放出予定国

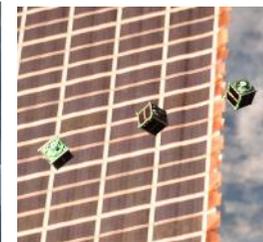
国名(数)
グアテマラ
インドネシア
モーリシャス
モルドバ
パラグアイ
フィリピン

3. 放出国 (ISS参加国)

国名(数)	放出年(FY)
アメリカ(4)	2012, 2013
イタリア(1)	2016



ネパール教育科学技術大臣からの謝辞



スリランカ、ネパールの超小型衛星の放出



シンガポールの超小型衛星の放出



2.(1)「きぼう」利用を通じた国際貢献の拡大 (続き)

UAE宇宙飛行士による教育ミッションの実施

- UAE宇宙飛行士の搭乗機会を捉え、Int-Ballを利用した教育ミッションを実施。当日は、UAE関係者が筑波宇宙センターで見守ったほか、本国ではパブリックビューイングが実施され、200～300人が参加した(9月)。
- また、ニュージーランド(9月)、豪州(10月)、UAE(1月)、台湾及びバングラディッシュ(3月)から計6機関がKibo ABCへ新規に加盟。



UAE宇宙飛行士とのInt-Ballを利用した教育ミッション



UAEでのパブリックビューイングの様子

Kibo-ABC (Asian Beneficial Collaboration through "Kibo" Utilization) : APRSAFの宇宙環境利用分科会 (SEUWG) から派生。アジア・太平洋地域における「きぼう」の利用推進を目指す。

第7回アフリカ開発会議 (TICAD 7) への参画

(参照: III.6.1項)

- TICAD7にてサイドイベント「アフリカ宇宙フォーラム」が開催され、若田理事が登壇した他、事業者や戦略パートナーと連携しブースを出展。
- TICAD成果文書の中で初めて宇宙が盛り込まれるとともに、安倍首相による開会式の基調講演で東大とルワンダが共同開発した衛星について紹介された。



開会式で基調講演を行う安倍首相

TICAD成果文書「横浜宣言 2019 アフリカに躍進を！ひと、技術、イノベーションで。」
(令和元年8月30日)より抜粋

「世界中において、各国は、技術の進歩が職業社会を変化させていることを考慮し、若者と女性のための働きがいのある人間らしい仕事を創出する必要がある。我々は、人間中心のアプローチの重要性に留意しつつ、デジタル化が雇用に与える影響に備え、新しい情報技術への人々のアクセスの改善を促す環境を形成し、これらの変化を活用するための人的・制度的能力を強化する必要性を認識する。我々は、アフリカの持続可能な開発のための科学技術イノベーション(STI)を促進することを意図するアフリカ宇宙機関を歓迎する。」

タイによる創薬研究や地上への応用

- タイ初の本格的宇宙実験となる「きぼう」でのタンパク質の結晶生成実験について、タイ地理情報・宇宙技術開発機関 (GISTDA) と協定を締結し、7月に試料を打ち上げ、8月に地上で回収した。
- 本実験は、抗マalaria薬の開発に重要な酵素の精細な構造解析を行うため、JAXAの高品質タンパク質結晶生成技術を用い、酵素の高品質な結晶生成を目指すもの。



マレーシア初となるExHAM有償利用

- ExHAM初の海外有償利用案件として、マレーシア (プトラ大学) によるサンプル (光ファイバ) の船外曝露実験を5月に開始。
- マレーシアでは設置時のライブ中継が行われた。

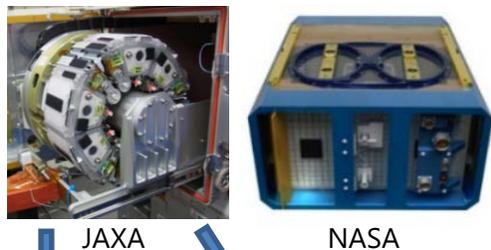


2.(2) 日米政府間協力枠組み(JP-US OP3)による日米協力関係の強化

マウスミッションでの協力

JAXA – NASA共同のPartial-G(低重力)ミッションに向けた合意

月・火星等への有人宇宙探査を見据えた低重力下の長期生物影響評価等を目的に、JAXAの小動物飼育装置によるJAXA-NASA Partial-G (1G以下の低重力) 共同ミッション実施の技術合意を締結(2020.2)。JAXAの低重力環境とNASAの実験装置との相互利用を推進していく。



JAXAは世界に先駆け人工1/6 G環境下でのマウス長期飼育に成功(2019.6)

4つの重力条件を同時設定可能

【参考】

NASAは、JAXAよりも30年以上先行し宇宙でのマウス飼育を実施しているが、人工重力環境の利用は初。JAXAのみが持つ可変重力機能と世界初の1/6 G環境下での飼育実現や重力影響評価の成果に対しNASAから高い評価、期待が寄せられ本共同ミッションが実現。当分野での日本のプレゼンス発揮にも貢献。

静電浮遊炉(ELF) ミッションでの協力

Round Robin (代表研究者 米国Tufts大学 Matson教授)

JP-US OP3の枠組みの中で、NASAの実験テーマをNASAが自国リソース(宇宙飛行士の作業時間等)を提供する形でJAXAの静電浮遊炉(ELF)で実施することとなった(最初の実験として、米国Tufts大のMatson教授の実験を実施予定。)

2020年度のNASA実験テーマ実施に向け、実験に使用する静電浮遊炉試料等をSpX-20でISSへ打上げた。様々な試料(金属、合金)の密度・表面張力・粘性測定を行う。



「きぼう」ロボットプログラミングチャレンジ(Kibo-RPC)での協力

アジア・太平洋地域、米国の学生を対象に、学生のプログラムをJAXAのInt-BallとNASAのAstrobeeに搭載するロボットコンテストは、アジア・太平洋地域の募集を開始。7カ国・地域(日本、インドネシア、タイ)、165チームから応募があった。



Astrobee / NASA



Int-Ball / JAXA

【参考】 JP-US OP3の概要

1. 日米協力を強化する以下のもの等によるISS運用の新たなイニシアティブの進展
 - (a) ISS (きぼう) 船内・船外での実験設備・機器(実験データを含む)の相互活用、共同研究等の促進
 - (b) 新しい宇宙技術の開発に焦点を当てた運用。これには、アメリカ合衆国政府が有用だと認める場合には、ISSの共通システム運用経費(CSOC)の相殺のための将来的な調整の一部として相互に有用な方法で小型回収カプセルを使用する可能性について議論することを含む。
2. ISS資源を活用したアジア太平洋地域の宇宙途上国との協力の増進
3. ISSの新たな活用の推進
 - (a) 日本の非機能物体捕捉技術実証の支援等のISSの技術実証プラットフォームとしての活用
 - (b) 宇宙ステーション補給機(HTV)やHTV-Xの運用機会の活用
4. 効果的・効率的な宇宙関連技術の活用の促進



日米合意文書に関する署名式 2015.12

評定理由・根拠 (補足 2 - 4) ISS計画を通じた国際的プレゼンスの維持・向上に向けた取組

2.(3) ISS計画における着実な国際約束の遂行、有人宇宙飛行への取り組み

「きぼう」完成、「こうのとり」初号機打ち上げ10周年
～10年間の成果を振り返る～

「きぼう」完成と「こうのとり」初号機打ち上げ10周年の機会を活用し、これまでの成果と今後における地球低軌道利用の方向性についてシンポジウム（有楽町ヒューリックホール、8月）を開催。675名のお客様に会場いただくとともに、YouTube、Twitterでの配信には100万件以上のアクセスを頂いた(【参考】HTV8打上げ中継のアクセス数は約15万件)。

また、ISS全極参加による記念式典（筑波宇宙センター、9月）も実施。NHK等テレビ、新聞、Webにおいて、地球低軌道での利用継続の必要性を扱う話題が多数取り上げられた。



一般向けシンポジウムの様子



ISS各主要関係機関の代表者全員による記念撮影



第60次長期滞在クルーからのメッセージ

2.(4) 将来低軌道、国際探査への貢献

将来探査や低軌道活動につながる技術開発事例 (参照：III.3.10項)
～トヨタ等と有人与圧ローバ実現に向け共同研究に着手～

JAXAとトヨタ自動車株式会社は、有人宇宙ローバ開発と国際協力による月面探査での活用を目指し、燃料電池車技術を用いた月面有人与圧ローバについて、試作車の製作、実験、評価を含む3年間の共同研究協定を締結。



共同研究内容(2019年6月20日～2021年度末)

- 2019年度：技術要素の識別、試作車の仕様定義
- 2020年度：各技術要素の部品試作、試作車製作
- 2021年度：試作、製作した部品や試作車を用いた実験・評価

～有人与圧ローバが拓く“月面社会”勉強会～

有人与圧ローバを出発点に、将来の月面社会へのビジョンや持続的な月面活動実現に向けた検討促進を目的とし、2019年度より様々な業種間で横断的に勉強会を開催。2019年11月の勉強会には44社が参加し、8社から月面でドライブしたいこと、必要なこと、将来発展させたいことをテーマに発表があり、活発な議論が展開された。

将来探査につながる技術開発事例 (参照：III.3.8項)
～惑星表面の重力依存性調査(Hourglass)～

「きぼう」の人工重力発生装置上に惑星の模擬砂等粉粒体が入った砂時計型、及び、メスシリンダ型の実験装置を搭載し、低重力が粉粒体の特性に及ぼす影響を調査(軌道上実験を開始)。天体成長過程に対する理解への貢献、月・惑星における土質力学やTerramechanics(*)構築に向けた基礎データの提供、将来の着陸機や探査ローバ、月面拠点の自動建設機械、月面有人与圧ローバ等の設計に必要なシミュレーションパラメータの取得等が期待される。

*：オフロード、不整地面における機械性能と地表との力学的な相互関係の研究。



年度計画	実績
<p>国際宇宙ステーションに関して以下の取組を行う。</p>	<p>—</p>
<p>(1) 地球低軌道利用の拡大と事業化に向けた取組</p>	<p>—</p>
<p>我が国の科学技術政策や民間ニーズを踏まえ、重点化した分野の「きぼう」利用サービス（新薬設計支援、加齢研究支援等）の利用能力や技術の量的・質的な機能向上、新たな実験手法の開発及び地上の実験設備との連携により実験技術の適用範囲を広げ、利用機会の定時化（決まった時間間隔で利用できること）・高頻度化・定型化等を進める。</p>	<p>「きぼう」利用戦略等に基づき、4つの重点化分野、すなわち、新薬設計支援、加齢研究支援、超小型衛星放出、船外ポート利用に関する取り組みを実施した。 <u>例えば、加齢研究支援につながる人工重力を活用した小動物飼育については、ISS最大の遠心機を搭載した大型インキュベータを設置。回転半径を長くしたことで生物個体内での重力勾配の緩和、より定量的な重力の影響評価が可能となるとともに、現行のインキュベータとの同時使用により、マウスの場合、飼育可能数を倍の24匹に倍増させることが可能となった。また、船外ポート利用では、Space BD（株）/Satlantis（スペインの宇宙ベンチャー）の地球観測用可視光カメラ（iSIM）に契約後約1年で実証機会を提供し早期実証へのビジネス需要に貢献した。</u></p>
<p>加えて、人材育成機能及び超小型衛星開発能力・経験を持つ大学や国の研究機関等との戦略パートナーとしての連携を強化することで、国内のみならず海外のユーズ開拓を図る。更に、国際的な市場需要を有する超小型衛星放出が事業化されたことを受け、地球低軌道利用の発展に向けた新たな研究開発利用領域の探索・創出を推進する。</p>	<p>東大との包括連携協定の枠組みを通じ、ルワンダの超小型衛星を放出。<u>小型衛星放出事業については、事業化後初となる事業者からの衛星受領、打上げを実施。受注件数は計34機となり、継続的な受注を獲得した。</u></p>
<p>また、ISS計画終了以降も見据え、研究開発利用に留まらず、民間活力の積極的活用も含め、新たな地球低軌道利用事業の実現可能性を追求する。</p>	<p><u>（株）ソニーコンピュータサイエンス研究所との小型衛星光通信実験装置「SOLISS」を用いた長距離空間光通信の軌道上実証を実施（参照：Ⅲ.4.2項）。また、宇宙イノベーションパートナーシップ事業共創（J-SPARC/LEO）の枠組みを通じ、（株）バスキュール、スカパーJSAT（株）との宇宙メディア事業を共創。非研究開発分野を含め、民間による「きぼう」利用が拡大した。（参照：Ⅲ.4.1項）</u></p>
<p>上述の取組及び国際的動向を踏まえ、地球低軌道有人宇宙活動の2025年以降の在り方や可能性について技術的検討を進める。</p>	<p><u>2025年以降の地球低軌道に係る検討に向けISS運用後に取り得るオプションを整理し、その一つである小規模実験サービス検討の一環として「地球低軌道における宇宙環境利用実験手段の構築に向けた情報提供依頼(RFI)」を実施。JAXAが考える2025年以降の「きぼう」の進め方と共に政府における議論へ提供した。</u></p>
<p>(2) ISS計画を通じた国際的プレゼンスの維持・向上に資する取組</p>	<p>—</p>
<p>日米オープン・プラットフォーム・パートナーシップ・プログラム(JP-US OP3)に基づいた、日米研究者による共同実験の実施、実験装置の相互利用、実験試料の交換等の協力を通じて新たに得られた知見により、ISS計画への両国の貢献から生み出される成果の最大化を図ることで、日米協力関係の強化に貢献する。</p>	<p><u>静電浮遊炉に関し、NASAが自国リソース(宇宙飛行士の作業時間等)を提供する形で米国内の4つの実験テーマでの実験が決定。また、長期生物影響評価等を目的に、JAXAの小動物飼育装置によるNASA-JAXA Partial-G共同ミッションの技術合意（technical understanding）を締結。日米協力が進展した。</u></p>

年度計画	実績
<p>また、「きぼう」、宇宙ステーション補給機（以下、HTVという）「こうのとり」を安定的かつ効率的に運用するため、HTV 8号機の打上げ及び運用並びにHTV 9号機の機体の製作に取り組むとともに、日本人宇宙飛行士の活動を安全・着実に進行。さらに、新型宇宙ステーション補給機（HTV-X）の詳細設計及びプロトタイプモデル製作等を行う。また、国連及び人材育成等で海外と連携している大学等との枠組みの活用により、海外機関による「きぼう」利用を拡大する。</p>	<p>HTV8号機を成功させ、ISS輸送船唯一の100%成功を維持。HTVしか輸送できない大型バッテリー等を搭載しISSの安定的な運用に貢献。HTV-Xは、国際探査も視野に政府の要請に基づくGatewayへの補給に向けた検討等を実施。九工大との連携協定を活用し、SDGsへの貢献となるアジア・アフリカ諸国等の衛星放出を実施。また、マレーシアが船外曝露実験(光ファイバ線量計)を、タイが抗マラリア薬の開発に向け初の本格的宇宙実験となる「きぼう」でのタンパク質結晶生成実験を実施するなど、アジアでの本格利用も拡大した。</p>
<p>さらに、国際宇宙探査や将来の地球低軌道有人宇宙活動等に資するため、水・空気補給量の大幅な削減を目指した再生型環境制御等の有人滞在技術、定型的なクルー作業を代替する自動化・自律化技術、超長期や地球低軌道以遠でのクルー滞在に必要な宇宙医学・健康管理技術等の研究開発を行うとともに、有人滞在技術における水再生技術の実証を行う。</p>	<p>トヨタ自動車との与圧ローバに関する共同研究、重力環境模擬が可能な装置を用いた惑星表面の重力依存性調査（Hourglass）、自動化・自律化に向けたマウス飼育汎用タスクの遠隔操作に関する地上実証等、将来の国際宇宙探査や低軌道活動に資する技術開発を実施した。</p>

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)	32,218,425	38,278,780					
決算額 (千円)	37,140,172	38,426,964					
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)	228	226					

(※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
HTVのミッション成功率	100%	100%					

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>○国際宇宙ステーションの今後の方向性、国際有人宇宙探査の方向性について動向を注視する必要がある。いずれも重要であるが、多額な国民負担を伴うものであるから、日本の想定する貢献度を明示し、合意形成を目指すべきである。</p>	<p>国際宇宙ステーションの今後の方向性については、宇宙基本計画工程表の中においても2025年以降の地球低軌道活動の在り方の検討を行うことが示されており、米国等の国際動向等も注視しつつ、民間活力の積極的な活用も含め、政府の検討を支援して参ります。</p>
<p>○ISSの将来も見据えながら、長期に巨額の費用を投下してきた本ミッションの社会・国民への説明責任を再認識し、計画の不断のレビュー・最適化に取り組むことを期待する。</p>	
<p>○諸外国の宇宙政策の方針が定まっていない中、日本の国際的プレゼンスの向上という点においても、国際的な動向も見据えて、ISSの位置付けをより戦略的に検討することが必要である。</p>	
<p>○効果を正しく評価するために、国際宇宙ステーションにおける投資と社会・国民への利益還元という観点でのコスト換算を提示することを望む。</p>	<p>成果は、大きく①国際プレゼンスの維持・向上、②有人宇宙開発基盤技術の獲得、③実験利用成果、④商業利用拡大の成果があり、価値の定量化ができるものと、できないものがあります。例えば、①、②の観点では、アジア唯一、ISS計画に参画し、有人宇宙技術を獲得し、ISS全体への貢献によるISS参加各極からの信頼獲得によって、国際宇宙探査計画に米欧露加と並び主体的な立場でその議論に参加することができていますが、この利益のコスト換算は困難です。このように定量化が困難な定性的なものについては、引き続きその意義を国民に広く情報発信を行い、説明をして参ります。</p> <p>一方、定量化が可能なものは示すように心がけておりますが、引き続き努力します。</p>
<p>○非宇宙分野の産業を含めた民間企業とも事業連携し、ビジネス面での活用成果を拡大創出されていることは高く評価できる。引き続き、民間と協働して「きぼう」の事業化を推進することが期待される。</p>	<p>引き続き、推進致します。</p>
<p>○利用にかかる実費に加え、「きぼう」の運用コストを部分的にでも負担してもらえような民間利用モデルについても検討していただきたい。</p>	<p>民間企業等の意見も踏まえつつ、検討します。</p>
<p>○SDGsへの貢献が国際的に高く評価されていることをより国内向け広報に活かすべきである。</p>	<p>今後の広報計画への更なる活用を検討して参ります。</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>米国や民間の動きが活発化する中、諸外国の状況も見据え、引き続きプレゼンスの維持、向上等に努めたい。</p>	<p>関係機関・関係者との連携を深め、適時、適切に対応してISS計画をさらに推進することで、我が国の国際的プレゼンスの維持・向上等に努めることとしたい。</p>

Ⅲ. 3. 10 国際有人宇宙探査

中長期計画

日米協力関係をはじめとする国際協力関係の強化への貢献を見据えつつ、国際共同で人類の活動領域を拡大する「国際宇宙探査」（有人探査のために先行して行われる無人探査を含む）において、我が国の宇宙探査計画を提案・実施する。提案に当たっては、宇宙科学・探査との連携、ミッションの科学的意義、「きぼう」/「こうのとり」等の技術実績の継承、異分野の企業を含む民間事業者の発展等を踏まえ、計画立案する。

米国が構想する月近傍の有人拠点構築への参画や、国際協力による月への着陸探査活動の実施を念頭に、国際的なプログラムの具体化を図り、国際宇宙探査のプロジェクトに戦略的に参画できるよう、主体的に技術面を含めた我が国の計画の検討を進める。また、有人宇宙探査において重要となる技術のうち、我が国が優位性を発揮できる技術や他分野への波及効果が大きく今後伸ばしていくべき技術として、月近傍有人拠点構築に向けては深宇宙補給技術（ランデブ・ドッキング技術等）と有人宇宙滞在技術（環境制御技術等）、有人月着陸探査活動に向けては重力天体離着陸技術（高精度航法技術等）と重力天体表面探査技術（表面移動技術、掘削技術、水氷分析技術等）の実証に、宇宙科学・探査における無人探査と連携して取り組む。

これらの活動を通じ、政府と協力して、ISSパートナーとの関係の一層の強化及び新しいパートナーとの関係の構築を図り、新たな国際協調体制やルール作りに貢献するとともに、獲得した技術の波及による産業の振興にも貢献する。

（空欄）

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

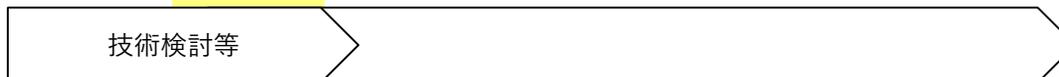
年度	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
----	------	------	------	------	------	------	------	------	------

(1) 国際宇宙探査プログラム参画に向けた計画の推進

国際有人宇宙探査に係る方策や参加のあり方について



月近傍有人拠点
(ゲートウェイ)

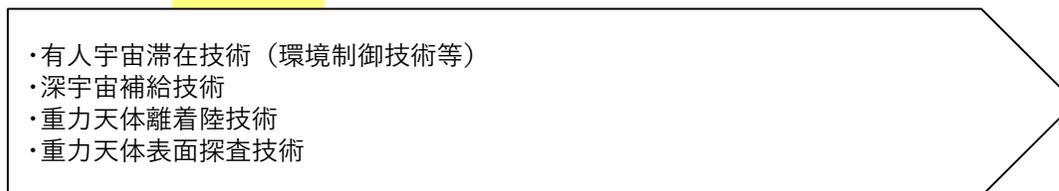


月極域探査機
(インド等との協力)



(2) 有人宇宙探査における優位技術の実証

技術実証



年度	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
----	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Ⅲ. 3. 10 国際有人宇宙探査

2019年度 自己評価

A

【評定理由・根拠】

米国が主導する有人月面探査活動や月周回有人拠点（ゲートウェイ（Gateway））建設への我が国の参画を推し進めるべく、主体的に技術検討とNASAとの国際調整を進めることでプログラムの具体化を図り、政府判断に資する提案を行った。その結果として2019年10月の日本政府の参画決定に繋がり、国際的な宇宙探査活動への我が国の戦略的な参画にとって大きな柱を形成するに至った。具体的な活動は以下のとおりである。

1. 国際宇宙探査プログラム参画に向けた計画の推進

（1）国際宇宙探査への参画方針決定に向けた国際調整と国内政策議論をリード <補足 1.（1）参照>

- JAXAは2019年3月に米国が発表した有人月探査を加速する計画（2024年までに月着陸）に対して、日本が強みを有する技術により存在感を示しつつ、戦略的に参画することを目指し、技術面含めた検討・提案及びNASAとの調整を主体的に実施した。具体的には、①ゲートウェイの国際居住棟（I-HAB）に向けた環境制御・生命維持装置（ECLSS）等の研究開発の加速による、2023年打ち上げ予定のミニ居住棟（HALO）への提供、②新型宇宙ステーション補給機（HTV-X）によるゲートウェイへの物資・燃料補給、③月極域探査ミッションにおける着陸地点選定等に資するNASA機器搭載や取得データ提供等による貢献案を検討・提案するとともに、これらの貢献案について、複数回にわたるNASA幹部－JAXA理事間の会談やゲートウェイプログラムマネージャ会合（PMM会合）等のプログラムレベル及び技術レベルでNASAと綿密に協議を重ねて調整した。これに基づき、国際協力の枠組みや分担調整の国内及び国際間の議論をリードし、5月、8月のISS多数者間調整会合（MCB）や7月の日米包括対話にて日本政府を支援するとともに、9月にはNASA長官とJAXA理事長との間で、持続的な探査活動の実現に向けた協力拡大を確認する共同声明を発信した。さらに国際宇宙探査に我が国が戦略的に参画するための具体的なプログラムを検討・提案し、政府レベルでの議論の加速を促し、政府の参画決定につなげた。（参照 III.6.1項）
- 宇宙理学・工学委員会を通じ、サイエンスコミュニティとの間で、火星も見据えた国際宇宙探査シナリオの検討等において協力し、政策への科学探査の位置付け等の反映を図るとともに、学術界の国際宇宙探査への参画を促し連携を強化した。さらに、8月にはトヨタ自動車等とともに、有人と圧ローバを出発点として、持続的な月面活動の実現に向けた検討促進を目的として「有人と圧ローバが拓く“月面社会”勉強会（通称チームジャパン勉強会）」を発足した。勉強会の登録企業は、自動車、建設、エネルギー、素材等の非宇宙分野をはじめ約100社に上り、これまでの勉強会では、月面活動を見据えて挑戦すべきこと、技術課題、将来発展させたい構想について議論を行い、宇宙探査への参画の可能性を共有するとともに、参画の具体的な方策について、今後、議論を深化させていくことになった。（参照 III.3.9項）
- これらの活動の成果として、10月の宇宙開発戦略本部において「米国提案による国際宇宙探査への参画方針」が決定され、これを反映する形で12月に月周回有人拠点（ミニ居住棟への提供機器の開発）、月周回有人拠点補給（HTV-Xの開発）及び月面の各データや技術の共有（月極域探査機の開発）を明記した宇宙基本計画工程表の改訂が実現した。またさらに、その先の取組みとしては、4月に政府より示された新たな宇宙基本計画案において、国際宇宙探査計画への参画の機会を活用し、我が国の宇宙先進国としてのプレゼンスを十分に発揮しつつ「政府を挙げて」戦略的・効率的に取組みを進めるという方針が確認された。
- また、ゲートウェイ参画の国際的な枠組みについても、JAXAは政府が進めるゲートウェイに係る国際協定（IGA/MOU）の調整を支援し、記載条項の確定と2020年度の締結に目途を付けるとともに、開発プロジェクト立ち上げの準備を進めた。

【評定理由・根拠】(続き)

(2) 国際協力ミッション実現に向けた活動を展開 <補足 1.(2) 参照>

- 国際情勢等を踏まえたJAXAが提案する日本としての国際宇宙探査シナリオ(案)を改訂した。世界22機関が参加する国際宇宙探査協働グループ (ISECG) では、**議長機関 (ISS参加機関 (ロシアを除く) の中から任命され、5つの分科会を総括)**として、宇宙探査をより安定したものとするために、国際月面探査計画文書を作成することを提案の上、探査シナリオ(案)をベースに議論を主導し、**国際月面探査計画の具体的目標とシナリオ／アーキテクチャ案のドラフトを完成**させた。
- そのシナリオの最初のステップが月の水の探索であることを踏まえ、月極域探査ミッションの立ち上げを行った。具体的には、NASA、欧州宇宙機関 (ESA) の観測機器の搭載とアルテミス計画に貢献するデータ共有に向けて国際調整を行うとともに、両機関との調整を取り込んだ形でインド宇宙機関 (ISRO) との間で技術検討を進め計画を具体化した。本活動を通じ、10月29日の**日印首脳会談において日印関係の裾野を広げる協力として宇宙が取り上げられる**など、日本-インドの政策レベルでのより緊密な関係構築に寄与することができた。一方で、火星探査については、探査シナリオ(案)の一環として、火星衛星探査機計画 (MMX)を推進し、**CNES、DLR等との観測センサ協力に関する国際協力を進めることで計画の実現性を強固なものとし、2月の文部科学省宇宙開発利用部会にて2024年の打上に向けて開発移行が了承された。**

2. 有人宇宙探査における優位技術の実証

国際宇宙探査において重要となる技術のうち、我が国が優位性を発揮できる技術や他分野への波及効果が大きく今後伸ばしていくべき技術について、宇宙探査イノベーションハブや研究開発部門と連携して技術検討・技術実証に取り組んだ。月近傍有人拠点構築に向けた有人宇宙滞在技術 (環境制御技術等) の軌道上実証や深宇宙補給技術 (ランデブ・ドッキング技術) の開発プロジェクト立ち上げ準備を進めるとともに、月着陸探査活動に向けた技術検討の取り組みでは以下の顕著な成果が得られた。

(1) 世界最高レベルのエネルギー密度の宇宙用バッテリーを開発

- 我が国が得意とする超高エネルギー密度リチウムイオン電池について、実サイズでの製造を行い、**宇宙用としては世界最高密度となる従来の40%増のエネルギー密度を実現。これにより、世界初となる極低温な月の影領域における地下掘削等の本格的な水探査が可能となる。**さらに、同バッテリーについてはISROからインドが開発する月着陸機への搭載に向けて期待が寄せられている。<補足 2.① 参照>

(2) 液体水素の蒸発対策で世界最高水準の断熱性能を実現

- 液体水素の最大課題である蒸発対策として、高性能多層断熱材の性能向上を図った結果、**海外同等品に比べ断熱性能2倍を実現した。**これにより月着陸機用の液体水素エンジンを検討に資するとともに、将来の持続可能な月面活動を支える現地資源利用 (ISRU) の実現に繋げるものと期待される。
<補足 2.④ 参照>

なお、年度計画で設定した業務は、計画通り実施した。

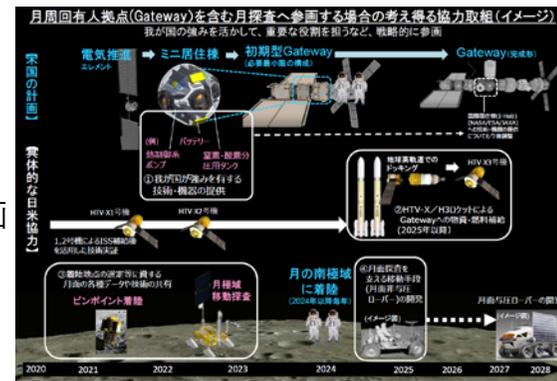
評定理由・根拠（補足）

1. (1) 国際宇宙探査プログラム参画に向けた計画の推進

国際共同で人類の活動領域を拡大する「国際宇宙探査」（有人探査のために先行して行われる無人探査を含む）において、米国が構築する月近傍の有人拠点構築への参画及びインド等との協力による月極域での水資源探査について、国際的なプログラムの具体化を図り、国際宇宙探査のプロジェクトに戦略的に参画できるよう、主体的に技術面を含めた我が国の計画の検討を進め、国際調整や技術検討を行う。

探査に関わる国内政策議論をリード

- 探査に関わる国内政策議論をリードすべく、2019年9月JAXA理事長とNASA長官による、火星探査を見据えた月近傍及び月面における持続的な探査活動の実現に向けて、科学的・技術的な協力を拡大していくという決意を表明し、両機関が目指すべき事項を示した共同声明の署名を実現、国際宇宙探査に我が国が戦略的に参画するための具体的なプログラムを検討・提案し、政府レベルでの議論の加速を促し、政府の参画決定につなげた。
- これらの活動の成果として、10月の宇宙開発戦略本部において「米国提案による国際宇宙探査への参画方針」にて、月周回有人拠点（ミニ居住棟への提供機器の開発）、HTV-X/H3によるゲートウェイへの物資・燃料補給、月周回有人拠点補給に向けた技術実証、及び月面の各データや技術の共有（月極域探査機の開発）、月面探査を支える移動手段（ローバ）の開発が示され、宇宙基本計画工程表の改訂を実現した。



探査プログラムの具体化とプロジェクト立ち上げ

- 国際宇宙探査のプロジェクトに戦略的に参画できるよう、技術検討と国際調整を進めるとともに、プロジェクト遂行に必要な予算の獲得と体制構築を通じて、米国等との協力による月周回有人拠点「ゲートウェイ」、インドとの協力による月極域探査機及びHTV-Xによる自動ドッキング技術実証のプリプロジェクト移行並びに、米国や欧州等との協力による火星衛星探査計（MMX）のプロジェクト移行を進め、月・火星探査プログラムの具体化を進めた。
- 更に、外務省及び文部科学省が進めるゲートウェイに係る国際協定（IGA/MOU）の調整を支援し、記載条項の確定と2020年度の締結に目途を付け、2020年度のゲートウェイプログラム立ち上げを進めた。

評定理由・根拠（補足）

1.（2）国際協力ミッション実現に向けた活動を展開

国際共同で人類の活動領域を拡大する「国際宇宙探査」（有人探査のために先行して行われる無人探査を含む）において、米国が構想する月近傍の有人拠点構築への参画及びインド等との協力による月極域での水資源探査について、国際的なプログラムの具体化を図り、国際宇宙探査のプロジェクトに戦略的に参画できるよう、主体的に技術面を含めた我が国の計画の検討を進め、国際調整や技術検討を行う。

国際宇宙探査協働グループ（ISECG）における国際宇宙探査シナリオ・技術検討の主導

- 22の加盟機関が参加するISECGの議長機関（2018年5月就任）として月・火星のシナリオ・技術検討を主導。
- 本年度は、国内(東京)で1回(10月)、電話会議で1回(3月)、部門長(役員レベル)会合(各2日間)を、主催した。(事前の担当レベル会合（各3日間）も主催)
- 米国の政権交代による政策変更等の国際情勢変化に影響されてきた宇宙探査をより安定したものとするため、ISECGの総意としての国際月面探査計画文書を作成して米国大統領選挙前(現状2020年6月目標)に公表することを提案し、参加機関の合意を得た。
- JAXAからは、国際月面探査計画の具体的目標やその整理、シナリオ／アーキテクチャ(全体システム構成)案などを提示して議論／調整を主導し、10月の部門長会合では国際月面探査計画の具体的目標について、3月の部門長会合でシナリオ／アーキテクチャのドラフトををそれぞれ完成させた。
- JAXAの呼びかけにより、ベトナム宇宙センターがISECGに参加した。東南アジアからは初であり、東南アジアでのJAXAの存在感向上に貢献。



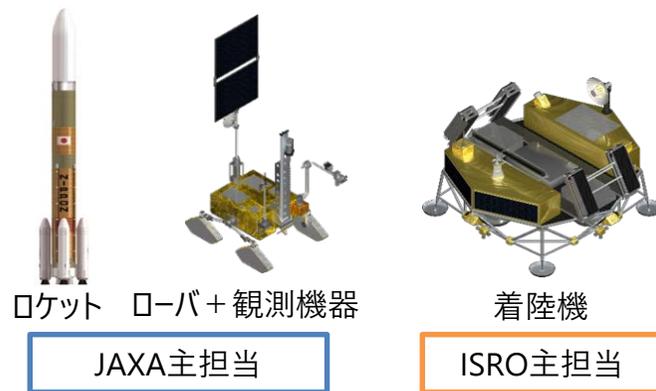
ISECG部門長会合@東京(2019年10月)

1.（2）国際協力ミッション実現に向けた活動を展開

月極域探査におけるインド等との協力推進及び外交への貢献

- 月極域での水資源探査と重力天体表面探査技術の獲得を目指し、インド宇宙機関（ISRO）と締結したImplementation Arrangementに基づき、月極域探査ミッションの技術検討を進めた。
- 具体的には、3つのワーキンググループ（観測機器、着陸技術、通信・地上系）を中心に検討を進め、別途開発しているリチウムイオン電池等がISROの着陸機への搭載の打診を受けるなど、我が国の得意技術を生かした計画として具体化が図られた。
- 米国宇宙機関（NASA）、欧州宇宙機関（ESA）と国際調整を行い、それぞれから観測機器の提供を受けるとともに、データの共有を行うこととした。これにより米国アルテミス計画および国際宇宙探査計画に、より貢献するミッションとすることができた。
- 上記を通じ、ISRO-JAXA間の協力にとどまらず、本年度の日印首脳会談において日印関係の裾野を広げる協力として宇宙が取り上げられるなど、インドー日本間の政策レベルでのより緊密な関係構築に寄与することができた。
- 上記のISROとの共同検討結果およびJAXA独自の検討の内容を反映し、JAXAとしてのミッション定義を進め、2019年7月にミッション定義審査(MDR)を、2019年12月にはプロジェクト準備審査を実施し、2020年1月に「月極域探査機プリプロジェクトチーム」を設立し、開発着手に向け準備を進めた。

※なお宇宙基本計画工程表（令和元年度改訂）において「米国、インド等との国際協力による月着陸探査についても、各国の状況も注視しつつ、国際調整や技術調整を進め、月極域表面移動探査機の開発に着手する。」とされた。



2. 有人宇宙探査における優位技術の実証

国際宇宙探査において重要となる技術のうち、我が国が優位性を発揮できる技術や他分野への波及効果が大きく今後伸ばしていくべき技術として、月近傍有人拠点構築に向けては深宇宙補給技術（ランデブ・ドッキング技術等）と有人宇宙滞在技術（環境制御技術等）、月着陸探査活動に向けては小型月着陸実証機（SLIM）、火星衛星探査機（MMX）等の機会も活用しつつ、宇宙科学・探査における無人探査と連携し、重力天体離着陸技術（高精度航法技術等）と重力天体表面探査技術（表面移動技術、掘削技術、水氷分析技術等）の技術検討・技術実証に取り組む。

①重力天体表面探査技術

実績：

- 月面での掘削技術の実現に向け、1.5mの掘削ドリルを試作し、氷を含有したレゴリスを用いた掘削試験を実施した。これにより掘削速度と必要動力の関係など仕様・性能を明確化し、実現性を確認できた。
- 我が国の得意とする超高エネルギー密度リチウムイオン電池については、実サイズでの製造を行い、実用に向けた短絡や過充電等の安全性試験を問題なく完了した（従来の40%増のエネルギー密度を実現しており宇宙用としては世界最高密度）。
- 水氷分析技術については、2018年度に実施した「月極域探査のための観測機器の検討提案」で、大学や民間企業の知見を取り込みを図るため幅広いコミュニティから選定された8つの検討チームと概念検討を実施し、搭載機器の公募につなげた。
- 表面移動技術については、踏破性が高く長距離かつ信頼性の高い移動を実現するため、走行機構の長距離走行試験を実施し、kmオーダーの連続走行を確認し月極域探査ローバの実現性を確認できた（中国の月面ローバは1年間で400m走行）。

効果・評価：

- 世界最高密度を実現したリチウムイオン電池により、世界初となる極低温な月の影領域における地下掘削等の本格的な水探査が可能となる。同バッテリーについては、月極域探査ミッションを共同で取り組むインド宇宙機関（ISRO）からインドが開発する月着陸機への搭載に向けて期待が寄せられている。
- 上述の成果を月極域探査機のシステム検討に反映し、プリプロジェクト化につなげた。



超高エネルギー密度リチウムイオン電池安全試験



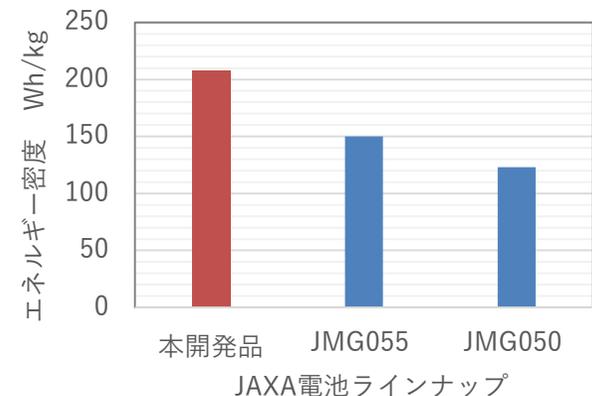
水資源分析装置の試作



走行機構の長距離走行試験



掘削試験の様子

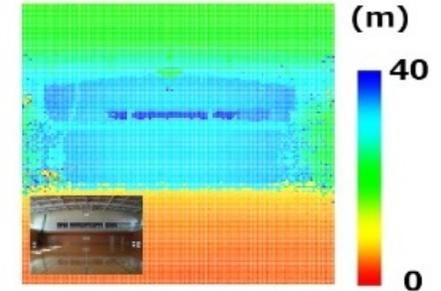
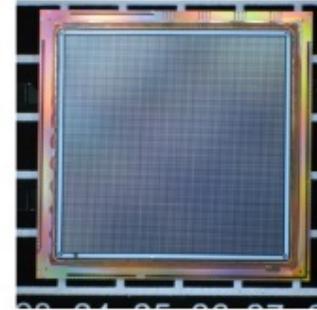


2. 有人宇宙探査における優位技術の実証

② 深宇宙補給技術

実績／効果・評価：

- 深宇宙補給技術の獲得に向け、HTV-XによるISSへの物資輸送機会を活用した軌道上での自動ドッキング技術実証ミッションについて、概念検討を行い、2019年12月にミッション定義審査MDRを完了、プリプロジェクト化につなげた。
- 自動ドッキングの主要な技術要素となる国産ドッキング機構について要素試作試験を行い、国際標準規格に準拠するソフトキャプチャシステムの技術的成立性を確認するとともに回生電流方式を応用した技術の優位性を確認した。
- ランデブセンサである相対航法センサ(Flash LIDAR)については、1回の撮像で強度画像(モノクロ画像)と距離画像を同時生成が可能となる世界最高水準のセンサチップ※を開発、試作品をブレッドボードモデルに搭載して技術的実現性を確認した。(参照 III.4.2項)



センサチップ※の試作品の写真(左)、距離画像の例/体育館の屋内(右)
(提供：浜松ホトニクス株式会社)

※高感度(光子のレベルで検知可能な感度)かつ高時間分解能(サブナノ秒)を有する世界で初めて開発された距離画像センサチップ

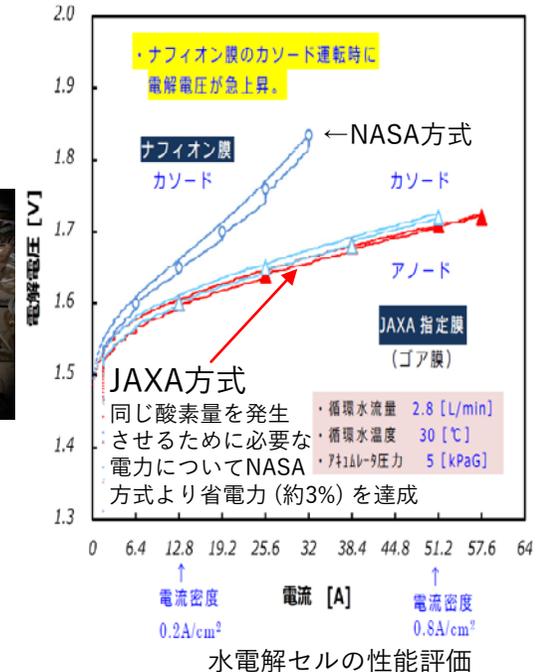
③ 有人宇宙滞在技術

実績／効果・評価：

- 2019年7月、世界初の電気分解を用いた水再生実証システムの開発を完了した。2019年11月、シグナス補給船運用12号機(NG-12)にて軌道上に打上げ、軌道上実証を開始した。
- ゲートウェイ国際居住モジュール(I-HAB) ECLSSのインテグレータとして、ゲートウェイ内のECLSS機能配分やIHAB ECLSSの要求仕様調整を実施。ESAの実施するI-HAB SRRに参加し、IHAB ECLSSの機能要求を設定した。
- CO2除去、有害ガス除去、全圧・酸素分圧制御などの各装置の地上検討により、技術的な実現性に目処をつけ、MDRを実施。
- 水再生システムを省電力化するキー技術である不純物分解用ダイヤモンド電極の性能向上を図った結果、要素試験で安定した電気分解を実現することができた。
(今後も継続して要素試験を実施し、省電力化や長期耐久性を評価する計画)
- 空気再生のキー技術である酸素製造用水電解セルの性能向上を図った結果、米国のシステム(1.6kW※)よりも省電力(1.5 kW)となる酸素製造システム実現の見込みを得た。 ※4人分に相当して算出



水再生実証システムの軌道上実証の様子



2. 有人宇宙探査における優位技術・波及技術の実証

④重力天体離着陸技術

実績／効果・評価：

- 重力天体離着陸技術の獲得に向け、月離着陸実証ミッション (HERACLES) について、国際情勢の変化に対応した適切なコンセプト変更への国際調整並びに世界最高水準の着陸用エンジンによる着陸機実現に向けた研究を行った。
- 国際情勢の変化に対応した適切なコンセプト変更への国際調整については、2019年3月にNASAの有人離着陸船開発が当初の2028年から2024年に前倒しすることが決定されたため、HERACLESミッション目的をESA/JAXAによる有人離着陸船開発から有人月面探査ミッションを支援する貨物輸送に切り替えてコンセプトを再検討した結果、H3打上げで1t程度の輸送能力を実現できることの見通しを得た。
- 世界最高水準の着陸用エンジンによる着陸機実現に向けた研究については、これまでのすべての月着陸機に用いられてきたヒドラジン系エンジンに比べ、燃費が著しく向上 (約1.4倍)する液体水素エンジンを採用するにあたっての最大の課題である液体水素の蒸発対策として、JAXAで研究を進めてきた高性能多層断熱材について、断熱フィルムの厚さ最適化やタンク形状への実装での工夫など、さらに性能向上を図った結果、海外同等品よりも断熱性能を2倍とすることを実現した。その結果、液体水素エンジンの月着陸機への採用の見通しを得た。



世界水準の2倍の性能を持つ断熱材

ベンチマーク	JAXA開発品			海外開発品	従来型
	(本開発品) NICS MLI (軽量フィルム12層) ドーム+シリンダ形状	NICS-MLI (12層) シリンダ形状	LB-NICS MLI (5層) シリンダ形状	Integral- MLI (20層) シリンダ形状	発泡材 PIF
熱流束 W/m ²					
(測定値)	[大気圧下] (300K-77K)	N/A	N/A	20	N/A
	[真空下] (300K-77K)	1.2	0.7	4.2	1.3
厚さ, [mm]	48	48	14	40	25
面密度, [kg/m ²]	0.71	2.2	2	1.5	0.84
熱・重量 性能値 h×p	[大気圧下]	N/A	N/A	1.8×10 ⁻¹	N/A
	[W・kg/m ³ K]	[真空下]	3.7×10 ⁻³	6.7×10 ⁻³	3.8×10 ⁻²

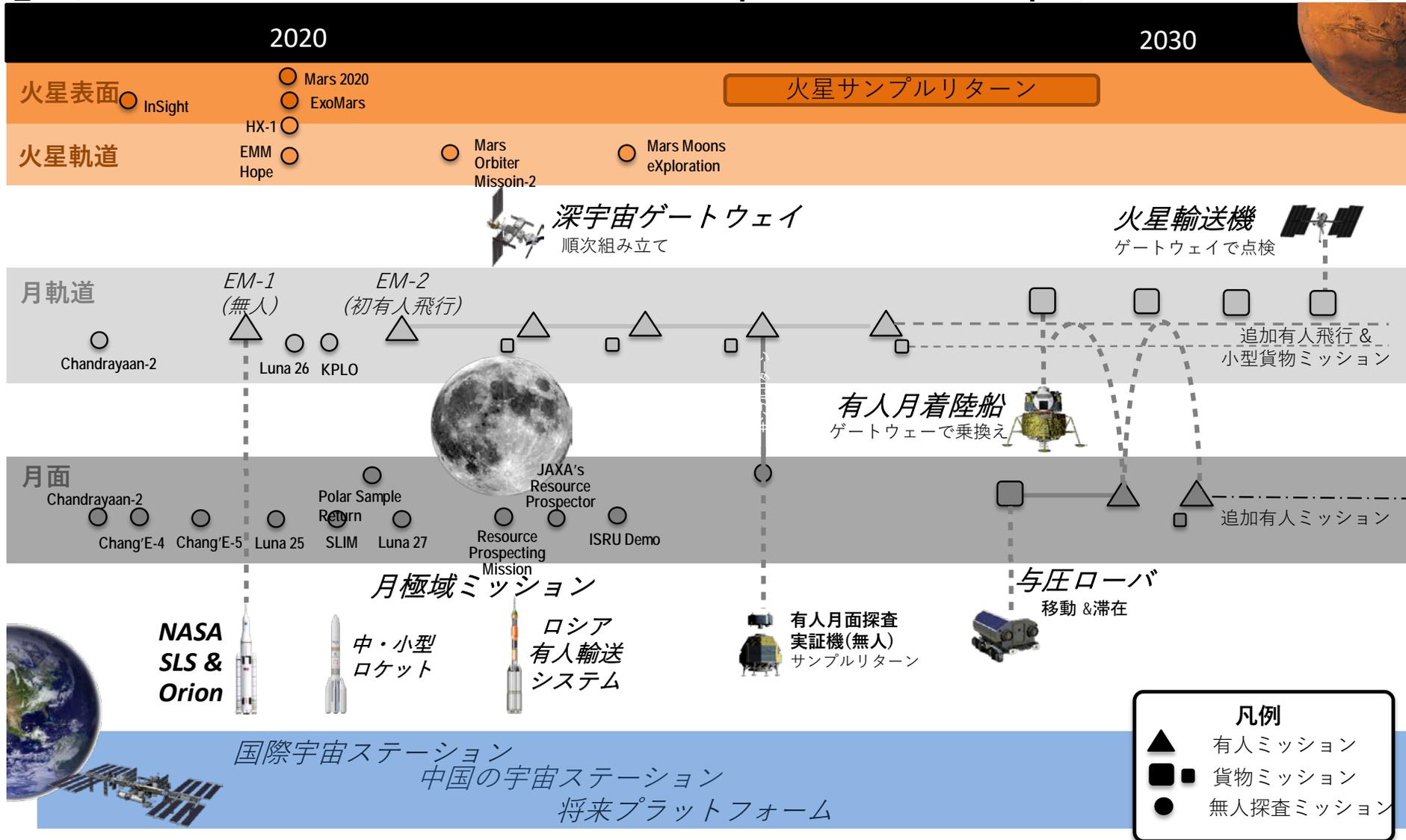
断熱性能の比較

※熱・重量性能値の数値が小さいほど断熱性能が高いことを示す。

HERACLES :

Human-Enhanced Robotic Architecture and Capability for Lunar Exploration and Science

【国際宇宙探査ロードマップ(GER: Global Exploration Roadmap)第3版 :2018年2月】



JAXAの提案する日本の国際宇宙探査シナリオ (案)

※火星探査については、「III.3.8宇宙科学・探査」に掲載



年度計画	実績
<p>Ⅰ. 1. 10. 国際有人宇宙探査</p> <p>国際共同で人類の活動領域を拡大する「国際宇宙探査」(有人探査のために先行して行われる無人探査を含む)において、米国が構想する月近傍の有人拠点構築への参画及びインド等との協力による月極域での水資源探査について、国際的なプログラムの具体化を図り、国際宇宙探査のプロジェクトに戦略的に参画できるよう、主体的に技術面を含めた我が国の計画の検討を進め、国際調整や技術検討を行う。計画の具体化にあたっては、宇宙探査に関連する産業の拡大に向けて、民間事業者との連携を強化する。また、国際宇宙探査において重要となる技術のうち、我が国が優位性を発揮できる技術や他分野への波及効果が大きく今後伸ばしていくべき技術として、月近傍有人拠点構築に向けては深宇宙補給技術(ランデブ・ドッキング技術等)と有人宇宙滞在技術(環境制御技術等)、月着陸探査活動に向けては小型月着陸実証機(SLIM)、火星衛星探査機(MMX)等の機会も活用しつつ、宇宙科学・探査における無人探査と連携し、重力天体離着陸技術(高精度航法技術等)と重力天体表面探査技術(表面移動技術、掘削技術、水氷分析技術等)の技術検討・技術実証に取り組む。</p>	<p>国際有人宇宙探査において、米国が構想する月近傍の有人拠点構築への参画及び国際協力による月極域での水資源探査について、国際的なプログラムの具体化を図った。具体的には、<u>月周回有人拠点構築においてNASAとの間で持続的な探査活動の実現に向けた協力拡大の共同声明(NASA長官-JAXA理事長)に署名し、国際協力の枠組みや分担の調整で日本政府を支援することで、10月の宇宙開発戦略本部による政府決定に寄与し、これを反映した12月の宇宙基本計画工程表の改訂を実現した。</u>さらに、インドとの共同ミッションである月極域探査ミッションについて、NASA、ESAの観測機器の搭載とアルテミス計画への貢献に向けて国際調整を行い、インド宇宙機関(ISRO)との間で技術検討を進め計画を具体化する等、プログラムの具体化において顕著な成果を得た。</p> <p>また、国際宇宙探査において重要となる技術のうち、有人着陸探査活動に向けては、重力天体離着陸技術について、着陸機用エンジンの液体水素の蒸発対策として高性能多層断熱材の断熱性能の向上を図り、海外同等品比2倍とすることを実現し、重力天体表面探査技術について我が国の優れた電池技術を活かして宇宙用として世界最高レベルのエネルギー密度を実現した。</p>

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)		385,280	2,619,428					
決算額 (千円)		329,458	909,304					
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)		10	26					

(※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
JAXAと他極の実施機関との合意文書数(*1)		12	14					
JAXAが議長を務めた国際会議及び日本で開催した国際会議の数(*2)		4	7					

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>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>○国際宇宙ステーションの今後の方向性、国際有人宇宙探査の方向性について動向を注視する必要がある。いずれも重要であるが、多額な国民負担を伴うものであるから、日本の想定する貢献度を明示し、合意形成を目指すべきである。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・国際宇宙ステーションの今後の方向性については、宇宙基本計画工程表の中においても、2025年以降の地球低軌道活動の在り方の検討を行うことが示されており、米国等の国際動向等も注視しつつ、民間活力の積極的な活用も含めて、政府の検討を支援していきます。 ・国際宇宙探査計画については、上記ISSの方針も踏まえ、日本の貢献を政策レベルに提案してきたところ、政府での議論を経て、10月に宇宙戦略本部で合意形成がなされ、米国の提案する月周回有人拠点（ゲートウェイ）を含む国際宇宙探査計画への我が国の参画方針が決定した。
<p>○有人宇宙探査においては、今後国際的な動向を見据えながら、確実な技術開発を行い、我が国の優位性を獲得することが必要である。そのため、十分な予算と人員を投入し活動を推進するとともに、単なる費用負担に終わらないことを期待する。</p>	<p>米国の提案する月周回有人拠点（ゲートウェイ）を含む国際宇宙探査への参画について、我が国の強みを生かした分野で戦略的に参画できるよう、米国・欧州等も含めた国際調整や具体的な技術検討・技術実証を主体的に進めている。確実な技術開発と我が国の優位性の獲得のため、十分な予算と人員を確保できるよう、経営推進部・人事部と調整を進める。</p>
<p>○国際的な動向に左右されすぎないように将来構想を明確にし、海外との効果的な分担を、費用対効果を念頭に行うことが肝要である。宇宙科学・探査計画との連携をとり、バランスよく推進することを期待する。</p>	
<p>○有人宇宙探査は、実現には巨額の費用を必要とすることとなるため、著名な大手企業の参画表明は喜ばしいことだが、実現性を考えると道のりは長く不確実性は高いと考えるべきである。資金計画も含めた長期ロードマップとKPIの明確化とその進捗確認を確実に実施すべきである。</p>	<p>政府の国際宇宙探査政策・計画に対し、我が国が強みを持つ技術や最新の国際情勢を踏まえた宇宙機関としての提言を「国際宇宙探査シナリオ」にまとめた。同シナリオを基に、技術ロードマップを設定するとともに、国際宇宙探査プログラムの実施が宇宙科学にも貢献できるよう、国内の科学コミュニティとも理工学委員会等を通じて連携をとっている。</p>
<p>○これまでのところ国際宇宙探査は官主導で進められており、産学が追い付いていないようである。ワークショップを高頻度で行っていることは素晴らしいが、まだまだ連携は不十分と思われる。日本独自の開発テーマをJAXAが大胆に提案して産と学をリードすべきと考える。</p>	
<p>○有人宇宙探査に必要な技術領域において確かな優位性の獲得を通して、今後の有人宇宙探査における日本の基盤構築が期待される。</p>	<p>我が国が強みを持つ重力天体表面探査技術や有人宇宙滞在技術、深宇宙補給技術等について、今後の国際宇宙探査における我が国の優位性の確実な獲得を目指し、将来に向けた技術要素・基盤技術の研究開発に注力する。</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>○国際宇宙ステーションと国際有人宇宙探査を並行で推進する中で、それぞれの特徴を明確にし、目的とリソースを的確に配分することを望む。</p>	<p>国際宇宙ステーションと国際宇宙探査それぞれの特徴等を明確にして、昨年の宇宙探査小委員会で説明した。2025年以降のISSの活動計画を検討する中で的確なりソースの配分を整理する予定である。</p>
<p>○NASAやESA（欧州宇宙機関）が既に民間からのサービス調達や民間委託を検討・実施している中、日本も計画早期からベンチャーを含めた民間企業がより将来のビジネス化を見据えて参加できるような仕組みを宇宙探査プログラムの中に入れていくことを期待する。</p>	<p>プリプロジェクト化される月極域探査ミッションを初め将来の探査プロジェクトに合わせて、民間企業との役割分担を含め調達の手法の見直しに取り組んでいる。また、「有人と圧ローバが拓く月面社会勉強会」では、与圧ローバを出発点として業種横断的に将来の月面活動について意見交換し、ベンチャー企業を含め様々な業種の企業が宇宙探査プログラムへの参加を促しており、今後も宇宙探査プログラムの中でビジネスへの展開を加速するような枠組みを検討する。</p>
<p>○今後参画や協力が検討されるゲートウェイ構想、アルテミス計画において日本の民間企業の活動が阻害されず、利益が保護される規定を入れられるように、協力の交渉において特に努力する必要があるのではないか。</p>	<p>JAXAが議長を務める国際宇宙協働グループ（ISECG）では、オープンアーキテクチャーの思想の下、宇宙新興国や民間企業も含めた構想検討を進めており、これが規定等にも展開されるよう取り組んでいる。</p>
<p>○これまでのところ国際宇宙探査は官主導で進められており、産学が追いついていないようである。ワークショップを高頻度で行っていることは素晴らしいが、まだまだ連携は不十分と思われる。日本独自の開発テーマをJAXAが大胆に提案して産と学をリードすべきと考える。</p>	<p>・ゲートウェイにおける多極間の国際貢献に加え、月極域探査活動（ISRO（インド）、NASA等）、火星衛星探査計画「MMX」（NASA,CNES,DLR等）、月離着陸実証ミッション（ESA,CSA等）などJAXA主導の探査プロジェクトにおいても国際協力を推進し、我が国の強+F101みを活かしつつ、効率的・効果的に探査プログラムを展開できるよう戦略的に取り組んでいる。</p>
<p>○宇宙探査における国際貢献と、国内の産業振興・基盤強化は、オープン＆クローズの視点を持ち、他国との連携の在り方、非宇宙企業による参画促進など戦略的に取り組むことが重要である。</p>	<p>・MMXに向けた国際的な惑星保護方針の設定において、JAXAを中心とする日本の研究チームが科学的活動を通じて主導的な役割を果たした。また、国際宇宙探査協働グループ（ISECG）では、JAXAは議長国として国際宇宙探査ロードマップ（GER）の改訂に向けた調整を取りまとめた。</p> <p>・宇宙分野にとどまらない幅広い産業界や大学等との意見・情報交換の場を設ける等により参画を促進するとともに、探査ハブの活動を通じて、非宇宙企業への実証機会の提供や共同でのミッションの実施を検討している。</p>

Ⅲ. 3. 11 人工衛星等の開発・運用を支える基盤技術 (追跡運用技術、環境試験技術等)

中長期計画

人工衛星等の安定的な運用や確実な開発に必要な基盤技術である追跡運用技術及び環境試験技術等について、次の取組を行う。

(空欄)

(1) 追跡運用技術等

人工衛星の確実なミッション達成のため、追跡管制及びデータ取得のためのアンテナ等の施設・設備の維持・運用を実施する。また、設備維持・運用の効率化及び低コスト化を踏まえた追跡ネットワークシステムの整備を行う。さらに、ネットワーク機能におけるサービスの高性能化及び高付加価値化により宇宙探査等の将来ミッションを実現可能とするシステムの研究開発を行う。

ミッション達成に貢献するため、JAXAが必要とする新設・既設の無線局の周波数を新規に又は継続して確保するべく、国際及び国内における規則策定検討への参画や他無線局との使用周波数の調整等を通じて宇宙航空利用分野への周波数帯の割り当てを維持・促進し、当該周波数帯での無線局の許認可を確実に取得する。

(2) 環境試験技術

確実なミッション達成に貢献するため、保有する環境試験設備による環境試験を着実に遂行するとともに、環境試験技術の向上を目指した研究開発等を行う。具体的には、老朽化対策を含む確実かつ効率的な環境試験設備の維持・運用を行うとともに、振動や熱真空の試験条件緩和及び試験効率化に関する技術開発に取り組む。さらに、他産業との交流により、培った環境試験技術と設備の利用拡大を進める。

主な評価軸（評価の視点）、指標等	
<p><評価軸> 【安全保障の確保及び安全・安心な社会の実現】 ○我が国の安全保障の確保及び安全・安心な社会の実現に貢献する取組の立案・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> （成果指標） ○安全保障の確保及び安全・安心な社会の実現に係る取組の成果 （マネジメント等指標） ○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） ○安全保障・防災関係機関等の外部との連携・協力の状況</p> <p><モニタリング指標> （成果指標） ○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） （マネジメント等指標） ○安全保障・防災関係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） ○外部資金等の獲得・活用の状況（例：受託件数等）</p>
<p>【宇宙利用拡大と産業振興】 ○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> （成果指標） ○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） （マネジメント等指標） ○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> <p><モニタリング指標> （成果指標） ○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） （マネジメント等指標） ○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>

スケジュール

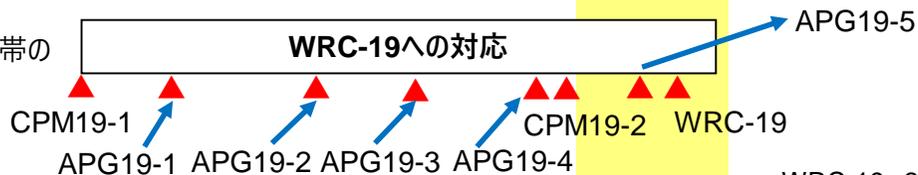
年度	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
----	------	------	------	------	------	------	------	------	------

1. 追跡運用技術等

人工衛星等の開発・運用を支える 追跡運用設備・環境試験設備 の 維持・運用

DTNの国際標準化への貢献/実験的手法によるDTN技術の有効性検証/DTNシステムの利用拡大の取り組み

宇宙航空利用分野への周波数帯の
割り当ての維持・促進



WRC-19: 2019年世界無線通信会議
 CPM: ITU-RにおけるWRC-19の準備会合
 APG: アジア・太平洋電気通信共同体におけるWRC-19の準備会合

年度	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
----	------	------	------	------	------	------	------	------	------

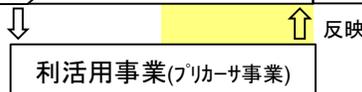
スケジュール

年度	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
----	------	------	------	------	------	------	------	------	------

2. 環境試験技術

< 設備運営効率化と利用拡大への取り組み >

1) PPP的手法による新しい運営事業



< 試験技術の研究開発への取り組み >

2) 試験条件の緩和や試験の効率化

①音響条件の緩和

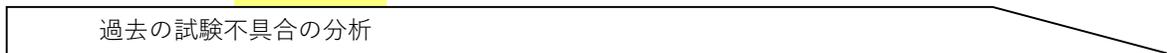


②JAXAベストプラクティス（各種試験時の不具合分析）に基づく研究：再試験の標準化



▲標準文書への反映

③熱真空試験条件の効率化



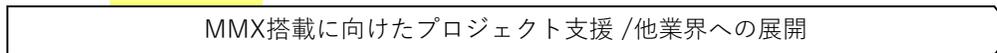
3) 新方式磁力計の開発と利用拡大



▲メーカーと連携

▲試作完了

▲実用化(設備用)



▲BBM制作 ▲EM品設計

▲MMX搭載

年度	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
----	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Ⅲ. 3. 1 1 人工衛星等の開発・運用を支える基盤技術 (追跡運用技術、環境試験技術等)

2019年度 自己評価

S

【評定理由・根拠】

中長期計画で定められた確実なミッション達成に貢献するため、人工衛星等の開発・運用を支える基盤として施設・設備を着実に維持・運用するとともに、技術の向上を目指した研究開発や技術と設備の利用拡大に取り組みつつ、人工衛星以外の新たな分野や、民間企業などによる実利用に広げる取り組みを進めた結果、以下の特に顕著な成果があった。なお、年度計画で設定した業務は、計画とおり実施した。

1. 追跡運用技術等 <参考情報 参照>

長距離通信の課題を克服し、宇宙機群の相互協調（情報や資源の共有）を可能とするDTN（Delay/Disruption Tolerant Networking）の研究開発として以下の取り組みを進めた <補足 1 参照>。

<DTNの国際標準化への貢献>

DTN技術の獲得推進と、その成果の国際標準規格策定活動へ提案・反映を行った。さらに、主要宇宙機関で構成する宇宙データ諮問委員会(CCSDS)の作業グループの副議長として、当該グループが策定中の文書（3件）のピアレビューやJAXAの宇宙機・地上局運用を踏まえた知見を提示しつつ、参加機関の利害を調整し、当該技術に係る国際標準策定活動を主導した。

<実験的手法によるDTN技術の有効性検証>

JAXAは、輻輳環境に対するDTN技術の有効性を宇宙機関として初めて実証実験により証明した。劣悪な通信環境においても、インターネット（TCP/IP）との比較して、通信時間の約0.5%（約1/200）でデータ通信が完了する効率的なデータ通信に成功した。これにより、インターネット（TCP/IP）の適用が困難と想定される、Ka帯以上の高速衛星通信や光無線衛星通信、月以遠等の遠距離探査通信への応用の有効性を証明することができた。

<DTNシステムの利用拡大の取り組み>

輻輳環境に対する有効性が証明されたDTN技術の非宇宙分野での利用拡大のため、関心を持つ民間企業と共同で検討を行い、2021年度までの実証実験の実現を目指す。

【評定理由・根拠】（続き）

2. 環境試験技術

環境試験技術と設備の利用拡大において、**PPP（Public Private Partnership）的手法を用いて民間事業者が主体的に運営する仕組みを環境試験事業へ応用し、民間事業者の営業力やインセンティブを活用して中長期計画にある設備の効率的な運営と利用拡大を同時に実現した。**また、**音響条件の緩和や試験中不具合の統計的分析**など環境試験技術の研究開発への取り組みを行い、**特別論文賞の受賞や特許**等の成果を得た。

<設備運営効率化と利用拡大への取り組み>

1) PPP的手法による新しい運営事業 <補足2参照>

JAXA筑波宇宙センターの環境試験事業では、**全社的課題であるインフラ維持費の削減や人材の研究開発や創意工夫の高い業務への集中の実現を目的に、要望ヒアリング、市場開拓、事業リスク検討、規制緩和等多方面にわたり行い、JAXA初の挑戦的な試みとして、全試験設備等（18設備、10建屋・エリア）を対象に、PPP的手法を用いて民間事業者が主体的に運営する仕組みを環境試験事業へ応用し、2020年度より事業を開始した。**工夫した点は以下の通り。

【事業概要】

JAXAインフラの特質として宇宙開発用試験設備は高品質・高信頼度の維持が必要である。設備保守の重点ポイントを十分検討したうえで「**性能要求化**」の仕様を盛り込む契約を行い、品質を維持しつつ民間事業者工夫による効率化で費用削減を図れるようにした。事業性向上および運営自由度を高めることが必要である。**PFI(Private Finance Initiative)コンセッション方式に類似した手法による「設備の利用拡大」事業**を契約に加え、民間事業者に対して**試験設備、試験建屋、エリアをアセットとした運営権を設定し**、JAXA宇宙機等の試験が無い空いた期間において民間事業者アイデアにより新規事業をできるようにした。この結果、受託試験のほかに教育研修、レンタルラボ等の新規事業が成立する。

【事業性の予備検証】

2019年度は対象設備を絞り民間事業者の活力を使った**プリカーサ事業を行い**、宇宙および宇宙以外を含めた**外部ユーズによる利用は過去平均約20件から47件へ増加し、事業性の高さや潜在需要を確認**できた。また、事業の持続性や安定性も期待できることがわかった。

【官民相互のメリット】

ヒアリングで要望された**他部門所有の小型衛星用設備も対象に加え**、筑波宇宙センターのほぼ全試験設備を対象とした。スキームに**JAXAに対する収益還元**を設け、**民間事業者の営業力やインセンティブを活用して中長期計画にある設備の効率的な運営と利用拡大を同時に実現**できるようにした。

<環境試験技術の研究開発への取り組み>

2) 試験条件の緩和や試験の効率化 <補足3参照>

【音響条件の緩和】音響負荷時の構造強度及び疲労等価の観点から理論を再構築することで**試験条件を約半分に緩和**（音響ピーク：400Pa->200Paや累積疲労損傷を1/3以下）できることを明らかにした。

【試験中不具合の統計的分析】システム試験における**熱真空試験不具合の原因別統計分析**を行い、Test Effectiveness(検出不具合種類と検出割合)の観点で**宇宙機試験標準の根拠を示した貢献が高く評価され、31th Aerospace Testing Seminar特別論文賞を受賞した。**JAXAベストプラクティス(各種試験時の不具合)に基づき判断方法等を研究し試験標準に反映し、効果的な再試験項目の選定や**試験省略(音響再試験の場合3-5日間程度が期待)が可能**になった。

3) 新方式磁力計の開発と利用拡大 <補足4参照>

地上設備用に開発した磁力計が火星圏探査機MMX搭載の磁場観測機器として採用され、**消費電力従来比1/3を実証するとともに、そのキー技術である低ノイズ回路技術を特許出願**した。

1. 追跡運用技術等

DTNの研究開発

DTN技術とは

- ・長距離通信で課題となる物理的な距離の壁（通信の遅延時間、通信切断）を克服し、宇宙機群の相互協調(情報や資源の共有)を可能とする宇宙空間でのインターネットワーキング技術で、将来の国際月探査プログラムへの適用を目指している。
- ・地球近傍衛星（LEO/GEO）～地表間的高速通信（電波通信、光無線通信等）において課題となる 大気減衰・散乱による回線品質劣化（データ欠損）に対しても、当該技術が具備する自動再送機能の有効性が認識されつつあり、応用検討が活発化している。
- ・非宇宙分野においても、災害時ICTやセンサ（アドホック）ネットワークへの応用が検討され、波及効果が望める



< DTNの国際標準化への貢献 >

- ・DTNの国際標準規格の策定にむけ、主要宇宙機関で構成する宇宙データ諮問委員会(CCSDS)の作業グループの副議長として、当該技術に係る国際標準策定活動の推進を主導した。なお、宇宙データ諮問委員会には作業グループが23グループ設置されているが、日本の人材が正・副議長へ選出されているのはDTNのみである。
- ・当該技術の実現可能性の検証、規格への適合性を検証するため、プロトタイプ製作に着手し、先端的な技術獲得を推進しつつ、その成果を策定中である当該技術の国際標準規格へ提案・反映を行った。

1. 追跡運用技術等（続き）

< 実験的手法によるDTN技術の有効性検証 >

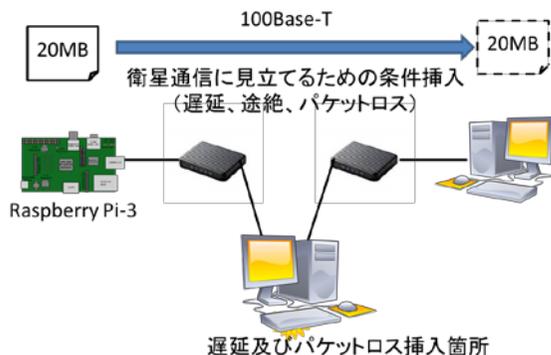
他の宇宙機関によるDTN実証実験では通信遅延及び通信回線の途絶のみに対する耐性評価にとどまるのに対し、JAXAでは実際の宇宙インターネット通信において最も大きな品質低下要因となる輻輳環境に対する有効性を宇宙機関として初めて実証実験により証明した。劣悪な通信環境においても、インターネット（TCP/IP）との比較して、**通信時間の約0.5%（約1/200）でデータ通信が完了する効率的なデータ通信に成功**した。これにより、インターネット（TCP/IP）の適用が困難と想定される、**Ka帯以上の高速衛星通信や光無線衛星通信、月以遠等の遠距離探査通信への応用の有効性を証明**することができた。これらの通信へDTN技術が適用されることにより、地表、地球近傍に加え惑星間を含めた**人類の活動領域全体をネットワーク化する惑星間インターネットが可能**になると期待される。

【比較実験で設定した輻輳条件】

- 地上 - 静止衛星間の往復時間に相当する**500msの通信遅延**
- 今後のIP衛星放送（静止衛星）等で許容されるパケットロスの100万倍劣悪な**15%のパケットロス**

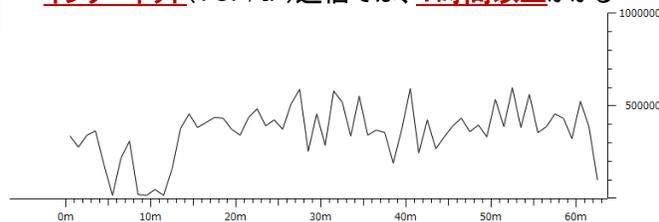
< DTNシステムの利用拡大の取り組み >

JAXAは、輻輳環境に対する有効性が証明されたDTN技術の利用拡大のため、宇宙通信への適用のみならず、**非宇宙分野での利用**、特に従来であればインターネット（TCP/IP）の利用を諦めてしまうような通信環境（例えば、光通信のように大気や気象条件により通信品質の劣化が起こり易い場合）への適用を探求し、関心を持つ**民間企業と共同で検討を行った**。2021年度までの実証実験の実現を目指す。

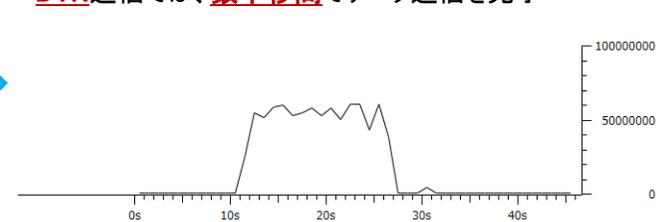


データ伝送の比較実験

インターネット(TCP/IP)通信では、1時間以上かかる



DTN通信では、数十秒間でデータ通信を完了



2. 環境試験技術

< 設備運営効率化と利用拡大への取り組み >

1) PPP的手法による新しい運営事業

- JAXA課題である**環境試験設備の維持費削減**および、試験技術に関するさらなる研究成果を生むための管理的業務の縮減による**人材の研究開発への集中**や、中長期計画に挙げる「**設備の利用拡大**」(国としての成果の最大化)の達成を目指し、**PPP的手法による民間事業者主体の新しい事業形態での運営を2020年度より開始**した。
- 事業構想やスキーム検討にあたり、サウンディングとして多様な業種(機械、商社、建設、製鉄、運輸、宇宙ベンチャ等)**20社以上とヒアリング**し、事業性やマーケットを確認した。検討結果として、一般社会では既に実装されたPPP的手法であるが、空港や病院のPFI事業を参考に、インフラ運営として共通の利点を生かせるものと考え、**JAXAとして初めて本格的**に取り組んだ。

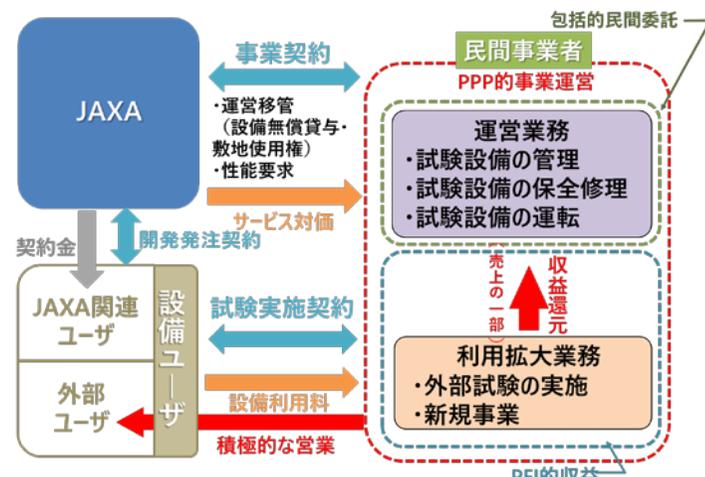
【事業概要】(工夫した点を含む)

事業は筑波宇宙センターの環境試験設備(18設備)、建屋・エリア(10棟)を対象。大きな柱は「設備保守」と「利用拡大」。「**設備保守**」は**性能要求**により民間事業者工夫での効率化、費用削減を図る。加えて、「**利用拡大**」は**試験設備、試験等建屋、エリアをアセットとして民間事業者へ運営権**を設定。JAXA宇宙機等の試験が無い空いた期間において、民間事業者アイデアによる企画(受託試験、教育研修等)を行わせる(内閣府PPP類型における、包括的民間委託と『PFI(Private Finance Initiative)コンセッション方式の混合形式)。この結果、受託試験のほかに教育研修、レンタルラボ等の新規事業が成立する。



事業対象設備、建屋等

(18設備、10建屋・エリア)



事業スキーム図

評定理由・根拠（補足2）

2. 環境試験技術（続き）

<設備運営効率化と利用拡大への取り組み>（続き）

1) PPP的手法による新しい運営事業（続き）

【事業成功のための環境づくり】

利用拡大の多くを占める受託試験事業については、潜在需要把握とマーケット開拓のため、多くの**業界展示会**（人とするまのテクノロジー展、鉄道技術展、SEA JAPAN等の計10回）への出展、**企業対象見学会**（計9回参加者約300社、約600名）の催行、**戸別訪問**等を行った。結果として、JAXA設備に関心を示す企業が多く、潜在需要が確認できた。

【事業性の予備検証】

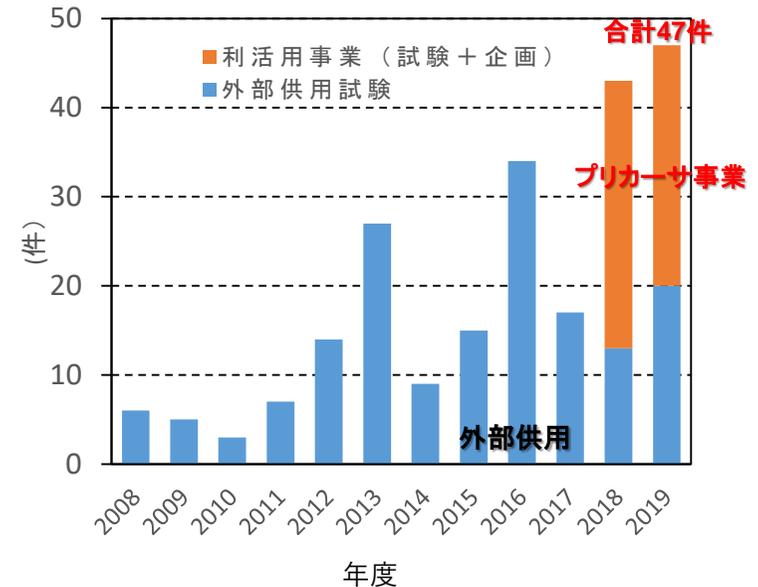
実際の利用を通じて需要を確認する予備検証として、**一部設備（現役1設備および旧設備）を対象としたプリカーサ事業(利活用事業)**を2018年～2019年度に実施。民間事業者の民間活力による努力の結果として2019年度の利用件数は**従来平均約20件**であったものが**47件へ増加**。うち宇宙以外(自動車、航空等)が16件となり、他産業含めた需要と事業性の実確認ができた。

【官民相互のメリット】

事業スキームにおけるJAXAが支払う保守サービス対価に対して、利用拡大の**一部収益をJAXAへ還元**するスキームを加えており、**民間事業者のインセンティブだけでなく、JAXAも含め相互に経済的メリット**がある内容となった。またヒアリングにおいて、宇宙ベンチャ企業が**将来性が高いと考える小型衛星**に対しても事業として取り組めるよう、JAXA既存の小型衛星用試験設備を対象に加えて欲しい要望があり、JAXA他部署から対象設備を移管。民間要望に応えることともに、JAXAの設備所掌の整理ができた。

【JAXA初の取り組みにともなう困難】

PPP的手法を取り入れるにあたり重要な官民の連携の役割分担については、リスク評価、JAXA内および関係省庁との多くの調整を経て決定した。特にJAXAから民間への業務移管にあたり、JAXA内の既成制度やルールについて必要性に立ち戻る議論を必要とした。これにより民間運営の自在性のメリットを最大限に生かし、利用者の利便性が高まる**手続き簡素化と規制緩和**を達成した。



外部利用件数の推移

評定理由・根拠 (補足3)

2. 環境試験技術 (続き)

< 試験技術の研究開発への取り組み >

2) 試験条件の緩和や試験の効率化

【音響条件の緩和】従来の衛星開発において音響条件は実際のフライトに比して過剰で開発コストを増大させる一因となっていた。そこで、輸送・包装分野等で用いられている非定常データ解析技術を応用し音響負荷時の構造の振動応答の観点からフライト時のフェアリング内部音響データを解析する理論を構築した。同技術を用いて過去5機分のH-IIAフライトデータの解析を行った結果、**従来の音響条件の緩和 (音響ピーク約半減: 400Pa->200Paや累積疲労損傷を1/3以下) 可能な見込みを得た。**(右図1) これにより、**音響条件の緩和やそれに伴うフライト分の累積疲労考慮を不要とする等、これまでの音響耐性検証のあり方を刷新することが期待**でき、標準反映・プロジェクトへの早期適用を目指して検討を加速させている。

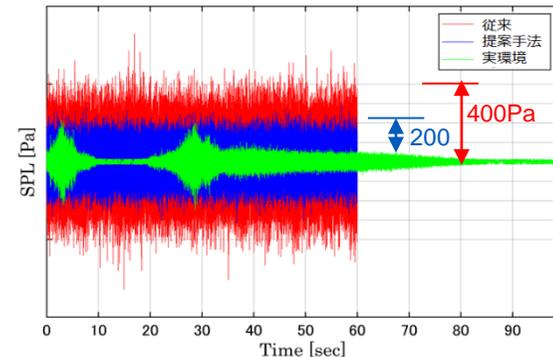


図1 従来の試験条件(赤)と提案手法による試験条件(青)

【試験の効率化】機器の開発遅延やシステム試験中の機器不具合発生等により代替品を用いて一部の試験を先行してせざるを得ない開発工程等が近年増加してきており、従来の試験標準で想定していたシナリオを超え、より現行の開発実情に即した効果的・効率的な再試験要件が求められていた。そこで、JAXAの地上試験において発生した設計&ワークマンシップ不具合を分析し(右図2)、**設計検証&ワークマンシップ検証の観点に基づいた効果的な再試験項目の選定や試験省略、試験標準として制定を行った。**これにより、**プロジェクト試験の適切な実施及び試験効率化(音響再試験の場合3-5日間程度)が期待**できる。

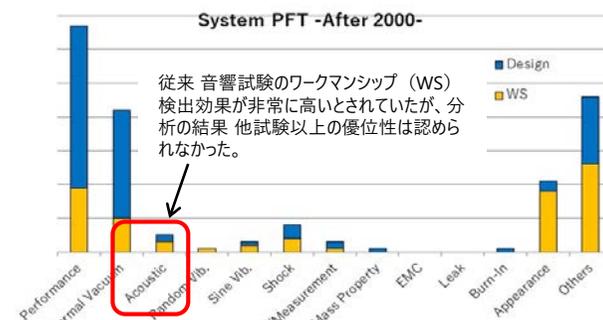


図2 要因別システム試験不具合分析

【試験中不具合の統計的分析】多大なコスト・スケジュールを要するシステム熱真空試験のコスト効果の最大化を志向し、JAXA地上試験不具合データベースを用いて**過去25年分(衛星15機)のシステム熱真空試験時の不具合に関する総点検・統計分析を実施したことで、温度・真空度・サイクル数等試験条件による潜在不具合事象とそれらの割合(%)を明らかにした(右図3-1)。**それより、**効果的な熱真空試験の実施(真空やサイクル数等の試験条件(右図3-2)による実施可否等)に期待**される※。宇宙機試験標準の根拠を示した貢献が高く評価され、**31th Aerospace Testing Seminar特別論文賞を受賞**した。

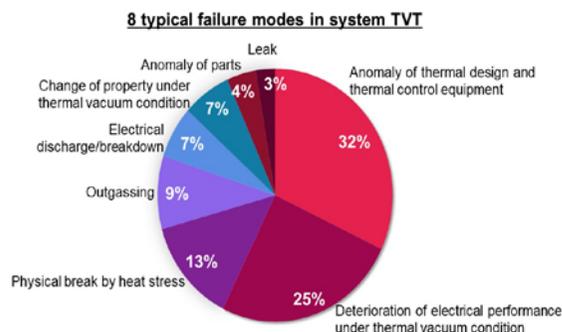


図3-1 システム熱真空試験の不具合事象と割合(%)

Table 6: Effective test requirements to detect each failure mode

Typical failure mode in system TVT	Temperature	Vacuum	Thermal cycle	Dwell time
Anomaly of thermal design and thermal control equipment	E	E	NE	NE
Lack of electrical performance under thermal vacuum condition	E	-	-	-
Physical break by heat stress	E	NE	E	NE
Outgassing	E	E	NE	E
Electrical discharge/breakdown	NE	E	NE	NE
Change of property under thermal vacuum condition	E	E	NE	-
Anomaly of parts	-	-	-	-
Leak	E	E	NE	E

E: Effective, NE: Not effective, -: Depends on situation

図3-2 システム熱真空試験条件 (温度、真空、サイクル数等) による不具合検出効果

※ 論文受賞(Otto Hamberg 特別論文(2019年8月23日付)): Typical failure modes in system thermal vacuum test and lessons learned to improve TV test effectiveness from best practice through assessment of JAXA's failure database, 31th Aerospace Testing Seminar

評定理由・根拠 (補足4)

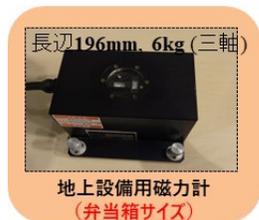
2. 環境試験技術 (続き)

< 試験技術の研究開発への取り組み > (続き)

3) 新方式磁力計の開発と利用拡大

小型高精度な新方式磁力計の実用化開発を進め、地上設備用途から宇宙機搭載用途(火星圏探査)へと新技術の展開を推進。

【今年度成果】宇宙機搭載品への実現に向け☆過酷な打上振動環境への耐性獲得、☆真空中での安定動作、☆低消費電力(低ノイズ回路に関する技術特許出願)



【新方式磁力計】

1. 従来比サイズ1/4以下、重量1/10以下の小型・軽量ながら精密な磁場測定(地磁気の10万分の1レベル)が可能。
2. 上記特長を生かしてMMX探査機への搭載が決定。航空機やドローン、深海探査船等への搭載も適用が期待。

MMX(火星圏探査機)への搭載



地上用から構造・素材などの設計を改良したセンサ部

イオン分析器の付属で新方式の磁力計(二式)が搭載予定。
小型軽量なため、重量・構造の圧迫なく簡易に取り付けが可能

宇宙機搭載品への転用を実現する研究開発を実施 (2019年度)

- 今後一層の改良を実施、MMX用EM品設計に成果を反映予定
- 獲得技術は将来の他分野(過酷な火山や深海探査)にも応用可能

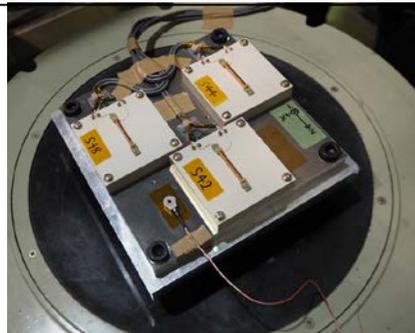


<http://free-photos.gatag.net/2013/08/30/200000.html>

センサ消費電力を1/3に低減

従来は駆動電流減少でセンサノイズが悪化していた⇒ノイズ部分をピンポイントに除去する回路構成を提案、実証(特許出願)⇒消費電力1/3を達成

振動環境試験で16Gへの耐性実証



真空中での安定動作を実証



JAXAの衛星・探査機と追跡ネットワーク

以下に示すJAXA衛星16機の確実なミッション達成のため、17基の国内外のアンテナを用いて追跡管制運用を行った。

<主な運用対象（予定含む）>

惑星探査	天文観測	通信・測位・ 技術試験・実証	地球観測
BepiColombo (MMO:みお) PLANET-C (あかつき) IKAROS はやぶさ2 SLIM 【開発中】	SPRINT-A (ひさき) SOLAR-B (ひので) ASTRO-E2 (すざく) ERG (あらせ) XRISM 【開発中】	EGS (あじさい) RAPIS-1 技術試験衛星9号機 【開発中】	ALOS-2 (だいち2号) GCOM-W1 (しずく) GOSAT (いぶき) GCOM-C (しきさい) INDEX (れいめい) GEOTAIL GOSAT-2 (いぶき2号) EarthCARE 【開発中】 ALOS-3 【開発中】 ALOS-4 【開発中】 GOSAT-GW 【開発中】

<追跡地上局>

追跡地上局の分布図。日本列島を中心に、国内外のアンテナ施設が示されています。

- 地球観測センター (鳩山局)**
- 筑波宇宙センター (筑波局)**
- 白田宇宙空間観測所**
- 内之浦宇宙空間観測所**
- 美星/上齋原 スペースガードセンター**
- 勝浦宇宙通信所**
- 沖縄宇宙通信所**
- 増田宇宙通信所**
- キルナ可搬局 (スウェーデン)**
- マスパロマス可搬局 (スペイン領カナリヤ諸島)**
- ミンゲニュー可搬局 (オーストラリア)**
- サンチアゴ可搬局 (チリ)**

年度計画	実績
<p>I. 1. 11. 人工衛星等の開発・運用を支える基盤技術（追跡運用技術、環境試験技術等） 人工衛星等の安定的な運用や確実な開発に必要な基盤技術である追跡運用技術及び環境試験技術等について、次の取組を行う。</p>	<p>—</p>
<p>(1) 追跡運用技術等</p> <p>人工衛星の確実なミッション達成のため、追跡管制及びデータ取得のためのアンテナ等の施設・設備の維持・運用を着実に実施する。また、Ka 帯受信システム整備、次期衛星レーザ測距(SLR)設備の整備を継続する。さらに、設備維持・運用の効率化及び低コスト化を踏まえた次世代の追跡ネットワークシステムの整備構想を検討する。将来ミッションの実現に向けて、遅延・途絶耐性ネットワーク（DTN）システムの研究開発を継続する。</p>	<p>—</p> <p>人工衛星の確実なミッション達成のため、国内外9局体制による24H遠隔追跡管制運用及び地球観測衛星及び科学衛星・探査機のミッションデータ取得のためのアンテナ等の施設・設備の維持・運用を着実に実施し、地球観測衛星、通信・測位・技術試験衛星、天文観測衛星、惑星探査衛星の運用に貢献した。ALOS-3やALOS-4等の地球観測ミッションデータの高速化に対応するためKa帯（26GHz）の直接受信システム整備を継続した。次期衛星レーザ測距(SLR)設備の筑波宇宙センターへの整備を継続した。設備維持・運用の効率化及び低コスト化を踏まえた次世代の追跡ネットワークシステムの整備構想を検討した。将来ミッションの実現に向けて、ネットワーク管理技術の試作設計等のDTNシステムの研究開発を継続した。</p>

年度計画	実績
<p>ミッション達成に貢献するため、JAXAが必要とする新設・既設の無線局の周波数を新規に又は継続して確保するべく、国際及び国内における規則策定検討への参画や他無線局との使用周波数の調整等を通じて宇宙航空利用分野への周波数帯の割り当てを維持・促進し、当該周波数帯での無線局の許認可を確実に取得する。</p>	<p>5G等の新しい無線システムの増加に伴い、周波数共有の必要性が大幅に高まっており、JAXAの既存のミッションに係る周波数の保護も非常に厳しい状況となっている中、主に以下の業務を重点的に推進した。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 総務省の会合に参加し、非静止衛星コンステレーションを利用したサービス、空港において滑走路上の異物を検知するレーダー等の我が国への導入に必要な技術検討に積極的に協力することで、JAXAの既存のミッションに係る周波数の利用に影響がないよう適切に対応。 2. 航空機搭載バンド合成開口レーダーについて、ラジオマイクとの周波数調整のため、ラジオマイク関係者の協議会と意見交換の上、協議会のシステムを運用調整に有効活用するべく、協議会への参加手続を実施。これ以外にも、総務省の依頼で、JAXAの無線局と他の無線局との間の干渉検討を30件実施。 3. 10月下旬～11月下旬に開催された、2019年世界無線通信会議（WRC-19）及び7月末～8月初めに開催された、アジア・太平洋地域でのWRC-19の準備会合に参加し、JAXAの受動センサ（AMSR2・AMSR3）及びALOS-3・ALOS-4のKa帯ダウンリンクの5Gからの保護等のため、積極的に対応し、将来のJAXAミッションの高度化に必要な周波数の利用も含めて5Gサービスとの共存を図った。 4. 2020年度に打上げが予定される、H3ロケット、JDRS、OMOTENASHI及びEQUULEUSに関し、関連無線局の本免許及び予備免許を取得。2023年度の運用開始を目指すSSALレーダーに関し、携帯事業者との周波数調整を経て、予備免許を取得し、工場において試験を開始。 5. 周波数管理室のコンサル的な役割・機能の強化として、新事業促進部に対し、JAXAが支援しているベンチャー企業の無線局免許申請に向けた協力及び助言を2件実施。また、国際宇宙探査センターに協力し、今後の月関係ミッションの周波数調整に向けた対応の検討への協力及び助言を開始。

年度計画	実績
<p data-bbox="99 144 343 172">(2) 環境試験技術</p> <p data-bbox="70 197 1011 401"> 確実なミッション達成に貢献するため、保有する環境試験設備による環境試験を着実に遂行するとともに、環境試験技術の向上を目指した研究開発等を行う。具体的には、老朽化対策を含む確実かつ効率的な環境試験設備の維持・運用を行うとともに、振動や熱真空の試験条件緩和及び試験効率化に関する技術開発に取り組む。さらに、他産業との交流により、培った環境試験技術と設備の利用拡大を進める。 </p>	<p data-bbox="1052 144 1073 165">-</p> <ol style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1052 197 1984 261">1. 環境試験設備を適切に維持および老朽化対策することで、衛星およびロケット等のJAXAプロジェクトにおける環境試験を着実に遂行した。 <li data-bbox="1052 279 1984 344">2. また環境試験技術の向上を目指した研究開発として、以下のとおり試験条件緩和や効率化、技術開発に取り組み、従来技術からの刷新を進めた。 <ol style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1065 354 1984 561">① 試験条件に関しては、衛星開発コストを上げる要因でありながら過剰条件となっていた音響試験条件を、<u>他産業の解析技術の理論を再構築することで条件を約半減することが可能となった</u>。また、同様に開発コストに効く熱真空試験に関しては、過去25年分の不具合データベースを統計分析したことで不具合検出の寄与度が明らかとなり、今後の適切な試験実施が可能となるとともに、<u>国際学会において評価を受けた</u>。 <li data-bbox="1065 571 1984 739">② 技術開発に関しては、振動緩和装置は救急車などの特殊自動車や建築の遮音材等の民生分野への適用検討を民間企業とともに進めた。また新磁力計は、耐環境性や消費電力で優れた特性を有することを試験で確認し、火星探査機MMX搭載に向けて開発が進んだほか、火山や深海探査などの過酷な分野への適応も目途が立った。 <li data-bbox="1052 758 1984 1100">3. 特に顕著な成果として、<u>試験設備の維持・運用の効率化と、設備利用を拡大することを同時に解決するものとして、新しい事業形態での運営を2020年度から開始した</u>。多くの課題に挑戦し困難を乗り越え、JAXAとして初の本格的なPPP的手法を用いた事業となった。課題の解決においては、様々な企業ヒアリングや検討・調整を経て、他のPPP事業も参考に、JAXAに適した設備維持の性能要求化や、PFIコンセッション方式の運営権設定などを盛り込んだスキームが完成した。さらにPPP事業として事業性や持続性を事前確認することが極めて重要であるため、一部設備によるプリカーサ事業を試行した。結果として民間事業者の活力・努力の結果として利用件数は増加。十分な事業性や潜在需要を確認して、事業を開始した。

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)	4,341,607	5,889,869					
決算額 (千円)	4,470,199	4,637,989					
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)	63	74					

(※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
研究開発成果の 社会還元・展開状況							
知的財産権 出願・権利化 ライセンス供与件数	8件	9件					
外部からの受託件数、 施設・設備の供用件数	44件	50件					

2019年度 自己評価において抽出した抱負・課題	対応方針
<p>DTN技術について、地上汎用計算機上に実装したソフトウェアプログラムにてインターネット技術との比較実験を行い、当該技術の有用性を示すことができた。一方で、DTN技術の実用化や利用の拡大には、宇宙機通信システムやIoTネットワーク等の利用シーンに即した適用性検討や技術実証を進める必要がある。</p>	<p>宇宙機通信システムやIoTネットワーク等で求められる通信性能・装置に対する環境条件、およびアプリケーション形態をさらに検討し、実用化を目指す。具体的には、民間企業との間で適用検討をさらに進めるとともに、機器として要求される通信高速化や省リソース化に対応するため、一部機能のハードウェア処理化等を検討する。</p>
<p>2019年世界無線通信会議（WRC-19）及びアジア・太平洋地域でのWRC-19の準備会合においては、WRC-19の議題のうち、JAXAの既存のミッション及び無線局の周波数利用に影響を与える懸念のある議題に可能な限り対応したが、JAXA及び宇宙機関の考えを早い段階で我が国及びアジア・太平洋地域の対処方針に反映できなかったこと、また、会合で各議題に関する議論が並行して行われる中、対応すべきと考えられる議題に関する全ての議論に参加するのが、人的リソース的に難しかったことが課題であった。</p>	<p>WRC-19終了直後に、次回のWRC-23の各議題につき、JAXAの既存及び将来のミッション及び無線局の周波数利用への影響を分析した結果をもとに、関係する原局との相談及び他の宇宙機関との意見交換を行った上で、各議題に対するJAXAとしての対応方針を決定する。また、早い段階からJAXAの対応方針を我が国の各議題への対処方針に反映するとともに、アジア・太平洋地域の宇宙機関とも連携を行う場及び方法を検討する。</p>
<p>PPP的手法による新しい運営に対して、複数の民間事業者から関心が寄せられたほか、JAXA事業に対する興味の高さが示され、将来的にJAXAの他事業へPPP的手法を展開することが期待できる。</p>	<p>PPP運営でJAXAが行うモニタリングには技術的知識だけでなく経営的センスが必要であることから、運営部署にJAXA事務系職員を中心とした「PPP事業推進チーム」を置き、運営における経験・知見を蓄積し、将来的なJAXA内への展開を図る。</p>
<p>PPP事業の利用拡大により、地域企業支援や地域への経済効果も期待できる。しかし、対象設備の一部に補助金財産が含まれており、補助金目的が宇宙に限定されているため宇宙以外産業の利用に制限が生ずる。</p>	<p>筑波宇宙センターがあるつくば市の地域活性化施策とPPP事業の連携を強め（連携協定等）、文科省の補助金処分承認基準にもとづき宇宙以外産業での利用が可能となるよう調整を進める。</p>