

# 宇宙技術戦略の変更提案について

2026年1月26日

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）

### 1. 環境認識と技術戦略

【項目】 I. 宇宙物理分野、II 太陽系科学・探査分野 (2) 環境認識と技術戦略

【変更理由】 開発した技術について、実ミッション等への適用に向けてTRLを向上させ性能・信頼性を確認する上で、地上での検証のみならず、実際の宇宙空間での実証が重要である旨を追記する必要がある。

【内容】

環境認識と技術戦略において以下修正を提案する。

・長期戦略の立案、先行的な技術開発を行うことや、独創的な研究領域や先鋭的な技術を見出し、開拓・開発するといった記述において、宇宙実証についても明示する。[P. 48、53]

(抜粋) 宇宙技術戦略 (令和7年3月25日 宇宙政策委員会)

3. 宇宙科学・探査

I. 宇宙物理分野

(2) 環境認識と技術戦略

長期戦略の立案、先行的な技術開発、JAXAと理工が融合した科学コミュニティが一体となった国際協力体制の構築等、積極的な事前準備を行う必要がある。

II. 太陽系科学・探査分野

(2) 環境認識と技術戦略

我が国が今後も世界的に評価される高度な研究成果を創出するには、萌芽的な基礎研究の中から、独創的な研究領域や先鋭的な技術を見出し、開拓・開発することで、我が国の新たな強みとして育てていく必要がある。

# 【参考】宇宙実証の必要性について(資料1から再掲)

技術フロントローディングの取り組みの進展・成果を踏まえ、**宇宙実証の機会を確保して、より高いTRLでのアウトプットを目指すことを視野に入れる。**宇宙研が得意とする**小規模・高頻度な宇宙実証機会等を有効的に活用**し、技術FLで獲得する技術をより高いTRLの状態でのアウトプットとすることで、出口と想定するミッションへ**スムーズな接続**や獲得した**技術の適用範囲の拡大**を実現する。



### 3. 「宇宙科学・探査」 I 宇宙物理分野、II 太陽系科学・探査分野の変更案

#### 2. 精密協調編隊飛行技術

##### 【項目】 I. 宇宙物理分野 ④精密協調編隊飛行技術

【変更理由】 ESA（欧州宇宙機関）の編隊飛行技術に関する技術実証ミッションにおいて、ミリメートル単位で精度で編隊を組み、相対的な位置を維持した旨発表されたため、海外での技術開発の進展に関して更新する必要がある。

##### 【内容】

環境認識において以下修正を提案する。

・ESA 等は 0.1～1 ミリ級の制御精度を目指した宇宙科学・探査ミッションの開発を進めていることに関して、軌道上実験を進めている旨を明示する。 [P. 51]

（抜粋）宇宙技術戦略（令和7年3月25日 宇宙政策委員会）

#### 3. 宇宙科学・探査

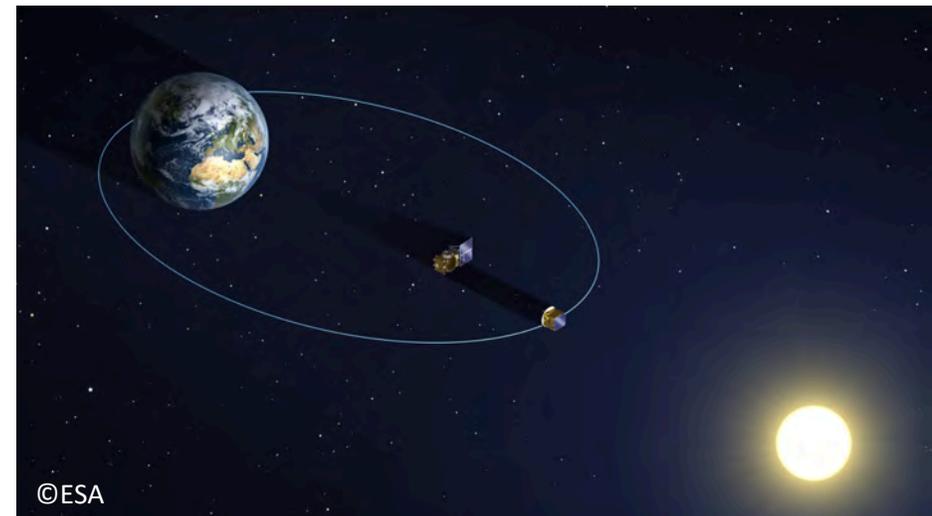
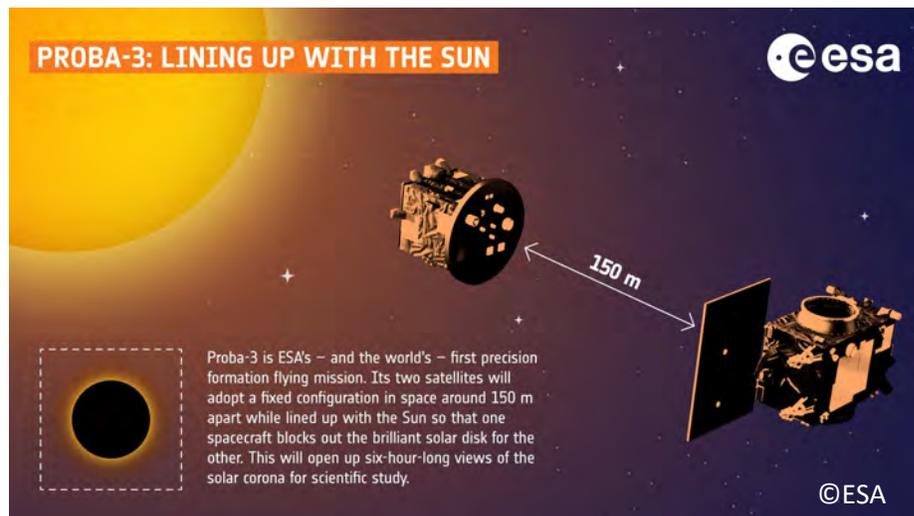
##### I. 宇宙物理分野

##### ④ 精密協調編隊飛行技術

我が国は、技術試験衛星 ETS-7 でのランデブー・ドッキング技術の実証等を通じて高精度編隊飛行技術を先駆的に獲得してきた。NASA や ESA 等は 0.1～1 ミリ級の制御精度を目指した宇宙科学・探査ミッションの開発を進めている。我が国では近年、レーザを用いた測距・測角技術と組み合わせ、刷新的な科学観測を可能とする1マイクロメートル以下の超精密な編隊飛行制御の実現を目指しており、他国の既存計画・構想に比べて3桁程度、制御精度の改善を目指している。マイクロメートル以下の制御精度を達成することで、レーザ光や天体からの光を物差しとして利用し、宇宙空間等の微弱な変化を捉えることができる。

## 【参考】ESA「プローバ3 (Proba-3)」ミッションの概要

- 2024年12月打上げのESA技術実証ミッション。2機の編隊飛行衛星を用いたコロナグラフ(太陽光球の光を遮ることで微弱な外層大気コロナからの光を観測すること)の実証。
- 太陽光球からの光を掩蔽(えんぺい)するオカルター衛星と、コロナを観測するコロナグラフ衛星で構成。コロナグラフ・オカルター衛星の2機は、地球軌道上にて150メートルの間隔をミリメートル級の精度で維持しつつ編隊飛行を行い、太陽と衛星2機が一直線に並ぶように飛行。
- 2025年5月、自律的な編隊飛行により相対位置の維持に成功したことを発表。同年8月にミリメートル単位で精度で編隊を組み、相対的な位置を維持したことを発表。



### 3. 「宇宙科学・探査」 I 宇宙物理分野、II 太陽系科学・探査分野の変更案

#### 3. 今後の課題

##### 【項目】 II 太陽系科学・探査分野 (3) 今後の課題

【変更理由】近年の人的費・物価高騰等による衛星開発コスト上昇や宇宙機関・メーカー間の知見継承・蓄積等の課題も踏まえ、衛星開発の効率化を図る上で、標準バス適用・衛星設計・検証デジタル化技術等による衛星開発の刷新等を行うことが課題である旨を追記する必要がある。

##### 【内容】

今後の課題において以下修正を提案する。

・近年の人的費・物価高騰等による衛星開発コスト上昇の課題にも対応するため標準バス適用・衛星設計・検証デジタル化技術等による衛星開発の刷新等を図ることについても検討課題として追記する。[P. 57]

(抜粋) 宇宙技術戦略 (令和7年3月25日 宇宙政策委員会)

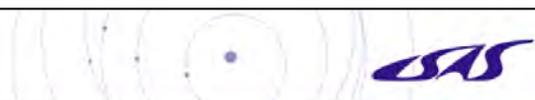
3. 宇宙科学・探査

II. 太陽系科学・探査分野

(3) 今後の課題

小型宇宙機やキューブサット等について信頼性の向上や寿命の延長、設計検証の効率化を含めたシステムの刷新等を図り、我が国として深宇宙探査などで効果的・戦略的に活用していくことも検討すべき課題である。

## 今後実施の検討が必要な事項について



今後、宇宙基本計画の実現のために、着実な科学ミッション立上げ・成果創出に向けて重要となる戦略的事項に対するフロントローディング活動の実施が必要。

### ① 月面・火星本星探査へ向けた開発

・月面・火星本星探査に向けた先導的なキー技術のフロントローディングが重要。

月に関しては、地球に最も近い天体であり、アルテミス計画と連携した探査が進展することで、地殻の物質や内部構造の調査による月の起源や、月面からの電波観測により得られる、宇宙の起源や進化過程に関する科学的知見を蓄積していく。また、地球近傍に位置することから地球からの輸送、通信の観点からも利点があり、火星等重力天体への着陸・帰還技術、惑星表面探査ロボット技術など、今後の太陽系探査に向けた技術獲得・実証を推進していく。(宇宙基本計画抜粋)

### ② NASA「Habitable Worlds Observatory計画(HWO)」参画へ向けた開発

・ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡(JWST)の後継の宇宙望遠鏡計画として計画されているHWOへの国際協力への参画に向けて、早期の日本の強みを活かしたキー技術のフロントローディングが重要。コロナグラフ・紫外線観測技術に先行着手している。

2040年頃までには、ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡(JWST)の後継の宇宙望遠鏡計画が、我が国を含む国際協力により進展(宇宙基本計画抜粋)

### ③ 小型科学衛星バス技術の刷新

・「ひさき(SPRINT-A)」から始めた公募型小型に適用する小型科学衛星バスは適用から10年が経過。SPRINTシリーズのバスは地球観測衛星ASNARO等にも活用されるなど科学衛星以外の衛星開発に貢献。

・昨今の物価上昇等による衛星開発コスト上昇の課題にも対応するため、**標準バス適用・衛星設計・検証デジタル化技術**等による衛星開発の刷新に向けた技術検討が急務。

### 3. 「宇宙科学・探査」 Ⅲ月面探査・開発等の変更案

#### 1. 月面科学に係る技術

【項目】Ⅲ月面探査・開発等 (1)将来像、(2)①月面科学に係る技術 ii 技術開発の重要性と進め方、(3)今後の課題

【変更理由】月面科学の発展や月面での持続的な有人活動の実現に関する政府委員会等での議論の進展を踏まえ、民間サービスの活用可能性も含む定期的な月面への輸送機会を確保し、月面環境情報の取得等を含む科学観測機器等の技術実証や、月面でのインフラシステムの技術実証と整備を、段階的に行っていくことが必要であるため。

【内容】以下の追記、修正を提案する。

・将来像として、月面での持続的な有人活動に向けて、月面環境情報の取得や、月面でのインフラシステムの技術実証と整備を段階的に行っていくために、月面への定期的な輸送機会の確保が望まれる旨を追記することを提案する。 [P. 58]

・技術開発の重要性と進め方として、月面3科学等に関する検討・開発について、月面への輸送機会を捉えて、科学観測機器等の早期に段階的な実証を目指す旨の記載に修正することを提案する。 [P. 58]

・今後の課題として、定期的な月面への輸送機会を確保し科学研究・技術実証を行うことも必要である旨の追記を提案する。 [P. 65]

(抜粋) 宇宙技術戦略 (令和7年3月25日 宇宙政策委員会)

#### 3. 宇宙科学・探査

##### Ⅲ. 月面探査・開発等 (1) 将来像

月面での有人活動を持続的に行っていくため、民間の参画も得ながら、無人建設等の新技術を開発・活用して電力・通信・測位システムや食料供給システムなどの技術実証と整備を段階的に行っていく。(略)

##### Ⅲ. 月面探査・開発等 (2) 環境認識と技術戦略 ①月面科学に係る技術 ii. 技術開発の重要性と進め方

月面科学に係る技術は、我が国の強みを活かして月面科学に取り組み、アルテミス計画を通して一級の科学的成果を得て、国際的プレゼンスを向上させるとともに、獲得技術を火星探査等に応用することで、我が国の探査活動の自在性の拡大に資するため、非常に重要である。月面天文台、月サンプル選別・採取・分析、月震計等に関する検討・開発を進め、観測機器を月面に輸送(民間サービスの活用可能性も含む)し、プリカーサーミッションによる早期実証を目指す。(略)

##### Ⅲ. 月面探査・開発等 (3) 今後の課題

国際協力や国際競争の環境下で推進される今後の月面探査・開発において、我が国が主導的な立場で参画するためには、月面活動でのユースケースを念頭に、その実現に必要な鍵となる技術についてその技術成熟度の向上に先んじて取り組むことが非常に重要である。(略)

## 4. 月面での科学・実証等に向けた搭載機会の確保（4/4）

- 月面における科学研究/環境計測/技術実証ミッションの目的/目指す場所に応じた実証をタイムリーに実現するために、将来の有人与圧ローバーによる搭載機会を見据えつつ、日本として自立的な実証/利用機会を確保するため、民間月輸送サービスを活用した搭載機会を先行して整備しておく必要があると考えている。
  - これまで準備を進めてきた月面FS/FLを含む各ミッションに対して、月面への輸送手段は定まっていない状況にある。速やかに実証フェーズに移行するためには、確実な輸送手段を確保しておく必要がある。
  - 宇宙政策委員会で「月極域における高精度着陸技術については特に商業化に向けたアンカーテナントが重要」という指摘事項があった。月面探査の初期段階においては、公的機関が月面での科学研究/環境計測/技術の実証ミッションを定期的に立ち上げることは、輸送事業者にとっては商業化に向けたアンカーテナントとなり得る。更に、月面環境の利用者/月面への輸送事業者の両者に対して事業の予見可能性を持たせることが可能となり、国際宇宙探査への民間企業の参入促進にも資すると考えている。
  - 日本の国際宇宙探査にとって重要な役割を担う有人与圧ローバーの確実な実現にあたっては、有人与圧ローバーの月到着に先行して、(月極域高精度着陸や)民間月輸送サービスにより必要な科学/環境データを段階的に取得しておくことは、将来のローバー運用計画やそこでの実証計画の具体化にもつながり、ひいては日本の国際宇宙探査への貢献を最大化し、国際協力の可能性を高めるものと考えている。

### 3. 「宇宙科学・探査」 Ⅲ月面探査・開発等の変更案

#### 4. 月通信・測位技術

【項目】Ⅲ月面探査・開発等 (2) ④月通信・測位技術 ii 技術開発の重要性と進め方

【変更理由】今後の月域における探査活動実施のためには月と地球圏の安定的な通信環境を確立することが必要であるところ、月探査用地上局の不足等の現状把握を含む調査を踏まえて、月-地球圏の電波通信を行う地上局の整備を進める必要があるため。

【内容】月探査用地上局として、今後の月探査機の通信を支える地上局の整備を進めることが非常に重要である旨の追記を提案する。

[P. 62]

(抜粋) 宇宙技術戦略 (令和7年3月25日 宇宙政策委員会)

3. 宇宙科学・探査

Ⅲ. 月面探査・開発等 (2) ④月通信・測位技術

ii. 技術開発の重要性と進め方

この調査を踏まえ、月と地球圏という長距離通信にも対応可能な電波通信に係る要素技術 (国内外地上局ネットワークの統合運用技術や、大容量かつ高精度な補足・追尾機能等) の開発を実施し、地球における地上局を含む通信設備の整備をどのように進めていくか、検討が必要である。

## 【参考】月-地球圏の電波通信を行う地上局の整備について

- アルテミス計画の進展に伴い、月面での科学探査や将来の持続的な有人活動を見据えた取組が本格化している。
- このような状況下において、様々な月探査ミッションにおいてはNASAが開発を進めている大容量通信向け月探査向け地上局(LEGS)と同程度の機能・性能を保有する地上局との通信を前提としているものの、現状当該仕様を具備する地上局の開発計画は国内で存在しておらず、整備が急務となっている。 ※宇宙戦略基金第一期「月-地球間通信システム開発・実証(FS)」公募要領に同旨の記載あり

将来の月面活動に関するシナリオ案					
年代	①黎明期（前半） 2020年代後半	②黎明期（中盤） 2030年代前半	③黎明期（後半） 2030年代後半	④成長期 2040年代以降	⑤成熟期 -
規定される月面活動の例	無人機（衛星・ローバ・ランダ・その他設置機器）による月面での科学・探査活動				
必要な機能・技術等	宇宙飛行士による月面での科学・探査活動		深宇宙で科学・探査活動を行う実施主体への提案供給		民間人（非宇宙飛行士）による月面観光
通信	科学ミッション等の機会を用いて、月面上及び月-地球間の通信に係る小規模な実証及び各種データの蓄積を実施 日本の強みとする光通信技術等の開発を確実に進めるとともに、月-地球間の光通信実証等の実施により、遠距離かつ大容量（Gbps級）の通信ケーブルパリティを獲得、月通信技術における日本の優位性を確立 日本が開発する有人と圧ローバ等のミッションにおいて、生命線となる通信インフラを少なくとも日本としても構築、保有することにより、月-地球間のE2E通信における自立性、自在性を確保する		月-地球間の光通信による基幹回線化（他国との差別化）を図り、国内外の月面ユーザーに高速通信サービスを提供することで需要獲得を狙うとともに、月通信における日本の優位性確保と独自性のある貢献を果たす 月面地点の建設技術の高度化に資する通信の大容量化、低遅延化技術、高精度測位技術とともに統合システムとして開発を進め、月面地点開発における日本の自立性、自在性の確保、優位性を確立する		通信ケーブルパリティの能力を拡大することで継続的に需要獲得・国際貢献

「月面活動に関するアーキテクチャ検討会について」内閣府宇宙開発戦略推進事務局 2025年3月25日資料（抜粋）より  
<https://www8.cao.go.jp/space/committee/dai117/siryou5-2.pdf>

### 月の通信技術に関する段階的な目標

- 日本の強みとする光通信技術等の開発を確実に進めるとともに、月-地球間の光通信実証等の実施により、遠距離かつ大容量（Gbps級）の通信ケーブルパリティを獲得、月通信技術における日本の優位性を確立する（～2030年代前半）
- 日本が開発する有人と圧ローバ等のミッションにおいて、生命線となる通信インフラを少なくとも日本としても構築、保有することにより、月-地球間E2E(End-to-End)通信における自立性、自在性を確保する（～2030年代前半）
- 月-地球間の光通信による基幹回線化(他国との差別化)を図り、国内外の需要獲得を狙うとともに、月通信における日本の優位性確保と独自性のある貢献を果たす（2030年代後半～2040年代）

※2025年7月15日ISS・国際宇宙探査小委員会 資料71-3-1「月面活動に向けた通信技術開発の状況」より抜粋

### 3. 「宇宙科学・探査」 Ⅲ月面探査・開発等の変更案

#### 6. 月資源開発技術

【項目】Ⅲ月面探査・開発等 (2) ⑥月資源開発技術 ii 技術開発の重要性と進め方

⑦月資源利用技術 ii 技術開発の重要性と進め方

【変更理由】政府委員会等での議論を踏まえ、持続性ある宇宙開発利用や将来市場獲得を見据えた月資源開発及び利用のためには、既に記載されている技術（資源探査のための資源調査・掘削・採取技術、測量・地盤調査・環境計測等の技術、月面土壌からのシリコンや金属資源の分離回収・精製・成形技術等）に加えて、地球への月面サンプルを回収技術が必要であるため。

【内容】⑥月面資源探査技術及び⑦月資源利用技術として、地球への月面サンプル回収技術に関する事項の追記を提案する。[P. 63、64]

(抜粋) 宇宙技術戦略 (令和7年3月25日 宇宙政策委員会)

3. 宇宙科学・探査 Ⅲ. 月面探査・開発等 (2) ⑥ 月資源開発技術 ii. 技術開発の重要性と進め方

月面での資源開発の実現に必要なインフラの構築には、月面拠点や月面推薬生成プラントの建設候補地の事前調査等が必要であり、世界トップクラスである我が国の資源開発技術などの高度化・宇宙仕様化（昼夜200℃以上の寒暖差や過酷な放射線への耐性）等による月面資源探査技術の開発が、非常に重要である。月面資源探査技術には、探査機による資源調査・掘削・採取技術、月面上の基準点に基づいたローカル測位・測量技術、地盤調査技術、環境計測技術を含む。探査機による資源調査・掘削・採取技術については、LUPEXにおいて、地中レーダによる地下浅部構造の観測や、深さ1.5mまでの掘削、水資源評価用のサンプル採取を行う予定である。

Ⅲ. 月面探査・開発等 (2) ⑦ 月資源開発技術 ii. 技術開発の重要性と進め方

月面土壌に含まれるシリコンや、鉄・アルミを始めとする金属資源を分離・回収し、活用する観点では、鉱物資源利用技術の検討が必要である。鉱物資源利用技術には、分離回収技術、精製技術、成形技術などを含む。

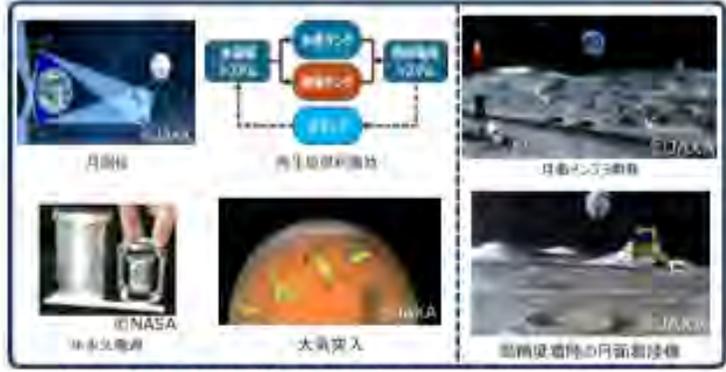
# 【参考】月資源探査・利用における地球への月面サンプル回収技術について

※2025年9月29日宇宙開発利用部会 資料99-5 「今後必要となる民間等による研究開発課題について」より抜粋(赤枠・赤字は本資料にて加工)

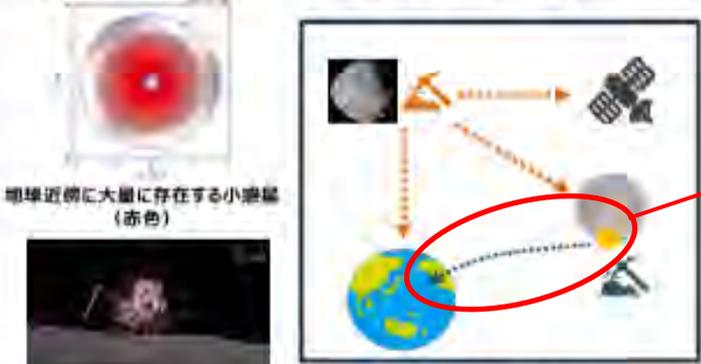
## 宇宙科学・探査分野のうち月面開発・深宇宙探査分野について

### (背景)

- 世界各国の月面開発が急速に伸展していく中、我が国としても持続的な月面活動を見据えた産学官による技術開発が必要である。
- 中でも、月測位、高精度着陸等の月面活動の前提となる重要技術の早期獲得は、我が国の国際的な優位性の獲得と様々な便益の確保につながり、官民を挙げた機動的な対応が求められている。
- 宇宙戦略基金では、月測位、再生型燃料電池、半永久電源、大気突入、月面インフラ構築、月極域における高精度着陸に係る支援を実施している。
- JAXAにおいては、アルテミス計画による月周回有人拠点（ゲートウェイ）や有人と圧ローバ等の研究開発、小型月着陸実証機「SLIM」や「はやぶさ」シリーズ等で獲得した実績と技術的強みを有している。
- 他方、持続性ある宇宙開発利用や将来市場獲得を見据えた宇宙資源活用に関する技術開発、国際的なプラネタリーディフェンス（地球防衛）活動を踏まえた技術開発も、共通する小型探査機技術として期待される。
- 月面活動の活発化、小天体探査機会の増大といった“探査産業”の拡大の機を捉え、我が国においても宇宙分野における事業化に意欲ある民間企業等による月・小惑星等の領域への一層の参画を促すことが重要である。



宇宙戦略基金（文科省分）第一期・第二期探査分野テーマのイメージ



地球近傍に大量に存在する小惑星（赤色）

2024年に月からのサンプルリターンに成功した嫦娥6号（中国）

宇宙資源活用のイメージ

地球への月面サンプル回収

### (必要となる技術開発（案）)

小惑星探査機「はやぶさ」等の実績で大学及び民間企業に培われた、我が国が国際的にアドバンテージのある技術等も最大限活用しつつ、官民の緊密な連携による宇宙資源活用に関する技術開発に戦略的に取り組むべきではないか。

### 3. 「宇宙科学・探査」 IV地球低軌道・国際宇宙探査共通の変更案

#### 1. 物資補給技術

【項目】 IV地球低軌道・国際宇宙探査共通 ① 物資補給技術 i. 環境認識

【変更理由】 HTV-X 1号機の打上げ成功を踏まえ、最新動向の反映が必要であるため。

【内容】 環境認識として以下修正を提案する。

・ HTV-X 1号機がISSへの物資補給に成功した旨を追記 [P. 66]

(抜粋) 宇宙技術戦略 (令和7年3月25日 宇宙政策委員会)

#### 3. 宇宙科学・探査

##### IV地球低軌道・国際宇宙探査共通 ① 物資補給技術

###### i. 環境認識

我が国は、ISS への物資補給を担う宇宙ステーション補給機 (HTV) や新型宇宙ステーション補給機 (HTV-X) の開発・運用等により、物資補給技術を獲得・蓄積してきた。HTV は、ISS への全9機の物資補給に成功し、HTV-X は補給能力の向上等を目指して開発を進めている。地球低軌道への物資補給技術は、我が国の他に米露欧中が保有している (欧州の ATV は運用終了) が、HTV-X では、輸送可能質量や輸送コスト効率において高い優位性を実現することが計画されている。さらに、我が国は、HTV-X の技術を活用・発展させ、アルテミス計画に対する貢献の一つとして、ゲートウェイへの物資補給も担う予定である。これらの技術は、2030 年頃に想定されているISS 運用終了後 (ポスト ISS) の地球低軌道商業宇宙ステーションへの商業物資補給機にも発展し得るものである。

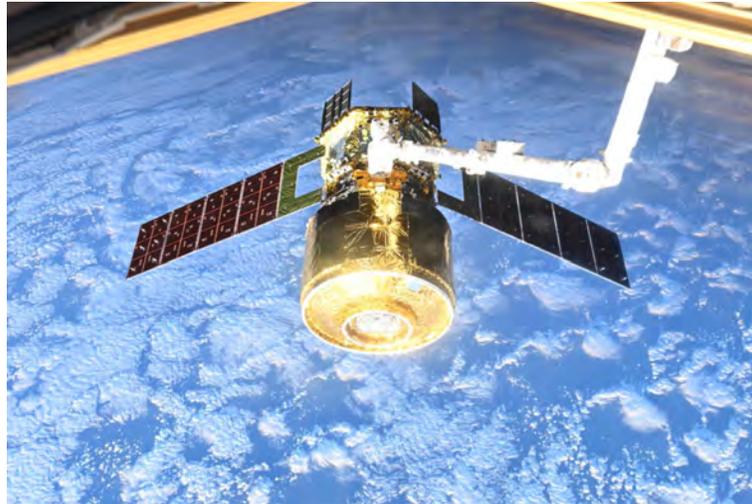
今後、より高度な物資補給技術を獲得するためには、HTV や HTV-X の開発により獲得・発展させてきた優位性の高い技術を活用し、更に発展させることが効率的かつ効果的である。地球低軌道の商業宇宙ステーションやゲートウェイ等への物資補給を実現し、国際競争力を維持、強化するためには、その鍵となる自動ドッキング技術、航法誘導制御技術、補給能力向上技術、推薬補給技術等の開発・獲得を進める必要がある。

## 【参考】HTV-X1号機 打ち上げ成功について

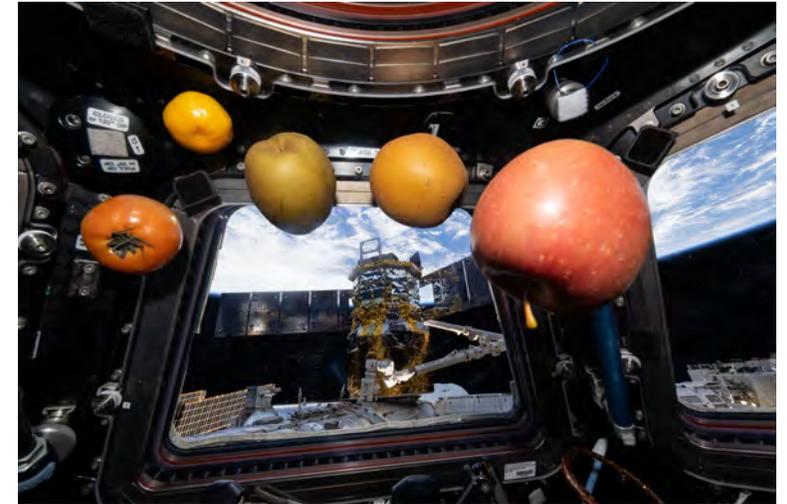
- HTV-X 1号機は、2025年10月26日に種子島宇宙センターから打ち上げられ、油井宇宙飛行士に把持された後ISSに結合し、物資補給ミッションを実施。今後、ISSにて廃棄カーゴを搭載してISSを離脱し、約3ヶ月間の技術実証ミッションを実施する計画。



H-307号機による  
HTV-X1号機の打ち上げ



ISSに接近し把持された  
HTV-X1号機



ISSに補給された物資  
(生鮮食品とHTV-X1号機)

### 3. 「宇宙科学・探査」 IV地球低軌道・国際宇宙探査共通の変更案

#### 1. 有人宇宙滞在・拠点システム技術

【項目】 IV地球低軌道・国際宇宙探査共通 ③ 有人宇宙滞在・拠点システム技術 ii. 技術開発の重要性と進め方

【変更理由】 有人宇宙活動を支える有人宇宙拠点基盤インフラ技術、環境制御・生命維持システム技術、遠隔化・自動化・自立化を含む有人宇宙活動支援技術について、政府委員会での議論の進展等を踏まえ、具体的な技術の例や発展・活用の方向性についての追記が必要であるため。

【内容】 技術開発の重要性と進め方について、以下修正を提案する。

・ 有人宇宙拠点基盤インフラ技術に関し、低軌道拠点の軌道制御を行うための有望な技術の具体例として、係留中の物資補給機により対応する方法を追記するとともに、月面における越夜等に関する技術獲得の観点から、重要性の記述を“非常に重要”に変更 [P. 69]

・ 環境制御・生命維持システム（ECLSS）に関し、今後発展が期待される技術獲得の方向性として、水再生技術と月面で採取する水資源の利用技術の組み合わせに関する事項を追記 [P. 70]

・ 遠隔化・自動化・自立化を含む有人宇宙活動支援技術に関し、今後発展が期待される技術獲得の方向性として、月面における搭乗員とロボットの協働作業に関する事項を追記 [P. 70]

（抜粋）宇宙技術戦略（令和7年3月25日 宇宙政策委員会）

#### 3. 宇宙科学・探査

##### IV地球低軌道・国際宇宙探査共通 ① 有人宇宙滞在・拠点システム技術

###### ii. 技術開発の重要性と進め方

有人宇宙活動のための拠点構築においては、活動を支える有人宇宙拠点基盤インフラ技術も必要である。ISS 計画においては、日本は「きぼう」を開発・運用しているが、大型太陽電池技術、大容量排熱技術、拠点の姿勢制御・軌道制御技術、推薬充填・管理技術などの有人宇宙基盤インフラ技術は他国に依存している。これらは、独自の有人宇宙拠点システムを構築するためのコア技術であり、自在な宇宙活動の実現には、これら技術の開発について検討が必要である。

環境制御・生命維持システム（ECLSS）は、人が宇宙に滞在するために必要不可欠であり、自律性や優位性を確保する観点からも独自の技術開発を行うことが非常に重要である。（略）これらについては、日本の民生分野の優れた要素技術をベースに、世界で未だ実現されていない高い信頼性と効率を有する「完全再生型 ECLSS 技術」（運用初期に投入した空気と水のみで、地球からの補給を極力必要とせず運用可能な技術）を確立することで、国際宇宙探査における我が国の存在感を示し、人類の活動領域拡大へ大きな貢献をすることが可能となる。また、将来的な有人宇宙船の開発においても、搭乗員の生命維持のために、ミッション期間等に対応したコア ECLSS 技術が必要となる。（略）

遠隔化・自動化・自律化を含む有人宇宙活動支援技術については、月面等の探査活動や商業宇宙ステーションを含む地球低軌道活動において、搭乗員を人にしかできない活動に従事させ、人の活動の安全性やパフォーマンスを高める観点から、非常に重要である。（略）将来の探査活動は遠隔地で行われるため、厳しいリソースの制約と搭乗員の活動期間・人数の制限が予想される。滞在拠点が無人になる期間や搭乗員の休憩時間等に、繰返し作業や定型的な作業をロボット技術により自動で実施できるようになれば、このような課題への対応が可能となり、運用の自在性向上による多様な利用拡大が期待されるとともに、将来の持続的な宇宙環境利用や有人宇宙活動の確立に貢献することが可能となる。

# 【参考】有人宇宙滞在・拠点システム技術について

- **有人宇宙拠点基盤インフラ技術**については、文科省の宇宙開発利用部会において、「今後必要となる民間等による研究開発課題」として、「**米国商業宇宙ステーションに対して価値ある機能を提供するための技術開発**」について述べられ議論された。(下図)
- **月面における越夜等に関する技術**については、内閣府の宇宙科学探査小委、および、文科省の宇宙開発利用部会において、有人と圧ローバの研究開発として取組中の重要な技術開発要素として、**排熱制御技術、太陽電池パネル等**について説明し、議論された。(右上図、右下図)

2025年9月29日 宇宙開発利用部会資料抜粋【民間等による研究開発課題について】

### 宇宙科学・探査分野のうち地球低軌道分野について

(背景)

- 2030年の国際宇宙ステーション（ISS）運用終了後（ポストISS）、これまで政府で所有・運用されてきた地球低軌道有人拠点は、民間所有・運用に移行することが計画されており、今後は民間主導による地球低軌道利用へ移行していく。
- これまで宇宙戦略基金では、我が国の低軌道有人拠点における実験環境の整備に係るハード、サービスに係る支援を実施している。
- 我が国がISSや「きぼう」日本実験棟を通じて培ってきた地球低軌道活動を維持・発展させ、地球低軌道に経済圏を構築するために、これらの取組に加えて、様々な主体が低軌道利用に参画し、宇宙空間から地上に裨益するバリューチェーンを形成できるような利用者の支援やユースケースの拡大が必要。
- また、国際競争力・優位性を確保し、地球低軌道において自立的に活動を進めていくために、我が国が米国商業ステーションに対して、外的リスクへの機動的な対応等の価値ある機能を提供し、貢献度を高めていくことが重要。
- ポストISSでは、JAXAもユーザとなり、米国商業ステーション事業者と連携する日本の民間事業者から低軌道利用サービス等を調達する予定。

様々な主体が低軌道利用に参画  
低軌道経済圏の実現

【必要となる技術開発（案）】  
宇宙実証に向けた研究及び装置開発や地上にいながら宇宙空間における実験を検証できる利用促進拠頭の構築への支援に重点的に取り組むべきではないか。また、**米国商業ステーションに対して価値ある機能を提供するための技術開発への支援に重点的に取り組むべきではないか。**

### 3. 有人と圧ローバの越夜技術

#### ① 熱制御技術

##### 排熱制御技術

単相冷媒循環によるアクティブ熱制御  
(ラジエータ+ポンプによる冷媒循環)

- 冷媒循環量の調整・冷媒温度制御によるラジエータからの放熱量の調整
- ✓ 「日照期間の走行運用時・充電運用時の高排熱」と「越夜期間の放熱抑制」の両立

冷媒循環ポンプ  
冷媒循環量を調整しラジエータ放熱量を制御する。

#### ② 電源技術

##### 再生型燃料電池技術（RFC）

水分解⇨燃料電池の繰り返しによる蓄電・発電システム  
(水-酸素・水素の再生利用により二次電池化)

- LiBを超える高エネルギー密度の蓄電
- ✓ 最新の宇宙用LiB（搭載形態）に対し、2倍以上の蓄電密度に出来る見込み。
- ・ 例：中緯度域の探査で必要となる700kWh（2kW×越夜14.75日）での蓄電容量をLiBで実現する場合にはバッテリーのみで7トン規模となるが、RFCの採用により質量を半減できる。
- ✓ さらに、越夜時、燃料電池排熱を冷媒循環ループ（左記）に流すことで、ループ温度の過剰な低温化の防止と機体の保温に寄与

再生型燃料電池システム概念図

2025年9月29日 宇宙開発利用部会資料抜粋【有人と圧ローバの開発進捗状況】

### 4. 有人と圧ローバの概要（2/2） —開発する技術の要素と課題—

**システム設計課題**  
【走行時質量・打上質量、打上げ搭載エンベロープ、システム故障許容性・安全性(クルー安全性、ミッション継続性)、エネルギー収支(走行時、越夜時)、レゴリス対策(キャビンコンタミ)】

**ハッチ**  
【EVA操作性、シール部レゴリス耐性】

**再生型燃料電池システム(RFC)**  
【H2/O2昇圧、変換・蓄電効率、膜寿命、O2適合性、リーク抑制】

**ロボットアーム**  
【駆動部レゴリス対策】

**LiDAR**【障害物検知性能(広範囲、分解能の精細化)】

**窓**【樹脂材の放射線等評価、隕石衝突評価】

**単相冷媒ループ・ラジエータ**  
【排熱効率、隕石衝突耐性(冗長配管)、越夜時排熱抑制、船内コンプレッサループ】

**太陽電池パネル**  
【大型パネル(W4m×H10m)の重力下繰り返し展開収納(1000回以上)、レゴリス耐性】

**微小隕石防護バンパ**  
【防衛性評価試験】

**走行システム**  
【自動運転、検証手法の確立(試験+シミュ)、回生ブレーキ、自動車部品適用評価、機構寿命評価、レゴリス挙動評価】

**金属タイヤ**  
【低接地圧、疲労寿命、一発大入力への耐性、軽量化】

【主要諸元】  
L×W×H=6.44m×4.84m×4.85m(打上時エンベロープ6.35mφ)  
■ホイールベース=3.810mm/トレッド幅=3.200mm  
■打上げ時初期質量≒15MT/月面上全備質量≒18MT

### 3. 「宇宙科学・探査」 IV地球低軌道・国際宇宙探査共通の変更案

#### 2. 宇宙環境利用・宇宙実験技術

【項目】 IV地球低軌道・国際宇宙探査共通 ④ 宇宙環境利用・宇宙実験技術 i. 環境認識 ii. 技術開発の重要性と進め方

【変更理由】 HTV-X 1号機の打上げ成功及び月面に関する国際的な議論の進展を踏まえ、最新動向や研究開発の具体的な方向性の追記が必要であるため。

【内容】 環境認識について、以下修正を提案する。

- ・ HTV-X 1号機の打上げ成功を踏まえ、我が国の宇宙環境利用技術の獲得・発展に関して、HTV-Xによる軌道上技術実証の機会の提供能力に関する事項を追記 [P. 71]
- ・ 月面における宇宙環境利用に関し、有人と圧ローバを活用した、「月面3科学」を含む科学研究、材料科学や宇宙飛行士の滞在を通じた生命医科学に関する研究等の議論の状況に関する事項を追記 [P. 71]

技術開発の重要性と進め方について、以下修正を提案する。

- ・ ポストISSにおける宇宙環境利用のための技術に関し、宇宙環境利用の促進に繋がる新たな技術・装置の研究開発、地上での事前検証システムの開発に関する事項を追記 [P. 72]

(抜粋) 宇宙技術戦略 (令和7年3月25日 宇宙政策委員会)

#### 3. 宇宙科学・探査

#### IV地球低軌道・国際宇宙探査共通 ① 宇宙環境利用・宇宙実験技術

##### i. 環境認識

我が国は、ISS計画への参加と、「きぼう」における宇宙環境利用の推進により、他国が保有しない独自性の高い宇宙環境利用・宇宙実験技術を獲得・発展させてきており、技術的な強みとなっている。(略)

ポストISSにおいては、我が国の産学官が自在かつ高頻度に利用できる場を確保することが必要であり、「きぼう」で培ったライフサイエンス、創薬、材料分野等に関する独自性や国際競争力の高い宇宙環境利用・宇宙実験技術を継承・発展させた最先端の実験装置群を開発し、ポストISSの活動拠点に搭載することで世界をリードする成果を創出していくとともに、それらの成果の地上社会への還元が強く期待されている。(略) また、ゲートウェイでの宇宙環境利用は、国際協力により進められるが、アルテミス計画への参加による成果の獲得や国際プレゼンスの発揮の観点からも、「きぼう」で培った、日本が強みを有する宇宙環境利用・宇宙実験技術等により参画していくことが期待されている。

##### ii. 技術開発の重要性と進め方

(略) 民間主体の活動に移行すると想定されるポストISSにおいては、日本が培ってきた宇宙実験技術や船内・船外プラットフォーム技術を軌道上拠点運営企業に対して継承させつつ、AI・IoT技術を活用して実験のサンプル・データの処理等を自動化・高速化する宇宙実験装置/船内・船外利用効率化技術やそれらの実現の基盤となりうる軌道上高度データ処理技術、高速通信技術等も取り入れ、事業性の高いシステムとして整備・発展させていくことが非常に重要である

## 【参考】宇宙環境利用・宇宙実験技術について

2025年8月6日 宇宙科学探査小委資料抜粋【月面における科学利用について】

### 3. 有人と圧ローバー利用に係る検討状況（2/2）

#### 【与圧ローバーの要求仕様検討】

- 有人と圧ローバは、現在概念設計フェーズ（Phase A）にあり、システム要求に係るNASAとの調整およびその実現解の検討を進めている。
- そのなかでは、NASA要求のみならず、「月面3科学」等の月面科学FS/FLテーマ（上述）を含め科学側の利用想定を取り込んで、科学機器の搭載に必要な標準的なインターフェース要求の設定を進めている。
  - ✓ 本年4月にNASA/JAXAで共同開催された「有人と圧ローバーを利用した月面無人科学ミッションに係るワークショップ（LSSW26）」では、無人科学探査での用途や潜在的な利用可能性につき、広く議論を実施。（参考6に概要を紹介）
  - ✓ これら以外にも、「宇宙飛行士の月面滞在」を活かした生命医科学や材料科学等の研究が想定される。

2025年9月29日 宇宙開発利用部会資料抜粋【民間等による研究開発課題について】

#### 宇宙科学・探査分野のうち地球低軌道分野について

##### （背景）

- 2030年の国際宇宙ステーション（ISS）運用終了後（ポストISS）、これまで政府で所有・運用されてきた地球低軌道有人拠点は、民間所有・運用に移行することが計画されており、今後は民間主導による地球低軌道利用へ移行していく。
- これまで宇宙戦略基金では、我が国の低軌道有人拠点における実験環境の整備に係るハード、サービスに係る支援を実施している。
- 我が国がISSや「きぼう」日本実験棟を通じて培ってきた地球低軌道活動を維持・発展させ、地球低軌道に経済圏を構築するために、これらの取組に加えて、様々な主体が低軌道利用に参画し、宇宙空間から地上に裨益するバリューチェーンを形成できるような利用者の支援やユースケースの拡大が必要。
- また、国際競争力・優位性を確保し、地球低軌道において自立的に活動を進めていくために、我が国が米国商業ステーションに対して、外的リスクへの機動的な対応等の価値ある機能を提供し、貢献度を高めていくことが重要。
- ポストISSでは、JAXAもユーザとなり、米国商業ステーション事業者と連携する日本の民間事業者から低軌道利用サービス等を調達する予定。



##### （必要となる技術開発（案））

宇宙実験に向けた研究及び装置開発や地上にしながら宇宙空間における実験を検証できる利用促進拠点の構築への支援に重点的に取り組むべきではないか。また、米国商業ステーションに対して価値ある機能を提供するための技術開発への支援に重点的に取り組むべきではないか。

- 船外での軌道上技術実証の機会の提供能力については、HTV-Xにより、ISSへの物資補給後、ISS離脱後から再突入までの期間に軌道上での技術実証や実験が新たに実施可能となった（HTV-Xの曝露部に搭載された機能。今後HTV-X1号機の軌道離脱後に運用予定）。（下図）
- 月面の宇宙環境利用については、内閣府の宇宙科学探査小委において、有人と圧ローバを活用した宇宙環境利用について、アカデミアにおける議論状況について報告した。（右上図）
- ポストISSにおける宇宙環境利用については、文科省の宇宙開発利用部会において、低軌道の宇宙環境利用促進に繋がる新たな装置開発等の重要性について議論された。（右下図）

#### 技術実証プラットフォーム

