

国際宇宙探査及びISSを含む地球低軌道を巡る 最近の動向

2024年3月14日

文部科学省 研究開発局

宇宙開発利用課 宇宙利用推進室



文部科学省

MEXT

MINISTRY OF EDUCATION,
CULTURE, SPORTS,
SCIENCE AND TECHNOLOGY-JAPAN

1. H3ロケット試験機2号機の打上げ結果について
2. SLIMについて
3. 米企業Intuitive Machines社による月面着陸の結果について
4. NASA Moon to Mars Architectureについて
5. 古川宇宙飛行士の帰還について
6. 宇宙技術戦略（案）の概要について
7. 宇宙戦略基金 今後の検討の方向性について

1. H3ロケット試験機2号機の打上げ結果について

H3ロケットについて

- ◆ 平成26年(2014年)より官民一体となって開発を進めてきた、我が国の新型基幹ロケット。
- ◆ 我が国の宇宙活動における自立性確保や国際競争力強化のため、H-II Aロケットに比ベコスト低減や信頼性向上等を目標として開発を実施。
- ◆ 令和5年3月7日に試験機1号機の打上げが行われ、第1段、第2段分離まで計画通り飛行。第2段エンジンが着火しなかったことにより、指令破壊信号が送信され、打上げ失敗。
- ◆ 文部科学省の有識者会合にて原因究明と対策検討が行われ、令和5年10月に結果をとりまとめ。



H3ロケット

打上げ結果

- ◆ 打上げ日時：令和6年2月17日(土) 9時22分55秒に打ち上げられ、**打上げは成功**。ロケットは計画通り飛行し、所定の軌道に投入。全ての衛星を正常に分離。
- ◆ 打上げ場所：種子島宇宙センター 大型ロケット発射場



CE-SAT-IE
(キヤノン電子(株))

打上げ衛星

- ◆ 衛星の搭載は、試験機1号機の失敗に伴う衛星喪失の政策的な影響や関連分野への影響を考慮し、当初計画されていた実証衛星(※)ではなくロケット性能確認用ペイロードを搭載。
- ◆ また、民間企業が開発した2つの超小型衛星を搭載して、軌道投入の機会を提供。



TIRSAT

(※) 当初、地球観測衛星である先進レーダ衛星(ALOS-4)の打上げが予定。

(一財)宇宙システム開発利用推進機構、セーレン(株)、他)

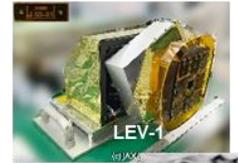
2. SLIMについて

1. 経緯・結果

- 2023年9月7日、小型月着陸実証機（SLIM）をH-IIAロケット47号機で打上げ
- 2024年1月20日、**月面着陸**（旧ソ・米・中・印に次ぐ世界で5番目）
- 目標地点から東側に約55m程度で着陸
ピンポイント着陸目標の100m以内の精度を達成（世界最高精度）
（降下時の高度50m時点では、目標地点からの精度は10m以下と非常に良好）
- 小型ロボット（LEV-1、LEV-2）放出が成功裏に実施。**期待された画像取得に成功**
- 太陽電池が西を向く姿勢で着陸したため、太陽電池による発電が確認できていなかったが、着陸点に西から太陽が当たる**1月28日晩に、通信が復帰し運用を再開**
- 日没（探査機が夜を迎える）となる1月31日まで、分光カメラによる**科学観測を実施し、順調に完了。**
当初期待より多くの対象を観測。その後、着陸点は約2週間の夜に入った
- 過酷な月面の夜を想定した設計ではない中、**2月25日夜に地上との通信を確認（越夜に成功）。**
越夜後の**探査機や月面の状況に関する貴重なデータを取得。**分光カメラは想定通り起動したものの、正常には動作せず。**再び夜を迎えた3月1日まで運用**



SORA-Q(LEV-2)が撮影したSLIM探査機の画像



2. 今後の対応

- 降下時の高度50m時点で2基のメインエンジンのうち1基が機能喪失したと考えられ、引き続き詳細データ評価を継続し**生じた事象について、原因を特定し、課題や対策を明らかにする**
- 厳しい温度サイクルを繰り返すため故障確率は上がるが、**次回の日照（3月下旬頃）でも再び運用を試行する予定**

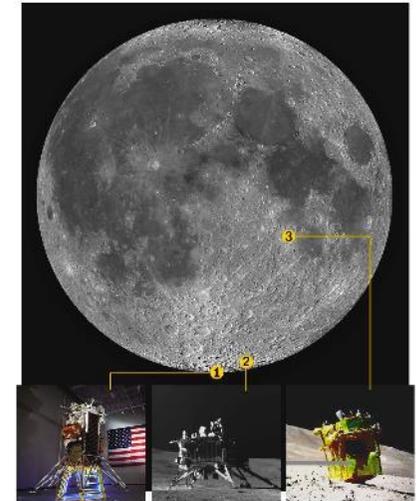


越夜後に撮影した航法カメラ画像

3. 米企業Intuitive Machines社による月面着陸の結果について

1. 経緯・結果

- 米企業Intuitive Machines(IM)社のNova-C (IM-1) は、NASAの商業月面輸送サービス (CLPS) の1つ
- 2024年2月15日(現地時間)に月着陸機「Nova-C」(愛称：Odysseus) をファルコン9ロケットで打上げ
- 2024年2月22日(現地時間)に**月面着陸に成功 (民間世界初)**
- 米国としてもアポロ計画以来約50年ぶりの月面着陸
- 目標地点 (月南極域：マラパート・A・クレータ) から約1.5km離れた場所に着陸
- 稼働期間：7日間※ (着陸後～月の夜に入るまで)
(※横倒しとなったことにより、予定よりも短い稼働期間(5日程度)となることが想定されていたが、結果的に予定通りの稼働期間となった。)
- 大きさ：高さ約4m、幅約1.6mの六角柱型、6本の着陸脚を持つ
- 重量：1908kg(打上時)/約700kg(乾燥重量)



①Nova-C (IM-1) 着陸機「Odysseus」(米)
②チャンドラヤーン3号 (印)
③小型月着陸実証機SLIM (日)

2. 状況 (3/1時点)

- 「Odysseus」が着陸の際、6本ある足のうち1本を月面にひっかけてしまい、当初の垂直に立った形ではなく、船体が横倒しになって着陸していたことを公表。加えて、2月28日の発表にて着陸脚の1, 2本が折れていることが確認。航法装置の不具合により、目標着陸地点よりも標高の高い場所であったため、減速しきれず予定よりも速い速度で着陸に至ったことが原因。太陽光パネルには光が当たっており、電力供給は問題なし。
- 「Odysseus」との通信は、月の夜に入るため、2月29日に休眠状態に入った。日本の小型月着陸実証機「SLIM」と同様に、越夜機能は備えていないが、再び太陽光パネルに日が当たる2～3週間後、再度の運用を試みる予定。

(参考) 月探査をめぐる各国の動向

★ : 極域着陸ミッション
 SR : サンプルリターン
 (※検討中のものを含む)

~2022	2023	2024	2025	2026	2027~
-------	------	------	------	------	-------

日本  
 かげや(周回)
 2007年打上げ
 ~2009年終了

民間 
 HAKUTO-R M1
 (着陸失敗)
 (2022年打上げ)

 
 SLIM
 (着陸成功)

 
 LUPEX
 (着陸)
 [開発中]

 
 中型ランダ
 (着陸・SR)

米国 
 1966年
 無人機月着陸 (Surveyor 1)
 1969年
 有人月着陸 (Apollo 11)

(CLPS 商業月輸送サービス)
 (商業輸送契約を含む官民
 パートナーシップのもと、
 定期的な月面探査を推進)

民間 
 Peregrine
 (着陸せず)

民間 ★ 
 Griffin
 (着陸)

民間 
 Blue Ghost
 (着陸)

民間 ★ 
 SERIES-2
 (着陸)

民間 
 Blue Ghost2
 (着陸)

民間 ★ 
 Nova-C
 (IM-1)
 (着陸成功)

民間 ★ 
 Nova-C
 (IM-2)
 (着陸)

民間 
 Nova-C
 (IM-3)
 (着陸)

アルテミス計画

 
 Artemis I
 (無人・周回)

Gateway

  
 PPE+HALO
 Artemis II
 (有人・周回)

 
 Artemis III
 (有人・着陸)

 
 I-HAB
 Artemis IV
 (有人・着陸)

中国 
 2013年
 無人機月着陸(嫦娥3号)
 2019年
 無人機裏側着陸(嫦娥4号)

 
 嫦娥5
 (SR)

★  
 嫦娥6
 (裏側着陸・SR)

★  
 嫦娥7
 (極域着陸)

★  
 嫦娥8
 (極域着陸?)

ロシア 
 1966年
 無人機月着陸

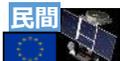
★  
 Luna 25
 (着陸失敗)

 
 Luna 26
 (周回)

★  
 Luna 27
 (極域着陸)

★  
 Luna 28
 (極域着陸・SR)

欧州  **民間** 
 Beresheet
 (着陸失敗)
 2019年打上げ

民間 
 Lunar Pathfinder
 (周回)

 
 Argonaut
 (着陸)

インド  
 Chandrayaan-2
 (周回(着陸は失敗))
 2019年打上げ

 
 KPLRO(周回)
 2022年打上げ

★  
 Chandrayaan-3
 (着陸成功)

★  
 極域探査
 (着陸)

4. NASA Moon to Mars Architectureについて (1/4)

経緯

- 2022年9月、NASAは月・火星における有人探査の目標として、計63項目から構成される「Moon to Mars Objectives」を発表。また本Objectivesを実現するために必要な構成要素を洗い出し、構成要素間の関係性を示す「Architecture(アーキテクチャ)」を作成するために、Architecture Concept Review(ACR)のプロセスを開始。
- 2023年4月、2022年のACRの結果をまとめた文書として、「Moon-to-Mars Architecture Definition Document (アーキテクチャ定義文書)」の初版を公表。段階的に探査が行われていくことから、以下の4つのフェーズ(Segment)毎にアーキテクチャの検討が実施され、初版では、「Human Lunar Return(月への帰還)」を中心にアーキテクチャの検討が実施された。

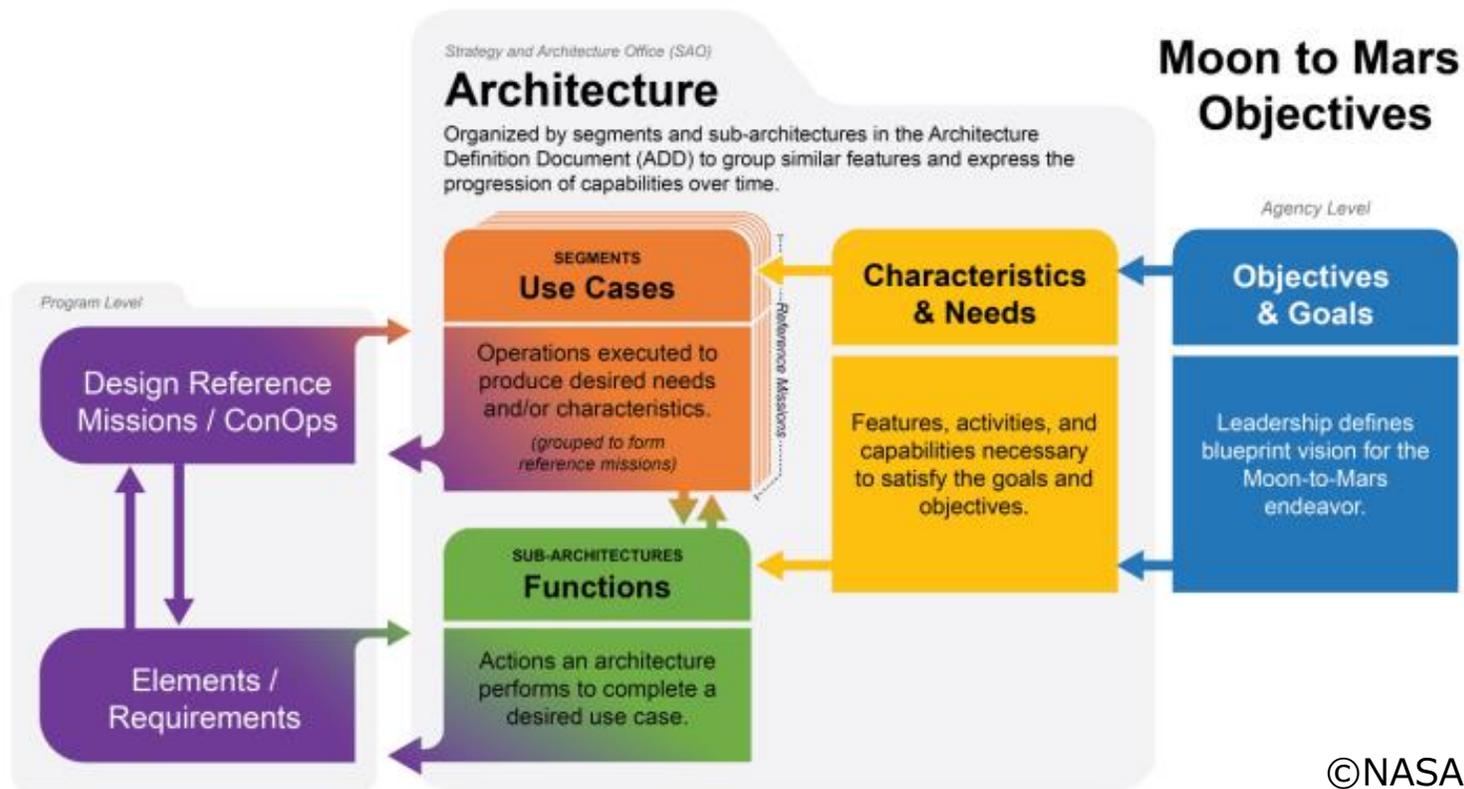


- 2024年1月23日、2023年の後半に実施したACRの結果として、アーキテクチャ定義文書の改訂版等を公表。初版に引き続き「月への帰還」についても詳細な検討結果が追記された他、他の3つのSegmentについても深掘りがなされた。
- ACRは年に1回のペースで今後も行われる予定であり、ワークショップ等を開催することにより、米国内の関係者(産業界、学界)や国際パートナー等の外部からの意見やフィードバックを積極的に収集しながら、アーキテクチャの更新を図っている。

4. NASA Moon to Mars Architectureについて (2/4)

アーキテクチャの検討プロセス

- アーキテクチャを作成するアプローチとして、NASAがこれまで実施してきた“capabilities-based(能力ベース)”のアプローチではなく、“objective-based(目的ベース)”のアプローチを採用。検討のプロセスとしては、最終的なゴールとなる「Moon to Mars Objectives」を分解する形で、目的に必要な特徴やニーズ (Characteristic & Needs)、特徴やニーズを生み出すようなユースケース (Use Cases)、ユースケースを実行するために必要な機能 (Functions) の順番に検討。更に、ユースケースからミッションや運用概念の設計を、必要な機能から必要な要素システム (Elements) や要求 (Requirements) の検討を実施。



目的からアーキテクチャの各構成要素まで分解するプロセスを表現した図

4. NASA Moon to Mars Architectureについて (3/4)

ObjectivesからElementまでの分解例

【Objectives】(TH-03-L)

Develop system(s) to allow crew to explore, operate, and live on the lunar surface and in lunar orbit with scalability to continuous presence; conducting scientific and industrial utilization as well as Mars analog activities

(宇宙飛行士が月面や月周回軌道上で探査、操作、生活を行い、継続的に滞在できる拡張性を備えたシステムを開発する)



【Characteristics/Needs】(CN-011-L)

Provide capabilities to conduct short-duration (days to weeks) crew exploration mission(s) on the lunar surface.

(月面で短期間 (数日から数週間) の有人探査ミッションを実施する能力を提供する)



【Use Cases】(UC-011-L)

Support crew extravehicular operations on the lunar surface

(月面において宇宙飛行士の船外活動を支援する)



【Functions】(FN-013-L)

Crew ingress/egress from habitable asset(s) to lunar surface vacuum

(宇宙飛行士が居住区間と月面の真空環境とを行き来する)



【Elements】(EM-015-FE)

Pressurized Rover (有人与圧ローバ)

4. NASA Moon to Mars Architectureについて (4/4)

Elementsの例

- アーキテクチャ定義文書の改訂版ではMoon to Mars Objectivesを達成するために必要なElementとして、日本が提供する方向でNASAと議論を進めていた有人与圧ローバ(Pressurized Rover)が新たに追加された。

初版で識別されたElements

Space Launch System (大型打上げロケット)

Orion Spacecraft (有人宇宙船)

Exploration Ground Systems (地上設備)

Gateway (月周回有人拠点)

Deep Space Logistics (物資補給)

Human Landing System (有人月面着陸機)

xEVA System (船外活動服)

Comm, Positioning, Navigation, Timing
(通信, 測位, 航法, 測時)

Commercial Lunar Payload Services
(商業月面輸送サービス)

改訂版で追加されたElements

Gateway Extravehicular Robotic System
(Gatewayの船外ロボットアーム)

Gateway ESPIRIT Refueling Module
(Gatewayの燃料補給・観測窓モジュール)

Gateway Airlock Module
(Gatewayのエアロックモジュール)

Human-class Delivery Lander
(大型月面輸送着陸機)

Pressurized Rover (有人与圧ローバ)

Lunar Terrain Vehicle (有人曝露ローバ)

(参考) NASA Moon to Mars Objectives (1/2)

概要

- 米国は2011年度の予算教書にて2030年代中頃までに火星周回軌道への有人飛行を達成することを目標として設定。その後、トランプ大統領により2024年の有人月面着陸が目標として設定された（アルテミス計画）。政策として月及び火星が探査目標として設定される中、NASAとしてなぜ探査を行うのかを定義し、それに基づき探査目的を明確化した文書。
- 「科学」、「インフラ」、「輸送とモビリティ」、「運用」のジャンルにわたって、計63項目のObjectivesが設定されている。
- またObjectivesとは別に全てのジャンルに共通するテーマとして、以下の9つの教義が設定されている。「International Collaboration（国際的協働）」、「Industry Collaboration（産業との協働）」、「Crew Return（クルーの安全な帰還）」、「Crew Time（クルー作業時間の最大化）」、「Maintainability and Reuse（保守性と再利用）」、「Interoperability（相互運用性）」、「Leverage Low-Earth Orbit（地球低軌道の活用）」、「Commerce and Space Development（商業と宇宙開発）」



©NASA

Objectivesの例

分類 (分類毎のObjective数)	Objectives例
Lunar and Planetary Science (4)	Uncover the record of solar system origin and early history, by determining how and when planetary bodies formed and differentiated, characterizing the impact chronology of the inner solar system as recorded on the Moon and Mars, and characterize how impact rates in the inner solar system have changed over time as recorded on the Moon and Mars.
Heliophysics Science (4)	Improve understanding of space weather phenomena to enable enhanced observation and prediction of the dynamic environment from space to the surface at the Moon and Mars.

(参考) NASA Moon to Mars Objectives (2/2)

Objectivesの例

分類 (分類毎のObjective数)	Objectives例
Human and Biological Science (3)	Understand the effects of short- and long-duration exposure to the environments of the Moon, Mars, and deep space on biological systems and health, using humans, model organisms, systems of human physiology, and plants.
Physics and Physical Science (2)	Conduct astrophysics and fundamental physics investigations of space and time from the radio quiet environment of the lunar far side.
Science-Enabling (7)	Provide in-depth, mission-specific science training for astronauts to enable crew to perform high-priority or transformational science on the surface of the Moon, and Mars, and in deep space.
Applied Science (6)	Characterize and monitor the contemporary environments of the lunar and Martian surfaces and orbits, including investigations of micrometeorite flux, atmospheric weather, space weather, space weathering, and dust, to plan, support, and monitor safety of crewed operations in these locations.
Lunar Infrastructure (9)	Develop an incremental lunar power generation and distribution system that is evolvable to support continuous robotic/human operation and is capable of scaling to global power utilization and industrial power levels.
Mars Infrastructure (4)	Develop Mars surface power sufficient for an initial human Mars exploration campaign.
Transportation and Habitation (12)	Develop cislunar systems that crew can routinely operate to and from lunar orbit and the lunar surface for extended durations.
Operations (12)	Conduct human research and technology demonstrations on the surface of Earth, low-Earth orbit platforms, cislunar platforms, and on the surface of the moon, to evaluate the effects of extended mission durations on the performance of crew and systems, reduce risk, and shorten the timeframe for system testing and readiness prior to the initial human Mars exploration campaign.

出典 : <https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2022/09/m2m-objectives-exec-summary.pdf>

5. 古川宇宙飛行士の帰還について

- ◆ **2024年3月12日**、約6か月間にわたり、国際宇宙ステーション（ISS）に長期滞在された**古川聡宇宙飛行士が搭乗するクルードラゴン宇宙船（Crew-7）が無事地球に帰還。**
- ◆ **「宇宙でしか見つけられない答えが、あるから」**をミッションテーマとし、滞在中には、写真や動画の撮影を宇宙飛行士の代わりに自律的に行う小型船内ロボットの実証、人工臓器の実現に向けた細胞培養装置の機能確認、学生向けの教育イベントなど様々なミッションを実施。
- ◆ ISS滞在時に盛山文科大臣、高市宇宙担当大臣とのリアルタイム交信イベントを実施。



帰還時の様子
©JAXA/NASA

1. スケジュール(日本時間)

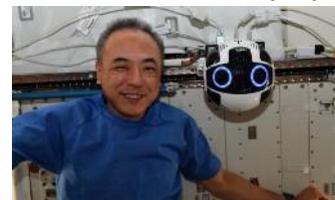
- 打上げ : 2023年8月26日(土) 16:27
- 着水 : 2024年3月12日(火) 18:47

2. ISS長期滞在中の主なミッション

- 有人宇宙技術
 - ー 船内可搬型ビデオカメラシステムの技術実証
 - ー 固体材料の燃焼現象に対する重力影響の評価
- ライフサイエンス系研究
 - ー 微小重力環境での細胞の重力感受メカニズムの解明
 - ー 微小重力環境を利用した臓器の立体培養技術の開発
- 教育関連
 - ー 第4回「きぼう」ロボットプログラミング競技会の軌道上決勝大会
 - ー アジア・太平洋地域の青少年が考えた宇宙実験

3. リアルタイム交信イベント

- 2023/12/11に盛山文科大臣、高市宇宙担当大臣、小型月着陸実証機（SLIM）に関連性のある大学院生と古川宇宙飛行士との交信イベントを実施
- 盛山大臣から古川宇宙飛行士への御質問
(ご質問) **今後の国際宇宙探査における世界からの日本の期待や役割如何。**
(回答) 日本がISSを通じて獲得してきた、人が宇宙に滞在するために必要な環境制御技術、物資補給技術、「きぼう」にしかない独自の宇宙環境利用技術等、**優位性のある技術を最大限活かし高めていき、民間企業にもこれらの技術を積極的に活用**していただくことで課題解決に貢献できるのではないか



小型船内ロボットの技術実証



装置の機能確認



宇宙実験の様子



イベント中の様子



イベント後の記念撮影

6. 宇宙技術戦略（案）の概要について

第110回宇宙政策委員会
資料2より抜粋

宇宙技術戦略（案）の概要

- 「宇宙基本計画」（令和5年6月13日閣議決定）に基づき、世界の技術開発トレンドやユーザーニーズの継続的・的確な調査分析を踏まえ、**安全保障・民生分野において横断的に、我が国の勝ち筋を見据えながら、我が国が開発を進めるべき技術を見極め、その開発のタイムラインを示した技術ロードマップを含んだ「宇宙技術戦略」を新たに策定した。**
- **関係省庁における技術開発予算や10年間で総額1兆円規模の支援を行うことを目指す「宇宙戦略基金」を含め、今後の予算執行において参照していくとともに、毎年度最新の状況を踏まえたローリングを行っていく。**
- 必要な宇宙活動を自前で行うことができる能力を保持（「自立性」の確保）するため、下記に資する技術開発を推進：
 - ① 我が国の**技術的優位性**の強化
 - ② サプライチェーンの**自律性**の確保 等

衛星

防災・減災、国土強靱化や気候変動を含めた地球規模問題の解決と、民間市場分野でのイノベーション創出、SDGs達成、Society5.0実現をけん引：

- ① 通信
- ② 衛星測位システム
- ③ リモートセンシング
- ④ 軌道上サービス
- ⑤ 衛星基盤技術



【出典】独TESAT-Spacecom
大容量のリアルタイム伝送を可能にする光通信

宇宙科学・探査

宇宙の起源や生命の可能性等の人類共通の知を創出し、月以遠の深宇宙に人類の活動領域を拡大するとともに、月面探査・地球低軌道活動における産業振興を図る：

- ① 宇宙物理
- ② 太陽系科学・探査
- ③ 月面探査・開発等
- ④ 地球低軌道・国際宇宙探査共通



【出典】TOYOTA
JAXA/TOYOTAが研究開発中の有人と圧ローバ(イメージ)

宇宙輸送

宇宙輸送能力の強化、安価な宇宙輸送価格の実現、上げの高頻度化、多様な宇宙輸送ニーズへの対応を実現：

- ① システム技術
- ② 構造系技術
- ③ 推進系技術
- ④ その他の基盤技術
- ⑤ 輸送サービス技術
- ⑥ 射場・宇宙港技術

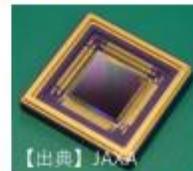


【出典】JAXA
CALLISTO(カリスト)プロジェクト：日・仏・独の宇宙機関共同で、2025年度にロケット1段目の再使用を実施予定

分野共通技術

上記の衛星、宇宙科学・探査、宇宙輸送分野共通となる技術について、継続的に開発に取り組むことが、サプライチェーンの自律性確保、国際競争力強化の観点から不可欠：

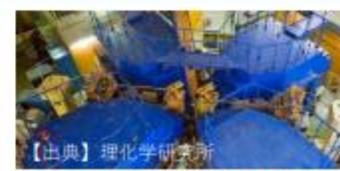
- ① 機能性能の高度化と柔軟性を支えるハードウェア技術（デジタルデバイス等）
- ② 小型軽量化とミッション高度化を支える機械系基盤技術（3Dプリンティング等）
- ③ ミッションの高度化と柔軟性を支えるソフトウェア基盤技術（AI、機械学習等）
- ④ 開発サイクルの高速化や量産化に資する開発・製造プロセス・サプライチェーンの変革
- ⑤ 複数宇宙機の高精度協調運用技術



【出典】JAXA
宇宙用高性能デジタルデバイス
マイクロプロセッサ



【出典】@newweb
製造試験ラインを自動化しているOneweb衛星



【出典】理化学研究所
COTS品の活用に重要となる耐放射線試験等の環境試験

6. 宇宙技術戦略（案）の概要について

第110回宇宙政策委員会
資料2より抜粋

Ⅲ. 月面探査・開発等

- 人類の恒常的な活動領域が深宇宙に拡大することを目指した、アルテミス計画が進捗する。
- 国際パートナーとともに、持続的な月面探査（限られた資源を効率的に探査・利用する技術）と、基盤技術の開発を進めていく。

月面科学に係る技術

- 地球上ではできない天体観測を実現する月面天文台、月の起源・進化を解明する月震計ネットワーク、月サンプル分析等を実現する技術。



- 重要な技術開発：**
- ✓ 小型の受信アンテナ技術
 - ✓ 小型・高感度地震計技術
 - ✓ 小型サンプル分析技術等



【出典】
JAXA

観測・分析機器のイメージ
（上段左から、月面天文台、
月震計、下段が月サンプル分析）

- 米国、ロシアや中国は、月面活動を通じて月面での科学や探査技術を獲得している。

月着陸技術

- 探査や物資輸送を行うために、月面の目標とする場所へ安全に着陸する技術。



月面着陸機（イメージ）

重要な技術開発：

- ✓ 航法誘導制御技術
- ✓ 降着系技術 等
- ✓ 障害物検知技術

- 従来の重力天体への着陸は、位置精度にして数km程度の誤差が発生するのに対して、我が国は小型月着陸実証機（SLIM）により世界に先駆けて100m以内の高精度着陸技術の実証を達成しており、優位性を有する。

エネルギー技術

- 長期間の月面滞在を可能とするための発電・蓄電・送電技術。



展開収納型太陽電池タワー（イメージ）

重要な技術開発：

- ✓ 発電技術
- ✓ 蓄電技術 等

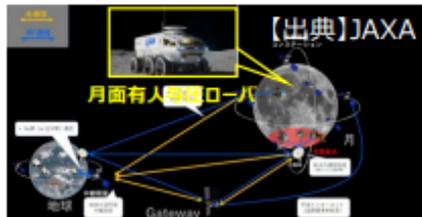
- 我が国では、月・火星探査の本格化に向けた発電技術・蓄電技術・送電技術の研究開発に取り組んでいる
- 米国や欧州では、熱電素子や変換効率の高いスターリングエンジンの研究が行われている。

Ⅲ. 月面探査・開発等

- 人類の恒常的な活動領域が深宇宙に拡大することを目指した、アルテミス計画が進捗する。
- 国際パートナーとともに、持続的な月面探査（限られた資源を効率的に探査・利用する技術）と、基盤技術の開発を進めていく。

月通信・測位技術

- 月圏内や月-地球圏の間における通信や、月面・月周回軌道上でリアルタイムに測位を行うための技術。



重要な技術開発：

- ✓ 大容量リアルタイム通信技術
- ✓ 小型軽量化技術
- ✓ 惑星間インターネット技術
- ✓ 月測位システム技術
- ✓ 月面拠点内のRF通信技術 等

- 月面探査における通信測位技術は、国際的に協調して共通のインフラや規格を共同利用する方向で調整が進められている。

月表面探査技術

- 月面着陸後の人・物の移動機能や、耐環境機能、作業支援機能を提供し、**広域・長期の月面探査活動**を実現する基盤技術。



JAXA/トヨタが研究開発中の
有人と無人探査ローバ（イメージ）

重要な技術開発：

- ✓ 航法誘導制御技術
- ✓ 耐環境技術
- ✓ 走行機構技術
- ✓ 作業支援技術 等

月・火星のローバでは米・ロ・中実績があり、後続では欧州、インド等で取り組みが進んでいる。

月資源開発技術

- 水資源を含む資源探査や、資源利用に必要な施設・設備等の整備のための事前調査を行うための技術。



重要な技術開発：

- ✓ 月周回資源探査技術
- ✓ 月面資源探査技術 等

月極域探査機（LUPEX）プロジェクトのイメージ

- 月を活動拠点とする際にはエネルギー源の確保が極めて重要であり、その資源として「水」が有力視されている

月資源利用技術

- 持続可能な月面探査の実現に向けて、**月面の資源を効率的に利用**するための技術。



重要な技術開発：

- ✓ 水資源利用技術
- ✓ 宇宙無人建設技術
- ✓ 月面での食料生産技術 等

- 2022年10月にISECGより公表された「国際宇宙探査ロードマップ追補版2022」において、月面の氷含有レゴリスを原料として、月周回有人拠点「ゲートウェイ」と月面拠点間の往復に使用する宇宙機の推進剤を月面で生成する構想等が掲げられている。

6. 宇宙技術戦略（案）の概要について

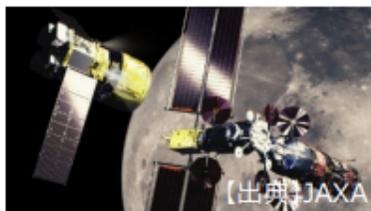
IV.地球低軌道・国際宇宙探査共通

第110回宇宙政策委員会
資料2より抜粋

- 米国では、ポストISSの地球低軌道活動に向け、複数の商業宇宙ステーションの構想検討・開発が進められており、欧州はこれらと連携しようとしている。
- ポストISSにおける活動の場となる拠点の構築に必要な技術やそこでの活動を支える技術の開発を進めてゆく。

物資補給技術

- アルテミス計画における月周回拠点（Gateway）やポストISS商業宇宙ステーション等への物資補給に必要な技術



改良型HTV-X（想像図）



ISSに自動ドッキングする米国宇宙船
Crew Dragon(SpaceX社)

重要な技術開発：

- ✓ 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 等
- 我が国は、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。
- 世界では、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）。

回収・往還技術

- ポストISS商業宇宙ステーションからの物資回収や有人往還に必要な技術



地上に帰還する米国宇宙船
Crew Dragon(SpaceX社)



回収される
HTV搭載小型回収カプセル

重要な技術開発： ✓ 物資回収技術 等

- 我が国では、HTV7号機に搭載した小型回収カプセル（HSRC）により、ISSからの宇宙実験サンプルの保冷回収に成功した。
- 米国では、SpaceX社がISS向け物資補給・回収機とISS向け有人往還機を運用中。

6. 宇宙技術戦略（案）の概要について

IV. 地球低軌道・国際宇宙探査共通

第110回宇宙政策委員会
資料2より抜粋

- 米国では、ポストISSの地球低軌道活動に向け、複数の商業宇宙ステーションの構想検討・開発が進められており、欧州はこれらと連携しようとしている。
- ポストISSにおける活動の場となる拠点の構築に必要な技術やそこでの活動を支える技術の開発を進めてゆく。

有人宇宙滞在・拠点システム技術

- 日本独自の低軌道活動を自在に行える場の確保に必要な**拠点システム技術**。
- 有人宇宙滞在中に不可欠な**環境制御**や**生命維持**に不可欠な**システム技術**

HTV-Xを活用した
モジュールイメージ



【出典】JAXA

重要な技術開発：

- ✓ 有人宇宙拠点構築技術
- ✓ 生命維持・環境制御技術
- ✓ 有人活動支援技術
- ✓ 健康管理技術
- ✓ 有人宇宙施設運用技術
- ✓ 有人宇宙活動搭乗員訓練技術
- ✓ 有人宇宙活動安全評価・管理技術等

ポストISS地球低軌道拠点イメージ例

- 米国では、ポストISSの地球低軌道活動に向け、複数の商業宇宙ステーションの構想検討・開発が進められており、欧州はこれらと連携しようとしている。
- 中国、ロシア、インドには独自の低軌道拠点を構築・確保しようとする動きがある。

宇宙環境利用・宇宙実験技術

- 民間による低軌道利用サービスの競争力向上に資する**宇宙環境利用技術**。

地上

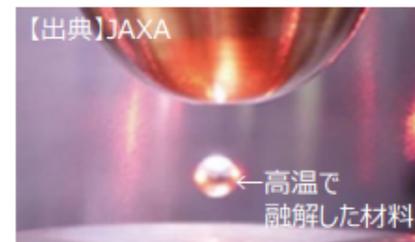


微小重力空間



生成されたタンパク質の結晶

【出典】JAXA



←高温で
融解した材料

微小重力環境下で、
融解した材料の測定

重要な技術開発：

- ✓ 宇宙実験コア技術
- ✓ 宇宙実験効率化技術 等

- 我が国は、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・発展させてきた。
- 米国、欧州、ロシアもそれぞれ宇宙環境利用を行っており、中国も独自の宇宙ステーションにおける宇宙実験を加速させている。

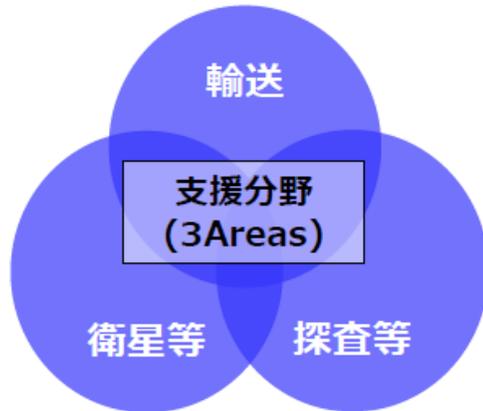
7. 宇宙戦略基金 今後の検討の方向性について

第109回宇宙政策委員会
資料3-2より抜粋

今後の検討の方向性 ①

- 既存の取組に加えて、我が国として民間企業・大学等が複数年度にわたって大胆に研究開発に取り組めるよう、新たな基金を創設し、民間企業・大学等による先端技術開発、技術実証、商業化を強力に支援。

本制度のスキーム



【技術開発支援の出口】

- 市場の拡大
宇宙関連市場の開拓や市場での競争力強化を目指した技術開発を支援
- 社会課題解決
社会的利益の創出等を目指した技術開発を支援
- フロンティア開拓
革新的な将来技術の創出等に繋がる研究開発を支援

事業全体の目標 (3 Goals)

① 宇宙関連市場の拡大
(2030年代早期に
4兆円⇒8兆円 等)

② 宇宙を利用した
地球規模・社会課題解決
への貢献

③ 宇宙における知の探究
活動の深化・基盤技術
力の強化

7. 宇宙戦略基金 今後の検討の方向性について

第109回宇宙政策委員会
資料3-2より抜粋

今後の検討の方向性 ②

- 事業全体の目標達成に向け、各分野において宇宙関連の他の施策との相乗効果を図りつつ、以下の方向性に沿った技術開発を推進する。

輸送

- ✓ 国内で開発された衛星や海外衛星、多様な打上げ需要に対応できる状況（例えば、2030年代前半までに基幹ロケット及び民間ロケットの国内打上げ能力を年間30件程度確保）を見据え、低コスト構造の宇宙輸送システムを実現する。
- ✓ そのための産業基盤を国内に構築し自立性及び自律性を確保するとともに、新たな宇宙輸送システムの実現に必要な技術を獲得し我が国の国際競争力を底上げする。

衛星等

- ✓ 国内の民間事業者（スタートアップ含む）による小型～大型の衛星事業（通信、観測等）や軌道上サービス等による国際競争力にもつなげる自律的な衛星のシステムを実現する（例えば、2030年代早期までに国内の民間企業等によるシステムを5件以上構築）。
- ✓ そのための産業基盤を国内に構築し自立性及び自律性を確保するとともに、革新的な衛星基盤技術の獲得により我が国の国際競争力を底上げする。
- ✓ また、上記衛星を含む衛星システムの利用による市場を拡大する。

探査等

- ✓ 月や火星圏以遠への探査や人類の活動範囲の拡大に向けた我が国の国際プレゼンスを確保する（例えば、2030年代早期までに、我が国の民間企業等が月や火星圏以遠のミッション・プロジェクトに新たに10件以上参画）。
- ✓ 2030年以降のポストISSにおける我が国の民間事業者の事業を創出・拡大する（例えば、2030年代早期までに地球低軌道を活用したビジネスを10件以上創出）。
- ✓ また、これらの活動機会を活用し、太陽系科学・宇宙物理等の分野における優れた科学的成果の創出や、国際的な大型計画への貢献にもつなげる。

7. 宇宙戦略基金 今後の検討の方向性について

今後の検討の方向性 ③

第109回宇宙政策委員会
資料3-2より抜粋

- 事業全体の制度設計については「基本方針」、各技術開発テーマの目標、内容について「実施方針」においてその具体的事項を記載する（以下に、項目案を記載）。
- 本事業の技術開発テーマの設定にあたっては宇宙技術戦略（「宇宙輸送」「衛星」「宇宙科学・探査」）で抽出された技術項目を参照する。
- その上で、JAXA主体の研究開発ではなく、民間企業・大学等が主体となって技術開発を推進することにより、事業全体の目標や各分野の方向性に貢献することが期待できるか、その道筋が示されているかという観点から資源配分を精査し、技術開発テーマを設定する。

基本方針

- 事業の目的・概要
- 事業全体の目標、3分野の方向性
- 技術開発テーマ設定の考え方
- 支援の基本的な考え方
(タイプ別の委託・補助の別 等)
- 対象事業者の考え方 (利益相反 等)
- JAXAにおける審査・支援体制
- JAXAにおける研究開発マネジメント
(ステージゲート評価の設定等)
- 政府におけるフォローアップ
- 各種根幹規定 (執行関係、ロケット利用等)

実施方針

- 技術開発テーマ名 ※以下、技術開発テーマ毎に定める。
- 背景・目的
(事業目標や3分野の方向性との関係含め)
- 当該テーマの成果目標、出口目標
(可能な限り定量的に)
- 技術開発実施内容
- 支援期間、支援規模
- 主な対象事業者の設定、評価の観点
- 委託・補助の別及び補助率等の設定
- 進捗管理・フォローアップの方向性
(ステージゲート評価のタイミング等) 等

文部科学省

(宇宙開発利用分野における先端・基盤技術開発等の推進)

経済産業省

(事業化に向けた研究開発の支援を通じた宇宙関連産業の振興)

総務省

(宇宙分野における情報通信技術の開発・利用促進)

内閣府

(事業全体の制度設計、宇宙技術戦略のローリング等)

7. 宇宙戦略基金 今後の検討の方向性について

今後の検討の方向性 ④

第109回宇宙政策委員会
資料3-2より抜粋

- 本事業では、技術開発テーマの性質等に応じ、委託、補助の2パターンを想定。
- 自己負担のあり方（補助率等）は、各技術開発テーマに係る市場の成熟度や、技術成熟度、実施者の規模等の情報も勘案しながら最終的に決定する。

委託、補助の考え方

	考え方
委託	実施者の裨益が顕在化していない又は具体予測しがたい技術開発であって、事業化までに長期を要する革新的な技術開発や、協調領域・基盤領域として我が国の業界全体への裨益が大きい技術開発（JAXAが第三者への知財実施許諾を求める可能性を確保する必要があるものを含む）等
補助	（将来的に）民間事業者による商業化等、実施者の裨益が大きいと見込まれるもの 等

技術開発テーマの実施内容に応じた分類

	考え方	委託・補助
A	比較的高い技術成熟度に到達しており、民間企業等による事業化が見込める事業実証	補助 （自己負担あり）
B	未だ十分な技術成熟度に到達しておらず、民間企業等による事業化や調達の獲得等の構想を伴う技術開発・実証	委託・補助 （自己負担あり含む）
C	将来のゲームチェンジを含む事業化や産学官連携が想定され、大学・国研等による技術成熟度が比較的低い段階からの革新的技術開発	委託・補助 （自己負担なし）
D	横断的・協調領域における共通基盤の整備や調査分析	委託・補助 （自己負担なし）

今後の検討の方向性 ⑤

第109回宇宙政策委員会
資料3-2より抜粋

- 2月6日(火) 宇宙政策委員会
宇宙戦略基金の今後の検討の方向性(基本的な考え方)を提示
(内閣府宇宙開発戦略推進事務局)
- 3月中 宇宙技術戦略の策定
(宇宙政策委員会決定)
- 2月～4月 内閣府において事業全体の制度設計を定める基本方針の検討
総務省・文科省・経産省において、有識者会議の議論を踏まえつつ、
技術開発テーマの目標、内容を定める実施方針の検討を進める
- 4月以降 宇宙政策委員会の議論を踏まえつつ、基本方針及び実施方針の決定

基本方針及び実施方針に基づき、
JAXAにおいて審査・運営体制の整備や公募要領等の準備を進め、
公募開始

4. 宇宙政策に関する具体的アプローチ

(3) 宇宙科学・探査における新たな知と産業の創造に向けた具体的アプローチ

(b) 月面における持続的な有人活動

【国際パートナーや民間事業者と連携した持続的な月面活動】

人類の恒常的な活動領域が深宇宙に拡大することを目指し、アルテミス計画の下、国際パートナーとともに国として主体性を持って、持続的な月面探査と、探査の進展に応じた基盤整備を実施する。また、限られたリソースの中、効果的・効率的な開発を推進し、新たな市場を構築するため、科学・資源探査、基盤整備に向けた技術実証及び可能な限り民間サービスの調達を行うことによる産業振興を行い、民間活動の段階的発展を図る。

具体的には、アルテミス計画の下、国際協力による月・火星探査を実施するとともに、持続的な有人活動に必要な、環境制御・生命維持システム、月周回有人拠点（ゲートウェイ）補給機及び有人と圧ローバの研究開発、月極域探査機（LUPEX）による水資源関連データの取得等に向けた取組を着実に実施していく。既に要素技術開発に着手した月周回衛星による測位・通信システムについても、着実に研究開発を進めるとともに、国際協力の下、位置付けていく。また、月面での持続的な活動に不可欠なインフラとして、資源探査・採掘利用、電力供給、無人建設及び食料生産といった技術に関する研究開発を実施する。加えて、これらの技術を輸送する手段として、月面への輸送能力（ロケットを含む。）の整備と向上、及び月面着陸技術の実証等を目指した月探査促進ミッションを含めた月面着陸機の研究開発を実施する。

また、人類の活動領域の拡大を念頭に置くと、将来、政府中心のミッションから民間による月面商業活動に段階的に移行し、月面経済圏が構築されることも期待される。これを見据え、政府はJAXA とともに、民間事業者の早期参入を促進すべく、支援を実施する。例えば、科学・探査ミッションについて、重要技術について自律性を担保しつつ、民間事業者による事業化が進んでいる部分については、可能な限り民間事業者によるサービスを調達することで、効率化を図る。また、民間事業者による新事業の創出のため、月及び地球低軌道での宇宙実証の定期的で予測可能な機会を提供する。持続的な月面探査の実現を目指すアルテミス計画への参画の機会を活用し、米国人以外で初となる日本人宇宙飛行士の月面着陸など、日本人宇宙飛行士の活躍の機会を確保する。

【月面開発工程の具体化に向けた構想策定と官民プラットフォームの構築】

人類の持続的な活動領域の拡大と新たな市場の構築を見据え、月面活動に必要な技術開発・実証等を行うに当たって、政府と宇宙開発の中核機関である JAXA は、月面活動に関するアーキテクチャの検討を進めつつ、アルテミス計画等の進捗を考慮し、技術開発のベンチマーキングを定期的に実施することで、宇宙実証・導入まで見据えた研究開発工程の具体化を遅滞なく実施していく。このため、官民プラットフォームを構築するとともに、月面の持続的な探査及び開発に関する構想を新たに策定する。その際、効果的・効率的に我が国の国際的プレゼンスを高めて今後の強みとなる戦略的な技術を精査し、国際協力における位置付けを含めて検討し、開発・実装を推進していく。