

「日本のアルテミス計画参加に向けた理学的・工学的検討」
報告書等を踏まえた国際宇宙探査の方向性について

2020年2月5日

宇宙航空研究開発機構
国際宇宙探査センター

報告書の提言抜粋と対応

「日本のアルテミス計画参加に向けた理学的・工学的検討」において、以下の通り提言されている。

- ①ゲートウェイを契機とした、地球・月圏を人類の活動圏とするための通信・物流インフラ整備方策の実行(国際協力、民間の参画)
- ②電気推進式輸送機によるゲートウェイおよびその以遠への大量物資輸送(我が国の強みを活かす、国際協力、民間の参画)
- ③我が国の科学・探査の実績、強みを活かす探査(我が国の強みを活かす、民間の参画、人材育成)
 - ・ ピンポイント着陸技術を生かした月極域での科学探査
 - ・ 火星探査を見据えた3次元的天体表面探査技術の開発
 - ・ 月面に限らない深宇宙探査における超小型探査機の活用
- ④超小型探査体による超多点探査で得た月全球の各種データや技術の共有(我が国の強みを活かす、国際協力、民間の参画)

その提言に対する対応案(もしくは対応の方向性)を以下に示す。

①「通信・物流インフラ整備」

国際協力によりGateway整備を推進し、日本としてHTV-X補給ミッション、月資源利用による物流の貢献を行い、通信については当面Gatewayの中継機能を利用しつつ、将来はGateway補完する通信インフラの整備の検討を行う。

報告書の提言抜粋と対応(続き)

②「電気推進式輸送機」

当面はもっとも実績のある深宇宙への展開を中心に活用し、並行して大量物資輸送に向けた準備の検討を進める。

③「ピンポイント着陸技術を生かした月極域での科学調査」、「火星探査を見据えた3次元的天体表面探査技術の開発」

現在計画中の月極域探査ミッションにより、月極域での科学調査を実行し、傾斜地へのアクセス技術・走破技術や掘削・サンプリング技術や地中レーダによる探査の技術の開発を行う。

③「月面に限らない深宇宙探査における超小型探査機の活用」

月周回軌道や深宇宙軌道への展開については、きぼう等で実績のある放出技術を利用してGatewayやHTV-Xから放出する。超小型探査機用の推進系等の標準化をすることで、上記軌道への展開が可能となる。そのためには、実証機会について早急に確保を行う必要がある。(詳細は後述)

④「超小型探査体による超多点探査」

SLIMと月極域探査ミッションの技術を活用した中型の着陸機を開発し、ホッパーにより複数地点に着陸し、小型ローバを展開することによる、多点の調査を実現することが可能となる。(詳細は後述)

超小型探査ミッションの情報提供要請(RFI)結果(速報)

● 募集概要

国内の大学・研究所や民間企業が活用することを目的として、以下の打上げ機会におけるミッション計画、実証技術の提案等を募った。

- 月周回有人拠点(Gateway)
- 補給後の新型宇宙ステーション補給機(HTV-X)からの放出
- H3 ロケット相乗り
- 米国のSLS2 ロケットの相乗り
- イプシロンによる打上げ

● 実施期間

- 2019年11月27日発出 ～ 2020年1月20日締切

● 募集結果(速報)

- 提案件数63件(提案者数40者) (※アカデミア30件、産業界33件)

超小型探査ミッションの情報提供要請(RFI)結果(速報)

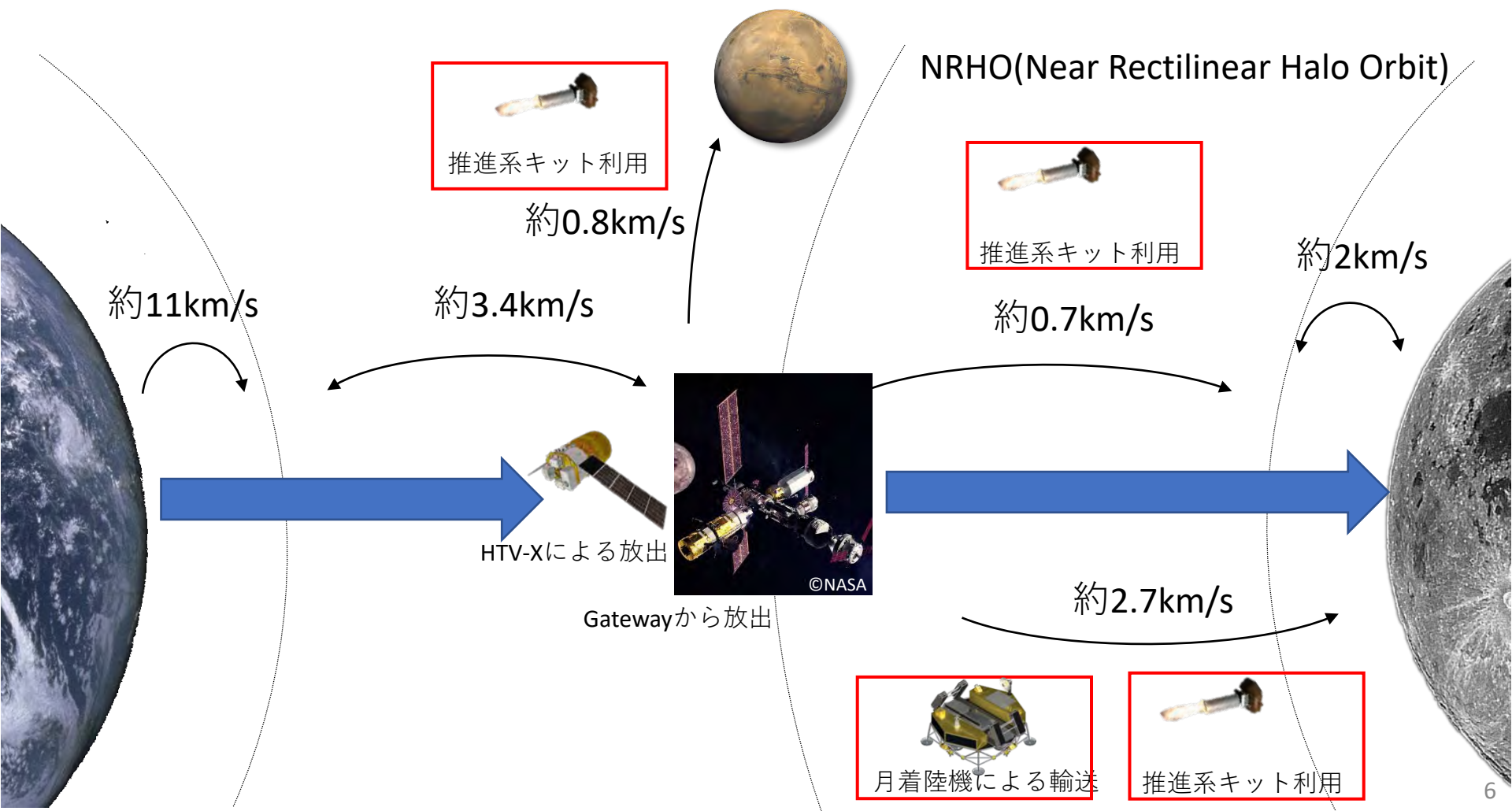
● 提案内容分析

- 得られた提案の分布をミッション種別、軌道種別で以下のとおり分類した。
- 1件で複数の属性にあたる提案もあるため、延べ件数で計上している。
- 技術実証に関する提案が最も多く45件あった。特に通信/測位に関する提案(13件)、推進系や観測技術に関する提案(夫々10件)が多かった。
- 特定の軌道に縛られない「軌道種別なし」が多く、その次には低軌道についての提案が目立った。
- 公募対象に月面はなかったが、複数の提案があった。別途月面の公募を予定している。

	サイエンス	技術実証	ビジネス
月面	1	6	1
月低軌道周回 (<1000km)	4	11	4
月高軌道周回 (>1000km)	2	5	0
深宇宙軌道	1	3	0
軌道種別なし	2	16	2
その他	2	4	0

Gateway軌道から超小型探査機の放出

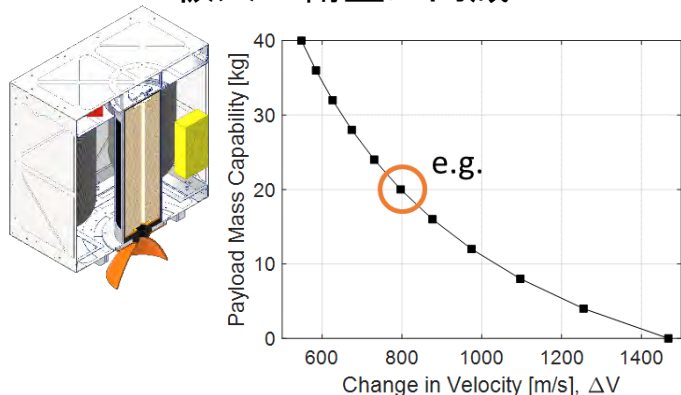
- ・Gatewayの軌道(NRHO)は、月周回軌道、火星遷移軌道への共通の中継点となる。
- ・月面着陸の必要増速量は、NRHOと月低軌道周回とも2km/sを超える。



超小型探査機用推進系キット構想(検討例)

- GatewayやHTV-Xから、月周回軌道、火星遷移軌道へ遷移するのは、全体が遷移するよりも、別途開発する推進系キットを利用して超小型探査機のみが遷移することが効率的。
- 月面へは、有人着陸機か中型月着陸機の相乗りが適切であるが、OMOTENASHIの推進系も利用可能である。

自己加圧N₂Oキックモーターを
50 cm級人工衛星に内蔵



設計例

総質量: 50 kg 最高推力: 470 N

ペイロード質量: 20 kg ΔV: 800 m/s

提供: 北海道大学

ハイブリッド推進系

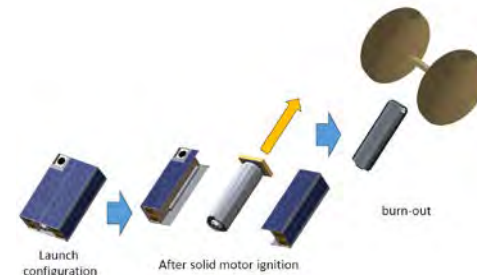
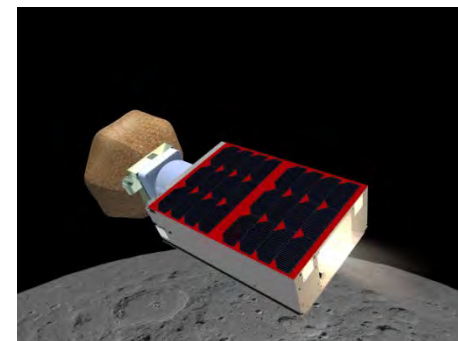
項目	値
推進系総重量[kg]	<10
うち, 推進剤(キセノン)搭載重量[kg]	2.5
イオンスラスト 比推力[s]	1000
イオンスラスト 推力[N]	300×10 ⁻⁶
コールドガスジェット 比推力[s]	24.5
コールドガスジェット 推力[N]	22×10 ⁻³



ほどよし衛星搭載の小型イオン推進システム“MIPS”
(PROCYON推進系の開発のベースとなった)

提供: 東京大学

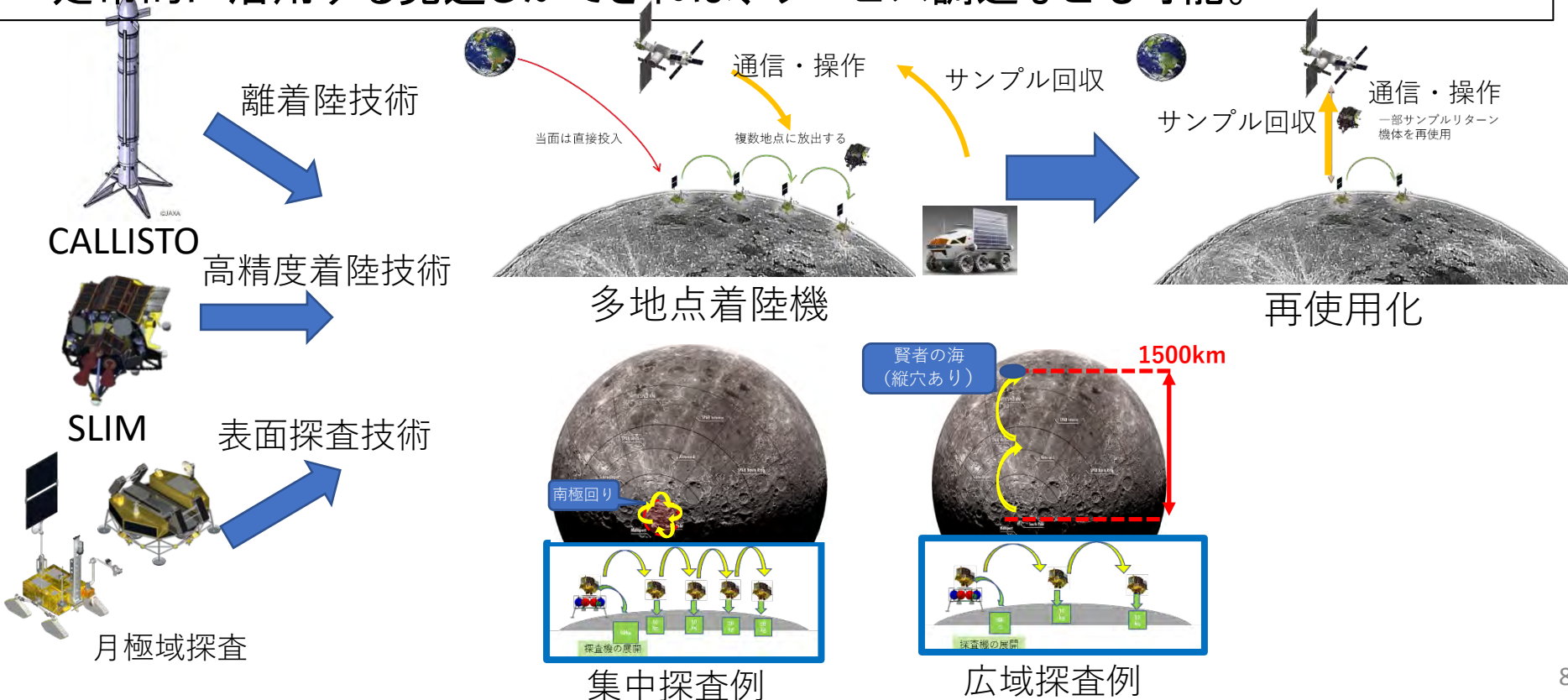
電気推進系



固体モーター
OMOTENASHIベース

ホッパーを用いた超小型探査機の広域展開(検討例)

- SLIMと月極域探査ミッション等の技術、HERACLESのシステム検討をもとに、中型の着陸機をホッパーにより、多地点での探査を可能とする。
- Gatewayによる通信や操作により、有効な探査が可能となるとともに、サンプル回収などは有人ローバとの連携で早期に実現できる。H3打上げ前提で、南極周辺に4, 5か所、もしくは1500km程度広域に2,3か所の探査が可能となる見通し。
- 定常的に活用する見通しができれば、サービス調達なども可能。



米国の月探査戦略(アルテミス計画他)(参考)

宇宙政策の方針:

理念: 人類の活動を太陽系全体に広げ、地球に新たな知識と機会をもたらすこと。長期的な探査と利用のため、米国は有人月回帰をリードし、その後火星及びその他の有人探査を実施【宇宙政策指令(SPD)-1】。

実際の狙い(推測): 有人月探査実施による米国の国際的リーダーシップの維持、低軌道～月表面での商業宇宙活動の活性化による国内産業拡大。特にNASAは民間単独では困難な場所の探査に注力し、後の利用環境の土台を整備する。

アルテミス計画は、月面への有人着陸に関するすべてのプログラムの総体であり、Gateway計画、SLS計画、Orion計画、Human lander計画、CLPS計画、その他月面活動を包含した計画。

NASAは、月面探査だけでなく、2030sに火星有人着陸を目標に掲げ、それに向けて月面での持続的な活動を通じて、必要な技術を獲得しようとしている。



第5回国家宇宙会議で
ペンス副大統領から発表



SLS計画



ORION計画



Human Lander
計画



Gateway 計画



Lunar Surface 計画



CLPS計画

報告書等を踏まえた国際宇宙探査の方向性(案)まとめ

・Gatewayや有人月面探査への参加機会の活用

月面探査を効率的、効果的に行うためには、Gatewayや米国の有人着陸船等を有効に活用する予定。日本独自の月ミッションにおいても、通信、測位、操作、サンプル回収等の機能を活用することで、探査機・インフラの効率化ができる。さらに、環境計測や月面観測装置、小型ローバーの相乗り等の科学的なメリットも期待できる。深宇宙探査に向けた技術確立の実証機会としても活用でき、将来は燃料補給基地としても期待される。

・報告書の提言を踏まえた対応

深宇宙遷移軌道や月低周回軌道への小型探査機の投入、多地点月面着陸機による小型ローバの複数地点の放出についても、検討例を示した通り、現状の計画の範囲で対応可能である。それらにより、日本の存在感は一層増すものと考えられる。

・2024年まで(ステップ1/フェーズ1)の取組み

2024年以降に確立する上記の活動(ステップ2/フェーズ2)を見据えて、それ以前(ステップ1/フェーズ1)においては、SLIMや月極域探査ミッションなどの先行的な月面活動による技術実証や調査を行うとともに、国際宇宙ステーション、さらにロケットの相乗り機会を利用して技術やミッションの実証を行う。

報告書の提言の取組みについては実現の見通しがあるが、宇宙科学の意義、科学技術・産業基盤の強化や安全保障の確保、国際協力、人材育成など、様々な視点でご議論いただきたい。

超小型探査機等のスケジュール（検討例）

