

月・火星探査のプログラム化と技術開発

- 月・火星探査のプログラム化においては、国際協力により効率的に進めることに加え、我が国として実績を有し優位性が見込まれ、波及効果が大きい、以下の4つの技術を中心に取り組む。

- ① 重力天体離着陸技術（高精度着陸技術、エンジン制御技術他）
- ② 重力天体探査技術（表面移動技術、掘削技術、水氷分析技術他）
- ③ 深宇宙補給技術（ランデブ技術、ドッキング技術、推進系技術他）
- ④ 有人滞在技術（環境制御技術、生命維持技術、放射線防護技術他）

重力天体離着陸技術など宇宙科学探査で獲得された技術が活用される一方、これらの技術開発の成果は、小天体探査を中心とした宇宙科学探査はもちろんのこと、天文衛星などにも適用され、多くの科学ミッションの効率的な開発に貢献することも期待される。

- 小天体探査において培われてきた、サンプルリターン技術（ランデブ技術、サンプル技術、回収技術）や電気推進技術（推進系技術の一部）も、上記技術の関連技術として、維持発展を進める。

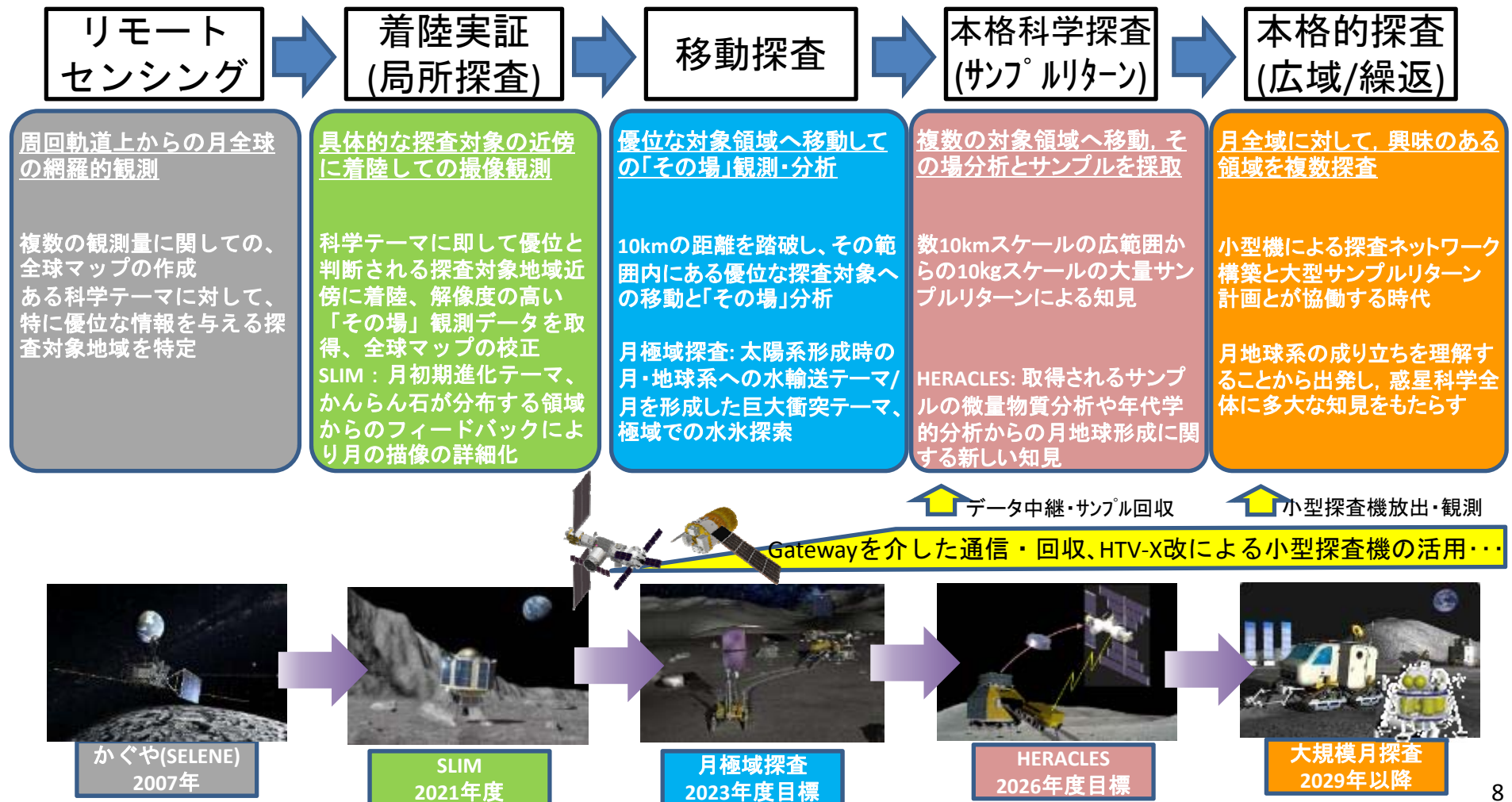
月探査プログラム化（JAXA検討案）

月の科学は、月の詳細な解析から出発し「太陽系生命環境の誕生と持続に至る条件としての前生命環境の進化の理解」という科学目標(日本惑星科学会の大目標)を踏まえた以下の2テーマの解明に貢献することが重要。

(1) 生命前駆物質の分布・移動, 天体への供給 (水輸送)

(2) 惑星・衛星の形成・初期分化

加えて、「あらせ」、「みお」、JUICE等で実績のある宇宙環境変動(宇宙天気)把握も日本として重要。



月探査プログラム化（JAXA検討案）

理学委員会で議論中

理学委員会で今後議論予定

惑星形成メカニズム

月全球マップ（元素・鉱物分布、地形データ、重力異常、磁気異常、地殻厚相対分布）

月面重要地質地域の発見（純粋斜長岩露出地域、マントル由来物質分布地域、最も若い火山活動領域、縦孔等）

SLIMでは、マントル由来物質（カンラン石）分布領域でそれを高解像度観測し元素分配の様相（Mg#）を決定。月の初期形成過程に新たな知見。

加えて、同観測量に関する全球マップの較正。

PAN（斜長岩地殻端成分）、カンラン石（マントル物質端成分）、クレータ溶融岩といった観点から優位な探査領域を選定、その領域内に複数の探査地点を設定し踏破。それらの地点からサンプルを大量に取得し詳細分析を実施。

小型機を活用した全球探査ネットワークと大型サンプルリターン計画が協働する時代

- 月振計ネットワーク観測から月内部構造を把握した上での広範囲な地質探査
- クレータ年代学の高精度化という太陽系史の議論全体に及ぶ課題解消、そこからの「後期重爆撃期の有無決定」という大問題解決
- 全球的に水起源を確定し、「月地球系への水輸送モデル」を確立

水輸送メカニズム

「かぐや」等のリモートセンシングによって月表層に水が存在することが示唆、その起源に複数説

月表層の水氷の分析から、その起源に関する知見を得る
月の水起源には次の3つの仮説：①月内因、②太陽風、③隕石・彗星。この内訳を知ることから、月地球系の形成史に迫る

マントル物質にある微量水の詳細分析から内因説を探究、月地球系起源論の深化に貢献

重力天体離着陸技術

N/A

高精度着陸技術
画像航法、光学カメラ、着陸レーダ、推力可変技術等

極域の日照条件に対応した画像航法（陰影画像航法）

エンジン大型化・クラスター化
ディープスロットリング、低ボイロフタンク、推進薬管理、Flash LIDAR

高信頼性化
小型機展開スキーム

重力天体探査技術

N/A

超小型ローバ（探査ハブ研究成果）の実証

中型ローバとその展開機構、走行技術、越夜技術、掘削技術、質量分析技術、エネルギー技術

大型ローバとその展開機構、大型サンプル回収技術

有人と圧ローバとその展開機構（高信頼性化・長距離化）
複数探査（自立化、ネットワーク化）
水（推薬）利用技術（生成、貯蔵）

月資源探査

「かぐや」等のリモートセンシングによって月表層に存在することが示唆、ただし、含水量推定に不確定性大

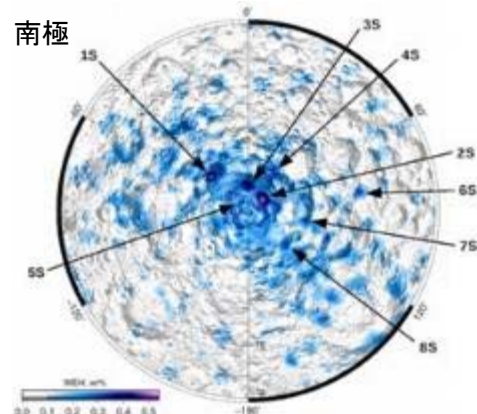
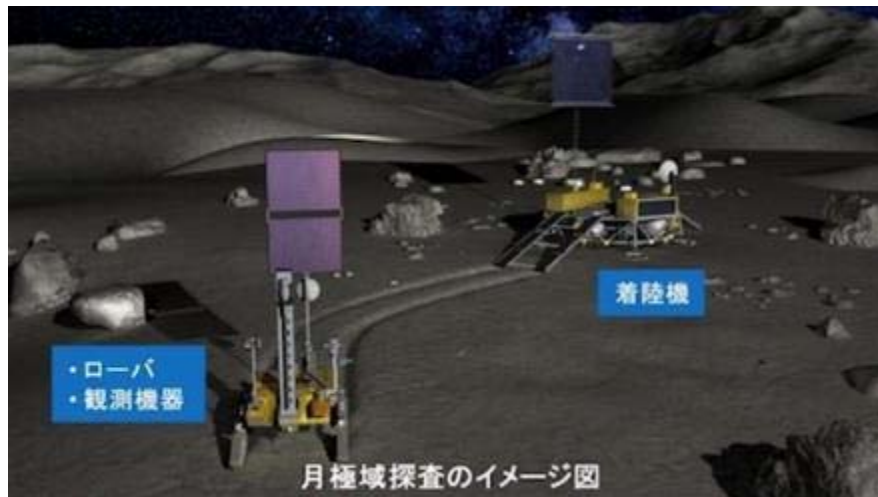
月表層の水氷探査から、
（１）その存在量決定、
（２）その極域への濃集過程に関する知見獲得、
（３）その資源利用可能性に関する調査

リターンサンプルの分析により太陽風由来の水、レゴリスへの水素の吸着、ガラス質中の水の有無を調べ、極以外での水（水素）利用可能性を知る。

資源利用の本格化へ

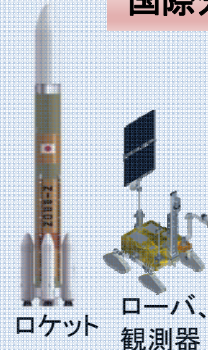
月極域探査ミッションについて

- これまでの観測結果から、月の極域には一定量の水が存在すると考えられており、各国は2020年代前半に、この水資源の利用可能性調査を目指した月極域探査を計画している。
- 我が国としても各国に遅れることなく、月極域における水の存在量や資源としての利用可能性の確認を目的とした月極域探査ミッションを、インド等との国際協力により実施する。(2023年度打上目標)
- 当然ながら、水資源の利用可能性の確認のみならず、科学的成果(地球・月系にもたらされた水の起源に関する知見(生命の起源)の獲得等)や、重力天体探査技術の確立を目指す。



LROの中性子観測データをもとに推定された南極の水の分布。A.B. Sanin et al., 2017

国際分担の一例

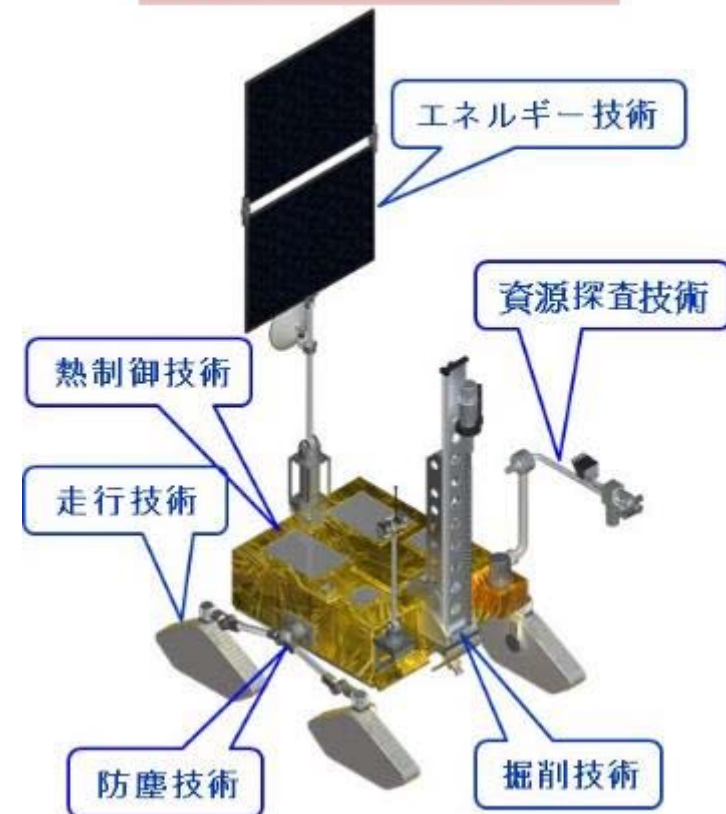


日本主担当



インド主担当

獲得できる重力天体探査技術



月極域探査 観測計画(JAXA検討案)

- 水の分布、濃度の観測を行い、水氷の利用可能性の調査、および、科学的観点として水の由来、濃集原理、他の揮発性物質も含めた存在量の調査を行う。
- 実際のミッション機器の概念検討については、コミュニティに広く公募を行うとともに、宇宙探査イノベーションハブの成果の取り込みを図る。また、理工学委員会の元に設置された国際宇宙探査専門員会の提言の反映を行い、広く関係者の意見の集約を図る。

- ①事前に環境や地質が特徴的な探査領域と、観測地点(ウェイポイント)を選定し、着陸機は観測領域近傍の長期日照地帯に着陸し、ローバを展開する。
- ②ローバで走行しながら地下2mまでの観測により、水氷分布の可能性のある領域を識別する。同時に表層の水(氷)分布の観測を行う。
- ③水氷分布の可能性のある地点で元素観測を実施し、水素が検出されれば、オーガ等による掘削・試料採取を実施。
- ④試料を加熱し、揮発性物質をガス化して化学種同定、水量分析、同位体分析を行う。

