

宇宙基本計画に示されている「太陽系探査科学分野」をプログラム化する場合のイメージ
改訂案その 2

太陽系探査科学分野プログラムについて

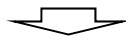
はじめに～プログラム化の背景～

(1) 本稿におけるプログラム

- ・科学的観点に加え、国際的な観点、財政的な観点から政策的に判断する必要があると宇宙科学・探査小委員会が考える科学探査分野が対象。
(科学コミュニティによるボトムアップの対応で十分な科学探査分野は科学コミュニティの議論に委ねる)
- ・10年～30年後を見据えて、我が国として政策的に取り組むプロジェクト及びそのプロジェクトを実施するために必要な技術開発の進め方を示したものの。

(2) プログラム化の必要性

- ・宇宙科学・探査の領域の中には、科学コミュニティによるボトムアップでの取組だけでは、
 - 我が国が世界をリードしていくことが難しい
 - 限られた財源の有効活用に必要な国際協力の観点からの検討が十分ではない領域がある。
- ・我が国が今後とも宇宙科学・探査において世界をリードしていくためには、
 - 宇宙科学・探査の継続的なプロジェクトの確保
 - 国際宇宙探査における月・火星探査の議論の具体化の中で我が国の役割の明確化が必要。



科学的な観点に加え、国際的な観点、財政的な観点から政策的にプロジェクトを進めることが必要な宇宙科学・探査の領域については我が国の宇宙科学・探査の長期的な取り組みを示したプログラムを策定。
なお、プログラムについては、プログラム化が必要な当面の国際宇宙探査の領域について取り扱うこととし、今後必要に応じて見直すこととする。
(策定されたプログラムは、宇宙産業・科学技術基盤部会、宇宙政策委員会に報告され、我が国の国際宇宙探査の当面の方針と位置づけられることを想定。)

第1章 プログラム化の意義・目的

(1) プログラム化の意義

プログラム化することにより、

- ・政府としての戦略に基づく長期的な取り組みの提示
 - ・今後進めるべきプロジェクトの明確化による技術開発の効率化、有能な人材の確保
 - ・科学コミュニティによるボトムアップによる検討との連携
 - ・科学探査全体の予算の平滑化への貢献
- 等が可能となる。

(2) 「太陽系探査科学分野」のプログラム化の必要性

探査には①地球近傍から宇宙を探査する場合（天文衛星による観測）、②探査機を天体に送りこんで対象天体を探査する場合（惑星探査）があるが、プログラム化の背景を踏まえ、工学も含めた長期的かつ総合的な取組や政策的な観点から優先順位付けを行う必要がある惑星探査についてプログラム化を検討。

(2) プログラム化の手段

- 個別プロジェクトの提示
 - ・戦略中型、公募型小型、多様な小規模プロジェクト
 - ・海外との共同プロジェクトへの参加
- 輸送系その他の工学技術
- 人材育成

第2章 プログラムの対象とすべき天体

○当面の対象 「月と火星」

- ・月におけるミッション
- ・火星におけるミッション

現段階では、日本が国際宇宙探査の中で月科学探査、火星科学探査にどのように関与していくのかをプログラム化することが必要であるため、プログラム化の当面の対象は月、火星とする。

我が国の小天体からのサンプルリターン技術の世界に対する優位性、重要性を踏まえれば、今後小天体をプログラム化の対象とすることもあり得るのに加え、現在検討しているその他の科学探査（火星以外の深宇宙の重力天体探査等）についても、状況に応じプログラム化の対象となりうる。

なお、小天体探査は、科学的な観点からの天体の資源の探査という側面を

有するが、科学探査における資源探査の位置づけを検討する場合には、科学探査における資源の意味を明確にすることが必要。この点についてはプログラムの対象の議論とは別に取組むべき課題。

第3章 プログラム化の具体的内容

※我が国の月・火星に関する探査は、科学的な貢献を期待できるものについて、探査を可能とする技術の獲得できるフィージビリティを踏まえて、以下のアプローチで行う。

(1) 月へのアプローチ

我が国の月探査は、「かぐや」による周回軌道上からの月全休の網羅的観測を踏まえて、今後、海外との共同プロジェクトも活用しつつ、着陸実証、移動探査、本格科学探査、本格的探査という段階を経て実施する。

○着陸実証（局所探査）

SLIM（2021年打上げ目標）

具体的な探査対象の近傍に着陸しての撮像観測

○移動探査

月極域探査（2023年打上げ目標）(P)

優位な対象領域へ移動しての「その場」観測・分析
(留意事項)

- ・移動探査として月極域探査を実施する科学的意義・必要性
- ・JAXAの惑星科学における大目標・中目標との関係

○本格科学探査（サンプルリターン）

HERACLES（2026年打上げ目標）(P)

複数の対象領域へ移動、その場分析とサンプルの採取

○本格的探査（広域／繰り返し）

大規模月探査（2029年以降）(P)

月全域に対して、興味のある領域を複数探査

【科学への貢献】

SLIM

- ・マントル由来物質（カンラン石）分布領域で高解像度観測を行い、元素分配の様相を決定し、月の初期形成過程に関する新たな知見を取得。

月極域探査 (P)

- ・月表層の水氷の分析から月起源に関する知見を取得

HERACLES (P)

- ・複数の探査地点からのサンプルの大量取得と詳細分析、マントル物質にある微量水の詳細分析による月地球形成に関する新しい知見の獲得

大規模月探査 (P)

- ・クレータ年代学の高精度化による「後期重爆撃期の有無決定」
- ・「月地球系への水輸送モデル」の確立



- 生命前駆物質の分布・移動、天体への供給（水輸送）
- 惑星・衛星の形成・初期分化
の解明へ貢献

(検討事項)

- ・上記の一連の月プロジェクトの整合性
- ・月に関する科学探査の国際動向、国際宇宙探査の状況
- ・月に関する民間探査との関係

(2) 火星へのアプローチ

我が国の火星探査は、火星衛星のサンプルリターン、火星を対象とした初期科学探査(周回探査、着陸探査、国際協働による火星のサンプルリターン)を行い、将来の本格探査につなげていく。

○火星衛星サンプルリターン

MMX (2024年打上げ目標)

火星衛星に含まれる含水鉱物・水・有機物を採取・解析

○火星初期科学探査 (2030年代を目標) (P)

- ・着陸探査
代表的あるいは特異的な地質体の局所かつ精密探査
- ・国際協働火星サンプルリターン

着陸探査により精査された地質体から回収された試料の精密分析

- ・周回探査
周回軌道上からの全球の網羅的観測及び将来着陸候補地点の詳細観測

【科学への貢献】

MMX

- ・火星衛星の由来の解明
 - ・原始太陽系における「有機物・水の移動、天体への供給」過程の解明への貢献
- 火星初期探査（着陸探査、国際協働火星サンプルリターン、周回探査）(P)
- ・分光観測による物質・元素分布の把握
 - ・大気組成観測・磁場観測による知見の取得
 - ・地質層序の解読による地質体の形成史の復元、それを通じた表層環境史の復元
 - ・その場化学分析による揮発性元素や有機物の観測・同定
 - ・試料の岩石学、地球化学、無機・有機化学の知見取得



- 生命前駆物質の分布・移動、天体への供給（水輸送）
- 惑星・衛星の形成・初期分化
の解明へ貢献

（検討事項）

- ・火星に関する科学探査の国際動向、国際宇宙探査の状況
- ・理学委員会の審議との関係
- ・具体的なスケジュール案、特に初期科学探査後の探査の方向性

（3）~~輸送系その他の~~工学技術の維持・確保

上記の月・火星探査を実現するために開発を行い、実際の探査を通じて、特に国際宇宙探査において優位性や波及効果が見込まれる以下の重要な技術等を獲得し、我が国が優位を占める技術の水準を維持・確保する。

① 重力天体離着陸技術

- ・月着陸実証（局所探査）
画像航法、光学カメラ、着陸レーダ、推力可変技術等（高精度着陸技術）
- ・月移動探査

- 極域の日照条件に対応した画像航法（陰影画像航法）
- ・月本格科学探査（サンプルリターン）
 - ディープスロットリング、低ボイルオフタンク、推進薬管理、Flash LIDAR（エンジン大型化・クラスター化）
- ・月本格的探査（広域／繰り返し）
 - 小型機展開スキーム（高信頼化）
- ・火星衛星サンプルリターン
 - ・・・
- ・火星初期探査
 - ピンポイント着陸、空力制御等

② 重力天体探査技術

- ・月着陸実証（局所探査）
 - 超小型ローバー（探査ハブ研究成果）の実証
- ・月移動探査
 - 中型ローバーとその展開機構、走行技術、越夜技術、掘削技術、質量分析技術、エネルギー技術等
- ・月本格科学探査（サンプルリターン）
 - 大型ローバーとその展開機構、大型サンプル回収技術
- ・月本格的探査（広域／繰り返し）
 - 有人と無人ローバーとその展開機構（高信頼化・長距離化）、複数探査技術（自立化・ネットワーク化）
 - 水利用技術（生成貯蔵）
- ・火星衛星サンプルリターン
 - ・・・
- ・火星初期探査
 - ピンポイント着陸、空力制御等

③ 深宇宙補給技術

・・・

④ 有人滞在技術

・・・

○小惑星探査において培われてきた技術の維持発展（P）

① サンプルリターン技術

- ・月本格科学探査
- ・火星衛星サンプルリターン

...

②電気推進技術

.....

○探査技術確保に向けた民間企業との連携等の取組

- ・宇宙探査イノベーションハブ等

(検討事項)

- ・月探査で培う技術と火星探査で培う技術の関係（月で培った技術を火星探査でどのように活用するのか）
- ・月・火星探査における技術開発とその他の天体探査における技術開発との関係
- ・深宇宙補給技術、有人滞在技術の扱い
- ・輸送系技術の扱い（特に深宇宙探査に重要な探査衛星の輸送系技術）
- ・宇宙探査イノベーションハブの位置づけ

(5) 人材育成

○宇宙科学・探査における人材の確保

以下の点について具体案を検討するとともに ISAS のテニュアトラック事業をフォローアップ。

- －大学共同利用機関としての ISAS の活用
- －大学生が ISAS で研究を行える環境の整備（連携大学院である ISAS と他大学との単位互換、ISAS での長期滞在）
- －宇宙科学研究者のキャリアパスのモデルケース

人材育成は、プログラムにおいても課題の検討を行うが、宇宙科学・探査における人材育成政策の成案を得るまでには一定の期間は必要。

(検討事項)

- ・上記具体策以外の方策
- ・政策レベルの宇宙科学・探査における人材育成方策

第4章 科学探査としての国際宇宙探査プロジェクト（Gateway 等）について

- Gateway 計画等国際宇宙探査に対する科学探査の観点からの検討（当面は無人探査→有人探査という方向）
- （検討の結果、科学探査の中に位置づける場合）我が国が進める月・火星のミッションにおける当該国際宇宙探査プロジェクトの位置づけの明確化

（検討事項）

- 宇宙科学・探査に関する各国動向（米・欧州・ロ・中・印等）とそれに対する我が国としての対応はどうか？
- 国際宇宙探査プロジェクト（国際協力を含む）の状況と今後の我が国の対応はどうか？
- （プログラムに記載する場合）我が国として参画すべき国際宇宙探査プロジェクトとして適切なものは何か？

第5章 プログラムの取扱い～宇宙基本計画工程表との関係等～

- プログラムの実現のために必要なプロジェクトの実施については、宇宙科学・探査小委員会の検討を経て、宇宙基本計画工程表に基づいて進める。また、プログラムには位置づけず、JAXA「宇宙科学・探査ロードマップ」に位置づけてプロジェクトを進める場合については従前通りに行う。

（検討事項）

- プログラムの内容と JAXA の「宇宙科学・探査ロードマップ」との関係については、整合性がとれているか？
- 今後進めようとする各プロジェクト間で技術面等での連携はされているか？