

火星衛星探査計画 MMX

① 計画の概要

宇宙航空研究開発機構・国際宇宙探査センターおよび宇宙科学研究所が主導する火星衛星探査計画 MMX は、(1) 火星衛星の起源および進化、(2) 初期太陽系における揮発性物質輸送ならびに火星形成過程、(3) 火星表層の進化を駆動する大気過程や古環境を解明・制約することを目的に、フォボスからのサンプルリターン (SR) と試料の地上分析、および火星衛星の表層組成、地質、内部構造、そして火星大気の流れと散逸を調べる近傍観測を実施する。本計画は、はやぶさシリーズで培った SR 技術を発展させて火星衛星へアプローチし、地球と並んで大気と水を有する火星の形成過程に迫る実証データを獲得する。2024 年に H3 ロケットにより打ち上げ、2025 年～2028 年に衛星近傍観測、火星観測、フォボスへの着陸と試料採取を実施し、2029 年に地球に帰還する。火星形成期の情報を秘めながら、未踏天体として残されている火星衛星の探査は、世界的にも高い関心が寄せられ、搭載機器の提供、深宇宙通信、火星圏での軌道設計、統合サイエンス推進等の項目で、米航空宇宙局、欧州宇宙機関、仏国立宇宙研究センター、独航空宇宙センター等との協力体制が構築されている。また国内外の科学者・技術者からなる国際チームが組織され、搭載観測機器開発ならびにサイエンス検討が推進されている。本計画は、政府の定める宇宙基本計画の宇宙科学・探査の項目において、戦略的中型一号機として位置付けられ、国際協調により人類の活動領域を月・火星へ広げる国際宇宙探査としての役割も担う。日本が小天体 SR 技術の優位性を伸ばし火星探査に新規参入する布石でもある MMX 計画は、多くのメディアに取り上げられ、科学館等からの講演依頼を受けるなど、国民の関心と理解を得つつある。火星圏往還技術の基盤形成と、火星衛星の将来の利用可能性を探る意味で宇宙産業にも資する。

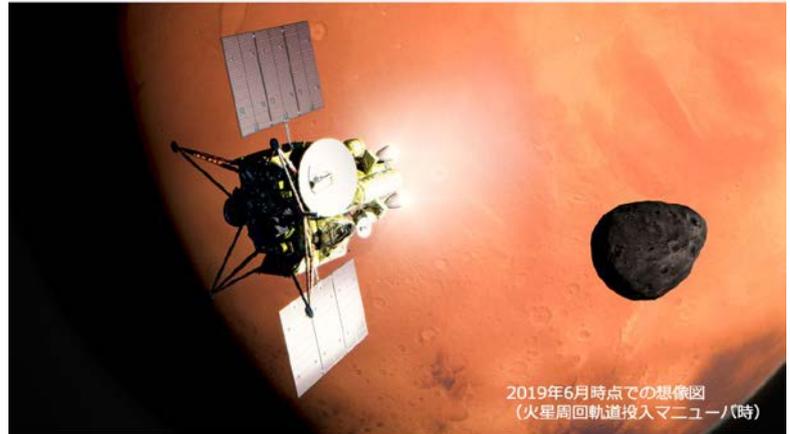


図 1. MMX 探査機の想像図

② 学術的な意義

火星衛星の起源については、揮発性物質に富む小惑星の捕獲 (捕獲説) と、原始火星への巨大衝突で生じた周火星破片円盤からの集積 (衝突説、地球の月の成因に類似) の間で論争が続いている。本計画は、試料分析と多角的な近傍観測から、衛星形成過程の半判別に十分な制約力を持つ証拠を提供する。地球の月の起源の調査から、地球形成過程の理解が刷新されたように、火星衛星の起源の調査からも、火星については地球型惑星の形成過程についても理解のブレークスルーが得られると期待される。火星衛星の反射スペクトルは、主に木星軌道付近に分布する D 型小惑星に酷似することから、もし捕獲起源と判明した場合には、外惑星領域に起源をもつ始原天体の組成、形成期の地球型惑星の揮発性物質獲得や大気・海洋形成過程への役割についてさらに明らかにできると期待される。衝突起源ならば、巨大衝突の時期と規模、衝突天体と原始火星岩石圏の組成、巨大衝突が原始火星表層に及ぼした影響を明らかにすることができる。なお、これらの知見は火星の直接探査から得ることは難しい。

さらに本計画では火星表層の進化過程の解明にも重要な手掛かりを得ることができる。SR 試料の衝突変成年代や衛星表層のクレーター分布の解析などから、衛星表層進化プロセスにとどまらず、火星圏への小天体フラックスについて、時間目盛りの入った実証的制約を初めて得ることができる。SR 試料には、火星衝突クレーターから放出されフォボスに付加した物質が一定割合で混在していると推定され、それらの抽出と年代学・地球化学的分析からは、火星表層環境の変遷の制約ができる可能性がある。また前例のない赤道軌道上からの火星全球連続撮像と流出イオン観測の同時実施により、火星表層進化過程の一断面としての大気循環、水・ダスト輸送過程、大気流出過程を明らかにすることができる。

③ 実施機関と実施体制

宇宙航空研究開発機構 (国際宇宙探査センターおよび宇宙科学研究所) : 計画全体の統括、探査機設計開発、打ち上げ、運用、試料キュレーション

海外宇宙機関共通 : 統合サイエンス推進への協力

アメリカ航空宇宙局 : ガンマ線・中性子分光計、予備ニューマティックサンブラの提供、深宇宙通信、風洞試験設備の提供等

欧州宇宙機関 : Ka 帯通信機器、深宇宙通信

フランス国立宇宙研究センター : 赤外分光撮像装置とローバー (ドイツと共同) の提供、フライトダイナミクスの検討

ドイツ航空宇宙センター : ローバー (フランスと共同)、無重量実験設備の提供

イタリア宇宙機関 : 深宇宙通信

北海道大学 : サイエンス推進 (統括)

東北大学：サイエンス推進（衛星起源、物質、火星大気）、近赤外分光撮像装置の共同開発
 会津大学：データ処理、アーカイブシステムの構築、サイエンス推進（衛星測地）
 千葉工業大学：レーザー測距計、ダストモニタ開発、サイエンス推進（統括補佐、衛星表層）
 東京大学：レゴリスシミュラントの作成、試料分析、サイエンス推進（衛星表層、物質）
 東京工業大学：サイエンス推進（衛星起源、太陽系初期進化）
 名古屋大学：サイエンス推進（衛星表層）
 大阪大学：質量分析計開発、サイエンス推進（周衛星環境、火星大気）
 神戸大学：サイエンス推進（統括補佐、衛星表層）
 立教大学：望遠カメラ、多色広角カメラ開発
 国立天文台：サイエンス推進（衛星測地）
 産業総合研究所：サイエンス推進（撮像運用）
 APL：ガンマ線・中性子線分光装置開発
 IAS：近赤外分光撮像装置開発

④ 所要経費

JAXA 戦略的中型ミッション（300 億円程度）規模および国際宇宙探査としてコストを精査中

⑤ 進捗状況

2018 年度 火星衛星探査計画の予備調査費 1 億円、JAXA プリプロジェクト化、クリティカル技術の識別等ミッション検討の推進、海外機関連携体制の構築、サイエンス推進体制の整備、搭載機器開発開始

2019 年度 火星衛星探査計画のフロントローディング費 16 億円、探査機開発開始、システム定義審査、プロジェクト移行

2020-2021 年度 探査機・搭載機器開発継続

2022 年度 一次噛み合わせ試験

2023 年度 総合試験

2024 年 打ち上げ（9月）

2025 年 火星圏到着（8月）、科学観測開始、着陸点選定

2026 年-2027 年 フォボス着陸・サンプル採取

2027 年-2028 年 科学観測、火星圏離脱（8月）

2029 年 地球帰還（7月）、帰還試料初期分析

⑥ 社会的価値

MMX 計画は、新聞、科学雑誌など多くのメディアに、はやぶさ、はやぶさ2を発展的に継承し、日本の強みを伸ばして火星圏へアプローチする日本の新たな取り組みとして注目されている。科学館等からも多数の講演・出演依頼を受けるなど、国民から高い関心を集め、理解が浸透しつつある。火星は太陽系でもっとも地球に似る表層環境を持つ惑星であり、独自の生命を有する可能性を含め、惑星地球や地球生命の成り立ちを知るための鏡として極めて重要視されており、特に本計画では火星本体の探査では得難い火星形成過程に迫る多角的な基礎データを得るところに、高い知的価値が存在する。また、火星は地球との環境的相似性に加え距離の近さという利点もあり、国内外の宇宙産業界においても人類の活動領域の宇宙への拡大の喫緊かつ最重要な目標とみなされている、火星圏往還技術の基盤形成と、火星表面への中継地としての火星衛星の利用可能性を探る意味で、本計画には潜在的な高い産業的価値が存在する。

⑦ 本計画に関する連絡先

倉本 圭（北海道大学大学院・理学研究院/（兼）宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所）

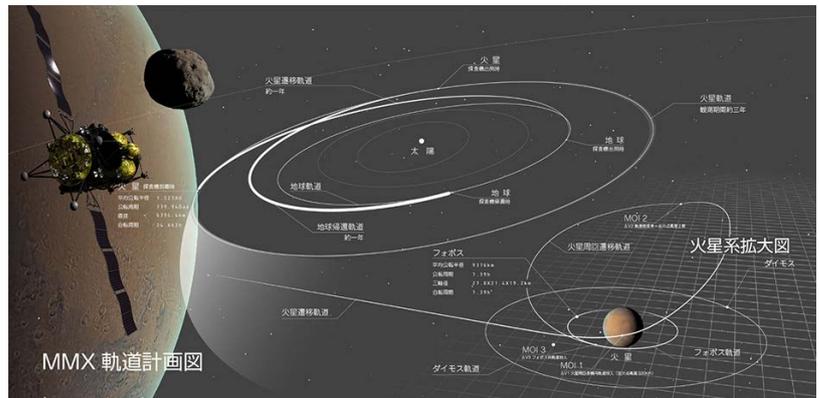


図2. MMXの軌道デザイン