

# 火星衛星探査計画MMX探査機システムの基本設計

## Preliminary Spacecraft System Design of Martian Moons Exploration (MMX)

今田高峰, 川勝康弘, 安光亮一郎, 嶋田貴信  
(宇宙航空研究開発機構)

Takane Imada, Yasuhiro Kawakatsu, Ryoichiro Yasumitsu, Takanobu Shimada  
(Japan Aerospace Exploration Agency)

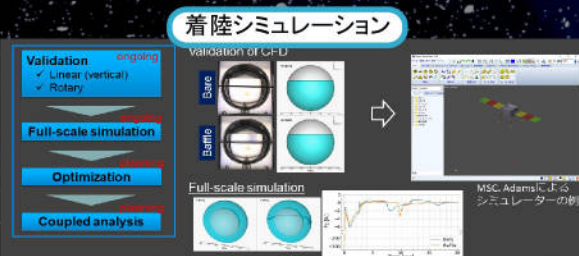
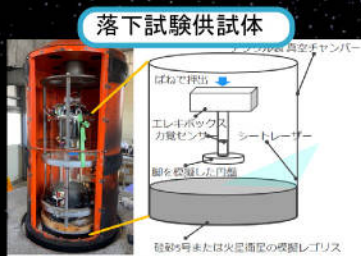
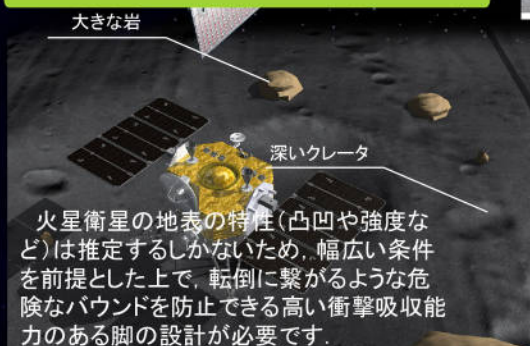
# g10-3 火星衛星探査計画MMX探査機システムの基本設計

火星圏との往復を実現し、衛星表面への着陸と効果的なレゴリスのサンプリングの後、地球へ多量のサンプルを届けるために、MMX探査機システムには様々な技術的特徴があります。これらは他の探査機では見られない技術であると共に、MMX探査機システム開発におけるクリティカル技術と識別されています。

- 1) 大きな $\Delta V$ (約5~6 km/sの総 $\Delta V$ 量)  
- はやぶさ2: 約2.5 km/s

MMX探査機は火星の重力圏と地球を往復するための大きな $\Delta V$ に対応して多量の推進薬を搭載します。また、火星圏投入時と離脱時には高い推力を必要とするため、2つのモジュールにそれぞれ独立の化学推進系を搭載しており、大推力の軌道変換エンジンを複数搭載しています。これらの推進系の規模はこれまでの日本の探査機では類を見ないレベルのものです。加えて、火星衛星を詳細に探査するための多数のミッション機器が搭載され、先進のサンプリング装置や、未知の地表への安全な着陸を実現するための本格的な着陸脚を有しており、打上げ総重量としては、JAXAの探査機としては最も重い4,000kgになることが見込まれています。そのため打上げには、現在開発中のH3ロケットの24L型と呼ばれる、もっとも高い打上げ能力を有する機体が使われます。

## 2) 重力天体への着陸 (フォボス表面で1/2000G環境)

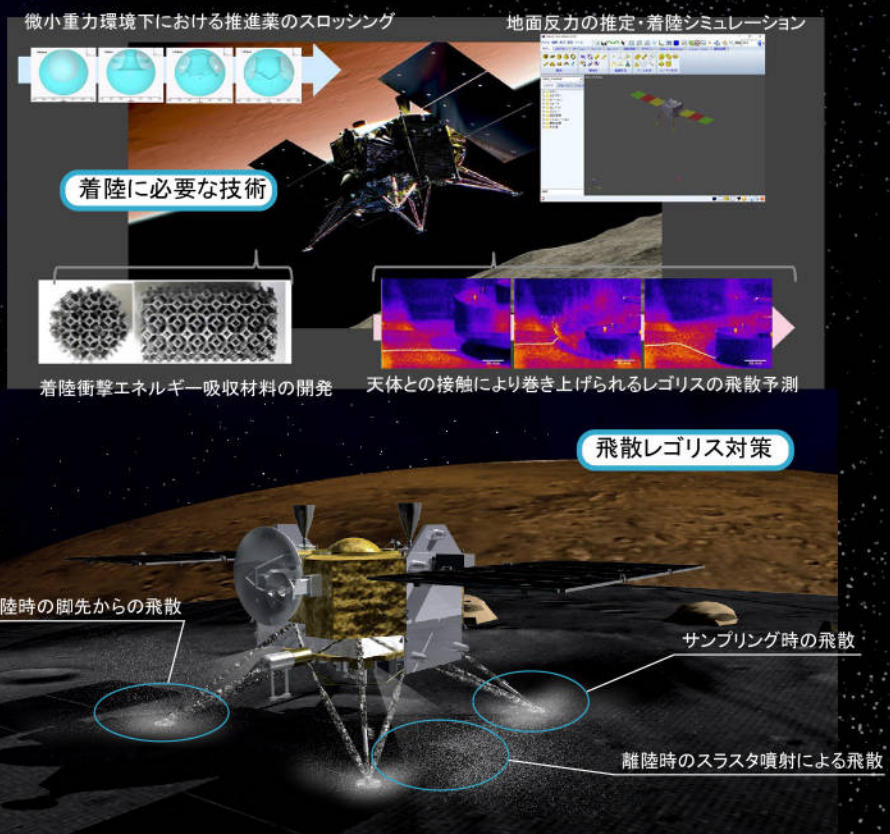


- MMXにおける着陸は、後に続くサンプリングのための安定した環境を作り出すと同時に、転倒による探査機全損にも繋がり得るため、MMX探査機開発のクリティカル技術の一つです。特徴は以下の通りであり、いずれも着陸の危険性を増す要因となります。
- 母船自身が着陸する(タッチアンドゴーではない)また、着陸を複数回行う
  - 目標天体の重力が小さく、復元力として期待が薄い
  - 火星衛星を周回や着陸した探査機に前例がなく、環境の情報が不十分である

そのため、エネルギー吸収体の試作・試験と共に、天体表面の接触時に伴う反力の推定や微小重力環境下におけるスロッピング、天体との接触により着陸脚が巻き上げられるレゴリスの飛散挙動予測として、落下塔やパラボリックフライトによる無重力試験や、数値解析を実施しています。結果は着陸シミュレーションモデルに取り込み、様々な条件の下でシミュレーションを繰り返すことにより、安全な着陸を保証していきます。

火星衛星の着陸地点周辺の地表の詳細は、事前の軌道上からの観測によって決定します。また、地表の特徴的な地形を基に高精度の航法誘導装置により、地表面をカメラで読み取りながら着陸点へ誘導し、最終的には20m四方の領域への着陸を目指します。

また、安全機能として、事前に予測されていなかった大きな石やクレータがあった場合、自律でそれらを避ける機能も検討しています。



## 3) 遠距離でのクリティカル運用に対応 (通信遅延が最大40分、最大2.7AU)

限られた質量・電カリソースの中で探査機設計を成立させるために、往路/探査/帰還の各モジュールに機能を分担することによる最適化、薄膜太陽電池で探査機電力系の大幅な軽量化、ハイゲインアンテナによる高レートデータ通信などを実現しています。また、地球と火星との通信遅延を考慮し、バス機能は冗長化し、クリティカルな運用中は自律機能で故障したシステムをバックアップへ切り替えることで、地上のサポートなしに緊急事態に対応できるように設計されています。

## 4) 高度なサンプリングシステムと新しい回収システム

理学ミッションからのMMXのサンプリングへの要求は以下の通りで、これまでのJAXA探査機からの技術的な躍進を必要とするものです。

1. 複数地点から 10g/回以上のサンプル採取  
はやぶさ2のミニマム要求 0.1g に対して 100 倍の採取量要求
2. 表層から地下 2cm 以深を含むレゴリスを採取  
宇宙風化の影響が小さいサンプルを採取するため

工学ミッション要求を満足した上で、他天体上で複雑かつ難易度の高い理学要求に対応できるサンプリング技術の獲得は、MMXミッションの目的の一つであり、そのため、はやぶさシリーズのタッチダウン(数秒の接地)時にごく少量のサンプルを採取する方式ではなく、自在に動くサンプリングアームと、先端の射出型のコアラの組み合わせにより、数時間の着地中に採取場所対象に自由度のある採取方法を実現します。

また、搭載した地形計測センサにより着陸後直ちにサンプリングエリアの地形を特定し、コアラ射出口に邪魔になる石などを避け、安全な場所を選んでサンプリングを行います。

