

火星衛星探査計画

(MMX: Martian Moons eXploration)

プレスキット

2026年8月

宇宙航空研究開発機構

宇宙科学研究所

火星衛星探査機プロジェクトチーム



川勝康弘 プロジェクトマネージャ あいさつ



火星衛星探査計画MMXを率いている、川勝康弘です。MMXは、世界初の火星衛星フォボスからのサンプルリターンを目指します。

このミッションの実現のため、10年ほど前、仲間とともに始めた挑戦です。国内外の研究者・技術者が協力して、数多くの試練を乗り越え、2026年度、いよいよ打上げを迎えます。

火星衛星のフォボスは人類未踏の地です。そのサンプルを持ち帰ることで、火星の衛星がどのようにできたのか、火星圏がどのように進化したか、地球型惑星に存在する水や有機物がどこからやってきたのかを明らかにします。また、将来の有人探査に向けて必要な探査技術を獲得します。

ぜひ、皆さんに、打上げから地球に帰還する5年間に応援していただければ幸いです。



川勝康弘(かわかつ やすひろ) 略歴

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構

宇宙科学研究所 宇宙飛翔工学研究系 教授

火星衛星探査機プロジェクトチーム プロジェクトマネージャ

1968年 京都市に生まれる。

1991年 東京大学工学部航空学科を卒業、東京大学大学院工学系研究科(航空宇宙工学専攻)に進学

1996年 東京大学大学院工学系研究科博士課程 修了

1997年 宇宙開発事業団(NASDA、当時)に入社。2003年に宇宙三機関が統合、宇宙航空研究開発機構(JAXA)の発足とともに宇宙科学研究所に着任、2018年より教授。宇宙飛行力学、深宇宙探査のミッション・軌道設計の研究に従事し大学院生を指導するとともに、かぐや、あかり、あかつき、PROCYON他多数の探査機の開発、運用に関わる。2015年から始まった火星衛星探査計画の検討に参画、2020年より火星衛星探査計画MMXのプロジェクトマネージャ。



1. MMXのミッション目的
2. MMXの位置付け
3. ミッション・プロフィール
4. 探査機システム
5. 搭載ミッション機器
6. 地上システム
7. 打上げロケット
8. プロジェクト計画

A. 資料編

火星衛星探査計画

MMX

Martian Moons exploration

質量:約4480kg
ミッション期間:約5年
打上げロケット:H3

2026年度打上げ



世界初の火星衛星サンプルリターン

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として、水や有機物の存在を明らかにするとともに、火星衛星の由来を解明する。

我が国が培ってきた探査技術を継承しつつ、将来の火星本星における有人探査の拠点候補として火星衛星の調査を進める。



1.ミッション目的

火星衛星探査計画
MMXの目的について
説明します



MMXのミッション目的



MMXのミッション目的は、火星衛星と、生命が誕生・居住可能な環境の起源を探り、火星圏進化史への新たな知見を獲得するとともに、将来の探査活動の礎となる探査技術を獲得することである。

惑星科学 火星衛星と、生命が誕生・居住可能な環境の起源を探る

1. 火星衛星の起源を明らかにし、内外太陽系接続領域における惑星形成過程と物質輸送に制約を与える。
2. 火星衛星からの視点で、火星圏変遷の駆動メカニズムを明らかにし、火星圏進化史に新たな知見を加える。



探査技術獲得 将来の探査活動の礎

宇宙探査を先導する技術を獲得する。

1. 火星圏への往還技術および惑星衛星圏への到達技術を獲得する。
2. 火星衛星表面への到達技術・滞在技術および天体表面上での高度なサンプリング技術を獲得する。
3. 新探査地上局との組合せに最適な通信技術を獲得する。



～3つの付加価値が拓く～ 日本独自の火星圏探査MMX



MMXのミッション目的の達成に加え、MMXがもたらす付加価値・波及効果は、火星表層の科学、将来の有人火星探査、探査活動の発信にも寄与する。MMXは**日本独自の火星圏探査**である。

スーパーハイビジョンカメラ 高詳細映像による火星圏からの発信



Credit:
JAXA/NHK

NHKとJAXAが共同開発するスーパーハイビジョンカメラ（SHV）は、火星、および火星衛星の4K、8Kの高詳細映像を撮影し、地球に送り届ける。様々なアウトリーチ機会を利用して国内外に発信することで、宇宙探査における我が国のプレゼンスを拡大する。

フォボスからのサンプルに含まれる フォボス上の火星隕石のかけら



Credit:
Natural History
Museum Vienna

フォボス表面には、隕石衝突により火星表面から吹き飛ばされた火星隕石のかけらが降り積もっていると考えられている。MMXが持ち帰るフォボスからのサンプルに紛れ込んだ火星隕石のかけらにより、火星表面層の化学組成と、その歴史を制約できる可能性がある。

フォボスは火星への橋頭堡 有人火星探査の先陣を切るMMX



Credit:
NASA/JPL-Caltech
University of Arizona

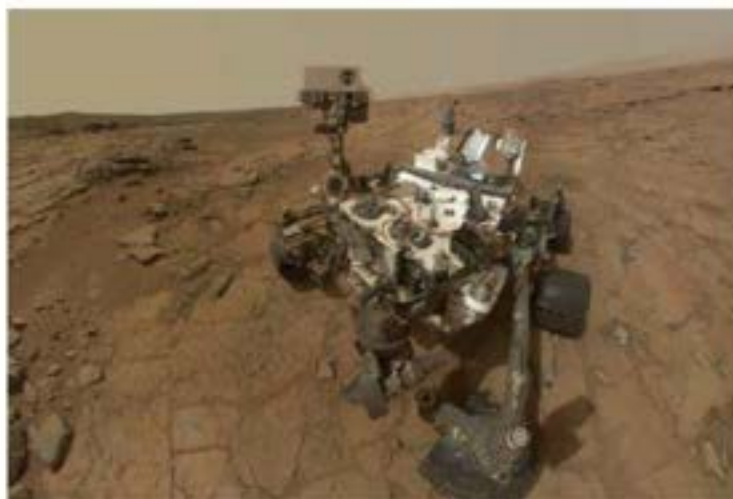
MMXは、有人火星探査では必須となる火星圏への往復を果たす。また、有人火星探査の重要拠点と目されるフォボスの表面地形、地盤情報、表面・周辺環境を世界で初めて詳細に観測して、天然の宇宙ステーションとしての利用可能性を探る。

火星探査の目的と課題



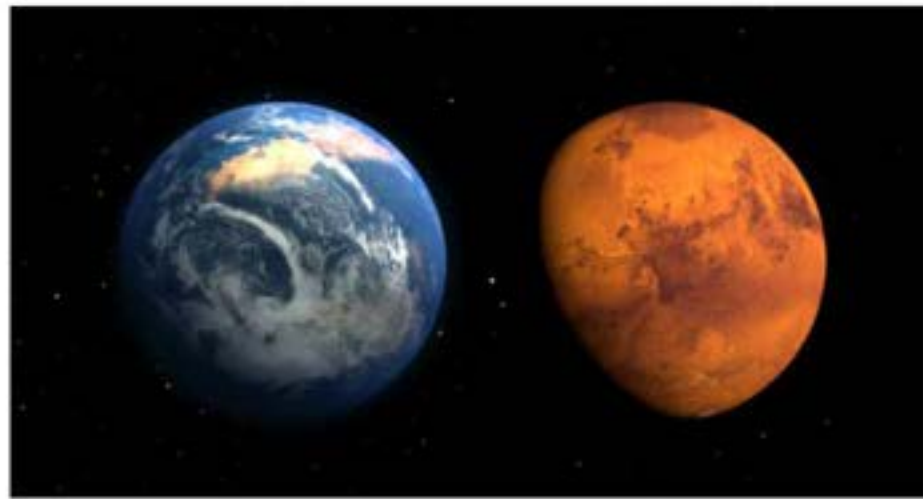
欧米を中心とする各国は、生命の痕跡を求め、火星本体の探査を進めている。主たる興味の対象は、過去の火星の表面環境であり、以下のようなミッション目的が設定されている。

- 火星の表面環境の歴史は？
- どのようにして火星大気は失われたのか？
- 何が気候変動を引き起こしたのか？



米国の火星探査ローバCuriosity

Credit: NASA, JPL-Caltech, MSSS, MAHLI



太古の火星(左)と現在の火星(右)

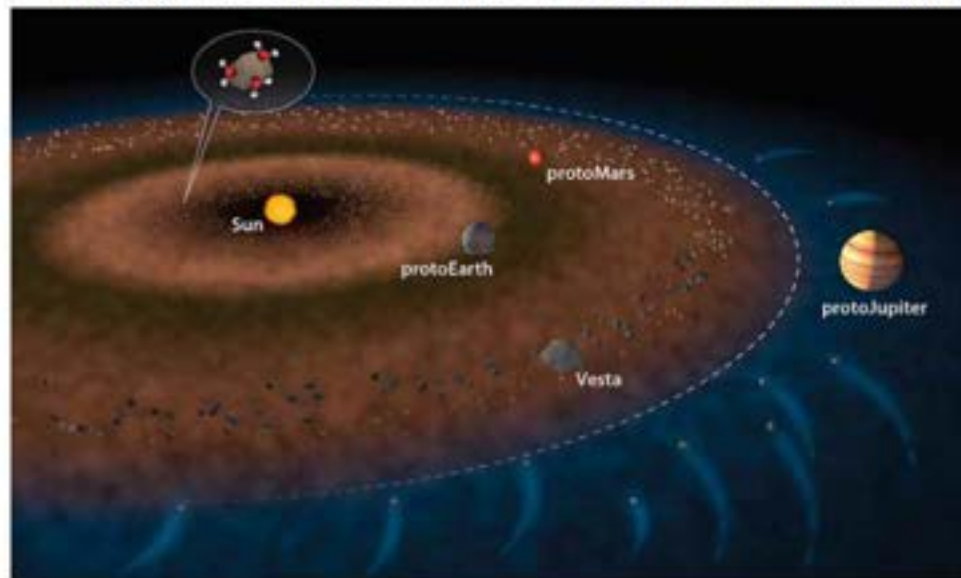
Credit: NASA's Goddard Space Flight Center

しかし、そもそも、なぜ火星に水・大気があったのか？

火星の水の起源

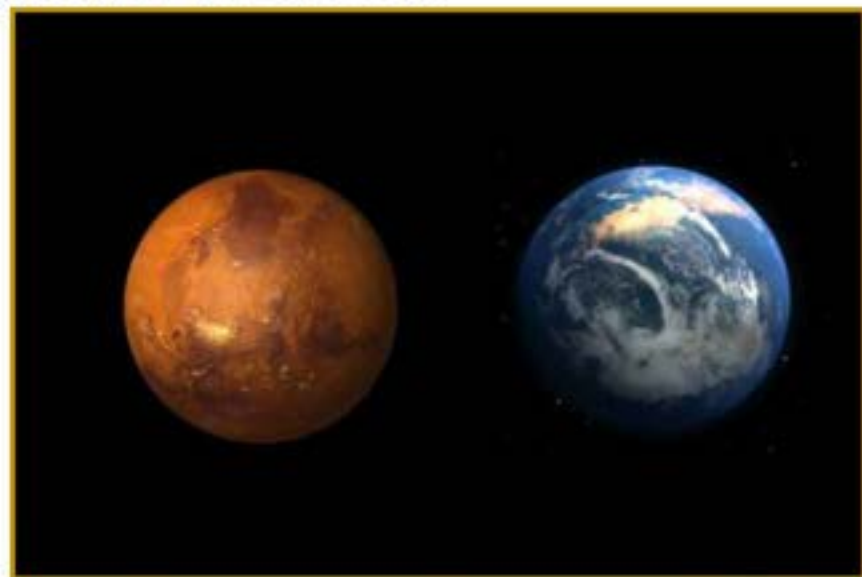


しかし、そもそも、なぜ火星に水や大気があったのか？
太陽に近い高温領域で形成される地球型惑星では、水、有機物等の揮発性物質は失われ、カラカラに乾いた状態で形成されるはず。



形成初期の太陽系

Illustration by Jack Cook, Woods Hole Oceanographic Institution



原始火星(左)と水に富む太古の火星(右)

Credit: NASA's Goddard Space Flight Center

どのようにして火星に水が運ばれたのか？

どのように地球型惑星に水が運ばれ、
生命居住可能な環境を作り上げたのか？

太陽系内の水の輸送



雪線(スノーライン)の外から運ばれた水、有機物等の揮発性物質が地球型惑星領域を生命居住可能な環境に変えた。これらの物質輸送には、**小惑星、彗星**、その破片、塵が重要な役割を果たしたと推測される。

初期太陽系の雪線周辺において小天体はどのように振舞ったのか？



このプロセスを確認するためには、我々は、どこへ行くべきか？

火星衛星：火星を周回する小天体



火星は地球型惑星領域の入り口。その過程を目撃してきたはず。

火星の衛星はフォボス(直径23km)とダイモス(直径12km)。
火星の周りに存在していなければ、ただの小惑星と認識されたであろう。



(衛星サイズ誇張)

Credit:
NASA/JPL-Caltech
University of Arizona

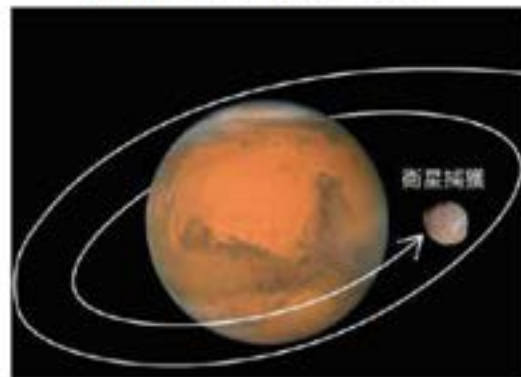
火星衛星は、太陽系内での水の輸送を担ったカプセルではないか？

火星衛星の起源：太陽系内の水輸送カプセル？



火星衛星の起源はわかっていない。「捕獲小惑星説」と「巨大衝突説」の2つの説があるが、理論的には、どちらが優位とは言えない。

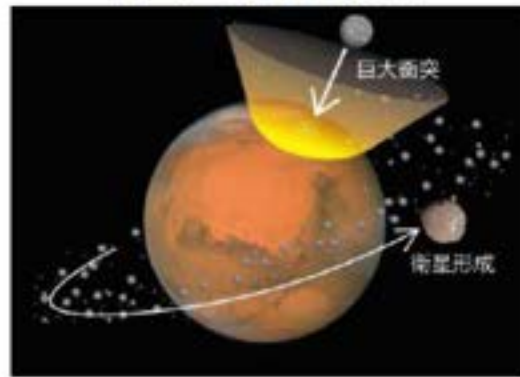
捕獲小惑星説



画像提供：
東京工業大学地球生命研究所
黒川宏之

もともと遠方に存在していた小惑星が、他天体との衝突などにより軌道が変わって火星周辺に飛来し、火星重力に捕まった、とする説。

巨大衝突説



火星に大規模な天体衝突が生じ、その破片が火星軌道に散らばった後で、これらが再集積して形成した、とする説。

MMXでは、火星衛星の起源論をサンプルリターンにより決着させる。



衝突前の水輸送カプセルの
サンプルを入手



水輸送カプセルの破片と、
形成期の火星の混合サンプルを入手。

2.MMXの位置付け

日本の宇宙科学・探査計画におけるMMXの位置付けを説明します



MMXの位置付け～小天体探査と国際宇宙探査～



火星衛星探査計画(MMX)は、はやぶさ2に続く、JAXAの**小天体探査**戦略の中核を担うミッションとして、並びに、**国際宇宙探査**の文脈において、日本の火星探査への取り組みの一番手に位置づけられてきた。

小天体探査戦略における位置づけ

MMXは、火星の衛星フォボスからの世界初のサンプルリターンミッション。原始太陽系における「**有機物・水の移動、天体への供給**」過程の解明に貢献するため、火星衛星に含まれる含水鉱物・水・有機物などを解析することにより、水や有機物の存在を明らかにするとともに、**火星衛星の由来**を解明する。

Credit: JAXA



国際宇宙探査における位置づけ

MMXは、日本における**火星探査への取組の一番手**。MMXでは、人類共通の価値である国際宇宙探査、その主たる目標である火星圏に、日本独自・優位な小天体探査技術を武器として、**大型国際共同ミッション**を主導して取り組む。我が国が培ってきた**探査技術を継承**し、その発展に寄与する。

Credit: JAXA



ISASの小天体探査戦略



ISASの小天体探査戦略では、定期的なサンプルリターン・ミッションを進めてきた。「はやぶさ」、「はやぶさ2」、そしてMMXといったミッションを通じ、日本は天体試料の提供および分析において世界をリードする存在となっている。



2010年帰還
はやぶさ
S型小惑星



2020年帰還
はやぶさ2
C型小惑星



2031年帰還
MMX
フォボス (D型?)



20xx年帰還
**Next Generation
Sample Return (NGSR)**
彗星

小天体探査・サンプルリターン技術の拡張・発展



はやぶさ、はやぶさ2により、世界を先導する我が国の小天体探査・サンプルリターン技術を活かし、「**太陽系で最重要な未踏峰**」である火星衛星からのサンプルリターン探査に挑戦。



「はやぶさ2」小惑星タッチダウン(想像図)



小惑星リュウグウ



小型着陸機MINERVAによるリュウグウ表面画像

世界初の小惑星からのサンプルリターンに成功した「はやぶさ」、現在運用中の「はやぶさ2」で、日本は世界の小天体探査をリードする。



(衛星サイズ誇張)

火星の衛星：フォボスとダイモス

Credit:
NASA/JPL-Caltech
University of Arizona

火星の衛星フォボス、ダイモスは直径約10~20kmの小天体。19世紀から知られるものの、未だ直接探査されたことがない「**太陽系で最重要な未踏峰**」。



フォボスに着陸してサンプリングを行うMMX(想像図)

火星の深い重力の井戸の中にある火星衛星への往還(サンプルリターン)は、太陽系に浮かぶ小惑星への往還より数段難しく、大型のロケット、探査機を必要とする。

MMXでは火星衛星表面に着陸し、数時間滞在。マニピュレータ、コアラーを用いた**高度なサンプリング**装置で、2cm以上の深さから10g以上のサンプルを採取する(はやぶさ2では、目標0.1g、実績5.4g)。

MMXを介した探査技術の継承と発展



MMXは、先行する探査機にて獲得されてきた技術を礎に実現され、MMXで獲得する探査技術は、将来の国際宇宙探査で必要とされる技術に継承される(宇宙開発利用部会報告「国際宇宙探査の在り方」より)。

過去の探査機



月探査衛星「かぐや」



小惑星探査機「はやぶさ2」



小型月着陸実証機「SLIM」



金星探査機「あかつき」

MMXで獲得する探査技術

高度な深宇宙航行能力

- (1) 深宇宙往復航行技術
- (2) 惑星衛星アクセス航行技術
- (3) 小重力天体表面アクセス航行技術

高度な天体表面活動・サンプリング

- (1) 着陸誘導技術
- (2) サンプリング技術
- (3) 表面探査システム技術

先進的深宇宙通信能力

- (1) 深宇宙通信能力

運用性向上・アウトリーチ技術

- (1) 高精細撮影・ミッション可視化技術(*)

放射線環境評価能力

- (1) 太陽高エネルギー粒子による被曝線量評価技術(*)

(*)探査技術獲得目的の搭載機器による貢献

国際宇宙探査で必要な技術

深宇宙補給技術

他惑星系での遠距離かつ強振動環境での非協力物体へのランデブ・高精度接近・離脱技術と位置付けられる。

重力天体表面探査

天体表面滞在を可能とするシステム設計(特に熱・電源)、天体表面での高度運用技術(マニピュレーション、サンプリング)と位置付けられる。

重力天体着陸技術

イトカワのような微小重力天体、月のような重力天体への離着陸の間を補完する技術と位置付けられる。

有人宇宙滞在技術

火星有人探査に向けたナレッジギャップ解消。

[illegible]

18

3. ミッション・プロフィール

ミッション全体の流れを
説明します



ミッション・プロフィール



惑星間の飛行期間(片道)は往路・復路とも1年弱。火星衛星近傍での観測・運用期間を考慮し、**全ミッション期間は約5年**と計画している。2026年度の打上げから5年間のミッション期間は注目イベントの連続。

①打ち上げ

2026年度、種子島からH3ロケットで打ち上げられる。



⑧地球帰還

分離されたカプセルを豪州で回収。ミッション最後の山場。



⑦火星出発

メインエンジンを噴射し、火星圏から一気に離脱。ミッション終盤の緊張するイベント。

⑥ダイモス観測

火星圏滞在の終盤には、もう一つの火星衛星ダイモスをフライバイ観測。



⑤フォボス着陸

フォボスに軟着陸・サンプル採取するミッションのクライマックス。2回の着陸を予定。



②火星到着

火星周回軌道投入は、ミッション前半、最大の山場。



③フォボス観測

他惑星の衛星を周回しての詳細観測は世界初。

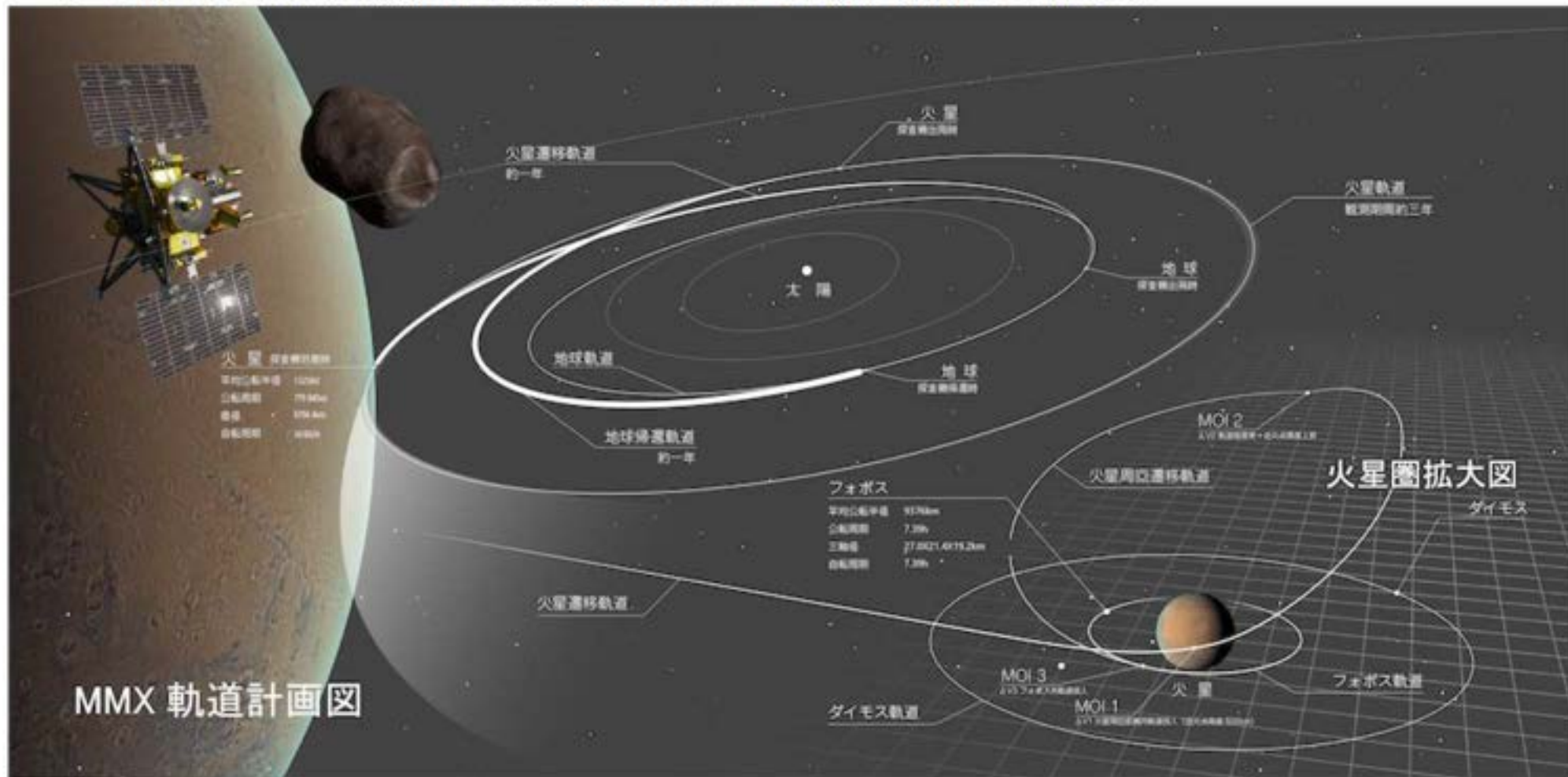


④ローバ展開

最初にフォボスに着陸するのはローバ。表面特性・環境を計測し、探査機の安全な着陸に資する。

打ち上げ:	2026年度
火星圏到着:	2027年度
火星圏離脱:	2030年度
地球帰還:	2031年度

MMX探査機の軌道計画図。
惑星間航行中の地球と火星の位置、および、火星圏に到達した際に火星とフォボスとの共軌道に投入するための軌道操作を示す。



ミッションプロファイル: 擬周回軌道(QSO)



MMXはフォボスとともに火星の周囲を航行し、これまで科学観測には使用されたことのない軌道を採用する。火星から見ると、探査機はフォボスに追従しているように見える。しかし、フォボス上の観測者からは、探査機が衛星表面の周囲を見回すように移動しており、まるでフォボスを周回しているかのように見える。この軌道を「準衛星軌道(Quasi-Satellite Orbit: QSO)」と呼ぶ。

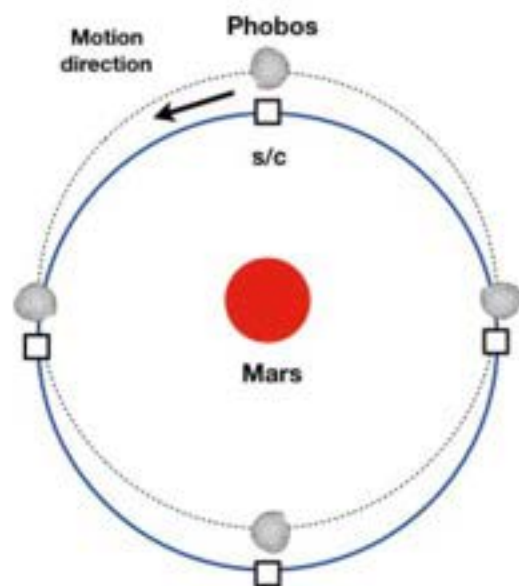


Fig.1(a) Mars-centered inertial coordinate system

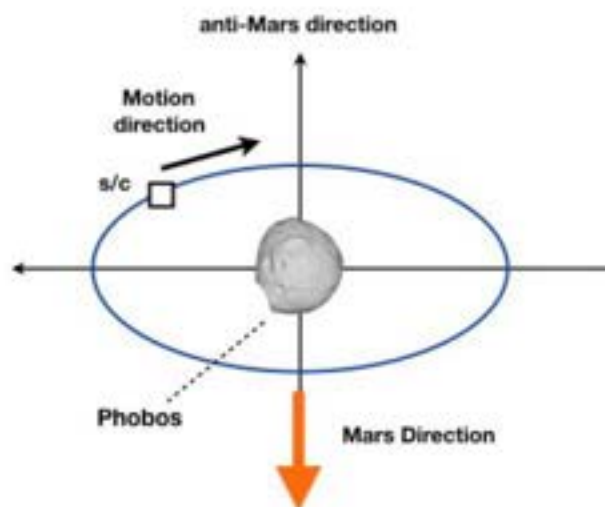


Fig.1(b) Phobos-centered rotating coordinate system
(Mars-Phobos line fixed)

フォボス周辺での運用は、フォボス・火星・地球の位置関係によって生じる周期的な中断を考慮して計画する必要がある。

例えば、太陽の合や火星による掩蔽の際には通信が途絶する。また、火星やフォボスによる食が発生すると、太陽発電ができなくなる。

そのため、着陸運用は地球との距離が最も短くなり、食や掩蔽の発生を最小限に抑えられる期間に実施される予定である。

4.探査機システム

探査機の構成について
説明します



探査機システム - 全体構成



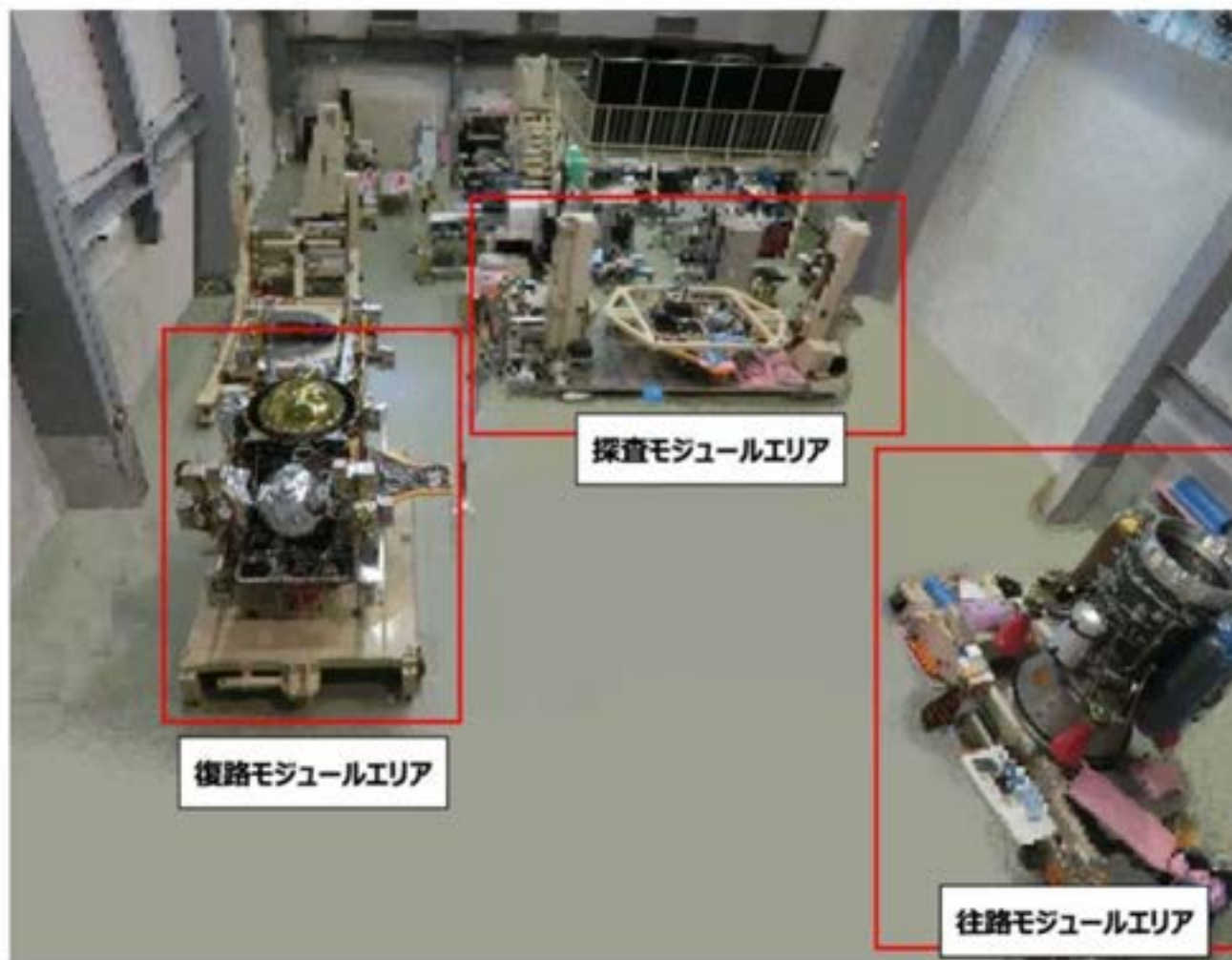
探査機システムの開発は**三菱電機株式会社**が担当する。
化学推進系を主推進とする打上時質量4480kgの大型探査機で、大きな軌道速度を効率よく得るために、三段式の構成をとる。



項目	機能・性能
構成	往路/探査/復路の3モジュール構成
打上げ	H3-24Lロケット
打上げ年度	2026年度
ミッション期間	5年
打上げ質量	4480kg
推進薬量	往路: 1840kg 復路: 1190kg
通信(TLM伝送レート, 遅延時間)	X帯32kbps/Ka帯128kbps (最遠時:地球との距離が2.5AUの時、 往復約40分間)
電力	高効率薄膜太陽電池
着陸航法	画像航法 SLIMで実証される技術

探査機システム組立て(DC-INT)

搭載機器の多くの飛翔モデル(FM)の製造、試験が完了し、探査機システムへの組付け、電気I/Fの確認を進めた。



三菱電機 鎌倉製作所における探査機組立て風景(2024年5月)

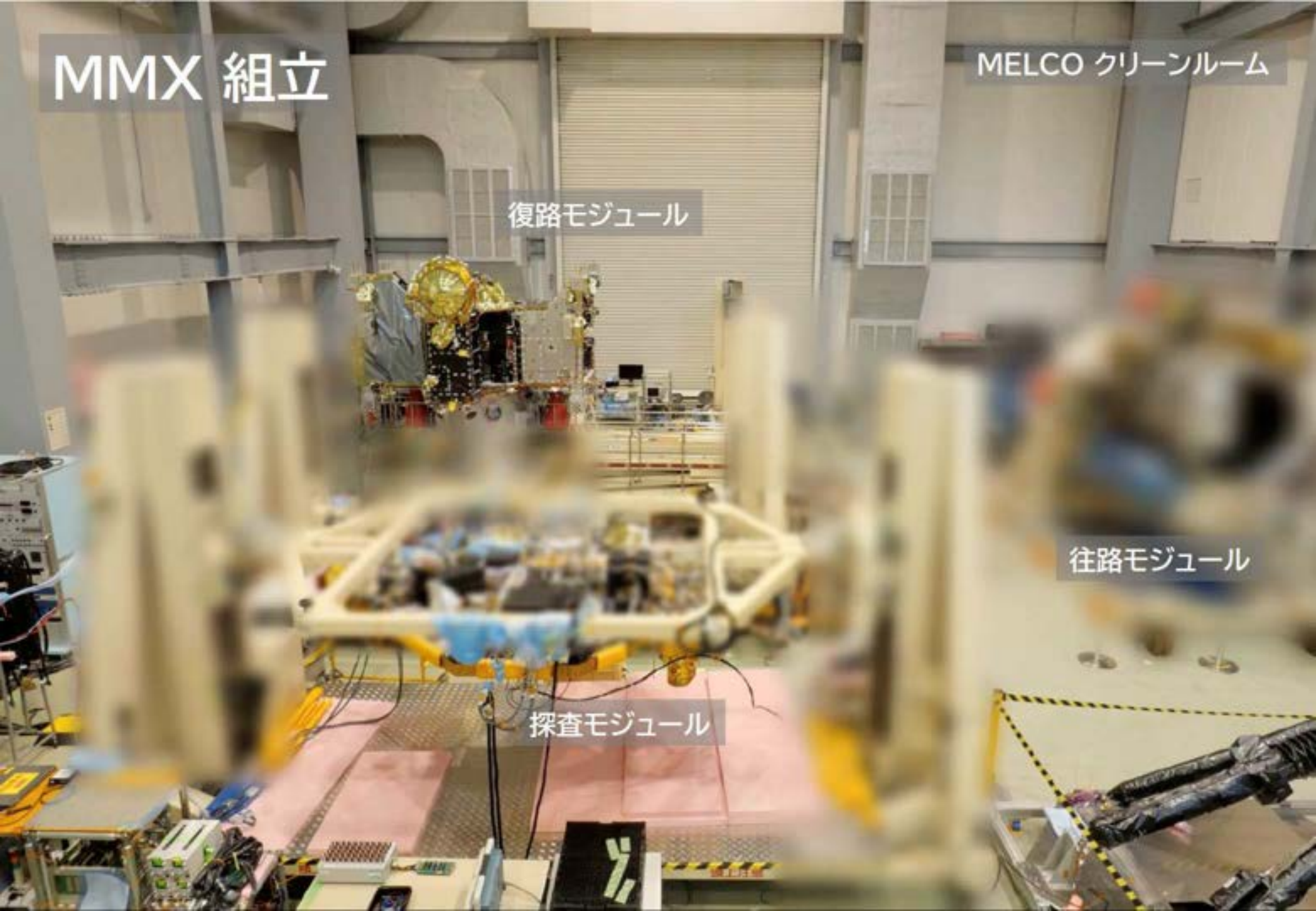
MMX 組立

MELCO クリーンルーム

復路モジュール

往路モジュール

探査モジュール



探査機システム総合試験



搭載機器(バス・ミッション)およびシステム設計・製造結果が要求事項を満足させるに十分であり、かつフライト品質の立証を目的としたシステムプロトフライト試験(PFT)を進めた。

作業項目	実施内容／結果概要
初期電気試験	PFM として製作された供試体に、電氣的機能/性能についての異常が生じていないことを確認した。またバス、ミッション機器/システム総合動作試験に要求される項目に対し試験を実施し、結果は良好で、発生した事象に対しHW/SW改修などの対応を行って次工程に進めた。
熱真空試験	熱平衡試験により、熱設計及び熱制御の機能/性能が妥当性であることを確認した。また熱真空試験環境下での供試体の電気性能に異常がないことを確認した。試験結果は良好で、発生した事象に対しHW/SW改修などの対応を行って次工程に進めた。
機械環境試験	アライメント確認、機械環境前後での電気試験、正弦波振動試験、音響試験、MGA・SAP保持解放衝撃試験を
電監検査、システム EMC、End to End試験、SOP検証	無線免許取得のための電監検査、システム電磁適合性(EMC)試験、地上局側機能を連接させ各システム動作モードが実施可能なことを立証するEndtoEnd試験、運用手順書(SOP)を探査機実機にて検証し、いずれも問題ないことを確認した。
サンプリングミッション試験	MMX 特有のミッションであるサンプリング収集からカプセル収納までの一連の動作が、干渉なく実施できることをEnd to End で確認。
最終電気試験	一連のシステムPFTを実施後でも、供試体の電氣的機能/性能についての異常が生じておらず、電氣的状態がPFT開始時を維持していることを確認した。

システムプロトフライト試験(システムPFT)実施項目

探査機システム総合試験



搭載機器(バス・ミッション)およびシステム設計・製造結果が要求事項を満たさせるに十分であり、かつフライト品質の立証を目的としたシステムプロトフライト試験(PFT)を進めた



三菱電機 鎌倉製作所における探査機試験風景(2025年3月)

A large spacecraft component, the MMX (Mars Meteorite Landing and Return) lander, is being assembled in a cleanroom. The lander is covered in gold-colored thermal insulation and is being held by a crane. A worker in a white hard hat and blue shirt is visible in the foreground, looking up at the lander. The background shows the cleanroom structure with multiple levels and a sign that reads "第一" (First) with a green cross symbol.

MMX 組立完了

探査機システム射場作業



2026年3月末に探査機システムは種子島宇宙センターに輸送した。
現在は探査機の推薬充填準備作業などを進めている。技術課題を一つ一つ解決しながら、2026年度の確実な打ち上げに向け、着実に開発が進んでいる。

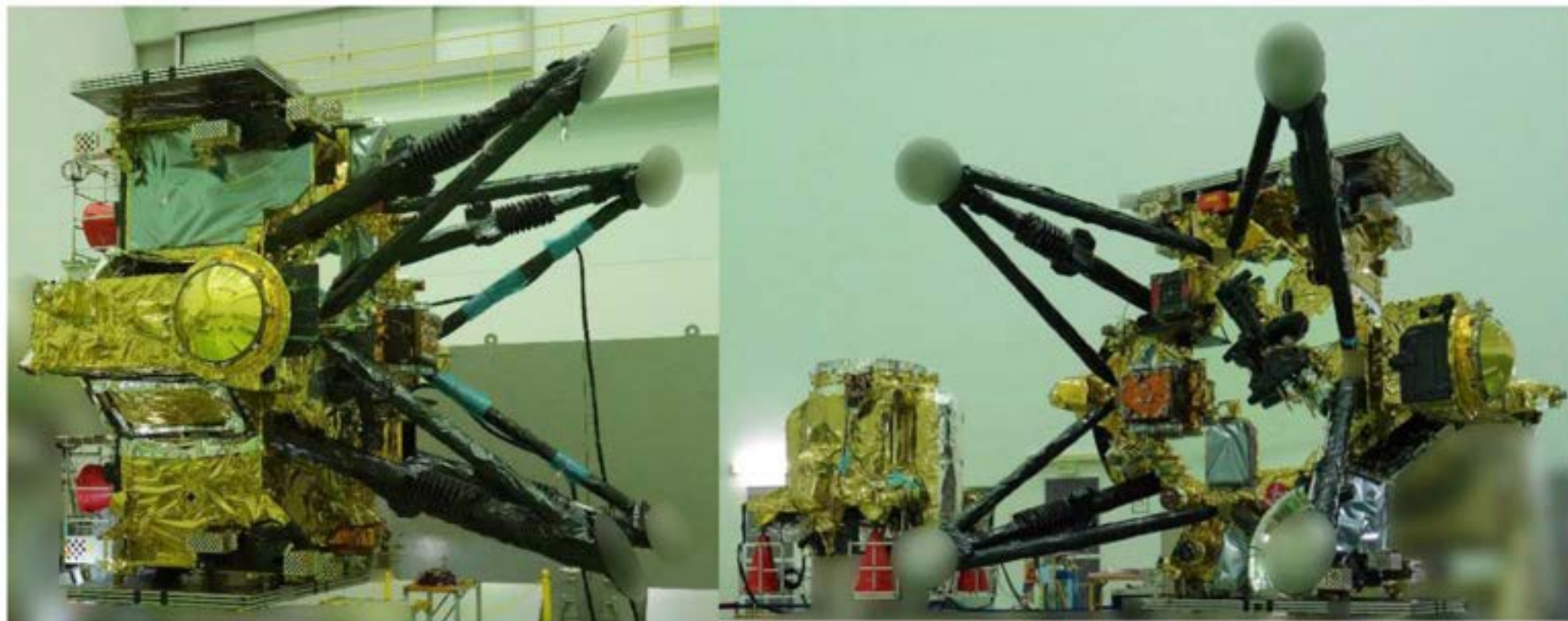


種子島宇宙センターにおける探査機輸送、及び射場での開梱風景(2026年4月)

探査機システム射場作業



2026年3月末に探査機システムは種子島宇宙センターに輸送した。
現在は探査機の推薬充填準備作業などを進めている。技術課題を一つ一つ解決しながら、2026年度の確実な打ち上げに向け、着実に開発が進んでいる。



種子島宇宙センターにおける探査機射場作業風景(2026年5月)

5.搭載ミッション機器

ミッション目的を達成す
るため搭載される機器
を紹介します



搭載ミッション機器



ミッション目的を達成するため、11の科学ミッション機器が搭載される。MMXを世界最高のミッションとするため、そのうちの4つは海外機関から提供される。加えて探査技術獲得を目的とする2つの機器を搭載する。

リモセン観測・その場観測

TENG00(望遠カメラ)

OROCHI(広角分光カメラ)

MIRS(近赤外分光装置)

MEGANE(ガンマ線・中性子線分光計)

LIDAR(レーザ高度計)

CMDM(火星周回ダストモニタ)

MSA(イオンエネルギー質量分析器)

IDEFIX(ローバ)

サンプル採取・回収

C-SMP(サンプリング装置)

P-SMP(ニューマティック採取機構)

SRC(サンプルリターンカプセル)

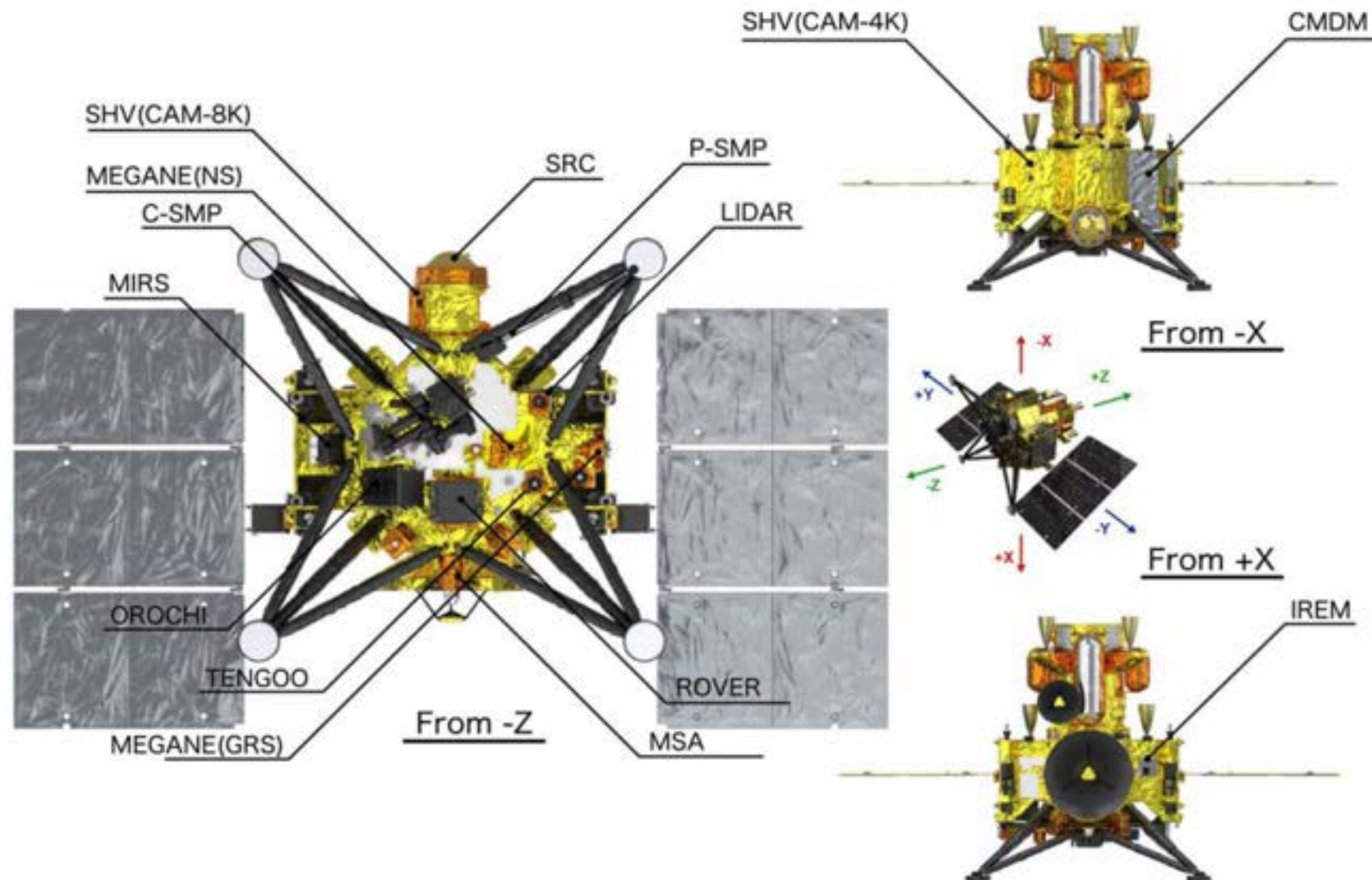
探査技術獲得

IREM(惑星空間放射線環境モニタ)

SHV(高精細カメラ)

強調項目は海外機関/国内他機関からの提供機器。

搭載ミッション機器：コンフィギュレーション(配置)



搭載ミッション機器: 科学的役割



搭載ミッション機器	役割
MEGANE ガンマ線・中性子線分光計	 鉱物、化学組成、 水関連分子 (衛星の起源を 示す指標) 着陸地点の選定 および 特性評価(安全性・ 未攪乱性) 火星大気・循環・散 逸
OROCHI 広角分光カメラ	
MIRS 近赤外線分光装置	
MSA イオンエネルギー質量分析機	
TENGOO 望遠カメラ	表面地形、地盤情報 内部構造
LIDAR レーザ高度計	
IDEFIX Rover 放射温度計, カメラ, ラマン分光計	レゴリスの組成、 物理的性質
CMDM 火星周回ダストモニタ	火星ダストリング
IREM 惑星空間放射線環境モニタ	将来の有人宇宙探査のため宇宙放射線測定
SHV 高精細カメラ	アウトリーチ

※上記の10機器と別に、サンプル採取・回収を行う3機器がある。

6.地上システム

探査機の管制運用を行うための
地上システムについて説明します



MMX管制室



探査機の管制運用は、相模原から実施する。

国内地上局(MDSS54,UDSC64,USC34)及び海外追跡局ネットワークは、管制室から制御状況モニタする。

2025年度中盤から打上前運用訓練に順次供用開始しており、2026年打上げの後、約5年間の軌道上運用に供する。



宇宙機(探査機)を動か
し続けるには、地上との
間で、**宇宙機への連絡・
指令(コマンド)と地上へ
の連絡・報告(テレメト
リ)のやり取り**を繰り返
す必要があります。
そのための装置・設備を
管制室に備えています。

長期的に管制室を占有
するISAS探査機の増加
に対応してMMX専用に
新規整備しました。

深宇宙追跡地上局(国内局・海外局)



MMXの追跡管制では、JAXAの深宇宙追跡地上局(美笹54m・臼田64m)を主局とし、NASA/JPL DSN及びESA ESTRACKの深宇宙追跡ネットワークの支援を得る。

JAXAの深宇宙追跡地上局(美笹54m・臼田64m)

美笹深宇宙探査用地上局は、現行の地上局を継いで現状及び今後の深宇宙探査用ミッションを確実に支えるため、「はやぶさ2」から採用したKa帯にも対応できます。また、深宇宙探査だけでなく将来の月・ラグランジュ点ミッション支援への拡張性を備えています。直径54mの反射鏡を有し、**2021年3月に完成**しました。宇宙探査機との通信は**Ka帯(32GHz)**と**X帯(8GHz)**で行います。

臼田宇宙空間観測所は、彗星や惑星や小惑星のような天体に接近して観測を行う深宇宙探査機に向けて動作指令を送信したり、探査機からの観測データを受信するために建設されました。超遠距離にある探査機からの微弱な信号を受信するため、都市雑音などの妨害電波が少ないこの地が選ばれ、**1984年10月から運用**しています。施設の中核をなす大型パラボラアンテナは、直径64mの反射鏡を有し、総重量は約2,000トンです。宇宙探査機との通信は**S帯(2GHz)**と**X帯(8GHz)**で行います。

NASA/JPL DSN(Deep Space Network)及びESA ESTRACK(European Space Tracking)



ゴールドストーン(米)、
キャンベラ(豪)、
マドリッド(スペイン)
の深宇宙局がある



セブレロス(スペイン)、
マラルグエ(アルゼンチン)、
ニューノース(豪)
の深宇宙局がある

7. 打上げロケット

MMX探査機はH3ロケットで打上げられます

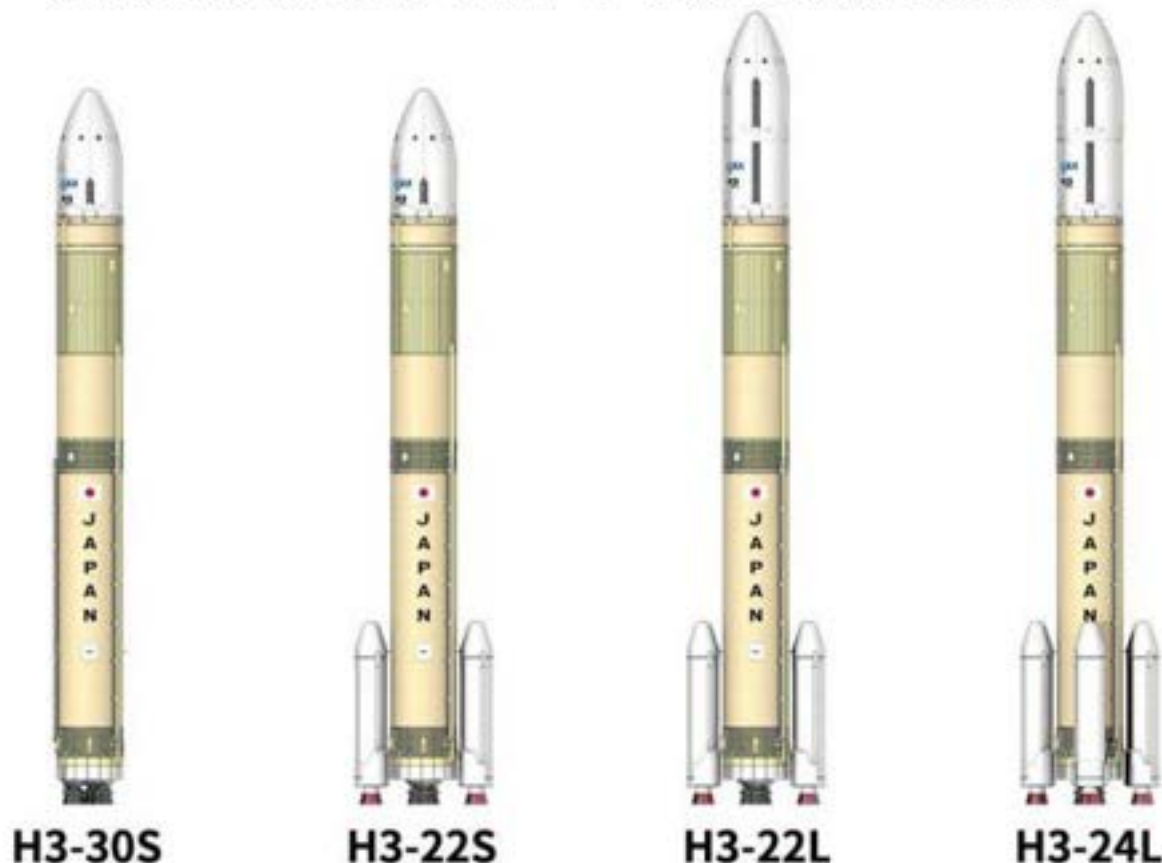


H3 ロケット



MMXは、H3の最も強力な形態である「H3-24L」で打上げられます。

H3は、日本の大型基幹ロケットです。H3には2種類のフェアリングがあり、第1段エンジン(LE-9)は2基または3基、固体ロケットブースター(SRB-3)は0基、2基、または4基の形態が可能で、これによりさまざまなサイズのペイロードや軌道に対応できます。



H3-24Lの全長は63m、
重量(ペイロードを除く)は
574トンである。

H3ロケットの打上げ形態

8.プロジェクト計画

プロジェクトの実施体制・スケジュール・予算について説明します



プロジェクトの実施体制



我が国最大の探査計画となるMMXでは、計画の遂行、探査機システム、ミッション機器等の開発、サイエンス推進のため、海外宇宙機関、企業、サイエンスコミュニティ、他との幅広い協力・推進体制を構築している。

宇宙機関



企業



(何らかの役割を請け負う形で参加する企業。)

サイエンス・コミュニティ(サイエンスボードメンバーの所属機関)



総開発費およびスケジュール

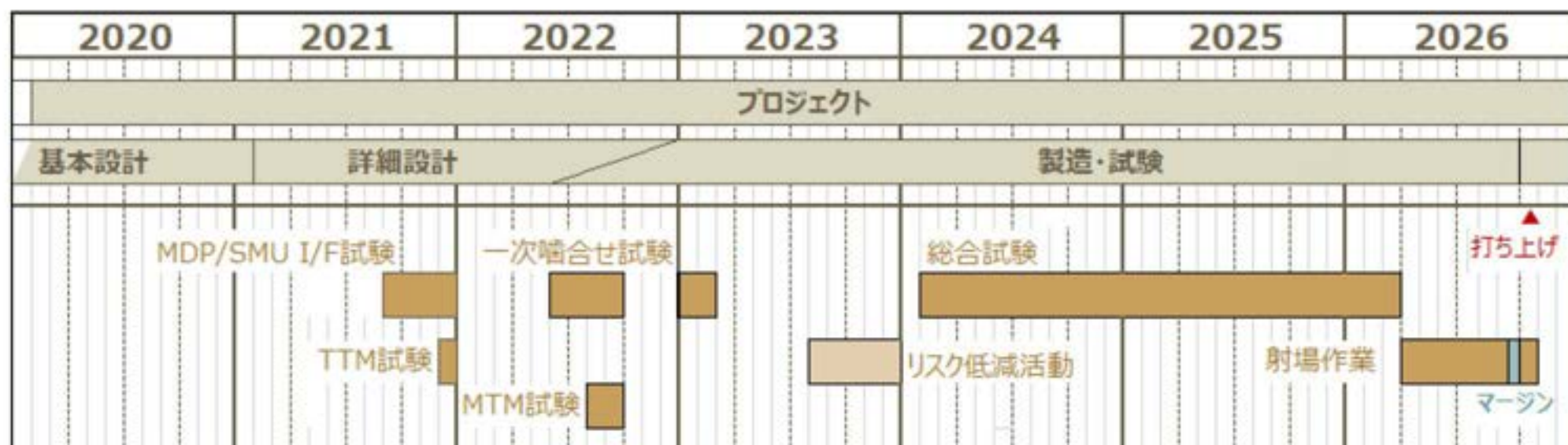


■総開発費：MMXに関する総開発費は、553億円である。

※2024年5月に、打上げ時期の変更と最新の物価高騰の影響を踏まえた開発計画の変更案を審査。結果を踏まえ、開発計画および総開発費を変更。(464億円⇒553億円)

■スケジュール(打上げまで)

2020年2月にプロジェクト移行した後、基本設計・詳細設計フェーズでのテストモデルを用いた各種試験を経て、FM製造及び総合試験を行った。2026年4月に射場作業に移行し、2026年度打上げに向けて作業中である。



資料編



探査対象天体の選定：フォボス



ミッション定義段階にて、惑星科学の観点からはフォボスの方が望ましいと評価していた。システム定義段階の諸検討を経て、その技術的実現性が確認できたことから、**探査対象天体をフォボスに確定**した。

惑星科学の観点からフォボスの方が望ましいとする根拠

1. フォボスの既存の観測データ量がダイモスに比べて圧倒的に多く、試料採取地点の事前制約に必要な情報が豊富なこと。
2. 既存の観測結果から、フォボス表面には赤と青の領域が存在するのに対し、ダイモスの表面には赤い領域のみが広がっているため、ダイモス試料だけでは青い領域の対応物質が同定できず、フォボスの起源判定が困難であること。
3. 衛星形成後に火星から飛来した物質(火星飛来物質)の濃度は、内側軌道のフォボスの方が外側のダイモスに比べて2桁以上豊富であると推定される(*1)こと。

(*1)一例として、兵頭 et al(2019)で、火星衛星の表土に含まれる火星由来の物質の量と質に関する理論研究がされている。

技術的実現性確認における主たる論点

1. より火星に近い軌道を公転するフォボスへの往復の方が、より多くの推進薬を必要とするが、それを考慮した場合でも探査機設計(質量)の成立性が確認できたこと。
2. 火星衛星(フォボス・ダイモス)からのサンプルリターンミッションを、はやぶさ2と同じレベルの惑星保護方針で実施することについて、国際的に合意(*2)されたこと。

(*2)2019年3月に、国際宇宙空間研究委員会(COSPAR)からJAXAの火星衛星探査計画に対し勧告。

詳細は2019年9月6日付 JAXAプレスリリースを参照のこと。 http://www.jaxa.jp/press/2019/09/20190906b_j.html

ミッション要求(惑星科学)



惑星科学としては、火星衛星の起源の解明、惑星形成過程と物質輸送への制約、火星圏進化史への新たな知見の獲得を目標とし、サンプルを取得する主たる探査対象をフォボスとすることとした。

表：惑星科学としての目標

大目的1 火星衛星の起源を明らかにし、内外太陽系接続領域における惑星形成過程と物質輸送に制約を与える。

中目的1.1 Phobosの起源が小惑星捕獲なのか巨大衝突なのかを明らかにする。

中目的1.2a【Phobosが小惑星捕獲起源の場合】地球型惑星領域へ供給される始原物質の組成とその移動過程を解明し、火星表層進化の初期条件を制約する。

中目的1.2b【Phobosが巨大衝突起源の場合】地球型惑星領域における巨大衝突と衛星形成過程を理解し、火星の初期進化過程に及ぼす影響を評価する。

中目的1.3 Deimosの起源に新たな制約を加える。

大目的2 火星衛星からの視点で、火星圏変遷の駆動メカニズムを明らかにし、火星圏進化史に新たな知見を加える。

中目的2.1 火星圏における衛星の表層進化の素過程に関する基本的描像を得る。

中目的2.2 火星表層変遷史に新たな知見と制限を加える。

中目的2.3 火星気候の変遷に関わる火星大気物質循環のメカニズムに制約を与える。

ミッション要求(探査技術獲得)



発展的段階にある太陽系探査においては、各ミッションでの技術獲得と、次のミッションへの技術継承を戦略的に進めていくことが重要である。

表：探査技術獲得としての目標

大目的3 宇宙探査を先導する技術を獲得する。

中目的3.1 火星圏への往還技術および惑星衛星圏への到達技術を獲得する。

中目的3.2 火星衛星表面への到達技術・滞在技術、および天体表面上での高度なサンプリング技術を獲得する。

中目的3.3 新探査地上局と組合せた最適な通信技術を獲得する。

成功基準及びアウトカム目標



ミッション要求に対応する、成功基準(大目的レベル抜粋版、ミニマム・フルサクセスレベル)及びアウトカム目標を示す。

大目的	アウトカム目標	アウトプット目標	
		ミニマムサクセス	フルサクセス
理学目的1: 火星の衛星が、小惑星が捕獲されたものか、火星への巨大衝突で生じた破片が集合し形成されたものかを明らかにし、火星そして地球型惑星の形成過程に対する新たな描像を得る。	分野: 惑星科学 目標: 火星衛星起源を特定するデータに基づいた地球型惑星形成モデルの構築による、惑星科学の発展。	近接観測により、衛星表層の物質分布を明らかにし、衛星の起源を推定する。	近接観測に加え、Phobos表面から回収した試料を分析することで、衛星の起源を特定する。また、起源に応じて火星の材料物質と衛星形成過程に新たな知見を得る。
理学目的2: 火星衛星および火星の変遷をもたらしメカニズムを明らかにし、火星衛星を含めた「火星圏」の進化史に新たな知見を加える。	分野: 惑星科学・アストロバイオロジー 目標: 「火星圏」の変遷進化過程の新たな描像を得るとともに地球型惑星表層に液体の水が保持されるための条件を解明することによる、惑星科学とアストロバイオロジーの発展	近接観測により、衛星表層の風化変成度・不均質性を明らかにし、衛星特有の表層変遷過程に対する新たな知見を得る。	近接および着陸観測に加え、Phobos表面から回収した試料を分析することで、衛星表層の宇宙風化等の状態とそのメカニズムに対する新たな知見を得る。また、回収試料中に火星飛来物質を探すとともに、火星の散逸大気と気象の観測を行うことで、「火星圏」内の物質輸送過程と進化史に対する新たな知見を得る。
探査技術の獲得目的: 宇宙探査を先導する技術を獲得する。	分野: 深宇宙探査工学 目標: より高い段階の深宇宙航行・探査技術を獲得することによる、高度かつ自在なミッションの創出。	火星衛星近傍に到達して、火星衛星のサンプルを採取し、地上で回収する。また、探査機の深宇宙通信能力を従来の2倍以上に引き上げる。	火星衛星のサンプルを採取し、地上で回収する。また、探査機の深宇宙通信能力を従来の2倍以上に引き上げる。

※「アウトカム」とは、プロジェクトが目指す最終的な目的であり、プロジェクトの活動自身及び成果物が、JAXA内外のパートナーとの協力体制の下で、製品・サービスなどにより、対象とする分野に対し最終的にもたらされる効果・効用を指す。

略称	名称（英語）	名称（日本語）
(1) 全体		
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
MMX	Martian Moons eXploration	火星衛星探査計画
SMP	Sampler	サンプリング装置（別称：CSMP、C-SMP）
SRC	Sample Return Capsule	サンプルリターンカプセル（別称：SRC-SUB）
TENG00	TElescopic Nadir imager for GeOmOrphology	望遠カメラ
OROCHI	Optical RadiOMeter composed of CHromatic Imagers	広角多波長カメラ
LIDAR	Light Detection And Ranging	レーザー高度計
CMDM	Circum-Martian Dust Monitor	火星周囲ダストモニタ
MSA	Mars moon mass Spectron Analyzer	イオンエネルギー質量分析器
MEGANE	Mars-moon Exploration with Gamma Rays and Neutrons	ガンマ線・中性子線分光計
MIRS	MMX InfraRed Spectrometer	近赤外分光装置
P-SMP	Pneumatic Sampler	ニューマチックサンブラ
Rover	MMX Rover	MMXローバ
KaCOM	Ka-band Communication system	Ka帯通信機器
SHV	Super Hi-Vision camera	スーパーハイビジョンカメラ
IREM	Interplanetary Radiation Environment Monitor	惑星空間放射線環境モニタ
RAX/AFS	RAman spectrometer / Auto Focus System	ローバ用ラマン分光装置／自動焦点調整機構
RDR	Retrieve Data Recorder	回収型データレコーダ

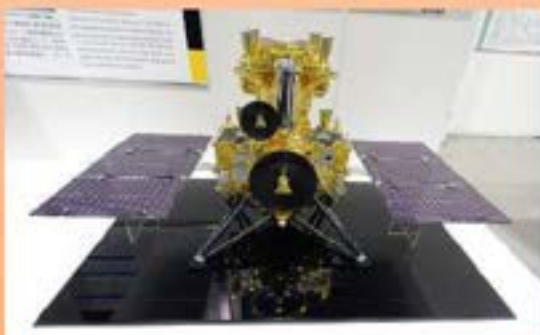
略称	名称（英語）	名称（日本語）
(3) 一般用語		
BBM	Bread Board Model	ブレッドボードモデル
EM	Engineering Model	エンジニアリングモデル
PFM	Proto Flight Model	プロトフライトモデル
FM	Flight Model	フライトモデル
ICS	Interface Control Specification	インタフェース管理仕様書
IRD	Interface Requirement Document	インタフェース要求書
ICD	Interface Control Document	インタフェース管理図面
PDR	Preliminary Design Review	基本設計審査
CDR	Critical Design Review	詳細設計審査
PQR	Post Qualification Review	認定試験後審査
PSR	Pre Shipment Review	出荷前審査
FDIR	Fault Detection, Isolation, Recovery	故障検出、分離及び復旧
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis	故障モード及び影響解析
FTA	Fault Tree Analysis	故障の木解析
(4) 運用準備・運用支援関係		
SOOH	Spacecraft Orbital Operation Handbook	衛星運用説明書
SOP	Spacecraft Operations Procedure	衛星運用手順書
SOCP	Spacecraft Orbital Checkout Procedure	衛星チェックアウト手順書
ITU-R	International Telecommunication Union Radiocommunication Sector	国際電気通信連合 無線通信部門
SFCG	Space Frequency Coordination Group	宇宙周波数調整会議
IFRB	International Frequency Registration Board	国際周波数登録委員会
GSE	Ground System Equipment	地上支援装置（専用治工具含む）
QL	Quick Look	クイックルック
GSTOS	Generic Spacecraft Test and Operations Software	汎用衛星運用試験ソフトウェア
SIB	Spacecraft Information Base	衛星情報ベース
ORLG	Operation Request Language for GSTOS	GSTOS 運用要求等記述言語
CMDI	Command Interface file	コマンド計画インタフェースファイル
SIRIUS	Scientific Satellite Telemetry Database System	科学衛星テレメトリデータベースシステム
EDISON	Engineering Database for ISAS Spacecraft Operation Needs	衛星運用工学データベースシステム

広報関係の参考情報



相模原キャンパス宇宙科学探査交流棟に探査機の模型を展示。
プロジェクトホームページやSNSを運用中。

相模原キャンパス探査交流棟に模型を展示



MMXホームページ
<https://www.mmx.jaxa.jp/>



SNSにて最新状況や
開発に関わる様々な話
をつぶやき中
@mmx_jaxa_jp



ウェブサイト

MMX プロ ジェクト ホームページ	https://www.mmx.jaxa.jp/	
MMX News	https://mmx-news.isas.jaxa.jp/	
MMX SNS	X	x.com/mmx_jaxa_jp
	Instagr am	instagram.com/mmx_jaxa
	Threa ds	threads.com/@mmx_jaxa
JAXA デジタル アーカイブ (画像等)	https://jda.jaxa.jp/	
JAXA宇宙科 学研究所	https://www.isas.jaxa.jp/	
JAXA	https://jaxa.jp/	

MMXのミッションマーク



宇宙プロジェクトによくある、ミッションマークをコンペ形式で一般公募して作成した。打上げロケット表面への掲載、Webや印刷物の挿絵、ポスターを始めとする広報用グッズ、プレゼン資料等に使用する。



コンセプト文

火星とMMX機体を中心にし、
そこから輪が広がるデザインです。
フォボスとダイモスの輪、
5つの国際機関を意味する、青い地球の輪、
MMX Mission を意味するオレンジの輪。
人々が集まり、輪を大きくしていく

ミッションマーク決定の経緯

2023年5月 コンペを実施して、デザインを募集、47名が応募
2023年8月 MMXチーム内で審査、グランプリを決定
2024年4月 MMXのミッションマークを公開

MMX広報アンバサダーについて



JAXA宇宙飛行士の米田あゆ宇宙飛行士および諏訪理宇宙飛行士が、火星衛星探査計画(MMX)の広報アンバサダー(以下、「MMX広報アンバサダー」)に就任しました(2026年1月)。

火星衛星探査計画(MMX)は、世界初となる火星衛星からのサンプルリターンを目指す計画で、2026年度の打上げを予定しています。MMX広報アンバサダーは、打ち上げを控えた本計画について、その目的や意義を分かりやすい形で広く社会に発信し、MMXと社会をつなぐコミュニケーションの役割を担います。

両宇宙飛行士は、最も新しく認定されたJAXA宇宙飛行士で、今後JAXAおよびMMXに関連する各種イベントに様々な形で参加をする予定です。また、諏訪理宇宙飛行士は2027年頃に国際宇宙ステーション(以下、「ISS」)への長期滞在を予定するなど、MMXの運用期間中にもISSへの長期滞在ミッションが実施される予定で、これらの機会を通じて、MMXとISS上からの相互的な情報発信を行う予定です。



MMX
Martian Moons eXploration