

火星探査プログラム化(JAXA検討案)

2020s

2030s

20xx

重力天体離着陸技術（ピンポイント着陸、空力制御他）
 重力天体表面探査技術（サンプル技術、観測装置、小型バス機器他）
 深宇宙補給技術（周回機投入・軌道ランデブ技術他）、惑星保護

小天体SR技術

火星衛星SR(MMX)

- 火星衛星の遠隔観測および回収試料の分析を通じ、以下を明らかにする
- 衛星の起源
- 原始太陽系における有機物・水の移動、天体への供給過程



着陸技術

着陸探査

- 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
- 岩石学（鉱物同定・温度圧力条件推定など）
- 地球化学（年代測定、元素濃度測定など）
- 無機・有機化学

往還技術

初期火星探査 国際協働火星SR(参加)

- 代表的あるいは特異的な地質体の局所かつ精密探査
- 地質層序の解読から地質体の形成史を復元
- 地質体形成史より表層環境史の復元
- その場合化学分析による揮発性元素や有機物の観測・同定

インフラ整備構築

本格探査 (想定)

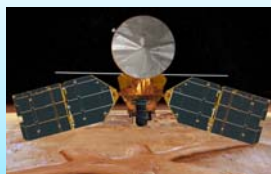
- 広範な着陸探査およびサンプル回収による科学データの取得
- 継続的な活動による利用可能性の調査

理工学委員会/国際宇宙探査専門委員会で今後議論予定

高傾斜地や高緯度地域での浅部地下圏へ

周回探査

- 周回軌道上からの全球の網羅的観測および将来着陸候補地点の詳細観測
- 分光観測による物質・元素分布
 - 大気組成観測
 - 磁場観測



火星探査プログラム化と惑星科学の目標(JAXA検討案)

惑星科学の中目標

小目標

探査内容[該当する探査]

(1) 生命前駆物質の形成・進化

(2) 惑星材料物質・生命前駆物質の分布・移動, 天体への供給

(3) 地下熱水環境: 鉱物—水—有機物反応系

(4) 大気(海洋)散逸・光化学反応

(5) 惑星・衛星の形成・初期分化

A. 初期地殻・マントル物質の化学組成および形成年代

B. 内部の物質・熱構造

C. 火星衛星の起源

D. 火星系への供給される水・有機物の起源・供給量

E. 火成活動史

F. 水成活動史

G. 水環境の変遷

H. 大気組成・大気構造の進化

水の組成・分布・貯蔵

J. 有機物の種類・分布・貯蔵

火星衛星SR

③SR試料(衛星)の化学分析 [MMX]

着陸探査

- ②地震波構造・地殻熱流量測定 [InSight]
- ④火山地形・噴出物, 水成地形・堆積物, 水成鉱物のその場分析 [Curiosity, ExoMars, Mars2020]
- ⑧地下物理探査[-----]
- ⑨有機物のその場分析 [Curiosity, ExoMars, M2020]

国際協働火星SR

- ①SR試料(地殻・マントル物質, 火山噴出物, 水成堆積物, 水成鉱物, 有機物)の分析 [MSR]
- ⑤大気組成・流出分布測定 [MSR]
- ⑥磁場測定 [MSR]
- ⑨SR試料(有機物)の分析 [MSR]

周回探査

- ④火山地形・噴出物, 水成地形・堆積物, 水成鉱物の分布マッピング [MRO, MEX]
- ⑤大気組成・流出分布測定 [MAVEN, TOG]
- ⑥磁場測定 [-----]
- ⑦ γ -中性子分光マッピング [MRO]
- ⑧地下物理探査[-----]

火星衛星探査計画(MMX)

目的

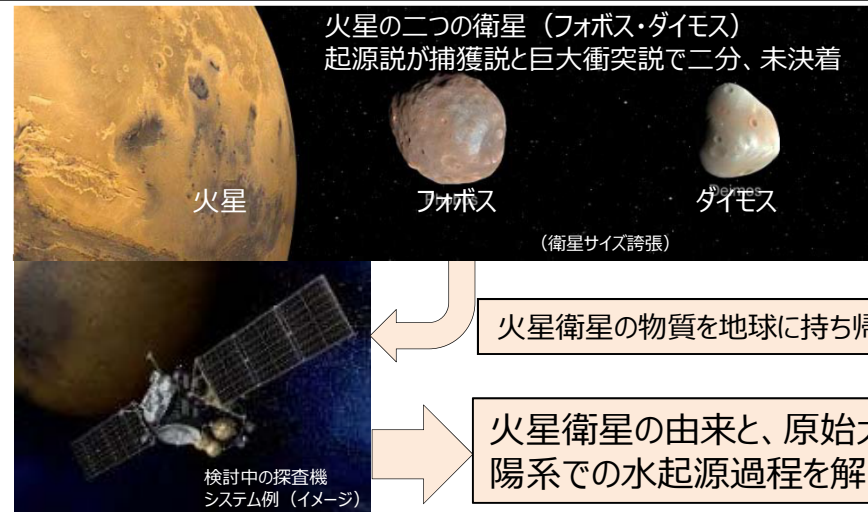
火星衛星の近傍観測とサンプルリターンにより、火星衛星の起源（小惑星捕獲か巨大衝突か）、初期惑星への揮発性物質供給（捕獲・衝突天体の組成，軌道進化），火星の初期状態と火星圏の進化（捕獲・巨大衝突年代，初期火星物質組成，衛星表層進化，火星大気の動態）を解明する。

期待される成果と効果

- 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。
⇒ 理論研究と相乗的に太陽系形成論、ハビタブル惑星形成論を展開。
- 火星衛星および火星表層の変遷をもたらす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。
⇒ 揮発性物質の収支に着目した「火星圏」の変遷進化過程に新たな描像を得ることにより、惑星科学や宇宙での生命起源研究の発展につながる。
- 宇宙工学を先導する航行・探査技術を獲得する。
⇒ 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につながる。

科学的・国際的な位置付け

- 世界中の研究者は、小天体がどんな組み合わせで、いつどのように、水を原始地球に持ち込んだかを明らかにしようとしている※1。火星衛星はスノーライン※2に近く、太古の小天体を現在まで保持している唯一の存在である。
 - ※1：約46億年前に太陽系が誕生してから、彗星と小惑星は38億年前まで地球への衝突を繰り返していた。また地球では40億年前に海が誕生していたことが、グリーンランドで発見された太古の花崗岩から分かっている。したがって彗星又は小惑星（あるいは両方）が地球の水の起源と考えられている。
 - ※2：水が蒸発／氷になる境界線。太陽から2.7天文単位（小惑星帯の辺り）。
- 火星衛星の調査は草創期から繰り返し行われているが、副次的なフライバイ観測にとどまる。過去にロシアがフォボス探査計画したが打上げ失敗した（2011年）。現在、国外で実現見込みのある計画は他にない。
- 文部科学省「国際宇宙探査の在り方」では『国際宇宙探査に必要な知見や技術の獲得という観点も考慮し、着実に実施』とされ、ISECG「国際宇宙探査ロードマップ最新版」のミッションシナリオでも位置付けられた。



主要諸元（検討中の一案）

- 探査機構成：往路M・探査M・復路Mの3つのモジュールで構成
- 打上げロケット：H3ロケット
- 質量：目標3500kg以下
- ミッション期間：5年
- ミッション機器：試料回収機構、リモセン機器、その場観測機器の組合せ

スケジュール（検討中）

- 平成28年度 調査研究
- 平成29-30年度 開発研究
- 平成31-36年度 探査機設計・製作
- 平成35-36年度 総合試験
- 平成36年度 打上げ
- 平成37年度 火星圏到着
- 平成37-40年度 火星衛星探査
- 平成40年度 火星圏離脱
- 平成41年度 地球帰還

実施体制（検討中）

- JAXA内にプリプロジェクトチームを設置（H30/2）。

宇宙探査全体に貢献する人材育成

国際宇宙探査推進における人材確保と育成

- プログラム化により、中長期的な計画を示し、継続的にプロジェクトを遂行することにより、中長期的な観点で優秀な人材の確保と育成が可能となる。
- 国際宇宙探査を推進するに当り、新しい分野を切り開く人材の参加、さらに効率的に進めるために優れた技術をもつ民間企業の参加が求められる。
- 上記を踏まえ、国際宇宙探査推進において、以下の仕組みの構築を進めている。
 - ① 太陽系科学を推進する研究者、新しい技術の研究開発を担う技術者については、魅力的な研究開発環境を提供することを通して、人材を確保し、かつ育成する仕組みの構築。(次ページ以降)
 - ② 非宇宙産業も含めた民間企業の優れた技術を取り入れるための仕組みの構築(人材を含む)と推進。(宇宙探査イノベーションハブ)
 - ③ プロジェクト推進にあたっては、従来の国際協働プロジェクト等において蓄積されてきたJAXA全体の人的資産を活用するとともに、既存プロジェクトを含め、必要なリソースを確保しつつ遂行。

国際宇宙探査における人材育成の取り組み(案)

課題

日本に少ない月・惑星科学を中心とした宇宙科学・探査工学分野の研究者の人材確保と育成

月面等における宇宙資源開発などの革新的ビジネスを計画するベンチャー企業を含む民間企業の活動を後押しするために、人材の絶対量の確保

解決策

①国際プロジェクトへの参加の機会を活用した特任助教(テニュアトラック型)の制度の取り込む。(工程表39)

②大学院生も国際宇宙探査のプロジェクトに積極的に参加して経験できる仕組みを充実させて推進する。

④大学共同利用による「探査ブランド」を活用しての、大学における宇宙人材教育プログラムを支援

③若手技術者がプロジェクトに参加することを通して、探査に関わる技術取得、プロジェクトマネジメント経験ができるように制度を活用する。

月・火星探査における人材育成の取り組み

- ① 小型・小規模プロジェクトだけでなく、国際プロジェクトへの参加の機会を活用した特任助教(テニュアトラック型)の制度を取り込み、魅力的な研究開発環境を提供して、人材を確保して育成する。具体的には、当面は、MMX、月極域探査ミッション。
 - ② さらに宇宙研においては、大学院生も積極的に国際宇宙探査のプロジェクトに参加できる仕組みを構築し、探査を入口にして、広く日本の宇宙開発を担っていく研究者・技術者の確保し、育成を推進する。
 - ③ 月面等における宇宙資源開発などの革新的ビジネスを計画するベンチャー企業の活動を後押しするために方策が検討されているが、必要な人材絶対量の確保、特にその技術者の人材育成のために、国際宇宙探査のプロジェクトを通して、技術習得、マネジメント経験を習得するよう制度等を活用する。
 - ④ 大学共同利用の枠組みを通し、「探査ブランド」によって潜在的興味を持つ学生が宇宙人材教育を受けるように誘導・支援する仕組みを構築して、人材の輩出を目指す。
- 今後発展が期待される宇宙探査活動において、育成した人材が、JAXA内外の研究者、技術者として活躍することを期待する。