

付録

X線分光撮像衛星 (XRISM)

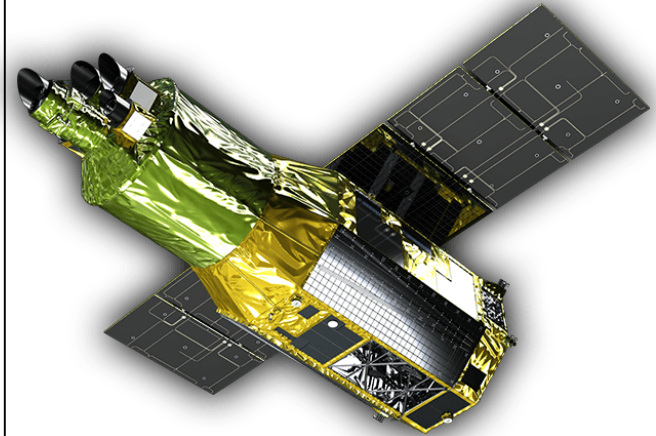
概要・目的

○X線分光撮像衛星 (XRISM) は、不具合によるASTRO-H「ひとみ」※の喪失を受け、国内外の宇宙科学コミュニティ、宇宙関係機関等の要望を踏まえて、再発防止対策を確実に実施した上で、ASTRO-Hが目指していたサイエンスの早期回復を目指す。

○本衛星は、X線超精密分光による高感度観測を実現するミッションで、現代宇宙物理の基本的な課題である宇宙の構造と進化にかかる数々の謎の解明に挑む。また、宇宙の包括的理解には様々な波長での観測が必要であり、現在、大型地上天文台ALMA (ミリ波・サブミリ波)、Fermi衛星 (ガンマ線) が稼働、JWST (可視・近赤外) などの次世代軌道上衛星が計画されており、本衛星はX線領域においてこれらと伍して研究を行う能力と規模を有している。

○さらに、現在、観測を行っているチャンドラ (NASA)、XMM-newton (ESA)等のX線天文衛星については、打上げから年月が経っており、2010年代はひとみ他にX線天文衛星の打上げ予定がないため、X線天文衛星の空白期間を避けるためには、早期の打上げが必要となる。

※. ASTRO-H「ひとみ」は、これまで世界のX線天文学を牽引してきた日本が主導する先進的な観測機器により、宇宙科学のフロンティアを拓く大型国際ミッション (米欧と協力) である。



期待される成果と効果

○宇宙の構造と進化にかかる数々の謎の解明：

宇宙最大の天体である銀河団は、衝突や合体を経て進化・発展しているものと考えられる。銀河団中の高温ガスの速度分散は、X線分光撮像衛星により初めて測定可能となる。これにより、数千万光年規模の宇宙史最大の現象である銀河団衝突によるエネルギー集中の様相が運動学的に解明できる。

○先端テクノロジーの開拓：

X線分光撮像衛星の最先端観測装置は、放射線検出器としても革新的なものであり、医療・生体計測での放射線利用の精密化・小線量化、半導体内の不純物微量分析など、幅広い範囲への応用が期待される。また、大型衛星の開発・国際協力に伴い、日本の宇宙産業技術の底上げがなされる。

主要諸元

打上げロケット： H-IIAロケット

主要諸元：質量： 約2.3t

軌道： 地球周回円軌道

(高度 約550km, 軌道傾斜角 31°)

主な観測機器： SXS, SXI

観測期間： 3年



小型月着陸実証機 (SLIM)

目的

- **小型探査機による高精度月面着陸の技術実証を行い、将来の宇宙探査に必須となる共通技術**を獲得する。
 1. 将来月惑星探査で必須の『**降りたいところに降りる**』ための高精度着陸技術の習得（他国の一桁上の精度を目指す）
 2. 月惑星探査を実現するためのシステム技術の習得（探査機バスシステムの軽量化）
- このため、従来の衛星・探査機設計とは一線を画す工夫・アイデアによる小型軽量化（推進薬タンクが主構体を兼ねる構造）や月面クレータ分布検出のために、民間技術（デジカメの顔認識技術）を応用したアルゴリズム開発を行う。

期待される成果と意義

- 将来の宇宙探査に必要な共通技術を獲得することにより、将来の国際宇宙探査・太陽系科学探査に貢献する。また、他国に比べ技術難易度の高い「ピンポイント着陸技術」を実証することで、我が国のプレゼンス向上につながる。
- 本計画は、宇宙基本計画（「月や火星等を含む重力天体への無人機の着陸及び探査活動を目指して計画的に進める」）及び宇宙科学・探査ロードマップ（「太陽系探査科学分野は、将来の本格探査に備え、機動性の高い小型ミッションによる工学課題克服・技術獲得を行う」）の実現のための第一歩である。

計画概要

運用期間：

数ヶ月程度

探査機重量：

約200kg（DRY質量）

約730kg（推進薬含む質量）

実施体制

宇宙科学研究所内にプロジェクトチームを置き、大学等の研究コミュニティの研究者と協力して実施する。また、各研究開発部門や、国際宇宙探査の検討チームと連携して実施する。



着陸イメージ

次世代赤外線天文衛星 (SPICA) 計画

計画の概要

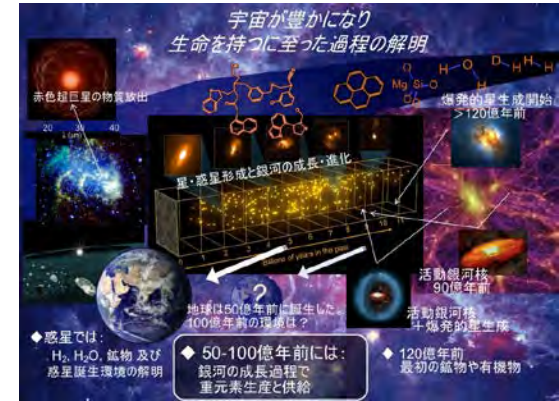
- ◆ 次世代赤外線天文衛星SPICA (Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics) は、多様な物質と生命を育む惑星を有する、現在の宇宙が作られてきた過程の最重要部分を、高感度赤外線観測によって解明することを目的とするミッションである。
- ◆ **大口径 (2.5m) の望遠鏡及び3種類の観測装置**を軌道上に打上げ、日本が戦略的に開発してきた宇宙用冷却技術によって、**極低温 (8 K以下) に冷却し**、熱放射雑音を大幅に軽減することにより、極めて高感度の赤外線観測を実現する。
- ◆ 日本においては宇宙科学の戦略的中型ミッション、欧州ではESA(欧州宇宙機構) Cosmic Vision M5 (中型ミッション5号機) の枠組みで進めている。
- ◆ 2018年5月にESA M5のミッション候補3件のひとつに、25件の提案中から採択され、日欧での概念検討が本格的に始まった。2020年4-5月の中間審査を経て、2021年3-4月にM5ミッション最終選抜審査に臨む予定である。

目的と意義

- ◆ SPICAは以下の2大科学目的を設定している。
 1. **銀河進化を通しての重元素と星間塵 (ダスト) による宇宙の豊穡化過程の解明**
138億年前の誕生時には元素として水素とヘリウムのみであった宇宙が、恒星や銀河の形成と成長によって多種の元素が生産され、星間塵に満ちた現在の宇宙に至った過程を明らかにする。
 2. **生命存在可能な世界に至る惑星系形成メカニズムの解明**
太陽系のような、生命の存在する惑星系がどのような条件で、どのようなメカニズムで形成されたかを理解するため、原始惑星系円盤から惑星系への進化過程を明らかにする。

学術的意義

- ◆ SPICAは、少なくとも今後十数年の間、中間・遠赤外線波長帯の高感度観測を可能にする、**世界で唯一のミッション**である。
- ◆ この波長帯には、ダスト放射のピーク、芳香族炭化水素など有機物質の強い放射バンド、電離領域・光解離領域の物理状態を反映する様々な元素・イオンの微細構造輝線など、ユニークな観測プローブが豊富に存在する。
- ◆ SPICAによる分光観測により、初期の銀河や惑星系円盤における物質の組成や、物理的・化学的状態が明らかになると期待される。
- ◆ SPICAは、JWST (James Webb Space Telescope; 可視光~20 μm)、ALMA (≥300 μm)、TMT (Thirty-Meter Telescope; 可視光~14 μm) などの観測装置と相補的な情報をもたらす。この重要な波長帯において、日本の宇宙冷却技術を用いて宇宙望遠鏡を実現する価値と妥当性は、**世界の天文学コミュニティが認める**ところである。



SPICA基本仕様

- 望遠鏡: 有効口径 2.5m、8K 以下に冷却
- 波長範囲: 10~350 μm
- 軌道: 太陽-地球系 L2 周り軌道
- 打上: JAXA H3 ロケット
- 打上年: 2020年代 (ESAとの協議事項)
- 寿命: 要求3年以上、目標5年
- 観測装置:

SMI(中間赤外線分光装置):

波長 10-36μm、波長分解能 R=50~28000

SAFARI(遠赤外線分光装置):

波長 34-210μm、波長分解能 R=300~11000

B-BOP(遠赤外線偏光撮像装置):

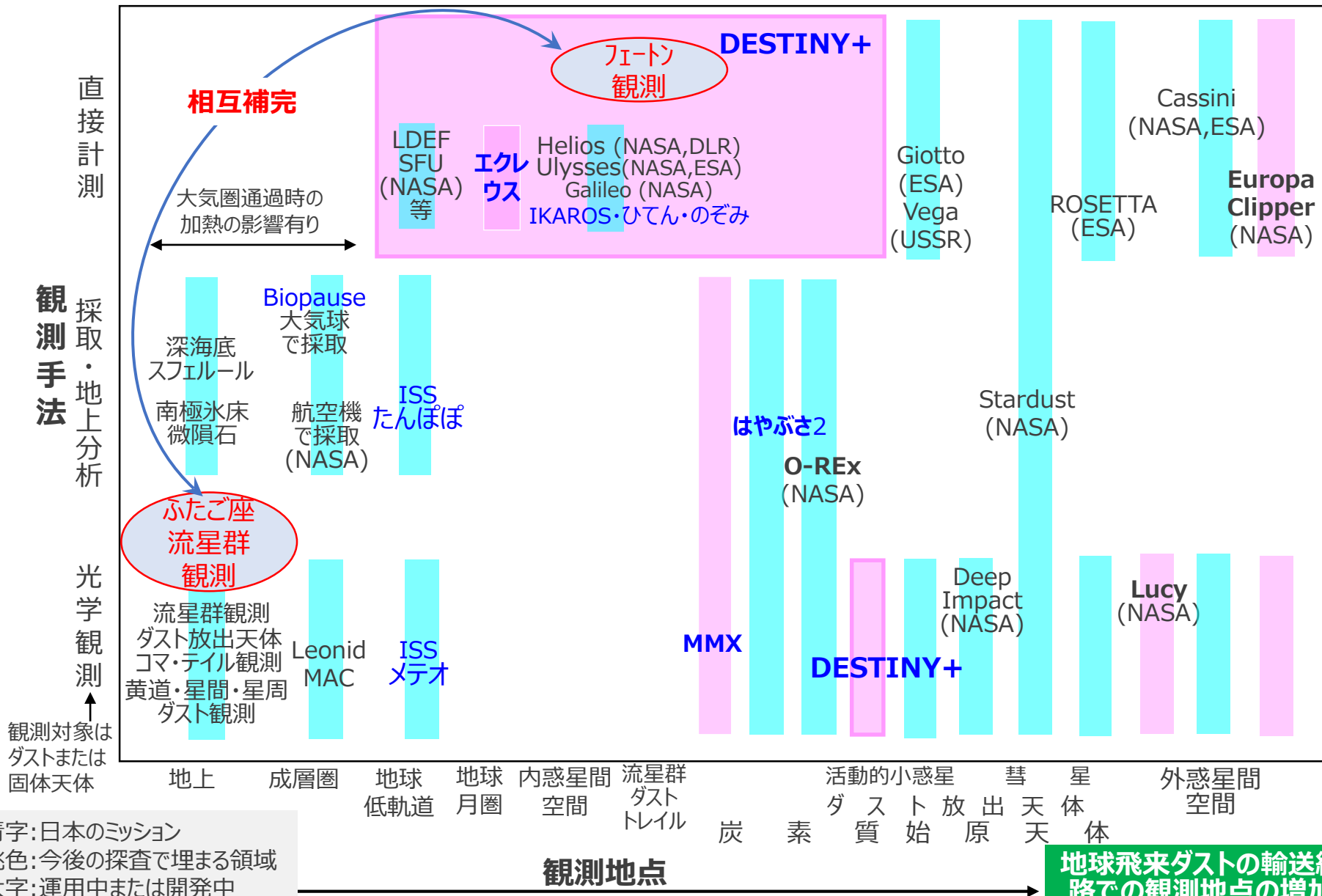
波長 70, 200, 350μm

実行体制

- ◆ SPICAは世界初の超高感度の宇宙赤外線天文台を、日欧の宇宙機関が中心となる国際協力で実現する計画である。
 - ESAはプロジェクトをリードするとともに、衛星システム全体、望遠鏡などを担当する。
 - 日本は極低温冷却機構を含む熱構造系、H3ロケットによる打上げ、中間赤外線観測装置(SMI)を担当する。
 - SAFARIおよびB-BOPは、それぞれオランダおよびフランスの研究機関を代表とする、欧州を中心とした国際コンソーシアムが担当する。

DESTINY+ 地球飛来ダスト研究におけるベンチマーク（一例）

DESTINY+は、地球飛来ダストの実態と起源の理解に必要であるダスト粒子毎の物理特性および化学組成の両方をダストの輸送経路の各地点（地球周回－惑星間空間－ダストトレイル－流星群母天体）において直接計測することが強みである。



青字:日本のミッション

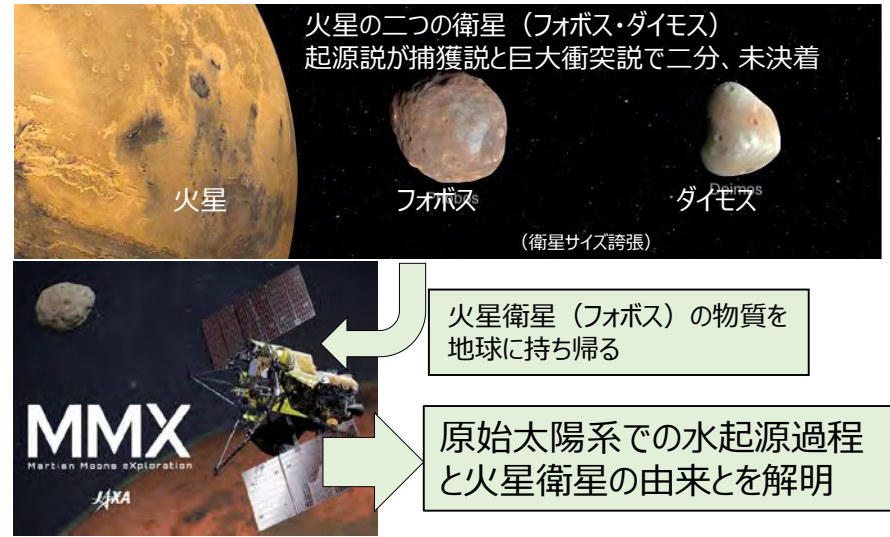
桃色:今後の探査で埋まる領域

太字:運用中または開発中

火星衛星探査計画 (MMX) 概要

目的

- 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。
- 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。火星衛星は、将来の火星本星における有人探査の拠点候補として重要な意義を持つ。



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理解像を得る。
- 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、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で、惑星科学や宇宙での生命起源研究の発展につなげるとともに、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。
- 宇宙工学を先導する航行・探査技術を獲得し、将来の高度かつ自在なミッションの創出に貢献する。

主要諸元

- 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 4000kg以下
- ミッション期間：約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

- 2016年度 調査研究
- 2017-18年度 開発研究
- 2019年度 フロントローディング
- 2020-21年度 基本／詳細設計
- 2021-23年度 機器製造、試験
- 2024年度 打上げ
- 2025年度 火星圏到着
- 2025-2028年度 火星衛星探査
- 2028年度 火星圏離脱
- 2029年度 地球帰還

科学的・国際的な位置付け

- 世界中の研究者は、どの小天体がいつどのように、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。中でも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）。
- 国際宇宙探査の観点からは、世界初の火星圏往還（有人探査の必須技術）を果たすと共に、有人探査の軌道上拠点と目される火星衛星の詳細情報（地形・環境）を取得する。放射線環境計測で有人滞在技術にも貢献する。
- 火星衛星の調査は草創期から繰り返行われているが、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。

実施体制

- JAXAプロジェクトチーム
- NASA, ESA, CNES, DLR他からの国際協力

MMXの2019年度の進捗状況

- 技術提案方式（RFP）により、2019年度当初に探査機システム開発企業を選定した（三菱電機株式会社）。またミッション機器開発企業も同様に競争方式他で選定した。
- これら企業と共にMMXフロントローディングを実施した。これにより、技術的成立性と資金的成立性及び不具合による延期回避の見込みを立てることができた。
- 並行して、主な探査対象天体の検討を進めた。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、フォボスに確定した。
- JAXAは2020年2月からプロジェクトチームを発足。2020年2月19日、文部科学省宇宙開発利用部会（第53回）にJAXAプロジェクト移行審査結果を報告し、開発移行が審議・了承された。

宇宙基本計画工程表（2019年12月13日宇宙開発戦略本部会議改訂）

MMXは「25.宇宙科学・探査」「27.国際宇宙探査」の両方の施策に位置付けられた。

■ 2019年度末までの達成状況・実績

戦略的中型計画1の候補である火星衛星探査計画（MMX）について、2024年度打上げを目指し、フロントローディングを実施。

■ 2020年度以降の取組

火星衛星探査計画（MMX）について、2024年度の打上げを目指して開発を進める。