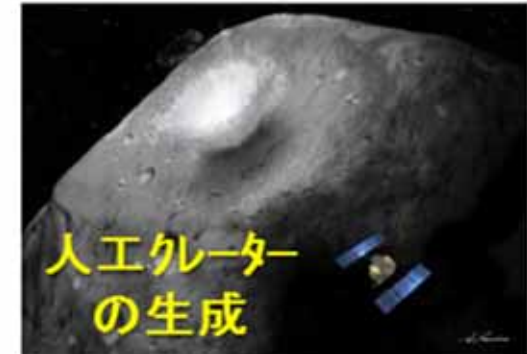


# 今後の予定

○2019年4～6月

リュウグウに人工的なクレーターを作り、地下物質の採取等のタッチダウンを計画。



○2019年11～12月 小惑星リュウグウ  
出発



○2020年末頃 地球帰還



(イラスト  
池下章裕氏)


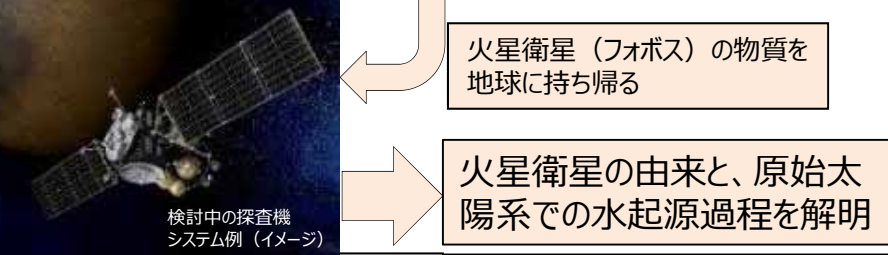
ご支援、応援に感謝申し上げます





# 2.1 火星衛星サンプルリターン計画(MMX) (1/3)

## 【概要】

<p><b>目的</b> 火星衛星の由来（いつ・太陽系のどのあたりから飛来したか、火星の重力に捕獲されたのか、火星との衝突により出来たのか、どのような隕石種・天体に近いか）を解明するとともに、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。</p>	 <p>火星の二つの衛星（フォボス・ダイモス） 起源説が捕獲説と巨大衝突説で二分、未決着</p> <p>火星      フォボス      ダイモス (衛星サイズ誇張)</p>
<p><b>期待される成果と効果</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul>	 <p>火星衛星（フォボス）の物質を地球に持ち帰る</p> <p>火星衛星の由来と、原始太陽系での水起源過程を解明</p> <p>検討中の探査機システム例（イメージ）</p>
<p><b>科学的・国際的な位置付け</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>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の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。             <ul style="list-style-type: none"> <li>※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。</li> <li>※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）。</li> </ul> </li> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul>	<p><b>主要諸元（検討中の一案）</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>打上げロケット：H3ロケット</li> <li>質量：目標 4000kg以下</li> <li>ミッション期間：5年</li> <li>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</li> </ul> <p><b>スケジュール（検討中）</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2018年度 開発研究</li> <li>2019-21年度 フロントローディング／基本／詳細設計</li> <li>2021-23年度 機器製造、試験</li> <li>2024年度 打上げ</li> <li>2025年度 火星圏到着</li> <li>2025-2028年度 火星衛星探査</li> <li>2028年度 火星圏離脱</li> <li>2029年度 地球帰還</li> </ul> <p><b>実施体制（検討中）</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>JAXAプロジェクトチーム</li> </ul>

\* 本資料における今後の計画に関する記載は、平成31年度政府予算案に基づくものであるため、事業の実施は予算成立が前提になります。

## 2. 1 火星衛星サンプルリターン計画 (MMX) (2/3)

宇宙基本計画工程表(平成30年12月11日第18回宇宙開発戦略本部会議改訂)より  
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。

### ■ 2018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サンプルリターン計画(MMX)について、2024年度打上げを目指し、開発研究を継続した。

### ■ 2019年度以降の取組

火星衛星サンプルリターン計画(MMX)について、2024年度の打上げを目指してフロントローディングに取り組む。

### 【進捗状況】

- クリティカル技術(試料サンプリング装置・地球帰還カプセル等)のリスク低減を目的とし、平成29年度より「開発研究」として、探査機システムやクリティカル技術に関して、一部要素試作を含む作業を実施している。
- 平成31年度(2019年度)開発着手に向け、フロントヘビーなシステム検討、システムメーカーの選定等、プリプロジェクト活動を実施中。
- 海外機関との国際協力
  - 本年10月3日、JAXA/CNES(フランス国立宇宙研究センター)/DLR(ドイツ航空宇宙センター)は、MMXの協力に関する共同声明を発表(写真)。はやぶさ2に搭載した小型ローバ“MASCOT”の次のステップとして、MMX探査機に搭載する小型ローバの共同開発を検討する事を合意。
  - CNESは、観測機器/近赤外線分光器の搭載可能性、フライトダイナミクスの解析等についても、概念検討を進めている。
  - NASAは、中性子ガンマ線分光計の提供を前提として、開発の準備を進めている。
  - 他に、ESA、DLR、ASIとも協力案件を調整中。



## 2.1 火星衛星サンプルリターン計画(MMX) (3/3)

### ■フロントローディングについて

新規プロジェクトとして有力な候補である火星衛星探査計画について、初期段階での不確定性を低減し、またその後の開発全体のリスクを低減するため、新規性(リスク)の高いミッション系機器等キーとなる以下重要技術(クリティカル技術)について、先行的に研究開発および実証を行う。

MMXのフロントローディング		
実施項目	実施内容	はやぶさ2等との比較
重力天体着陸・表面探査技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>○往路モジュールの開発 火星衛星周回軌道投入/脱出時の大きな軌道速度を効率よく得るための化学推進系などを検討する</li> <li>○着陸誘導機器の開発 火星衛星近傍での安全かつ確実な運用に必要な要素技術開発を行う。(例:表面環境の不確定性が大きな微小重力天体への安全な着陸、平坦な表面を期待できる狭い範囲への誘導、探査機の位置特定のために必要な画像照合航法など)</li> <li>○サンプリング装置の開発 砂貫入機構、ロボットアーム、試料搬送機構について設計・試作を行うとともに、試験評価を継続して実施する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○イオンエンジン使用の「はやぶさ2」とは異なり、MMXでは大きな重力のある火星圏に行くため大推力化学推進を採用。質量の大きなMMXでは4機クラスタ(TBD)で使用予定。</li> <li>○いずれも微小重力下でのタッチダウンだが大きさが1桁違う。天体表面での滞在時間・方法も異なり、微小重力の天体を探査するにも関わらず、高重力惑星の探査に匹敵する技術が必要。</li> <li>○「はやぶさ2」で実績のある弾丸方式は、MMXでの要求採取量(「はやぶさ2」より多い)を満たすことが難しく、新方式の装置が必要。</li> </ul>
ミッション部成立性確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>○再突入カプセル及び搭載観測機器(各種カメラ・分光計他)について、設計・試作・試験及び成立性確認を行う。FY30までの検討で抽出された課題を解決するとともに、検討結果を探査機システム構成に反映する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○「はやぶさ2」に比べて試料の採取量が多い(約100倍の10g以上)ことから、サイズの大きい再突入カプセルが必要。</li> </ul>
探査機システム成立性確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>○FY30までの検討で抽出された課題の解決と、ミッション部成立性検討の結果をシステム構成に反映した成立性確認を行い、システム・ベースラインに反映する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○上述の他、探査機サイズやモジュール構成等、MMXは「はやぶさ2」との相違は大きく、探査機システム成立性検討の早期実施が、リスク低減に必須。</li> </ul>

## 2.2 公募型小型計画 深宇宙探査技術実証ミッション(DESTINY+) (1/2)

宇宙科学・探査小委員会  
(第23回)資料を**更新**

### 【概要】

#### <ミッション目的>

#### 流星群母天体フライバイおよび惑星間ダストのその場分析

ふたご座流星群の母天体、活動小惑星、地球衝突可能性天体である小惑星Phaethonのフライバイ観測を行う。また、地球に飛来するダストを地球近傍の惑星間空間及びダスト供給天体であるPhaethon近傍でその場測定し、地球飛来ダストの物理化学特性を明らかにする。

#### 小型深宇宙探査機技術の獲得

小型ミッションによる深宇宙探査を実現するため、

- ・電気推進による宇宙航行技術を発展させ、電気推進の活用範囲を拓く。
- ・フライバイ探査技術を獲得し、小天体探査の機会を広げる。



### 【進捗状況】

- ・ クリティカル技術である、電気推進系(最大4km/sec以上の増速能力)や薄膜軽量SAP(世界最高の出力密度)の検討、及び軌道計画を含む探査機のシステム設計を進めている。
- ・ 主要ペイロード機器となるダストアナライザを、Cassiniミッションで実績があり世界的な優位性のあるドイツから提供を受ける可能性につき、DLRおよび機器開発を行うシュツットガルト大と、担当レベル、さらに理事レベルでの協議を実施し、2017年9月20日のJAXA奥村理事長(当時)-DLRエーレンフロイント長官による共同声明において、DESTINY+へのダストアナライザ提供によるDLR協力可能性を明記した。Phase-A開発を順調に進めており、以下の課題を抽出済み。  
イプシロンロケット打上環境条件や、打上後スパイラル上昇軌道中放射線帯通過への対応等。
- ・ 2017年11月に実施取決め(IA: Implementation Arrangement)を結び、主要ペイロード機器の1つとしてダスト・アナライザの搭載検討を進めており、協力内容が確定次第、DLRと最終取決めを締結する予定。
- ・ 今後、テニュアトラック制度による特任助教が検討に加わる予定。
- ・ 航行軌道の詳細検討やダストアナライザの開発状況等を踏まえ、開発計画検討を進めている。



# 【探査機システム概念設計状況】 (2/2)

- ・工学的な新規技術検討結果を衛星システムに反映
- ・理学目的に最適化した観測機器システムの検討と反映
- ・搭載機器配置の最適化を検討中
- ・キックステージによる軌道投入最適化を検討中

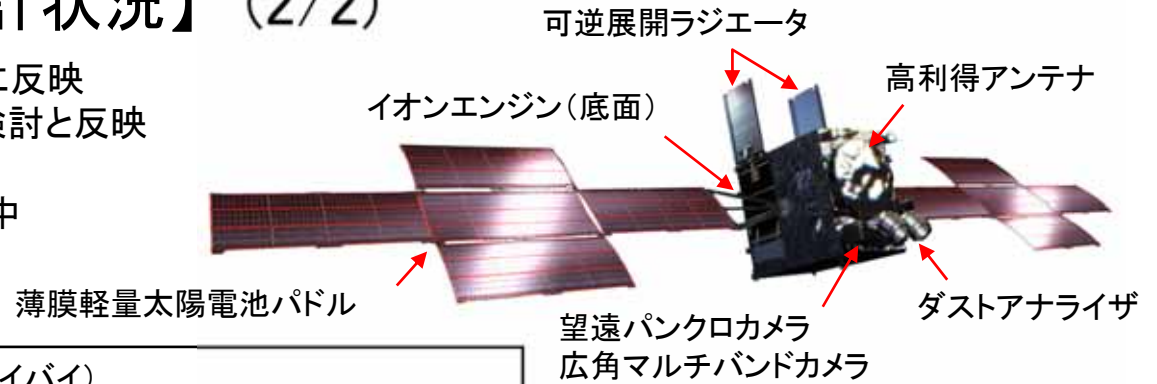


図1: 衛星システム概念図

ミッション期間	> 5年(打ち上げ~Phaethonフライバイ)
質量	480 kg (Xe 60 kg, ヒドラジン 15.4 kg を含む)
ロケット	シナジーイプシロン + キックステージ
投入軌道	230 km x 37,000 km, 30 deg. → 月スイングバイ → Phaethon遷移
太陽電池パドル	薄膜軽量太陽電池パドル (> 100 W/kg, 4.7 kW (BOL), 2.6 kW (EOL))
推進系	RCS + イオンエンジン ( $\mu 10 \times 4$ )
熱制御	ループヒートパイプ、可逆展開ラジエータ

- ## 【キー技術検討状況】
- ・「はやぶさ」「はやぶさ2」からの技術継承と発展開発研究を実施中
  - ・挑戦的な深宇宙航行に必要な技術研究を実施中

可逆展開ラジエータ  
地球  
月スイングバイ  
Phaethon 遷移軌道へ  
スパイラル軌道上昇  
電気推進を用いた高度な軌道計画  
秒速30km以上の高速フライバイ観測  
©IberEspacio  
ループ・ヒートパイプ

$\mu 10$ イオンエンジン  
薄膜軽量太陽電池パドル

## 2.3 戦略的海外共同計画 木星氷衛星探査計画(JUICE)

### 【概要】

多様な小規模プロジェクト群「戦略的海外協同計画」の一つとして、欧州宇宙機関(ESA)の基幹ミッションである「木星氷衛星探査計画(JUICE)」に、観測機器の一部の開発・提供及びサイエンス共同研究により参画すべく準備を進めている。海外大型計画への国際協力により効果的・効率的に成果創出を目指す。

系外惑星の中でも普遍的な存在である「巨大ガス惑星系の起源・進化」と、その周囲に広がる「生命存在可能領域としての氷衛星地下海の形成条件」を明らかにする。

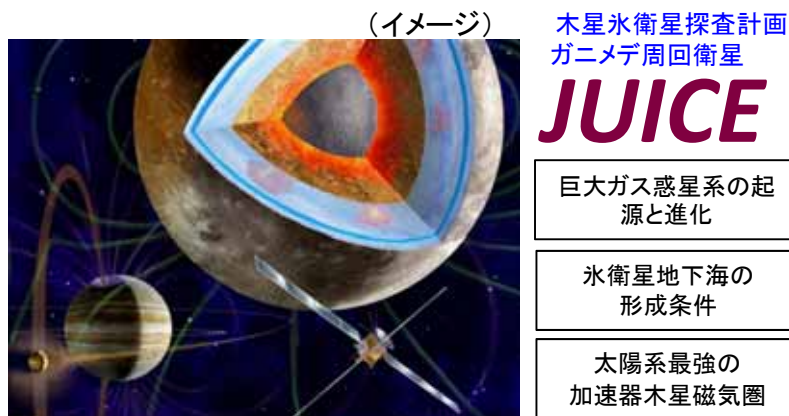
#### <ミッション目的>

木星周回軌道から木星系の観測(磁気圏、木星大気、エウロパ・カリストのフライバイ観測)を実施し、**世界初の氷衛星周回機**となって太陽系最大の氷衛星ガニメデの**総合観測**を実施することで、以下の理解・解明を目指す。

- 「惑星はいかにして作られたのか？」太陽系以外にも適用できる普遍的な惑星形成論を構築し、太陽系形成論を見直す。
- 「地球の外に水の海はあるか？」氷衛星の地下海、生命誕生につながる高分子が生成する環境が作られる条件を探る。
- 「太陽系で起きている環境の変動にはどのようなものがあるのか？」木星(JUICE)、水星(MMO)、地球(あらせ)のプラズマ過程の比較を行うことで、宇宙のプラズマ過程を理解する。

#### <得られる成果>

- 外惑星探査に関わる技術の獲得、惑星・生命科学の新知見創出。
- 国際協力プロジェクトへの参画により、将来の我が国の宇宙科学研究者の人材育成に貢献。
- 科学的成果創出に日本の研究者が深く関与することで、惑星・生命科学の新たな知見創出において、世界的に見て主導的役割を果たすことができる。



#### 探査機主要諸元

- ・重量：2,200kg（ドライ）、2,900kg（推進薬含む）
- ・電力：約180W

打上げ年度（予定）：2022年度 打上げロケット：アリアンロケット（欧州が打上げ）

運用期間：11年間（2022～2033年）

2022年打上げ、2030年木星系到着、2032年ガニメデ周回軌道投入、2033年ミッション完了（予定）

探査機システム担当：ESA（欧州宇宙機関）

観測機器担当：各国機関（日本も一部参画）



## 【進捗状況】

JAXAは、11の搭載観測機器のうち、我が国が実績と技術的な優位性を持つ3つの機器（電波・プラズマ波動観測装置、高速中性粒子観測装置、ガニメデレーザ高度計）についてハードウェアの一部を開発・提供するとともに、2つの機器（カメラシステム、磁力計）のサイエンス共同研究者として参加すべく検討を進めている。今後、テニュアトラック制度による特任助教が検討・開発に加わる予定。

### ハードウェア開発状況 / クリティカル技術

現状、欧州観測機器チームとの調整も完了し、技術課題の克服に向けて順調に開発が進行している。

(1) RPWI(プラズマ波動および電波観測機器)=欧州PI:IRF-U(スウェーデン)

クリティカル技術: 木星の高放射線環境における低ノイズ回路

主な開発要素: 電源回路、増幅回路、基板設計等

(2) GALA (レーザ高度計)=欧州PI:DLR(ドイツ)

クリティカル技術: 木星の高放射線環境における小型・高精度の受光系

主な開発要素: 光検出器、光学部品、電源回路、増幅回路、基板設計等

(3) PEP/JNA(粒子環境パッケージ/木星探査用中性粒子観測器)=欧州PI:IRF-K(スウェーデン)

クリティカル技術: RPWIと同様、木星の高放射線環境における低ノイズ回路

主な開発要素: 時間計測回路、増幅回路、基板設計等

### 国際協力の状況

(1) ドイツDLRのとりまとめるGALA(レーザ高度計)へのハードウェア提供について、開発および運用フェーズでの協力内容が固まり、DLRとの協力取決めを締結した。

(2) スウェーデンSNSAのとりまとめるPEP(粒子環境パッケージ)およびRPWI(プラズマ波動および電波観測機器)へのハードウェア提供について、開発および運用フェーズでの協力内容が固まり、SNSAとの協力取決めを締結した。

### 3. 小規模プロジェクト等による人的基盤強化(特任助教)

- 平成29年度に特任助教(テニユアトラック型)制度を制定。
- 平成30年度に小規模プロジェクト等の機会を活用した特任助教の公募を以下の分野で実施。

太陽系科学研究系(惑星探査): 31年2月に再公募

宇宙機応用工学研究系(探査システム): 30年11月選定

太陽系科学研究系(地球外物質分析): 30年11月選定

- 平成31年度も3名の特任助教を公募中。

上述の再公募の1件を含めた、4件を31年2月に公募開始。

人事委員会、宇宙科学研究所運営協議会の審査を受けて、選定見込みは31年10月予定。

- 採用の後、JUICEやDESTINY+等の小規模や小型のプロジェクトに原則5年任期で参加し、研究成果とともに技術力、マネジメント能力も評価するテニユア審査を経て、無期の教員として雇用する。

ISAS教職員数は、2018年度からの年間3名のテニユアトラック採用により、2022年度までの5年間で15名増え、約135名となる。

