

## 2. プロジェクト等の状況

### 2.1 火星衛星サンプルリターン計画 (MMX) (1/3)

#### 目的

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。



火星衛星（フォボス/ダイモス）  
の物質を  
地球に持ち帰る

火星衛星の由来と、原始太陽系での水起源過程を解明

#### 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。  
⇒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、惑星科学の発展につながる。
- 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、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。  
⇒「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。

#### 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

#### 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）。

#### 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

## 2. 1 火星衛星サンプルリターン計画 (MMX) (2/3)

主要科学： 太陽系内での水・有機物の輸送について

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という説がある。

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。



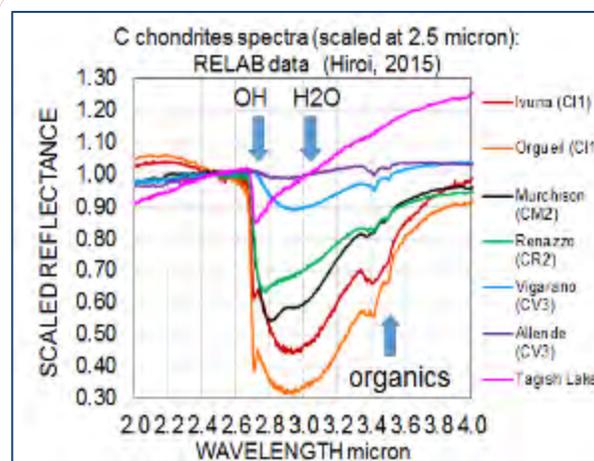
では、初期太陽系の雪線周辺において小天体はどのように振舞ったのか？  
このプロセスを確認するためには、  
**我々は、どこへ行くべきか？**

### 火星衛星 = 火星を周回する小天体

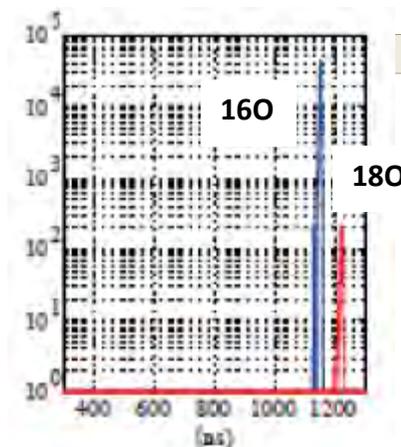
火星は氷が雪線の外側から内側へ輸送される最前線で、火星衛星は太古の小天体情報をそのまま保持している希少な存在。  
火星衛星は、太陽系内での水の輸送を担ったカプセルではないか？

火星衛星に含まれる含水鉱物・水・有機物の分布及び量をリモセン観測により推定すると共に、火星衛星から持ち帰ったサンプルを分析し、水や有機物の存在を明らかにする。

更に、フォボス/ダイモス表面には太古の火星から飛び出した表層物質が付着しており、火星物質サンプルの入手も同時に可能となる。



含水鉱物、氷、有機物、無水鉱物の量比



水由来イオンの量

**水・有機物の衛星全体の量**

## 2. 1 火星衛星サンプルリターン計画 (MMX) (3/3)

### 国際的な位置付け

火星衛星の調査は草創期から繰り返し行われているが、フライバイ観測にとどまる。2011年打上げのPhobos-Grunt（ロシアのフォボス探査機：サンプルリターン計画）は打上げ直後の不具合で地球脱出に失敗した。現時点で再打ち上げの目処は無い。

将来の火星有人探査の観点でもフォボス/ダイモスは重要な位置づけである為、米国を含めた他国でも火星衛星探査の検討が複数あるものの、実現見込みではMMXが現時点で一步リードしているところ。各国の検討が進む競争状況の中、2024年の次の打上げ好機は火星と地球の位置関係により2年後になることを踏まえ、2024年の確実な打上げを目指す。

#### <海外機関との国際協力状況>

- MMXは海外機関からの関心が高いミッションであり、米NASA、仏CNES・欧ESA・独DLRらとの国際協力の調整を行っている。
- CNES（フランス国立宇宙研究センター）とはルガル総裁-奥村前理事長間での協力に関する実施取り決めを2017年4月に在日フランス大使館公使等立ち合いの下署名式を実施。（右写真）  
JAXAとCNESとの機関間会合において、CNESはMMXへの観測機器（近赤外線分光計）の提供を約束しており、MMXの確実な実施を強く希望している。
- NASAとは2017年9月に協力に関する実施取り決めを締結。NASAはMMXへ提供する観測機器（ガンマ線・中性子分光計）に必要な予算を確保し、米国内での担当機関も選定済。
- ESA、DLRについても、MMXへの参加を希望しており、2018年度前半の締結を前提に、現在実施取り決めの締結に向けて調整中。



## 2.2 木星氷衛星探査計画(JUICE) (Jupiter Icy Moons Explorer)

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(1000億円規模のLarge-program)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、参画が可能となる。

日本単独で木星を目指す場合に比べ、非常に大きな費用対効果が見込まれると共に、技術力があるからこそ参画の要請があったことも重要な点と言える。

### <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？」
- 「地球の外に水の海はあるか？」
- 「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？」

### <参加形態>

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る。

### <対外調整状況>

スウェーデンSNSBとは、2017年6月に協定を締結済。DLRとは、2018年度第1四半期内の協定締結に向けて調整を進めている。ESA側では2014年に開発移行済み。



#### 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)

## 2.3 深宇宙探査技術実証機 (DESTINY+)

公募型小型計画2として、DESTINY+の立ち上げに向けた準備を進めている。

いつ、どの進化段階にある天体が、どうやって水や有機物を原始地球に持ち込んだのかという問いに対し、「惑星間空間を漂うダストが、地球表層へ炭素等の軽元素をもたらした」という仮説が有力視されている。そのダストの供給源として彗星と活動的小惑星が考えられており、DESTINY+では、地球公転軌道位置や世界初の活動的小惑星近傍でダスト分析を行い、その化学組成を明らかにすることで上記仮説の定量的な検証を行う。

また、ISASが独自開発し、はやぶさ、はやぶさ2と戦略的に適用している長寿命イオンスラスタを用いた高度な軌道変換により、地球圏脱出から目標小天体への巡航まで、自在な深宇宙ミッションを可能にする航行技術の実証も行う。



### ○ミッション目的

工学目的1：電気推進の活用範囲拡大

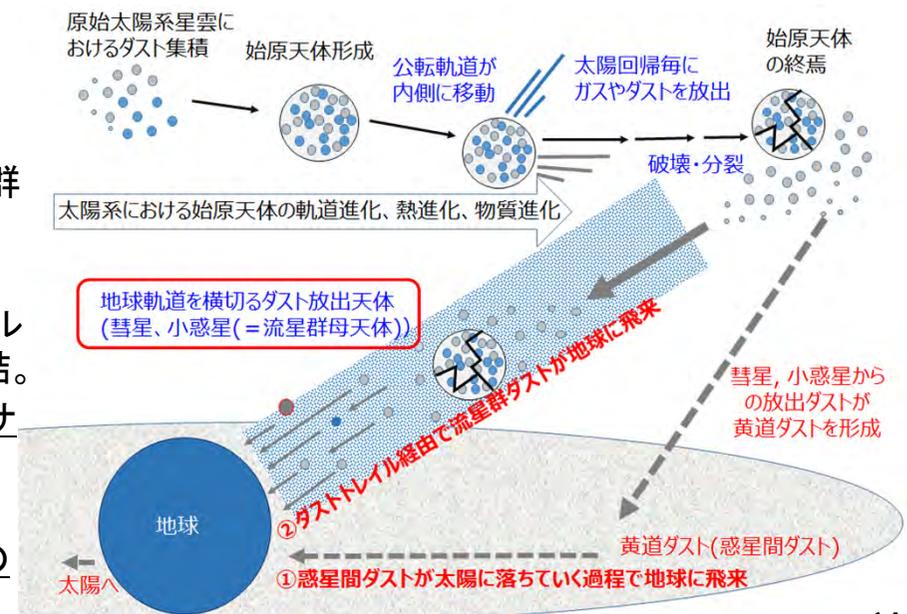
工学目的2：小天体探査の機会拡大

理学目的1：地球飛来ダストの実態解明

理学目的2：地球飛来ダストの特定供給源である流星群母天体の実態解明

### ○現状

- DLRとのダストアナライザ（カッシーニ探査機搭載モデルを高性能化）提供の検討を行う実施覚書を2016年に締結。
- DLRは本ミッションのダストアナライザに期待されるサイエンス価値を踏まえ、ドイツ内で調整を行い、ダストアナライザ提供の予算を獲得済み。
- 上記を踏まえ、2017年9月にDLR-JAXA間でのDestiny+の協力に関する実施覚書を締結済。



## 2.4 小型月着陸実証機(SLIM)

SLIMは公募型小型1として、高精度着陸等を目的に開発を進めている。

今後の月探査においては、科学探査であれ極域探査であれ、狙った地点に高精度に着陸する「ピンポイント技術」が必須となるが、地上からの航法誘導による従来方式では、数km～10数kmの着陸精度しか実現できていない。SLIMでは、画像照合を中心とする自律的な航法誘導を探査機上で行うことにより、100m級精度での着陸が可能となることを実証する。また、この月着陸実証を小型・軽量の探査機で実現することで、将来の高頻度な月惑星探査に貢献する。



### ■ 開発状況について

「ASTRO-H」事象およびX線天文衛星代替機の検討開始を踏まえて、打手段を代替機相乗りとする計画へと変更する予定。現在、この前提での基本設計を完了しつつある。

基本設計の過程では、技術的にリスクのあったメインエンジンの設計確認試験も実施し、発生した燃焼器破損事象に対しても適切な再発防止策(前回報告済)をとり、これを良好に終了した。

従来の金属スラスタは素材およびコーティング技術の両方を米国からの輸入に依存していたが、SLIMで採用しているセラミックスラスタでは、日本の素材産業の優位性を活かした結果、国産技術のみによる製造が可能となる。また、ブローダウンの末期でもパルス噴射によって推力制御ができるといった柔軟な運用にも対応している。

