

宇宙科学・探査をめぐる動き

2023年3月31日

宇宙航空研究開発機構

宇宙科学研究所

國中均



1. 宇宙科学・探査プロジェクトの進捗状況について
2. Comet Interceptorの計画検討状況について
3. 深宇宙探査用地上局の検討状況について
4. 次期戦略的中型計画の検討状況について
5. 技術のフロントローディングの進捗状況について
6. 磁気圏尾部観測衛星「GEOTAIL」の運用終了について

1. 宇宙科学・探査プロジェクトの打ち上げ年表（予定）



凡例

ミッション名 工程表記載計画

ミッション名 今後の計画

第4期中長期計画

第5期中長期計画

計画	FY2022	FY2023	FY2024	FY2025	FY2026	FY2027	FY2028	FY2029	～2030 年代前半
戦略的中型		 X線分光撮像衛星 XRISM	 火星衛星探査計画 MMX				 宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星 LiteBIRD		戦略的中型 (今後立案)
公募型小型		 小型月着陸実証機 SLIM	 深宇宙探査技術実証機 DESTINY+			 赤外線位置天文観測衛星 JASMINE			 Hiz-GUNDAM or Silvia or 今後公募案件
戦略的海外共同		 木星氷衛星探査計画 JUICE	 二重小惑星探査計画 Hera		 Roman 宇宙望遠鏡	 土星衛星タイタン離着陸探査計画Dragonfly※	 高感度太陽紫外線分光観測衛星 SOLAR-C	 長周期彗星探査計画 Comet Interceptor	 Athena

※研究規模であり個別の予算要求を行わない



1. 各プロジェクトの進捗状況



(1) 開発中（宇宙基本計画工程表に記載あり）

■ 戦略的中型計画

① X線分光撮像衛星（XRISM）

- 2023年度打上げへ向け、衛星システムPFT（プロトフライト試験）及び地上システムインテグレーション試験を終了。
- 追跡管制隊を2022年12月に編成し、**開発完了審査を2023年3月に実施、開発を完了した。**
- ASTRO-Hの教訓から整備することとした衛星シミュレータを活用して運用訓練を実施中。
- H3ロケット試験機1号機の原因究明活動を進めており、今月(3月)からH-IIAロケットの打上げ準備作業開始は困難、H-IIAロケットへの詳細な影響評価を行った上で次の打上げに臨む計画。具体的な打上げ時期については、次の月軌道投入可能期間となる本年8月以降で調整を行う予定。



熱真空試験の様子



音響試験の様子



振動試験の様子

1. 各プロジェクトの進捗状況



② 火星衛星探査計画 (MMX)

- **2024年度にH3ロケットでの打上げを目指し開発中。**
- **詳細設計審査 (CDR)** を2022年6月～12月に実施し、製造・試験フェーズへ移行。
 - 製造・試験を進めるためのシステム・運用の詳細設計の妥当性を確認。一次噛み合わせ試験およびフライトモデルの製造・試験フェーズへの移行は可能と判断。
- システムレベルの試験として、**TTM/MTM試験及び一次噛み合わせ試験**を実施。
 - 探査機の熱試験モデル(TTM)及び構造試験モデル(MTM)を使用した開発試験を行った。
 - 一次噛み合わせ試験を実施。探査機バスシステムと各ミッション機器を接続させて、お互いが機械的・電気的および通信インタフェース仕様を満足する事を確認。
- 2022年10月に豪州で行われた**日豪首脳会談にて、MMXカプセルの豪州着陸への支援が確認**され、共同声明として発表された。

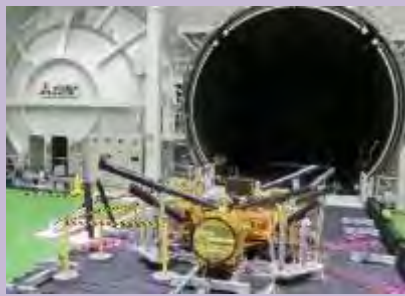
一次噛み合わせ試験



MMX探査機バスとミッション機器とのI/F確認試験 (写真はMIRS分)

MIRS: 近赤外分光計 (CNES提供)

探査モジュール熱真空試験



探査モジュール、ミッション機器TTMとスペースチェンバー

TTM: Thermal Test Model

日豪首脳会談



MMXカプセルの豪州着陸への支援について確認

海外含むF2Fサイエンス会合再開



リモートセンシングとサンプル分析のチームが協力検討を進める事を確認 (2022年11月 @ 相模原)

1. 各プロジェクトの進捗状況



(1) 開発中（工程表記載あり）

■ 公募型小型計画

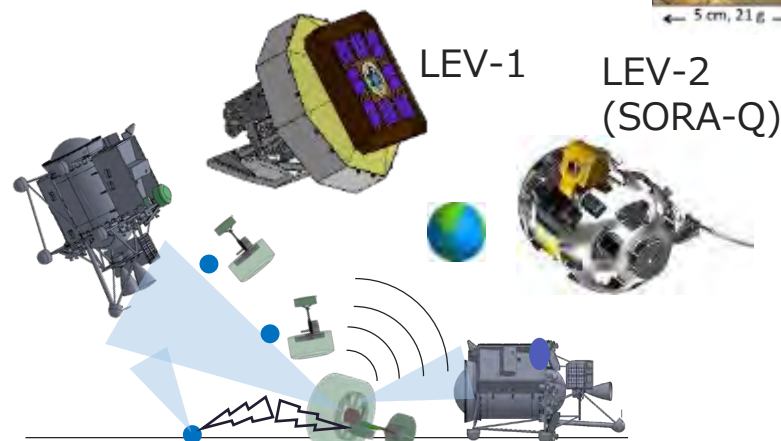
③ 小型月着陸実証機（SLIM）

- 2023年度打上げへ向け、探査機システム（フライトモデル）が組みあがった。
- 追跡管制隊を2022年12月に編成、**開発完了審査を2023年1～2月に実施し、開発が完了した。**
- 小型プローブ「LEV-1」、タカトミー/ソニー/同志社大とJAXAで共同開発された超小型月面ロボット「LEV-2」(SORA-Q)、NASAから搭載を依頼された超小型リフレクタ（LRA）についても、フライトモデルを受領し搭載済み。
- H3ロケット試験機1号機の原因究明活動を進めており、今月(3月)からH-IIAロケットの打上げ準備作業開始は困難、H-IIAロケットへの詳細な影響評価を行った上で次の打上げに臨む計画。具体的な打上げ時期については、次の月軌道投入可能期間となる本年8月以降で調整を行う予定。



SLIM探査機のフライトモデル

LRA(Laser Retro-reflector Array / NASA)
太陽電池パネルの脇に搭載予定



着陸直前に分離される予定の「LEV-1」「LEV-2」

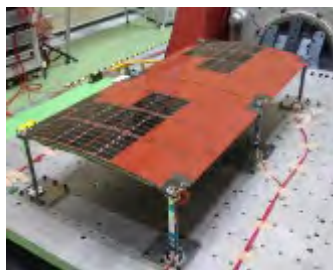
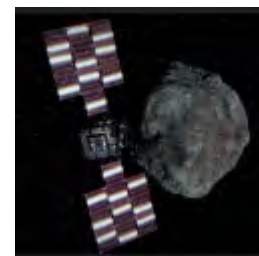
1. 各プロジェクトの進捗状況

(1) 開発中 (工程表記載あり)

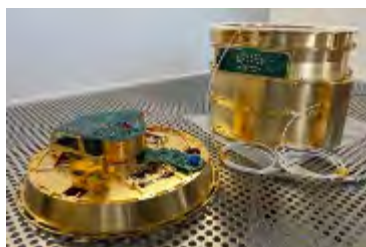
■ 公募型小型計画

④ 深宇宙探査技術実証機 (DESTINY+)

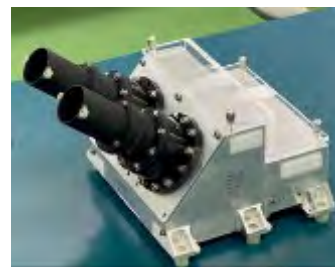
- 2024年度にイプシロンSロケットによる打上げを予定。
- 2021年5月にプロジェクト移行し、現在詳細設計中。
- 探査機/キックステージの各サブシステム基本設計審査 (PDR)、両システムPDR、及び運用/地上PDR、それらを踏まえた**基本設計審査 (PDR) を2022年10月～12月に実施。**開発中のイプシロンSロケットとのインターフェース条件の確認審査会を別途予定。
- イプシロンSロケットの開発が並行実施中であり、打上時環境条件調整等を調整中。



薄膜軽量太陽電池部分試作EM (要素試験) の振動試験



Dust Analyzer 開発モデル



広角多波長カメラ EM



ミッションデータ処理装置 EM

年度	R2 (2020)	R3 (2021)	R4 (2022)	R5 (2023)	R6 (2024)
マイルストーン	▼SRR	▼SDR	▼システムPDR	▼システムCDR	▼PQR/PSR
探査機システム	概念/予備設計	基本設計	詳細設計	維持設計	射場
				インテグレーション/システム総合試験	運用
実証・ミッション機器	EM設計/製造/試験		PFM/FM製造	FM試験	
キックステージ	概念設計	基本設計	詳細設計	PFM/FM製造	
				地上	システム試験

1. 各プロジェクトの進捗状況



(1) 開発中（工程表記載あり）

■ 戦略的海外共同計画

・木星氷衛星探査計画（JUICE）

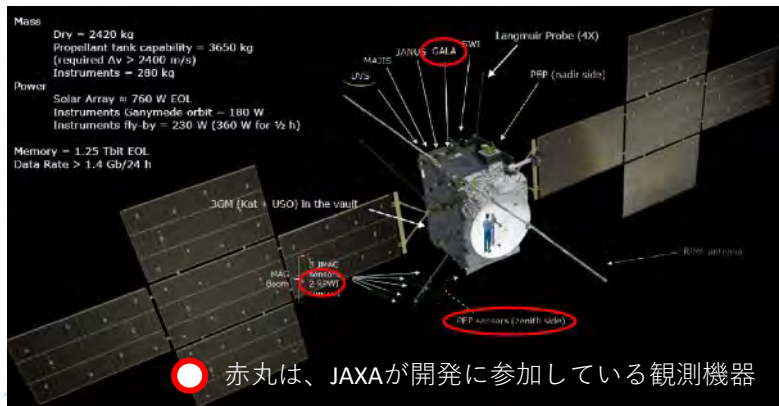
ESA（欧州宇宙機関）が主導する大型木星氷衛星探査計画であり、欧州各国をはじめ、日本や米国が参加する史上最大級（※）の国際太陽系探査計画。ESAへ観測機器を引渡し済。2023年4月の打上げに向けて南米ギアナクール射場において射場整備中。2031年木星系到着予定。※打上時重量約6トン、総開発費約1200億円。

・二重小惑星探査計画（Hera）

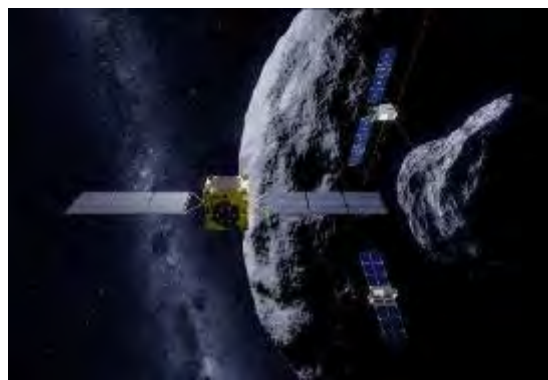
ESAが主導する地球近傍の二重小惑星の探査計画。JAXAははやぶさ2以降強みとする熱赤外カメラを提供する。2024年度に打上げ予定。NASAの小惑星に探査機をぶつけて軌道を変えるミッション「DART計画」が衝突した小惑星の探査を行い、DARTと連携し、史上初の本格的な宇宙防災「プラネタリ・ディフェンス」の実証を行うとともに、惑星の形成・進化の過程の理解に迫ることを目指す。2023年度にフライトモデルをESAへ引き渡し予定。

・広視野赤外線サーベイ宇宙望遠鏡（Roman）

NASAが主導するジェームズウェーブ宇宙望遠鏡（JWST）に続く大型望遠鏡計画。NASAへのコロナグラフ装置光学素子提供に向けて開発中。当該素子はNASAに送付しフライト品として試験実施中。また、科学データ受信協力のため美笹深宇宙探査局のK帯受信機能整備を進めている。



赤丸は、JAXAが開発に参加している観測機器



Hera



Roman

1. 各プロジェクトの進捗状況

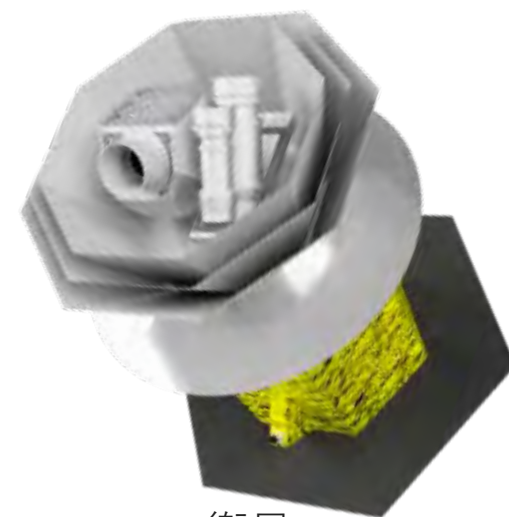
(2) プロジェクト化準備中

■ 戦略的中型計画

① 宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星 (LiteBIRD) (工程表記載あり)

- 工程表を遵守すべく、ミッション定義活動を実施中。
- 海外機関とはフランス宇宙機関 (CNES)、カナダ宇宙庁 (CSA) と協定を締結。国内においては、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) (量子場計測システム国際拠点 (QUP) を含む)、東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構 (Kavli IPMU)、岡山大学との協力協定を締結。
- 衛星メーカーによるシステム概念検討、仏CNES等と協力したミッション部の熱・構造、インタフェース設計、および、低周波望遠鏡の光学設計などを進めた。また、2Kジュールトムソン冷凍機の総合実証が進捗中 (技術のフロントローディング)。今後、ミッション定義審査を予定。

年度	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
マイルストーン			▲ MDR	▲ SDR	▲ PDR		▲ CDR		▲ 打上げ
人工衛星 (システム・バス)	概念検討	概念設計 計画決定	基本設計	詳細設計	PFM製作試験				
人工衛星 (ミッション部)	概念検討		設計 開発モデル製作・試験			PFM製作 試験			
	技術のフロントローディング (長寿命機械式冷凍機、放射断熱シールド等)								
	低周波焦点面検出器 (KEK)								
国際協力	中高周波望遠鏡 (CNES)								



LiteBIRD衛星

1. 各プロジェクトの進捗状況



(2) プロジェクト化準備中

■ 公募型小型計画

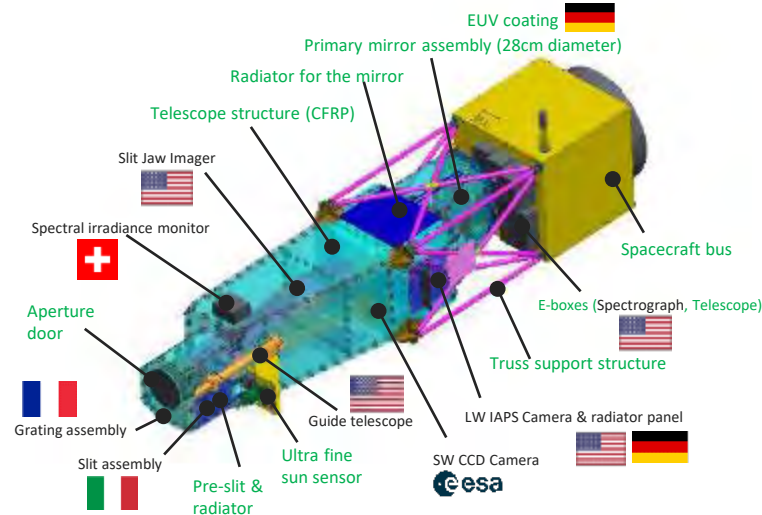
② 高感度太陽紫外線分光観測衛星「SOLAR-C」(工程表記載あり)

- ミッション定義審査 (MDR) & プロジェクト準備審査を経て、2022年11月にプリプロジェクトへ移行。システム要求審査 (SRR) を2022年12月に実施し、**ミッション部取りまとめとして三菱電機株式会社、システム取りまとめとして日本電気株式会社を選定した。**
- 今後のシステム定義審査 (SDR) & プロジェクト移行審査等に向けて検討を進めている。

年度	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
マイルストーン		▲ ▲ MDR SRR	▲ ▲ SDR PDR		▲ CDR			▲ 打上げ
人工衛星 (システム・バス)	概念検討	概念設計 計画決定	基本設計	詳細設計	PFM製作試験			
人工衛星 (ミッション部) EUVST望遠鏡部	概念検討	設計・開発モデル 製作・試験		PFM製作 試験		EUVST全系 組立試験		
国際協力 分光器/撮像系 コンポーネント	概念検討	設計・開発モデル 製作・試験		PFM製作 試験				

開発体制(国際協力)

日本担当: 緑



日本が衛星・望遠鏡を担当することでミッションを主導し、国際協力機関から分光器/撮像系コンポーネントの提供を受けて観測装置EUVSTを構築する。



1. 各プロジェクトの進捗状況



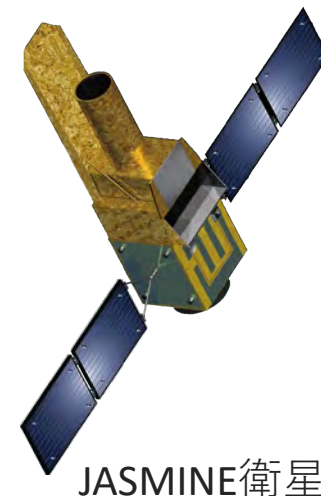
(2) プロジェクト化準備中

■ 公募型小型計画

③ 赤外線位置天文観測衛星 (JASMINE) (工程表記載あり)

- 技術のフロントローディングによる赤外線検出器の先行開発を活用しつつ、プロジェクト化と開発着手を検討中。2023年度のミッション定義審査 (MDR) を予定。
- 望遠鏡・衛星システムの成立性について概念検討を実施中。検出器サブシステムについてFY2021の成果を踏まえてセンサチップを試作中。検出器駆動・データ取得系はメーカ委託でBBM開発中、熱構造冷却系はISAS・国立天文台 (NAOJ) で検討中。

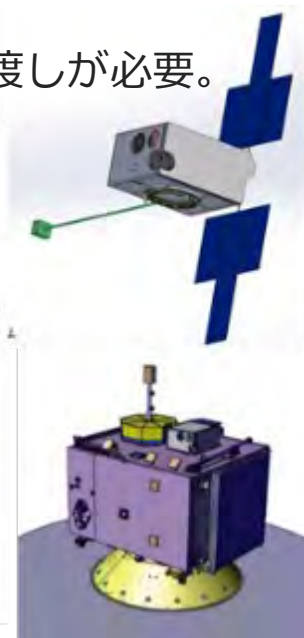
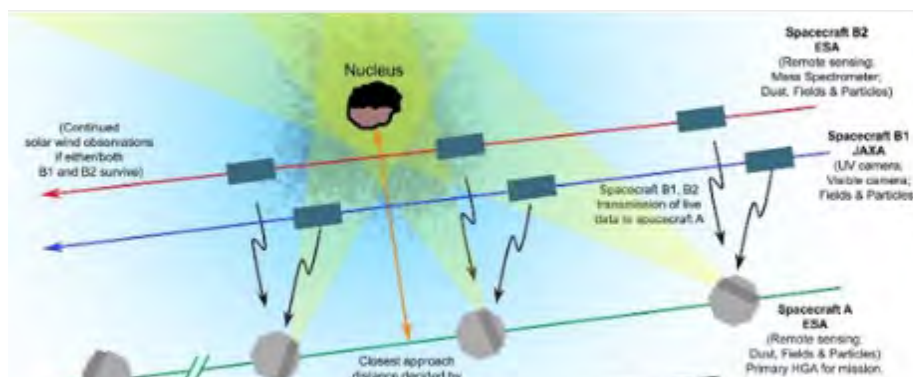
年度	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
マイルストーン			▲ MDR	▲ SDR	▲ PDR	▲ CDR		▲ 打上げ	
人工衛星 (システム・バス)	概念検討		概念設計 計画決定	基本 設計	詳細設計	PFM製作 試験			
人工衛星 (ミッション部)	概念検討		概念設計 計画決定	設計 開発モデル製作・ 試験		PFM製作 試験			
	技術のフロントローディング (赤外線センサ)								



■ 戦略的海外共同計画

・長周期彗星探査計画（Comet Interceptor）（工程表記載済）

- ・宇宙基本計画工程表（令和4年度改訂）において「**欧州宇宙機関が実施する長周期彗星探査計画（Comet Interceptor）への参画に向けた検討を進める。**」と記載された。
- ・太陽系形成初期の始原的な特徴を残す**長周期彗星（あるいは恒星間天体）を世界で初めて直接探査するESA主導ミッションへ参画**する。2029年度打上げ予定。3機の探査機のうち子機の超小型探査機1機をESAへ提供し、搭載した可視カメラ、水素コロナ撮像器、プラズマ計測パッケージにより観測を行う。
- ・次期戦略的中型計画の候補として検討中の次世代サンプルリターンミッションをはじめとする今後の深宇宙探査機に必要な先行技術の獲得を図ることも目的。
- ・2022年7月にミッション定義審査（MDR）及びシステム要求審査（SRR）を完了。所内プリプロジェクトへ移行した。
- ・**2022年12月にシステム開発メーカーとしてベンチャー企業株式会社アークエッジ・スペースを選定・契約。**
- ・**2023年3月よりシステム定義審査（SDR）を実施中。**
- ・日本が開発する子機のフライトモデルを2026年度にESAに引き渡しが必要。



Comet Interceptorミッションのイメージ図
（左：3機の探査機による彗星フライバイ観測、右上：日本が提供する超小型探査機（子機）、右下：母探査機に搭載された2台の子機）

2. Comet Interceptorの計画検討状況について



ミッションの科学目的

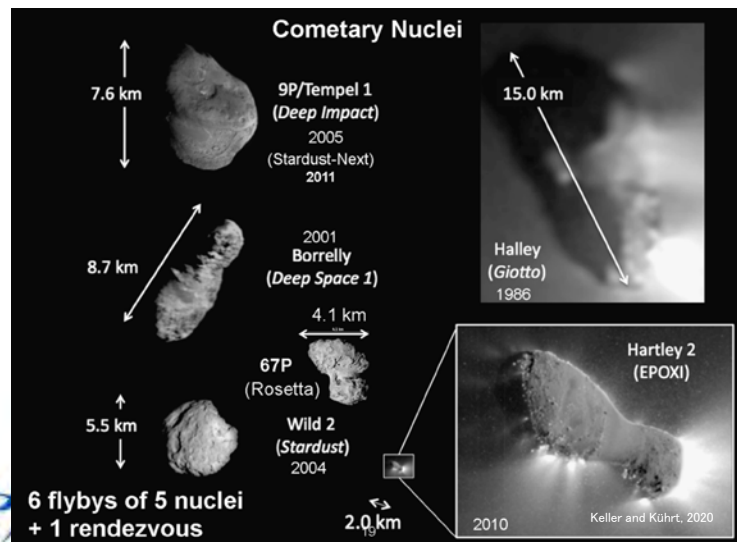
Comet Interceptorは、世界で初めて長周期彗星（或いは恒星間天体）をターゲットとし、同時多点観測を駆使して彗星核と彗星コマの観測を行うミッションであり、以下の2つの科学目的を設定している。

科学目的 1

彗星核の科学：彗星核の真に始原的な特徴の解明

彗星は原始太陽系において形成された微惑星のサンプルである。微惑星の起源と進化、そして原始太陽系環境を理解するため、これまで探査機による彗星近接撮像が行われてきた。しかしながら、過去の探査はいずれも短周期彗星（周期<200年）がターゲットであったため、核表層の特徴が始原的なものなのか、太陽回帰を繰り返す中で後天的に獲得したものなのか、この切り分けが困難であった。

Comet Interceptorは、長周期彗星を探査することで彗星核の真に始原的な特徴を抽出する。

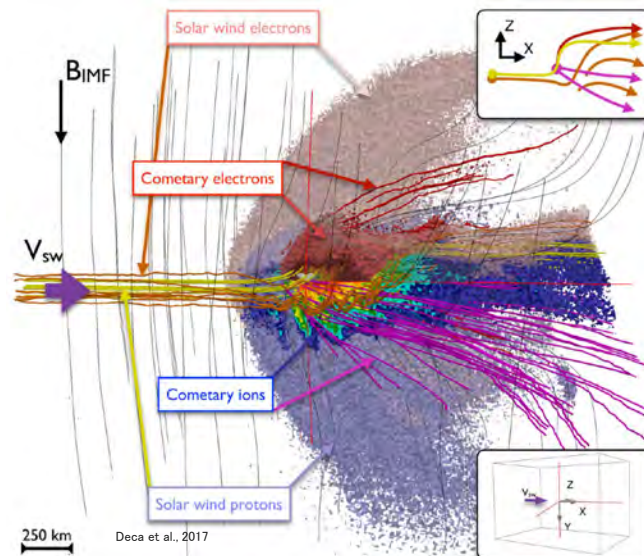


科学目的 2

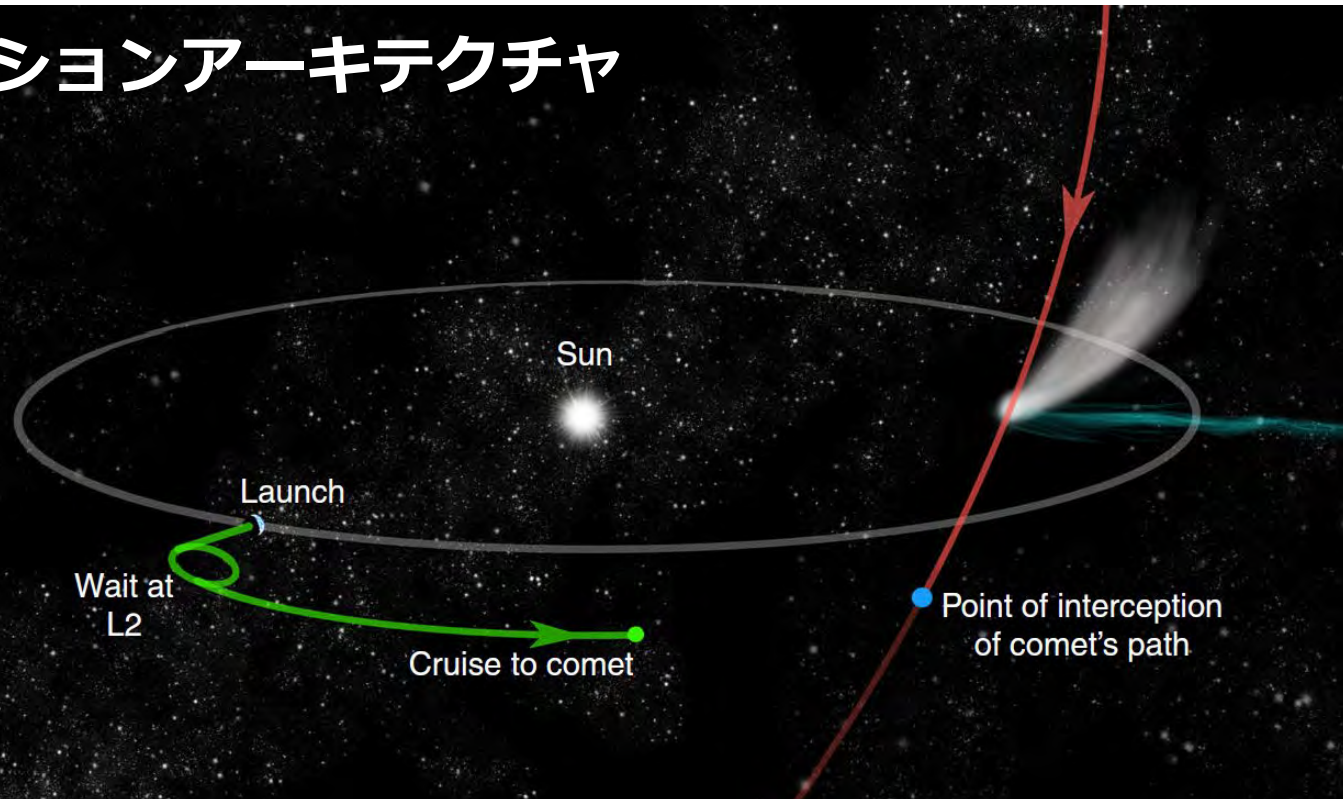
彗星コマの科学：彗星コマと太陽風の相互作用の解明

彗星はダスト・ガスから成るコマを形成し、さらにガスの一部はプラズマ化されて弱電離プラズマとして太陽風と相互作用する。このコマのダイナミックな物理・化学過程を理解するため、これまでフライバイ・ランデヴー探査によるその場観測が行われてきた。しかしながら、過去の探査はいずれも1機の探査機によるものであり、プラズマの空間構造と現象の時間発展の切り分けが困難であった。

Comet Interceptorは、同時多点観測によって、彗星コマ・太陽風相互作用の空間構造・時間発展を解明する。



ミッションアーキテクチャ



[Snodgrass&Jones 19]

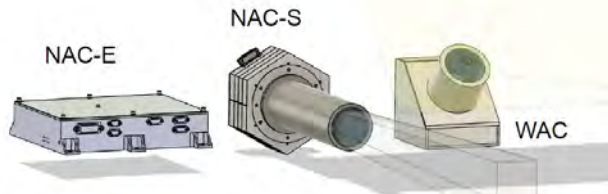
- 打ち上げ (2029年)
- パーキング @ 太陽-地球系第2ラグランジュ点 (SEL2) (<3-4 年)
- クルーズ (~1-1.5 年)
- フライバイ (<0.5 年) : 1-3日前に親機・子機分離
- 最接近距離 : 500-1,000 km
- 相対速度: 10-70 km/s

2. Comet Interceptorの計画検討状況について

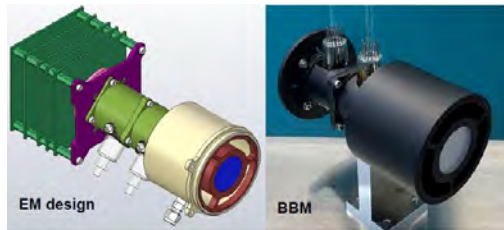


日本からの参加形態：ISASが取りまとめ。開発協力機関として、東京大学、立教大学、京都産業大学、京都大学等が協力。

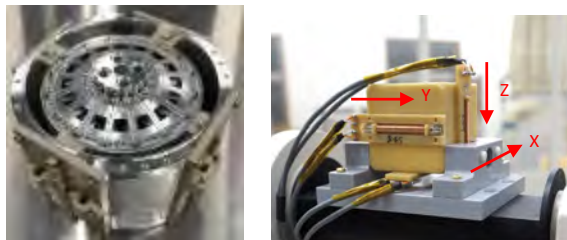
NAC/WAC (可視カメラ)



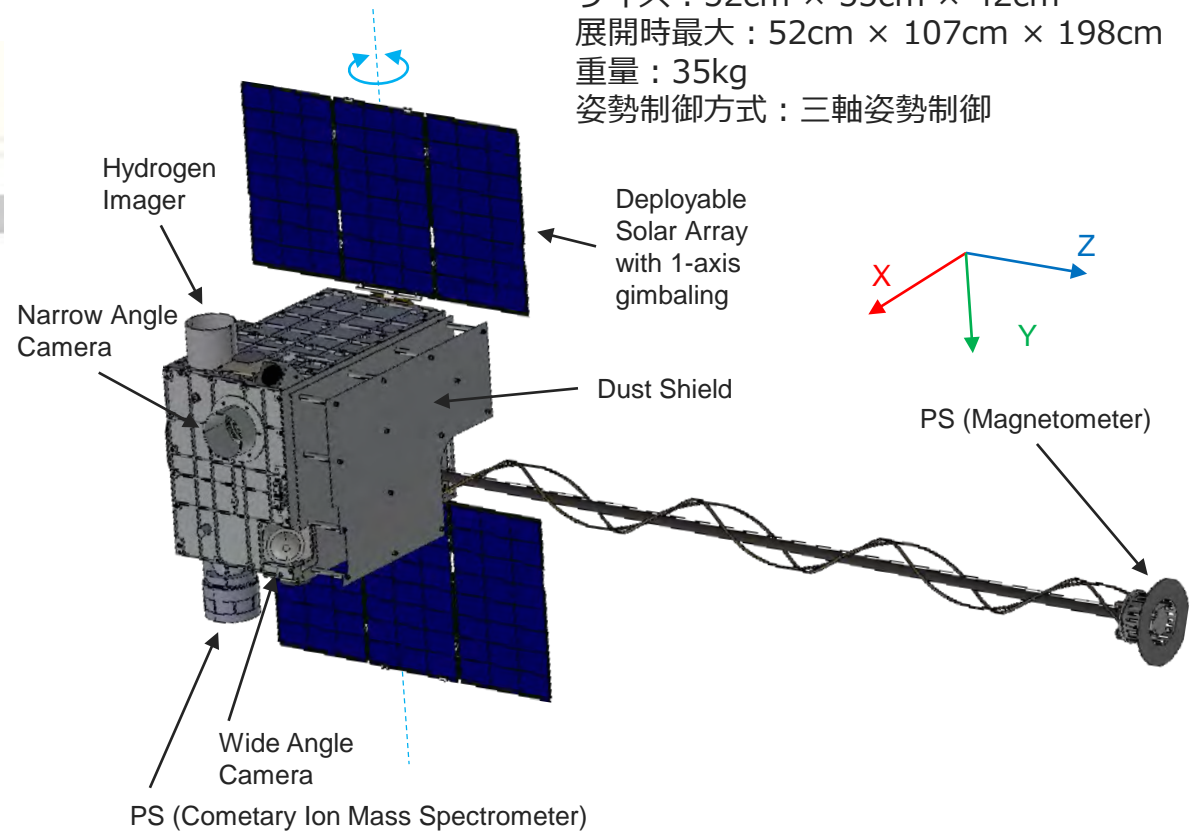
HI (水素コロナ撮像器)



PS (プラズマ計測パッケージ)



サイズ：52cm × 55cm × 42cm
展開時最大：52cm × 107cm × 198cm
重量：35kg
姿勢制御方式：三軸姿勢制御



3台の探査機 (S/C A, B1, B2)のうち、子機の1台 (B1 : 24Uクラス) をISASが担当する

- 母船 (S/C A) と子機の1台 (B2) は欧州が担当

可視カメラ (狭角・広角カメラ)、水素コロナ撮像器、プラズマ計測パッケージ (イオン質量分析器と磁力計) を日本の担当する子機に搭載し、彗星の観測を行う



深宇宙探査（太陽系・小天体探査）の日本の戦略

- 日本に「はやぶさ」、「はやぶさ2」で道を切り開いた一方で、欧米中においても小天体探査の取組が活発化。**日本が引き続き世界をリードするには、小天体ミッションの立上げが急務。**
- 小天体へのサンプルリターンの技術で世界をリードする現状の立場を橋頭保に、**戦略的中型クラスで、生命惑星・地球の成り立ちを物語る「始原性」を有する天体からのサンプル獲得の実現**を目指す。
- 加えて、DESTINY+、Comet Interceptorを通じて蓄積する技術を活用し、**小型・超小型機を活用したフライバイ探査をタイムリー・高頻度**に実現、小天体が多様であることに対応。超小型機開発では先進的な技術移転等、産業界の育成も図る。

