

戦略的中型計画 2 宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星 (LiteBIRD)

施策の概要・目的

宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星 (LiteBIRD) は、宇宙ビッグバン初期に生じたと考えられるインフレーション宇宙の仮説を実証することを目的として、

- ・人類にとって根源的な知的探求
- ・宇宙誕生の瞬間とは？
- ・宇宙・時空を創る究極理論とは？

「宇宙のインフレーション仮説」

(佐藤勝彦らが提案) 熱いビッグバン以前の宇宙に関する最有力仮説。原始重力波の存在を予言。

- ◆原始重力波はCMBの偏光マップに「指紋」の様な痕跡 (Bモードと呼ばれる渦巻き状の偏光パターン) を残す。
- ◆LiteBIRDはスペースからの観測でのみ可能な「指紋」の全天精査を行い、インフレーション仮説を徹底検証する。



期待される成果と効果

- 時空の量子揺らぎによる原始重力波を検出
- (強度パラメータ (テンソル・スカラー比) の決定)
 - インフレーション仮説の検証
 - 量子重力理論 (超弦理論) の検証
- 銀河の磁場構造、星間ダスト等の物理の飛躍的發展

主要諸元 (検討中の一案)

開発機関: JAXA

打上げロケット: H3

主要諸元

質量: 約2600kg (推進薬含む)

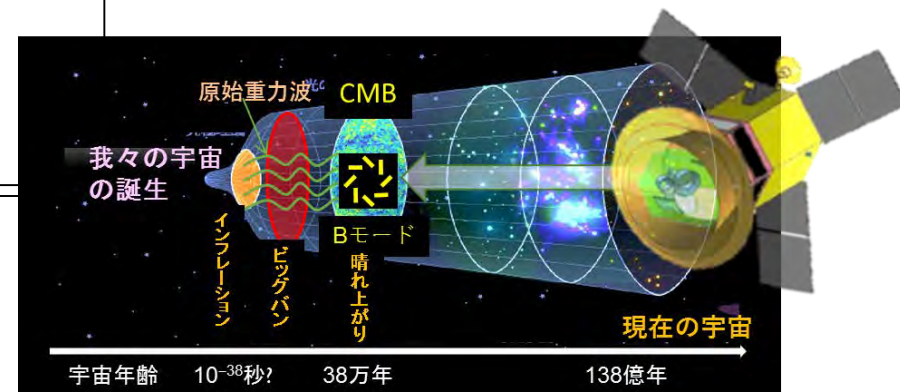
電力: 3 kW

軌道: 太陽-地球第2ラグランジ点、リサージュ軌道

主な観測装置: 極低温ミリ波偏光望遠鏡

広視野~20度、温度5K (-268度)

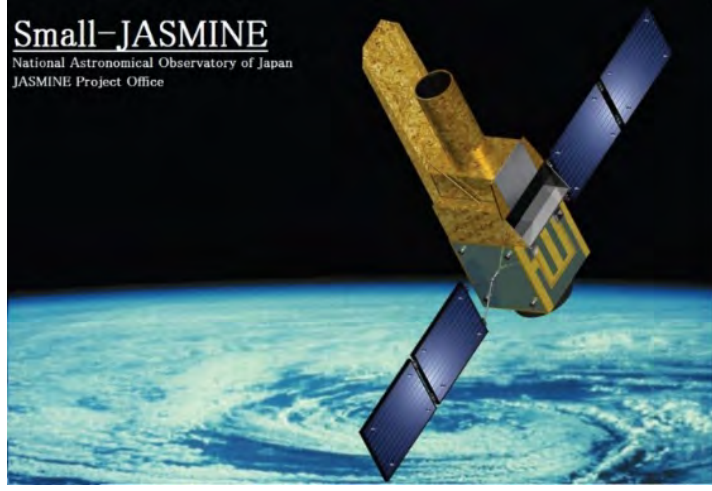
観測期間: 約3年間



公募型小型計画3 赤外線位置天文観測衛星(小型JASMINE)

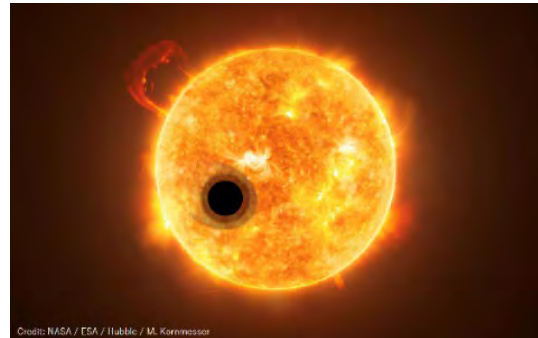
科学目標・施策の概要

- 科学目標：惑星が形成され生命が誕生した天の川銀河は、その誕生時にできた古い星から最近できた若い星まで様々な星が中心部に集中して存在する。その中心部＝「中心核バルジ」内の今までは観測困難だった星の年齢に依存する運動の多様性を調べる。これにより、天の川銀河の最初にできた構造やその後太陽系の移動を引き起こす原因となる多様な構造が生まれ進化していく過程を明らかにし、太陽系の誕生した現場と天の川銀河内を移動してきた軌跡に関する研究の進展に貢献する。さらに、生命の痕跡となりうる大気分子を探索しやすい「太陽より小さく低温の恒星を周る地球型惑星」を恒星光の時間変動から見つけ出す。
- 施策概要：近赤外線帯域(Hwバンド：1.1～1.7μm)で、天の川銀河（銀河系）の中心核バルジ領域の星の年周視差（地球公転に伴う天球面上での星のみかけの位置変化）や固有運動（星が独自に運動することに伴う天球面上での星の角速度）といった位置天文情報を世界で初めて高精度に求める。年周視差からは星までの距離が、固有運動からは星の視線方向に垂直な速度成分が求まり、天の川銀河の歴史を紐解くために必要な星の距離と運動の情報をカタログとして公開する。また、位置天文観測で達成される高精度な測光能力を活かし、太陽より小さく低温の恒星周りの生命居住可能領域にある地球型惑星の探索を行う（惑星が恒星の前面を通過する際に恒星からの光が減光されるトランジット現象を観測する）。



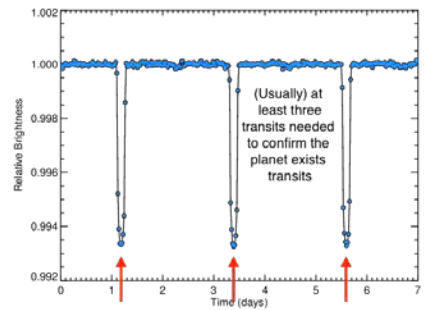
期待される科学的目標

- 中心核バルジに今も存在する様々な年齢をもつ星の空間分布と運動分布により、中心核バルジの力学構造とその歴史を理解する（銀河中心考古学）。それをもとにバー構造等の銀河系主要構造の形成史の知見を得る。具体例としては、中心核バルジ内の中心核ディスクの形成時期を求め、バー構造の形成時期に強い制限を与える。また、銀河系が誕生した際の中心核バルジ領域の力学構造や、中心に存在する巨大ブラックホールの成長過程に関する知見を得る。
- 太陽系の移動を引き起こす原因となるバー構造の形成時期が明らかになると、太陽系が誕生した場所や銀河系内を移動してきた軌跡を明らかにする研究が飛躍的に進展する。
- 生命居住可能領域にある地球型惑星が見つかり、実際に生命探査が開始できる。



主要諸元（検討中の一案）

- 開発主体：JAXA
- 打上げロケット：イプシロンロケット
- 主要諸元
 - 質量：約400kg（推進薬含む）
 - サイズ：約1.6m×1.4m×3.6m
 - 軌道：地球周回太陽同期軌道 高度>約550km
 - 主な観測装置：赤外線撮像望遠鏡（地上局はESA協力、赤外線検出器は米国協力）
 - 観測期間：約3年間



小規模プロジェクト(戦略的海外共同計画)(JUICE)

(Jupiter Icy Moons Explorer)

木星氷衛星探査計画
ガニメデ周回衛星

施策の概要・目的

- 欧州宇宙機関(ESA)が2012年5月に選定したLクラス計画である木星氷衛星探査計画「JUICE」に我が国も参画し、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。
- 木星周回軌道から木星系(磁気圏、木星大気、エウロパ(木星の第2衛星)・カリスト(木星の第4衛星)のフライバイ観測)の観測を実施し、太陽系最大の氷衛星であるガニメデ(木星の第3衛星)周回軌道投入後はガニメデ精査を実施する計画。
- JAXAは、11の搭載観測機器のうち3つの機器(RPWI, GALA, PEP/JNA)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(JANUS, J-MAG)のサイエンスCo-I(科学共同研究者)として参加。宇宙科学・探査ロードマップにおける小規模プロジェクトとして、海外の大型ミッションにジュニアパートナーとして参画することで、効果的・効率的に実施。

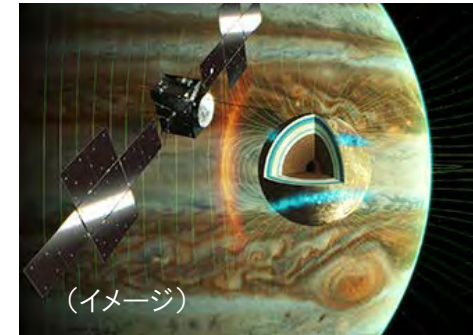
期待される効果

【プロジェクト全体の成果・効果】

- ・系外惑星の形成の理解につながる普遍的惑星形成論の確立
- ・地球外生命探査につながる生命存在可能領域形成条件の理解
- ・太陽系最強の粒子加速器である木星磁気圏を用いた宇宙粒子加速の理解

【我が国が参加により得られる成果・効果】

- ・日本の惑星科学分野からハードウェア提案を含めて国際協力計画に参加することにより、外惑星探査に関わる技術を獲得し、かつ、日本の惑星科学コミュニティが「巨大ガス惑星系の起源と進化の理解」や「氷衛星地下海の形成条件の解明」等の科学的成果を獲得できる。
- ・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。



JUICE

巨大ガス惑星系の
起源と進化

氷衛星地下海の
形成条件

太陽系最強の
加速器木星磁気圏

日本からの参加形態

RPWI(プラズマ波動) PEP/JNA(プラズマ粒子)

日本が世界に誇るプラズマ計測技術を用いた**ハードウェア提供**
GALA(レーザー高度計)

日本が持つ固体惑星観測技術を活かした**ハードウェア提供**
JANUS(カメラ) J-MAG(磁力計)

日本の惑星科学の研究成果が認められた**サイエンス参加**

基礎データ

探査機主要諸元

- ・重量:2,400kg(ドライ)、5,300kg(推進薬含む)
- ・電力:約180-230W

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)

国際水星探査計画「ベピコロンボ(BepiColombo)」の概要・運用状況

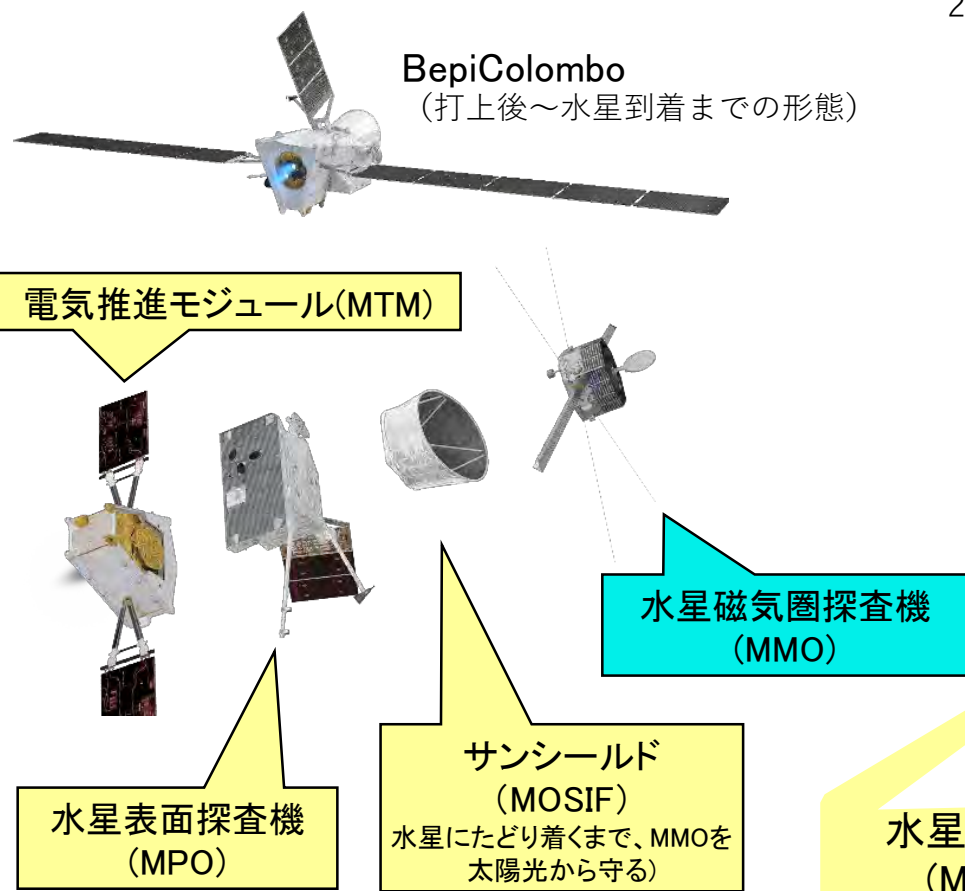
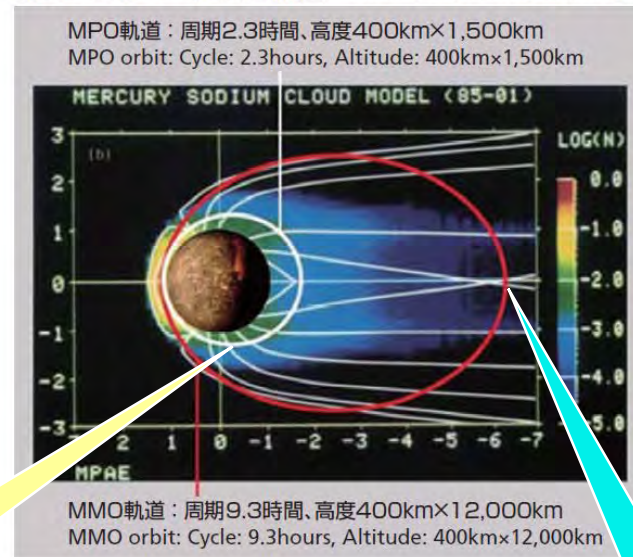
国際水星探査計画「ベピコロンボ(BepiColombo)」は、JAXA担当の水星磁気圏探査機「みお」(MMO: Mercury Magnetospheric Orbiter)と欧州宇宙機関(ESA)担当の水星表面探査機(MPO: Mercury Planetary Orbiter)の2つの周回探査機で水星の総合的な観測を行う日欧協力の大型ミッションである。

今後の予定は、2020年10月と2021年8月に金星フライバイを実施する。

2機の探査機が水星を周回

- ・ **宇宙航空研究開発機構(JAXA)**は水星磁気圏探査機(MMO)を担当
- ・ **欧州宇宙機関(ESA)**は表面探査機(MPO)他を担当

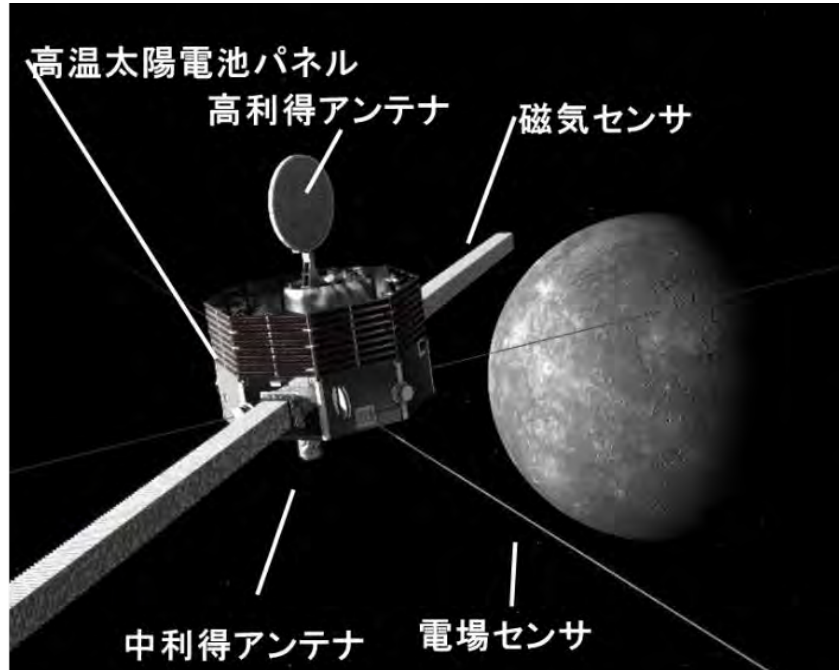
MMOとMPOの予定軌道 / Planned Orbits of MMO and MPO



水星表面探査機(MPO)軌道

水星磁気圏探査機(MMO)軌道

水星磁気圏探査機MMO「みお」の概要



目的と役割	<ul style="list-style-type: none"> 固有磁場の解明: 水星周辺の磁場を高い精度で計測し、惑星磁場の成因を探る。 地球と異なる特異な磁気圏の解明: 水星磁気圏の構造や運動を観測し、地球と比較して惑星磁気圏の普遍性と特異性を明らかにする。 水星表面から出る希薄な大気の解明: ナトリウムを主成分とする希薄大気の大規模構造・変動を観測し、その生成・消滅過程を探る。 太陽近傍の惑星間空間を観測: 地球近傍では見られない太陽近傍の強い衝撃波を観測し、そのエネルギー過程を解明する。
質量	全重量: 約255kg、観測装置: 約44kg
軌道	水星周回極楕円軌道、近水点高度: 約590km、遠水点高度: 約11,600km、軌道周期: 約9.5時間
概観	<ul style="list-style-type: none"> ・スピン衛星(15rpm)、水星の赤道面にほぼ垂直の姿勢 ・直径1.8mの円に内接する八角柱形状、高・中利得アンテナを含め高さ約2.4m(側面パネルの高さは1.06m) ・2組の5m伸展マスト(磁場観測用)、2対の15mアンテナ(電場観測用)を持つ

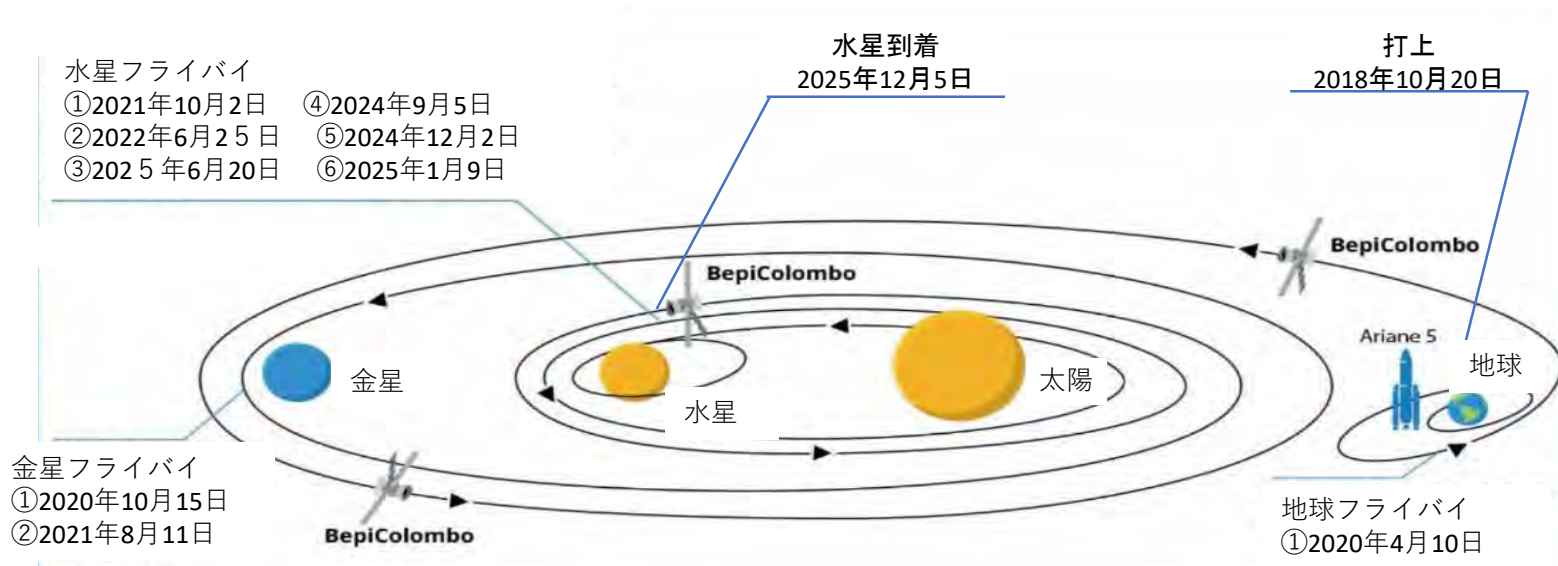
搭載される科学観測装置	・プラズマ/粒子観測装置: MPPE (Mercury Plasma Particle Experiment) 水星本体および磁気圏・内部太陽圏の電子/イオン、高速中性粒子の密度・速度・温度・エネルギー分布と組成を計測
	・磁場計測装置: MGF (Magnetic Field Investigation) 水星本体起源磁場、水星磁気圏・内部太陽圏磁場を計測
	・プラズマ波動・電場観測装置: PWI (Plasma Wave Investigation) 水星磁気圏と内部太陽圏を電場・電磁波動・電波で観測するとともに、電子密度・温度を計測
	・水星ダスト計測器: MDM (Mercury Dust Monitor) 水星本体・内部太陽圏・恒星間からのダストを検出
	・水星大気分光撮像装置: MSASI (Mercury Sodium Atmosphere Spectral Imager)

打上げから水星到着まで

打上げから水星到着までの主なイベント

年	Fy2018			Fy2019			Fy2020	Fy2021	Fy2022	Fy2023	Fy2024	Fy2025	Fy2026	Fy2027	Fy2028
月	10	11	12	1	2	3									
	Launch and Early Orbit Phase						Mercury Approach Phase								
	NECP ※			Interplanetary Cruise Phase									Mercury Orbit Phase		
マイルストーン	△打上げ						△地球フライバイ1 (2020/4/10)			△水星フライバイ4 (2024/9/5)					
全体スケジュール							△金星フライバイ1 (2020/10/15)			△水星フライバイ5 (2024/12/2)					
							△金星フライバイ2 (2021/8/11)			△水星フライバイ6 (2025/1/9)					
							△水星フライバイ1 (2021/10/2)			△水星到着(2025.12.5)					
							△水星フライバイ2 (2022/6/23)			分断・伸展			初期チェックアウト		
	※Near Earth Commission Phase									△水星フライバイ3 (2023/6/20)			観測(ミサ)		
													観測(オプション)		

打上げから水星まで、電気推進と9回の惑星フライバイ（地球1回、金星2回、水星6回）を経て、約7年かけて到着する。



MMXフロントローディングについて

開発全体のリスク低減を目指し、新規性の高い重要技術について先行的に研究開発・実証を行うためMMXで初めて導入。**開発移行後の技術/コスト/スケジュールリスクを抑制**した、実現性の高い確実な計画として結実。

MMXフロントローディング

1. 重力天体着陸・表面探査技術の開発

往路モジュール開発: 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。

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)

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。



フォボス表面シミュレーション画像



コアラー試作・試験

2. ミッション部成立性確認

再突入力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。FY2018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。

3. 探査機システム成立性確認

FY2018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。



探査機システム検討

➤ 技術のフロントローディング実施計画

技術領域	選定理由	想定される ミッション	具体的な研究内容
①超小型探査機技術	日本の強み、波及効果	今後の公募小型ミッション(小型JASMINE等)、火星到達ミッション、木星圏到達ミッション、土星圏到達ミッション等	<ul style="list-style-type: none"> ・超小型衛星システム技術 ・バス/観測機器の超小型/超低消費電力化
②輸送システム技術	日本の強み	月/火星のローバ、サンプルリターンミッション、OKEANOS等	<ul style="list-style-type: none"> ・再突入帰還飛行技術 ・柔軟エアロシェル技術 ・深宇宙航行技術 ・サンプルリターンカプセル技術 ・ローバ技術
③月惑星探査機技術			
④天体表面活動技術			
⑤宇宙用冷凍機技術 宇宙観測技術の高感度化、冷凍機の高性能化	日本の強み	LiteBIRD、SPICA、Athena、赤外線干渉計ミッション等	<ul style="list-style-type: none"> ・低擾乱化 ・長寿命化 ・大冷却能力 ・連続運転