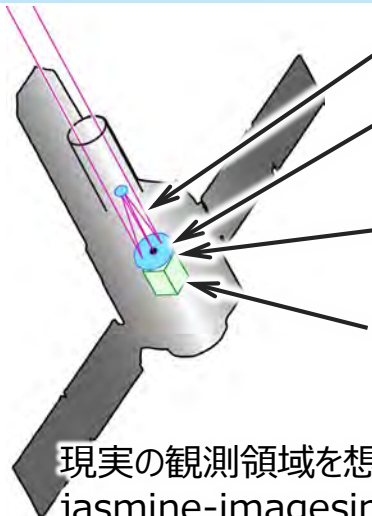


赤外線位置天文観測衛星「JASMINE」検討状況 (1) 検討チームによる「総点検」

- 観測シミュレーションソフトウェアによる系統的な調査から望遠鏡口径・観測波長域を最適化した。

観測シミュレーションソフトウェア jasmine-imagesim

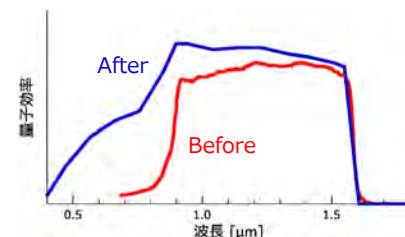
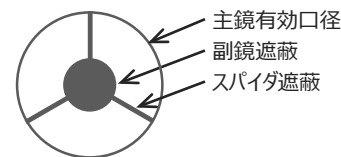


- 主鏡有効口径(34-40cmの範囲を設定)、副鏡遮蔽、スパイダ遮蔽を考慮。
- 光学設計から決定した焦点距離(4369mm)、開発中の2k×2k赤外線センサを想定したピクセルサイズ(10 μ m)、検出器ピクセル間の感度ムラを設定。
- 光学系の反射効率、フィルター効率(カットオン波長は0.9-1.1 μ mの範囲を設定、カットオフ波長は1.6 μ mで固定)、赤外線センサの量子効率を最新情報に更新。
- 衛星の姿勢安定度が星像形状に与える影響を考慮。「ひさき」「ひので」の実績値をもとに仮定。

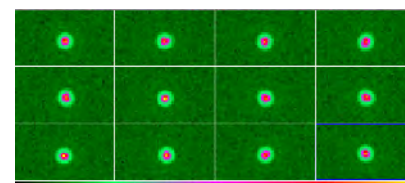
現実の観測領域を想定した観測模擬データを作成して、そのデータに対して jasmine-imagesim による解析を行い、星像位置決定精度を評価した。

光子数を稼ぐこと、星像をシャープに最適化することが重要であるため、一般には大口径で広い観測波長域が望ましいが、シミュレーションの結果、星像の位置決定精度を支配する要因は以下の組み合わせであることが明らかとなった。

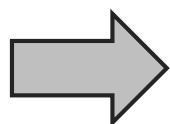
- 星像の回折パターン・波長依存性、衛星の姿勢安定度、検出器ピクセル間の感度ムラ、検出器の読み出しタイミングのずれ



技術のフロントローディングの成果として得られた赤外線センサの性能(量子効率)を反映。



衛星の姿勢安定度によって露出時間中の積分で得られた星像が非対称形状になる効果を考慮。



- 望遠鏡口径は**40cm**→**36cm**に縮小する。
- カットオン波長を1.1 μ m→1.0 μ mに変更して、**観測波長域は1.0-1.6 μ m**とする。

位置決定精度に影響を与える要因に対してはそれぞれ対策を検討中。

口径縮小により望遠鏡バツフルの短縮化およびミッション部の軽量化・低重心化を図り、コスト低減を進める。 10

赤外線位置天文観測衛星「JASMINE」検討状況 (2)

赤外線センサ開発状況

- 技術のフロントローディングとして赤外線センサの宇宙用化を進めている。
- FY2021の成果を踏まえてフライト品と同規模(2k×2k)のセンサチップを試作中。

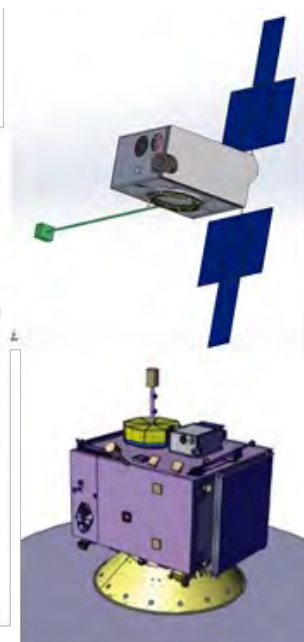
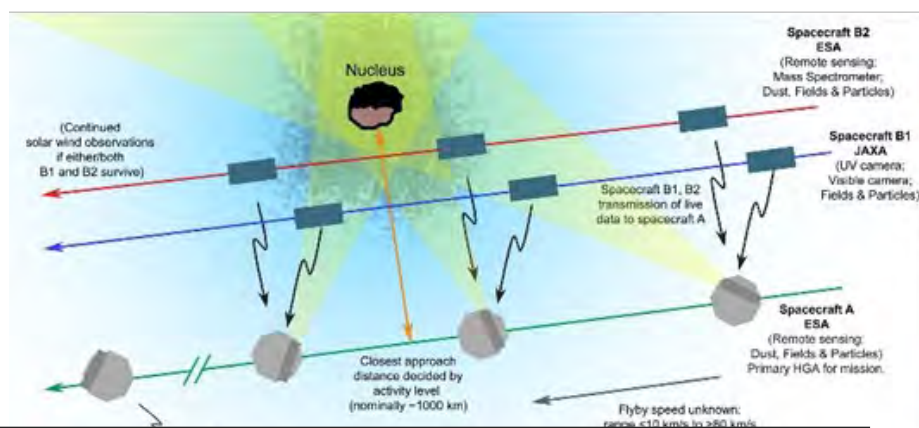
	検出器		冷却系
FY2020以前	1280×1280 -15ピッチ InP基板付、コート有、低ノイズ素子 128×128 -15ピッチInP基板付き、コート有	地上望遠鏡用の回路系	米国 Space Dynamics Laboratory での予備検討あるが詳細は開示されず
FY2021	<ol style="list-style-type: none"> 1. 既存の128×128素子での基板除去とARコート製造パラメータ出し試作 2. 既存素子の放射線耐性試験 3. CMOS ROIC最適化設計 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 搭載を考慮した評価回路検討 2. 検出器試験回路系制作 3. 検出器評価試験Dewar制作 4. 検出特性評価用光源 	<ol style="list-style-type: none"> 1. TEC冷却系の検討 2. 検出器Box熱・構造の検討
<p>済</p> <p>成果物:基盤除去とAR試験試作結果、1920×1920ROIC設計 検討結果:宇宙用回路系の実現性・リソース規模/検出器冷却系概念検討</p>			
FY2022	<ol style="list-style-type: none"> 1. 128×128素子の基板除去・ARコート品の性能確認、冷却試験、放射線耐性試験 2. 1920×1920 ROIC製造 3. 1920×1920 ROIC放射線耐性試験 4. 1920×1920 センサ化試行 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 機上データ処理ソフトウェアの検討・設計 	<ol style="list-style-type: none"> 1. TEC調達・実力値測定 2. 熱接触実測測定 3. フレキシブル熱パス試作・特性測定
<p>実施中</p> <p>成果物:128×128 検出器とその性能試験結果、1920×1920 ROIC、試作品試験回路系、試験Dewar、機上データ処理ソフトウェア検討、冷却系要素試験</p>			
FY2023	<ol style="list-style-type: none"> 1. 1920×1920 ROIC改良版製造 2. 1920×1920 センサ製造・基板除去+反射防止 		<ol style="list-style-type: none"> 1. 検出器Box (TTM) 製造・試験
<p>成果物:1920×1920 検出器 検出器試験系、無擾乱冷却系の設計試験</p>			
FY2024以後	1920×1920 FMセンサ製造	JASMINEプロジェクト用地上較正	

(2) プロジェクト化準備中

■ 戦略的海外共同計画

④ 長周期彗星探査計画 (Comet Interceptor) (工程表未記載)

- ESAとの共同事業。3機構成のうち1機の超小型探査機をISASが担当する。ISASの超小型探査機戦略の先駆的なミッションであり、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での子機としても必要な技術。また、超小型探査機分野でのメーカの育成も目標。
- 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。



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)

SLS搭載超小型探査機プロジェクト (OMOTENASHI/EQUULEUS)

- OMOTENASHI (オモテナシ) : Outstanding MOon exploration TEchnologies demonstrated by NAno Semi-Hard Impactor
- EQUULEUS (イクレウス) : EQUilibriUm Lunar-Earth point 6U Spacecraft

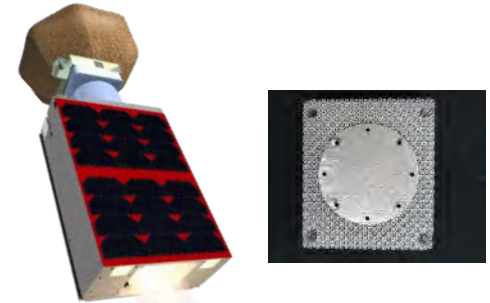
<概要>

- SLS搭載の超小型探査機を2機開発、2021年7月に探査機をNASAへ引き渡し、現在、SLS打上げを待つ状況
- OMOTENASHIの目的：世界最小の探査機での月着陸を目指し、超小型の月着陸技術を開発・実証するとともに、地球から月までの軌道上での放射線環境を測定する。
- EQUULEUSの目的：月の裏側に位置するラグランジュ点への到達を目指し、超小型での軌道変換技術の開発・実証と、月・地球周辺の磁気圏プラズマ、微小隕石・ダストの環境観測を実施する。

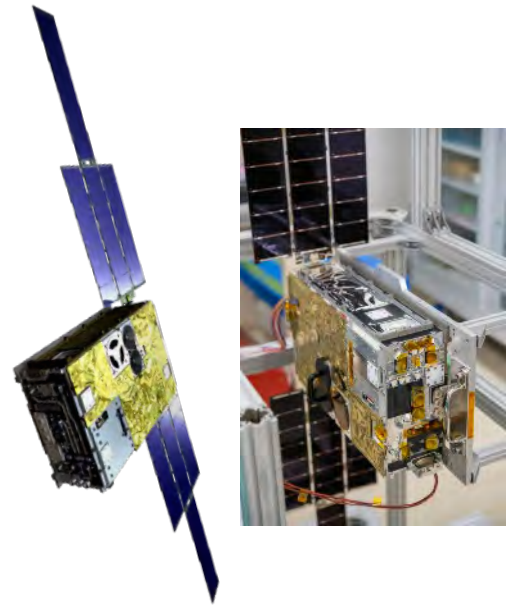
<今後の予定>

- 最早でSLSは2022年9月27日（米国東部時間）の打上げの予定。
- OMOTENASHIは、SLSロケットからの分離後、軌道修正及び固体ロケットによる減速を実施し、打上げの約1週間後にクラッシュブル材を用いて着地衝撃を吸収した月面着陸を予定。
- EQUULEUSは、SLSロケットからの分離後、軌道制御及び複数回の月フライバイを経て、打上げから約1年後（※）にラグランジュ点（EML2ハロー軌道）への投入を予定。

（※）期間は打ち上げ日によって変動



OMOTENASHIの外観イメージ図とクラッシュブル材



EQUULEUSの外観イメージ図と外観
(クレジット：東京大学)

小天体探査戦略にもとづく 太陽系天体のその場観測



遠隔、及び、その場観測による 太陽圏システム探査



多波長の観測ネットワーク による天文・物理観測



太陽系のその場観測・SR計画を 実現する“深宇宙探査船団”構想

<鍵となる技術>

- サンプルリターン技術（日本の強み）
（より遠方（火星以遠）へ、より大きな天体へ確実な往復）
- 超小型探査機による深宇宙航行・探査
（小型アビオ、惑星着陸技術、地上系技術など）
- 深宇宙輸送ネットワーク（キラーコンテンツ）

宇宙観測プラットフォームによる スペース・マルチメッセンジャー構想

<鍵となる技術>

- 軽量・高機能宇宙観測技術
（高性能センサ、軽量望遠鏡技術、精密姿勢制御技術など）
- 冷凍機・熱制御技術（日本の強み）
- フォーメーションフライト技術（キラーコンテンツ）

我が国の強みを生かした世界第一級の日本主導のミッションの実現と、
大型国際共同ミッションへの参加を効果的・効率的に実現

技術フロントローディングの柱と想定適用先ミッションとの関係



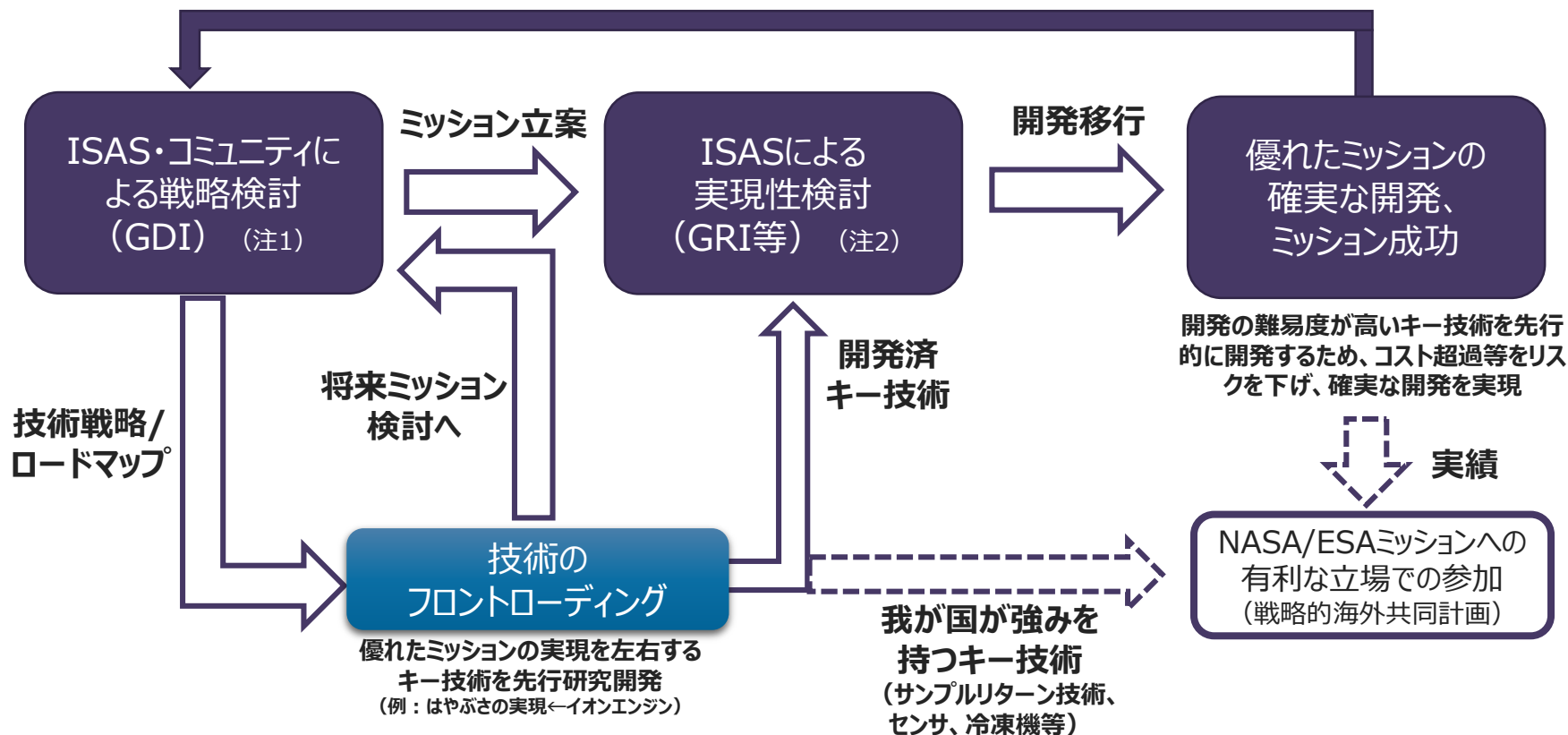
探査・観測の大きなビジョン(宇宙科学・探査ロードマップ) や次期中型計画候補 (今後はGDIの中で行われる議論) の状況を踏まえ、将来の先進的なミッションの創出や発展性を見据えつつ、直近のミッションの立上げにも貢献できる共通技術という観点で選定、推進。

技術分野	FL対象技術	FY2022	FY2023	FY2024	FY2025	FY26以降
超小型探査技術	搭載機器技術 (小型AVIO、EDL等) 地上支援技術	開発コンポの実利用 (LUPEX,観測ロケット)	戦略的海外共同計画 (Comet Interceptor)		公募型小型計画候補 (OPENS、他)	子機技術
サンプルリターン技術	カプセル、サンブラ、 キュレーション			カプセル はやぶさ2との国際連携 (OSIRIS-REx)帰還・分析	SRCでの国際共同 (CAESAR他)	次期戦略中型計画候補 (次世代惑星探査)
深宇宙輸送NW技術	ランデブードッキング技術、 軌道変更推進系			キックステージ		
軽量・高機能宇宙観測技術	センサ技術、 CMOS化技術、 軽量望遠鏡技術	赤外センサ・CMOS技術	公募型小型計画 (JASMINE)	公募型小型計画 (HiZ-GUNDAM)	次期センサ候補・軽量望遠鏡	
冷凍機・熱制御技術	スターリング冷凍機、 擾乱抑制、2 KJT		戦略中型計画 (LiteBIRD)		戦略的海外共同計画 (Athena)	次期戦略中型計画候補 (次世代天文観測)
フォーメーションフライト技術	精密協調制制御 地上試験・検証技術			公募型小型計画 (SILVIA)		

次期戦略中型計画については、今後、GDIで議論が進んでいくので、それを踏まえて技術FL活動計画も調整していく。



- GDIを立ち上げ、戦略策定機能を強化。戦略的中型計画だけでなく、公募型小型計画、戦略的海外共同計画も含めて、分野を俯瞰する戦略を策定する。
- 戦略に基づき、技術のフロントローディングを活用しつつ、効果的・効率的に優れたミッション創出を目指す。



注1 : Groupe de Discussion Intensive (戦略的中型創出グループ)

注2 : Groupe de Réalisation Intégré (統合型ミッション実現グループ)

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	FY2023	FY2024	FY2025	FY2026	FY2027	FY2028	FY2029	～2030 年代前半
戦略的中型	 XRISM	 MMX				 LiteBIRD		<u>戦略的中型 (今後立案)</u>
公募型小型	 SLIM	 DESTINY+		 SOLAR-C	 JASMINE			 <u>Hiz-GUNDAM or Silvia or 今後公募案件</u>
戦略的海外共同	 JUICE	 Hera		 Roman	 <u>Dragonfly</u> ※		 <u>Comet Interceptor</u>	 <u>Athena</u>



※研究規模であり個別の予算要求を行わない

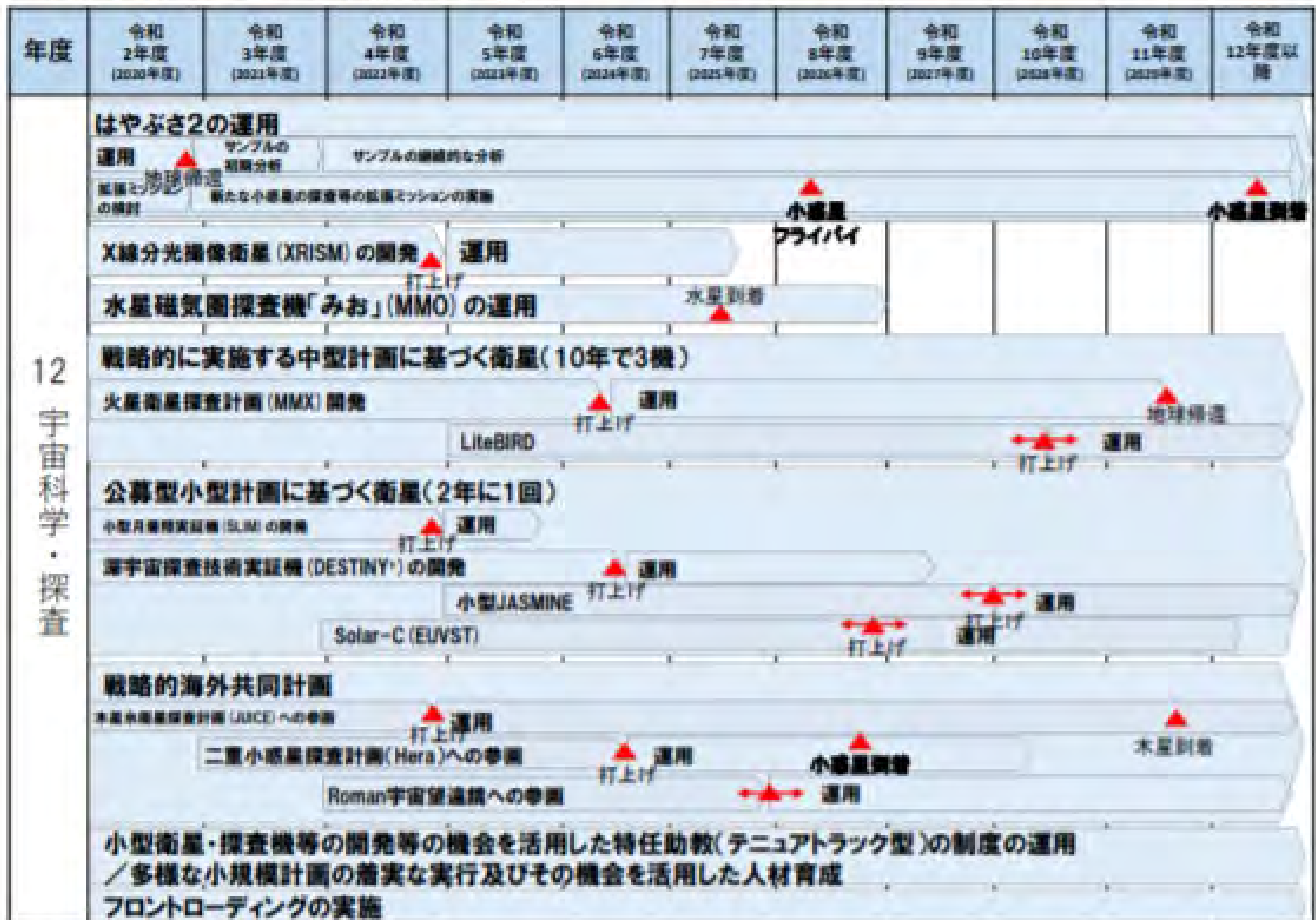
APPENDIX



宇宙基本計画工程表（令和3年度改訂）



（3）宇宙科学・探査による新たな知の創造



※以上すべて文部科学省



1.2. 宇宙科学・探査

2021年度末までの取組状況・実績

- はやぶさ2で回収したサンプルのキュレーション及び分析を実施するとともに、拡張ミッションを開始した。
- 国際水星探査計画（BepiColombo）の探査機について、欧州宇宙機関と協力し、2025年度の水星到着を目指して着実に運用した。
- X線分光撮像衛星（XRISM）及び小型月着陸実証機（SLIM）は2022年度打上げ、火星衛星探査計画（MMX）及び深宇宙探査技術実証機（DESTINY+）は2024年度打上げを目指し開発を進めた。
- 宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星（LiteBIRD）及び赤外線位置天文観測衛星（小型JASMINE）は、海外機関の参加状況を踏まえ開発体制を再構築し、技術のフロントローディングを活用しつつ、計画具体化の検討を行った。高感度太陽紫外線分光観測衛星（Solar-C(EUVST)）も計画具体化の検討を行った。
- 超小型探査機での深宇宙探査に必要な技術及び日本の強みである冷凍機技術等について、フロントローディング（開発スケジュール遅延やコスト増を招く可能性のあるキー技術について一定の資源を投入して事前に実証を行う）を実施した。
- 欧州宇宙機関が実施する木星氷衛星探査計画（JUICE）及び二重小惑星探査計画（Hera）への参画に向けた開発等、小型衛星・探査機やミッション機器の開発等の機会を活用した特任助教（テニュアトラック型）の制度及び小規模計画の機会を活用した人材育成を推進した。

2022年度以降の主な取組

- 宇宙科学・探査の着実な実施に向け、フロントローディングの成果を活用しつつ、我が国全体で戦略的なミッションを立案し、計画の規模や打上げ時期に柔軟性を持って開発を進めるとともに、フロントローディングを引き続き実施する。
- はやぶさ2で回収したサンプルの解析を行うとともに、はやぶさ2の残存リソースを最大限活用し新たな小惑星の探査等を目標とする拡張ミッションを行う。
- 国際水星探査計画（BepiColombo）の探査機について、欧州宇宙機関と協力し、2025年度の水星到着を目指して着実に運用する。
- 2029年度の人類初の火星圏からのサンプルリターン実現に向け、2024年度に火星衛星探査計画（MMX）の探査機を打ち上げるべく開発を進める。
- X線分光撮像衛星（XRISM）及び小型月着陸実証機（SLIM）は2022年度の打上げ、深宇宙探査技術実証機（DESTINY+）は2024年度の打上げ及び高感度太陽紫外線分光観測衛星（Solar-C(EUVST)）は2026年度の打上げを目指して開発を進める。
- 宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星（LiteBIRD）及び赤外線位置天文観測衛星（小型JASMINE）は、引き続き技術のフロントローディングを活用したキー技術の先行検討を着実に実施するとともに、開発移行へ向けた準備を進める。
- 欧州宇宙機関が実施する木星氷衛星探査計画（JUICE）及び二重小惑星探査計画（Hera）、NASAが実施するRoman宇宙望遠鏡への参画に向けた開発を進めるとともに、ロシア宇宙機関が実施する国際紫外線天文衛星（WSO-UV）への参画に向けた検討を進める。
- 小型衛星・探査機やミッション機器の開発等の機会を活用した特任助教（テニュアトラック型）の制度及び小規模計画の機会を活用した人材育成を引き続き推進する。