

宇宙科学・探査プロジェクトの 進め方について

令和元年(2019年)5月22日

宇宙航空研究開発機構

宇宙科学研究所長

國中 均

ご報告内容

1. 戦略的中型2、公募型小型3の選定結果

2. 技術のフロントローディング候補

(プロジェクト候補のキー技術、及びその先の多様なミッションの創出を念頭
においた共通技術領域の技術)

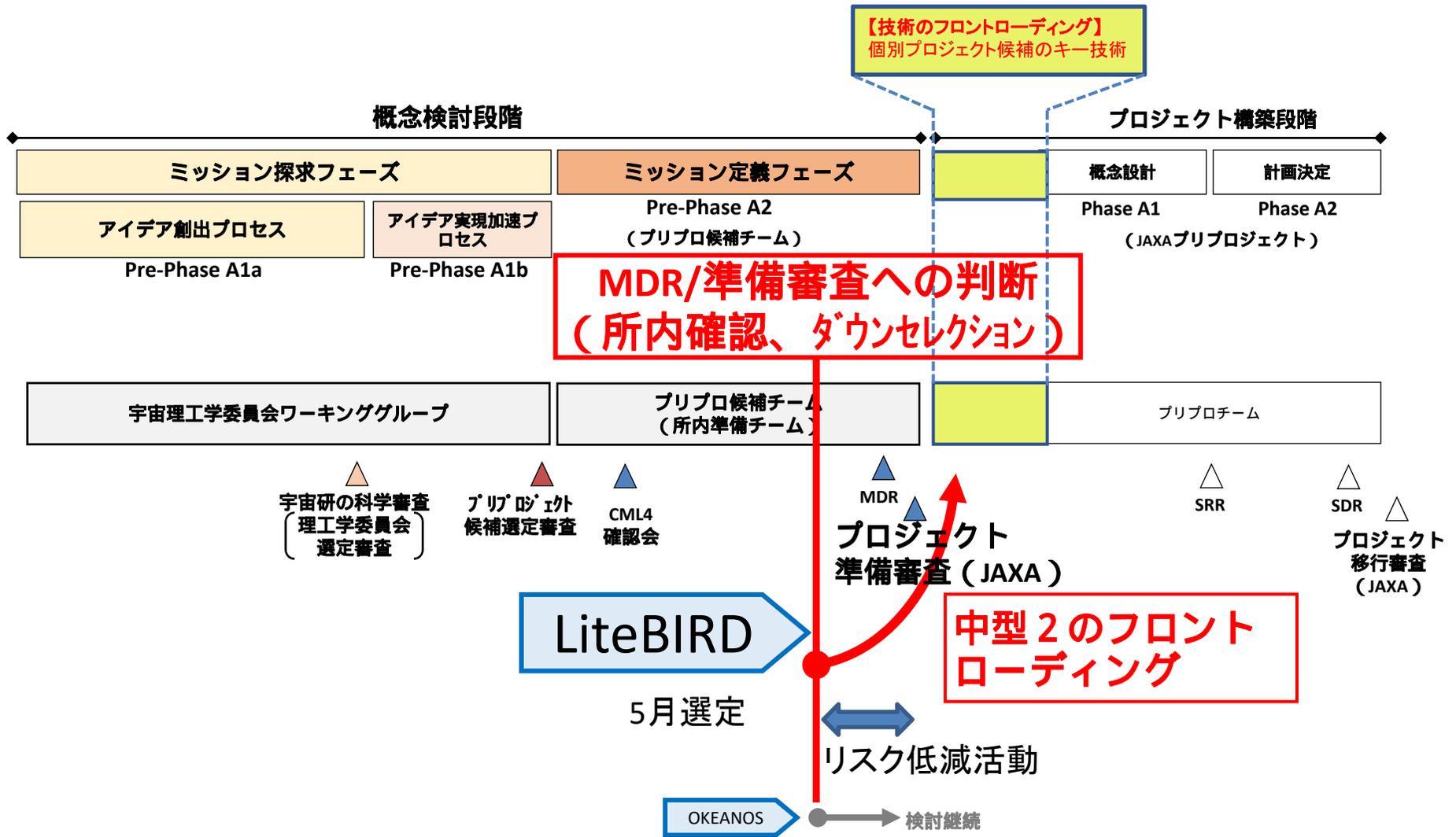
3. 人材育成

1. 戦略的中型2、公募型小型3の選定結果

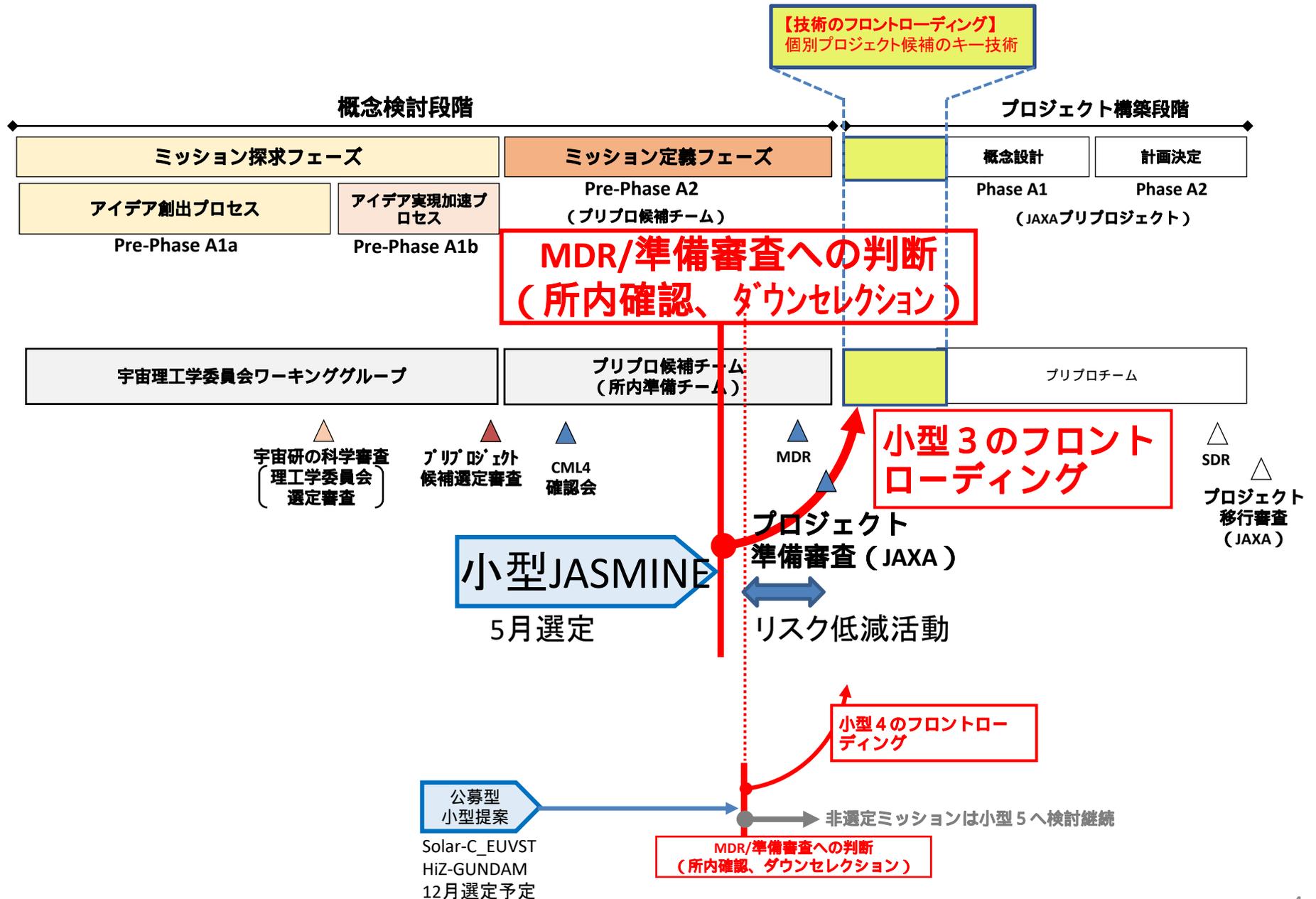
宇宙科学研究所は、次のミッションを選定した（2019年5月14日）。
現在、JAXA経営レベルでの計画精査プロセスへ向け作業を進めている。

- ✓ 戦略的中型2: 宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星(LiteBIRD)
- ✓ 公募型小型3: 赤外線位置天文観測衛星(小型JASMINE)

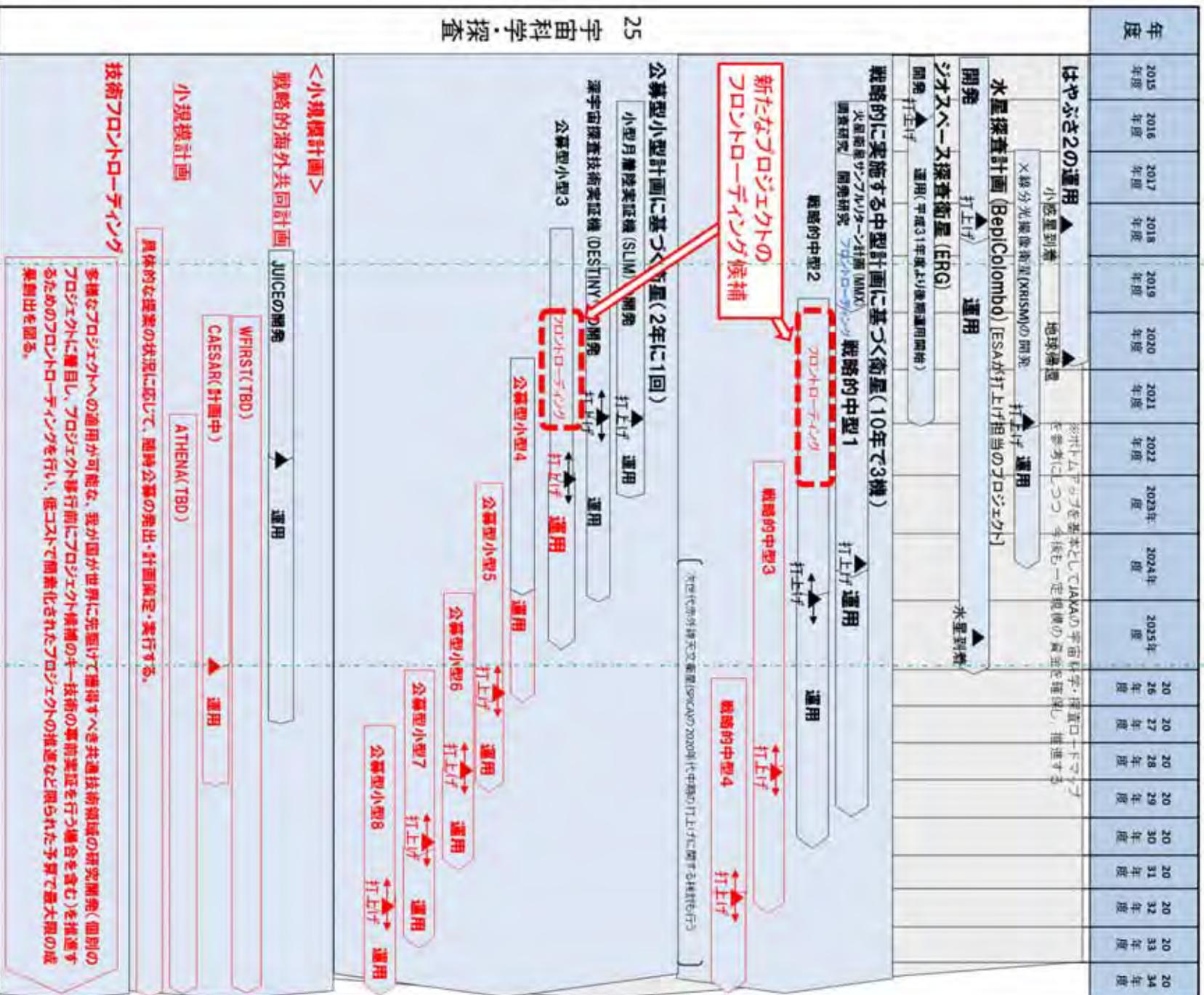
「戦略的中型2」の選定と、フロントローディング



「公募型小型3」の選定と、フロントローディング



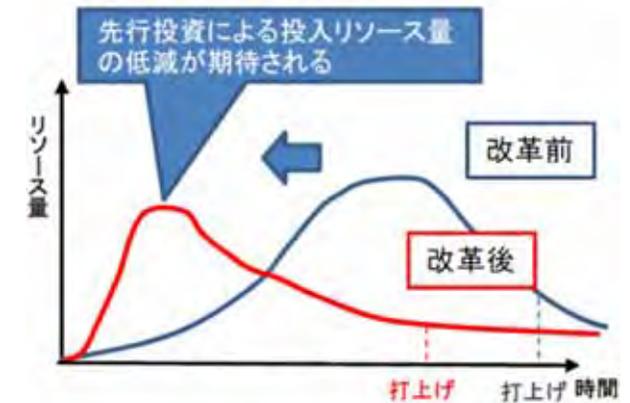
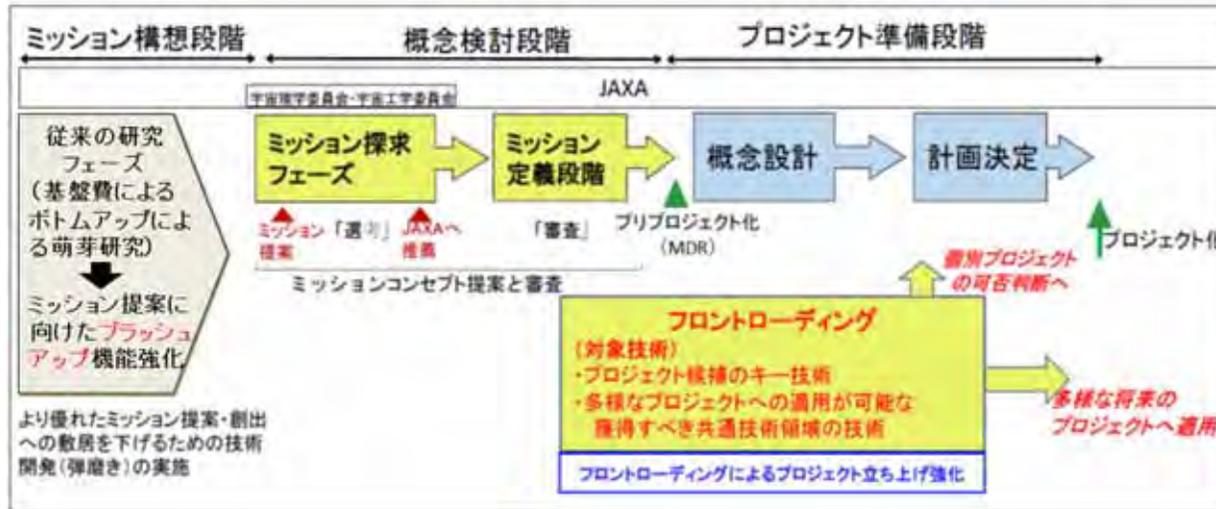
Ⅲ. 宇宙科学・探査ロードマップの推進方策案 宇宙科学・探査プログラムの中長期立上げ計画(検討中)



2 技術のフロントローディング候補

(プロジェクト候補のキー技術、及びその先の多様なミッションの創出を念頭においた共通技術領域の技術)

➤ 技術のフロントローディングの考え方



◆円滑なミッションの提案・プロジェクトへの移行の強化とリスク及びコストの削減。

<フロントローディングによるプロジェクト立ち上げ強化>

○プロジェクト候補のキー技術

○「有望技術領域」についてミッション立ち上げ強化を図るため「共通技術のフロントローディング」機能を新たに付加。

対象: 多様なプロジェクトへの適用可能な、共通技術領域の研究開発(個別プロジェクトに着目し、プロジェクト移行前にプロジェクト候補のキー技術の事前実証も含む)。

<効果>

○プログラム化した各プロジェクトの共通技術となり、多様なミッションへの継続適用が可能となることを通じ、今後のプロジェクト毎の効果的な研究開発費の低減と探査頻度の向上が期待できる。

○キー技術の事前実証によるプロジェクト化後のコストの抑制あるいはコストのオーバーラン解消が期待できる。

○共通技術領域のフロントローディングを実行することで、宇宙プログラム全体における将来のコストパフォーマンス向上を図り、ミッション機会の最大化につなげる。

技術のフロントローディング（プロジェクト候補のキー技術、 及びその先の多様なミッションの創出を念頭においた共通技術領域の技術）

フロントローディングを適用する技術領域

i) 選定の観点

- ・我が国として実績を有し優位性“強み”が見込まれる技術
- ・波及効果が大きいため我が国として獲得すべき技術

ii) 宇宙科学の将来の方向性



優先実施すべき技術領域

- | | |
|-----------|---|
| ①超小型探査機技術 | 【 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 |
| ②輸送システム技術 | |
| ③月惑星探査機技術 | 【 月/火星のローバ、サンプルリターンミッション、CAESAR、
OKEANOS等 |
| ④天体表面活動技術 | |
| ⑤宇宙用冷凍機技術 | 【 LiteBIRD、SPICA、Athena、赤外線干渉計ミッション等 |

➤ 技術のフロントローディング実施計画(案)

技術領域におけるフロントローディングの内容を下表のとおりまとめ、詳細を次ページ以降に示す。

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、CAESAR、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

内容の区分は次のとおり。

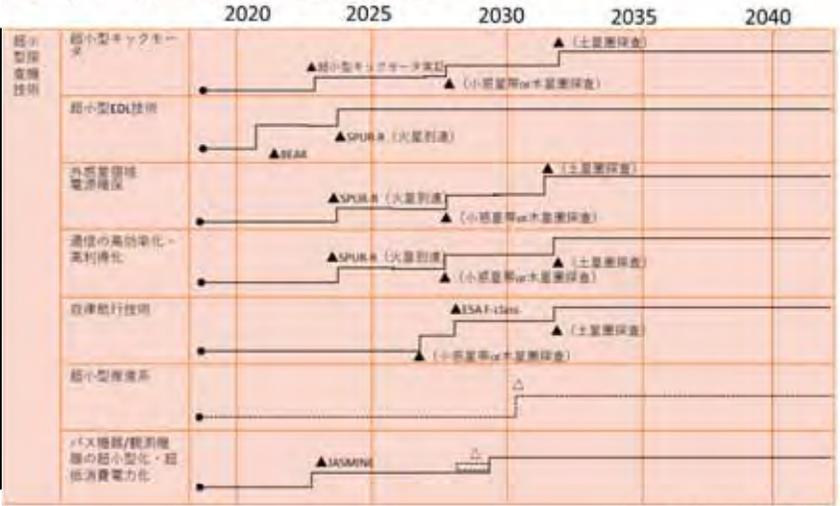
赤字: 新規プロジェクトの有力候補に対するフロントローディング

青字: 将来のコストパフォーマンス向上/ミッション機会の最大化につながる共通技術領域のフロントローディング

①超小型探査機技術領域

(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)

今後の宇宙科学において多様で萌芽的なミッションを短いサイクルで高頻度を実施するための有効なプラットフォームとして、超小型衛星・探査機技術の研究を推進する。特に、超小型衛星による本格的な深宇宙探査を目指して、より遠方領域の探査を実現するための広範囲なバス技術(電力確保、省電力技術、高効率通信、推進系、EDL、自律化技術など)の獲得を目指す。また、従来の探査機バス/観測機器の小型軽量化、省エネ化(省電力化、耐低温化、高効率発電など)の方向性とも連携しながら成果を挙げていく。



△超小型衛星/探査機による高頻度な実施

具体的な研究内容(案)

- 超小型外惑星探査バス技術**
 通信系(高効率増幅器、展開型高利得アンテナ、光通信技術など)、電源系(展開型軽量SAP、高効率薄膜太陽電池を用いたソーラー電力セルなど)を中心とした、外惑星領域探査のための超小型衛星・探査機バス技術の研究
- 超小型推進系**
 多軸、大推力、高比推力等の多様な姿勢/軌道制御要求に応えられる、超小型衛星・探査機用の推進系(化学推進系/電気推進系)の研究
- バス機器/観測機器の小型化・超低消費電力化**
 コンポーネント(集約化計算機や制御用センサ)の小型軽量化、ヒータ電力を削減可能な低温動作バッテリーなどの研究、中・大型探査機と多数の超小型機を組み合わせた柔軟なミッション構成を可能にする技術の研究

項目	初年度	Y+1	Y+2
超小型衛星バス技術	高効率増幅器・展開型HGA・光通信	軽量大面積電力確保技術	
超小型推進系	多軸・低リソースRCS	大推力推進系	高比推力推進系
バス機器/観測機器の小型化・超低消費電力化	コンポーネントの小型軽量化	低温動作バッテリー	

②輸送システム技術領域

(再突入帰還飛行技術, 柔軟エアロシェル技術)

ロケット再使用化の世界的潮流を作ってきた再使用ロケット技術を向上させ、探査への応用を推進する。再使用システムの帰還飛行に必要な熱防護、飛行制御、空力制御などの技術の獲得とその応用に加え、輸送システムや探査カプセルの大気圏再突入時の空力加熱を緩和することが可能な柔軟エアロシェル技術などの我が国として特色のある技術をさらに極め、サンプルリターンミッション等をシリーズ展開する。

具体的な研究内容(案)

再突入帰還飛行技術

再使用システムの帰還飛行技術の獲得と探査ミッションへの応用を目的とした技術の研究

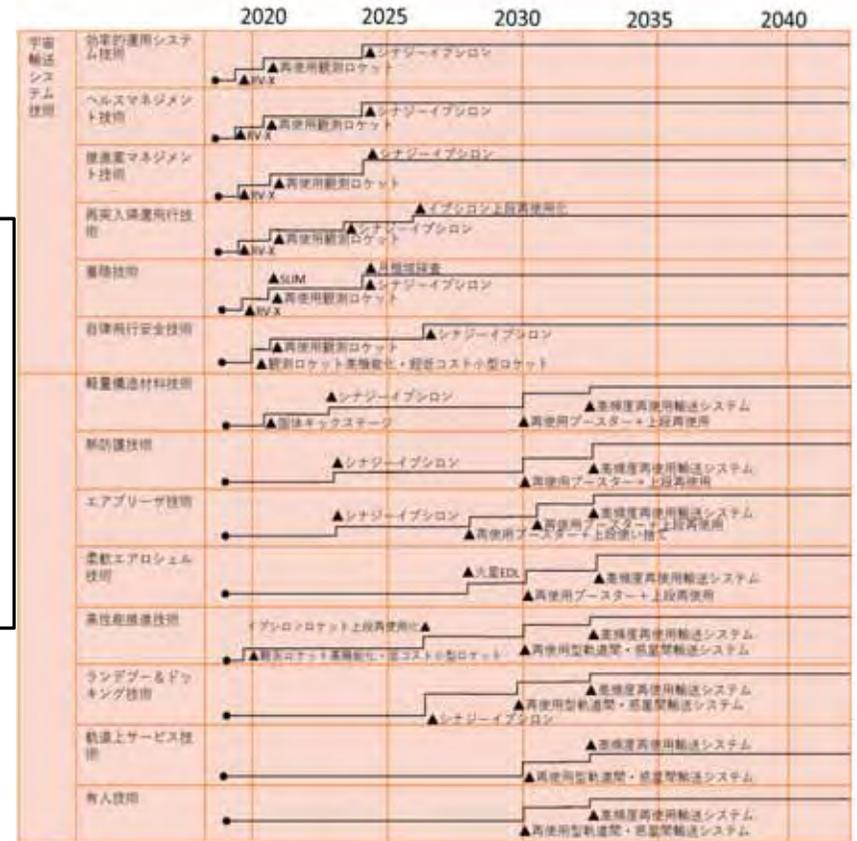
- 1) 軽量再使用熱防護材
- 2) 帰還飛行最適誘導／空力制御技術

柔軟エアロシェル技術

大気圏突入前に軽量大型の柔軟エアロシェルを展開し、その低弾道係数効果で高層大気中で減速することで空力加熱を低減し、かつ亜音速まで減速する技術。

- ・再使用システムでは逆噴射量の節約による高性能化と空力安定性強化
- ・惑星探査ミッションでの惑星大気圏突入時の空力加熱低減による耐熱材料の簡素化とシステムの軽量・コンパクト化
- ・観測ロケットの回収システムや、惑星軌道突入時の抵抗変調エアロキャプチャの実現のためのキー技術など

- 1) 柔軟エアロシェル技術要素の高度化
- 2) 柔軟エアロシェルの応用ミッション検討
- 3) 実フライト用実験機の検討と開発



項目	初年度	Y+1	Y+2
再突入帰還飛行技術	耐熱システム検討・供試体設計・製作	要素試験(アーク風洞加熱試験等)	飛行実証(実験機への適用等)
	空力設計・誘導制御検討	風洞試験・誘導制御解析	飛行実証(実験機への適用等)
柔軟エアロシェル技術	柔軟エアロシェル技術の高度化(大型化、高耐熱化、製造技術)	応用システムの概念検討	飛行実証(観測ロケット回収システム適用、超小型衛星技術実証等)
		実験機システムの設計	

③月惑星探査機技術領域

(深宇宙航行技術(推進系技術、軌道間輸送技術))

外惑星領域に到達することを可能とし、太陽圏全域の自在な探査を実現するために、宇宙航行能力を向上することが重要である。具体的には、イオンエンジンの高性能化(高比推力・高推力化)、ホールスラスタの深宇宙適用、化学推進の高度化、ソーラー電力セイルなどに、高度な軌道決定をはじめとした地上技術を組み合わせた総合的な技術向上を行う。これらとともに、深宇宙航行に必要な通信、電源技術の向上を図る。



具体的な研究内容(案)

- 推進系技術**
 - イオンエンジン、ホールスラスタ: 高比推力、高推力、高信頼性/長寿命、低コスト、運用性向上
 - 化学推進: 長期ミッションおよび着陸ミッションの確実な実現
 - ソーラー電力セイル: 薄膜発電システムの設計・製造検査等を確立し、共通基盤化。
- 大容量通信技術**
 遠距離における高速通信、大容量通信、光通信
- 外惑星領域電源技術**
 RTG等

項目	初年度	Y+1	Y+2
推進系技術	イオンエンジン	スラスタの高性能化	電源の高効率化・軽量化
			運用性向上
	ホールスラスタ	スラスタ・電源の開発	スラスタ・電源の試験検証
	化学推進		燃焼性能変化
			推力調整時の燃焼安定性
	ソーラー電力セイル	スピン方式薄膜発電システム	ブーム方式薄膜発電システム
大容量通信技術	概念検討・設計	設計・試作	試験・評価
外惑星領域電源技術	概念検討・設計		試作・試験・評価

④天体表面活動技術領域

(サンプルリターンカプセル技術, ローバ技術)

今後の惑星探査は、天体の表面物質を直接的に調べることが主流となる。天体表面に着陸して、重要な場所、複数の場所でピンポイントに表面物質を採取して測定するために、地表上を移動する技術(ローバ技術)が必須である。さらに、天体表面で取得したサンプルを地球に帰還させ、大型かつ最新の地上設備で調査するサンプルリターンは、「はやぶさ」でその意義・価値が実証された。それを継続、発展的に、実現するためには、深宇宙から帰還を実現するサンプルリターンカプセル技術の進化は必須かつ重要として認識されている。



具体的な研究内容(案)

• サンプルリターンカプセル(SRC)技術

将来のサンプルリターンミッションは、より遠くから、より多く、より低温のままのサンプルを取得することが要求されており、SRCへの要求は、より高度なものとなる。その要求に応えるため、SRCに関連する技術要素の高度化を進める。

新規ヒートシールド、超高速大気圏突入時の気体力学的な現象理解、パラシュートの投下試験技術、低温保持可能カプセル技術、回収支援技術

• ローバ技術

将来の表面探査ミッションでは、行きたいところへ行き、やりたいことをやることが要求されると考えられ、高頻度に探査機会を獲得するために次のような技術の開発を行う。

極限地形移動、小型エレキ、小型ローバ用ミッション機器、ロボティクス、アクチュエータ技術

• 長期生存・稼働技術

保温性能の評価、越夜・深宇宙等での電源技術

• 試料採取と分析技術

試料採取機構、密閉機構、質量分析等その場物質分析、内部構造の物理探査

項目	初年度	Y+1	Y+2
サンプルリターンカプセル技術	新規ヒートシールド材料の評価試験 超高速、高温気体力学的現象の理解 低温保持技術の獲得	回収支援技術	パラシュート投下試験技術
ローバ技術	小型エレキ ローバ用ミッション機器 ロボティクス アクチュエータ技術		極限地形移動
長期生存・稼働技術	概念検討・設計	設計・試作	試験・評価
試料採取・分析技術	概念検討・設計	設計・試作	試験・評価

⑤宇宙用冷凍機技術領域

(宇宙観測技術の高感度化, 冷凍機の高性能化)

観測の高精度化にともない、センサの高感度化が必須である。そのため、電波・赤外・X線などに共通して、検出器を1K以下に冷却し、原理的な熱雑音を低減することが世界的な潮流である。また、稼働期間を長くするために、無冷媒化が求められている。

今後の目指すべき方向は高性能化、すなわち、低擾乱（振動で感度を劣化させない）、長寿命（無冷媒をいかす）、大冷却能力（無冷媒&大型のセンサを冷却）、連続運転（常に観測を可能に）等により優位性を維持し、提案中のミッションを確実にし、また新たなミッション創出を目指す。



具体的な研究内容(案)

- 制御回路による低擾乱化**
 宇宙用としては比較的大電力(100W規模)によって生じる擾乱を改善。
- 摩耗要素の撤廃による長寿命・低擾乱化**
- 冷却能力の向上のための技術検討**
- 1K以下の冷凍技術の国産化・高性能化(連続運転等)**

項目	初年度	Y+1	Y+2
低擾乱制御	ドライブ回路のBBMLレベル基板作成、実証		
摩耗要素の撤廃	改良型冷凍機の宇宙応用の観点での性能評価試験	改良型冷凍機のランニングによる寿命評価試験	
冷却能力向上検討	宇宙用冷凍機の大型化に関する問題点検討、対策・試作	宇宙用パルスチューブ冷凍機の検討	
1K以下冷凍技術	宇宙用希釈冷凍機、断熱消磁冷凍機、ヒートスイッチの開発		

3. 人材育成

➤ 多様な小規模プロジェクトの着実な実行、人材の育成 小規模プロジェクト等による人的基盤強化(特任助教)

- ・ 2017年度に特任助教(テニュアトラック型)制度を制定。
- ・ 2018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):2019年2月に再公募

宇宙機応用工学研究系(探査システム):2018年11月選定

太陽系科学研究系(地球外物質分析):2018年11月選定

- ・ 2019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2019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、選定は2019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ュア審査を経て、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名のテニュ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。



➤ 国内の人的基盤の強化

一連のフロントローディングの実施に際し、JAXAは、大学・他の研究開発機関等と連携し、学生、若手研究者が宇宙科学・探査プロジェクトへ参加する機会を提供することができる。これによって、次代の人材の育成に積極的に貢献をしていく。

具体的には、技術フロントローディング等のうち、ISAS/JAXAに知見が少ない技術分野は、大学共同利用連携拠点を中心とした連携強化に加え、大学や産業界との連携を進め研究開発を行うと共にそれらを通じて人材育成を図る。

大学共同利用連携拠点は、惑星探査基盤技術・人材育成をテーマに活動している千葉工業大学を含め、2019年度は3大学と協定を締結し、「大学との双方向連携の強化」により、宇宙科学プロジェクトの創生と実施を目指している。また、昨年度まで拠点として活動していた名古屋大学ERGサイエンスセンターは、共同研究という形で組織を維持・運営し、迅速なデータ公開作業やデータ利用拡大のための活動を行い、科学成果の創出に貢献している。

XRISMをはじめとして、大学・産業界とのクロスアポイントメントによる必要な人材の絶対量、多様性の確保を行っている。

特に、一定期間のもと目標を達成することが要求される民間とのクロスアポイントメントは、良好に進捗している。

また、リサーチアシスタント(RA)制度等の充実によって、学生がISAS/JAXAの研究やプロジェクトへ参加する機会を増やし、次代の人材の育成/民間への人材輩出・活力向上に積極的に貢献をしていく。