

フロントローディングの 具体的な進め方について

令和元年(2019年)5月7日
宇宙航空研究開発機構
宇宙科学研究所長
國中 均

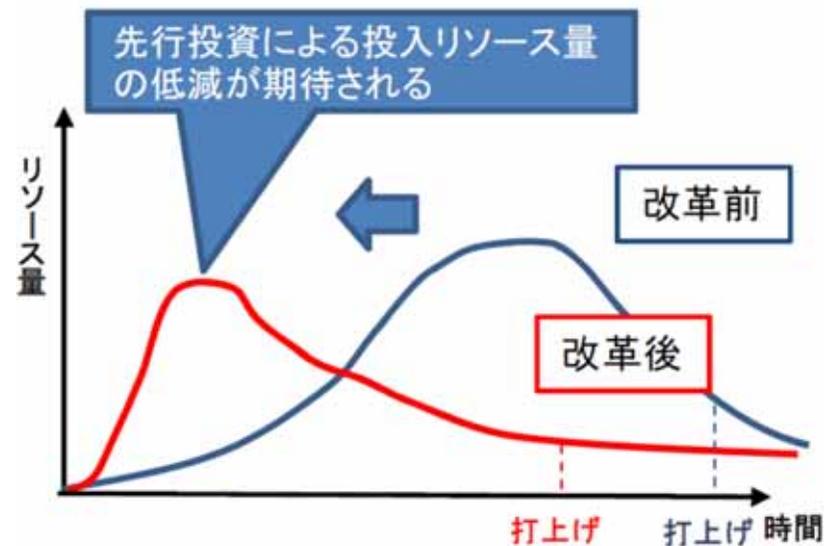
ご報告内容

1. 火星衛星探査計画(MMX)のフロントローディングについて
2. MMX以降のフロントローディングの考え方

1. 火星衛星探査計画(MMX)のフロントローディングについて

➤ フロントローディング実施計画

新規プロジェクトとして有力な候補である火星衛星探査計画について、初期段階での不確定性を低減し、またその後の開発全体のリスクを低減するため、新規性(リスク)の高いミッション系機器等キーとなる重要技術(クリティカル技術)について、先行的に研究開発および実証を行う。



- 技術提案方式(RFP)により、探査機システム開発の請負企業を選定した。この企業とフロントローディングを実施していく。

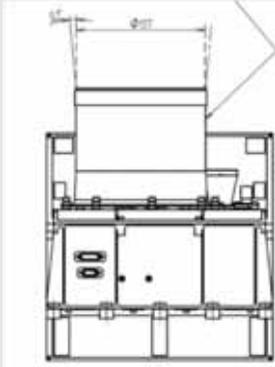
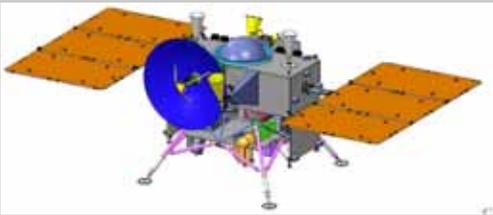
1. 火星衛星探査計画 (MMX) のフロントローディングについて

MMXのフロントローディング

実施項目	実施内容	具体的な実施内容(例)
重力天体着陸・ 表面探査 技術の開発	<p>往路モジュールの開発 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</p> <p>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)</p> <p>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。</p>	<p>着陸誘導機器の開発</p>  <p>(a) 高度 15km (b) 高度 3.5km (c) 高度 0.1km</p> <p>図 4.3.6.2-1 Phobos 表面のシミュレーション画像例</p> <p>画像照合航法アルゴリズム検証には、フォボス表面の密なクレータ分布を要する。そのため、解析・シミュレーションによって、カメラ画角内に収まるクレータ密度を見積もり、アルゴリズムに支障がないことを確認する。</p> <p>サンプリング装置の開発</p>  <p>「火星衛星表面から地下2cm以上の深さのサンプルを採取すること。」のミッション要求を満たすロボットアーム(左図)及びコアラー機構(砂貫入機構)を試作試験する。右図(概念設計結果)と同様に、「コアラーを射出する」、「コアラーの先端にフタをする」、「コアラーを収納するために切り離す」という機能を試験する。</p>

1. MMXのフロントローディングについて

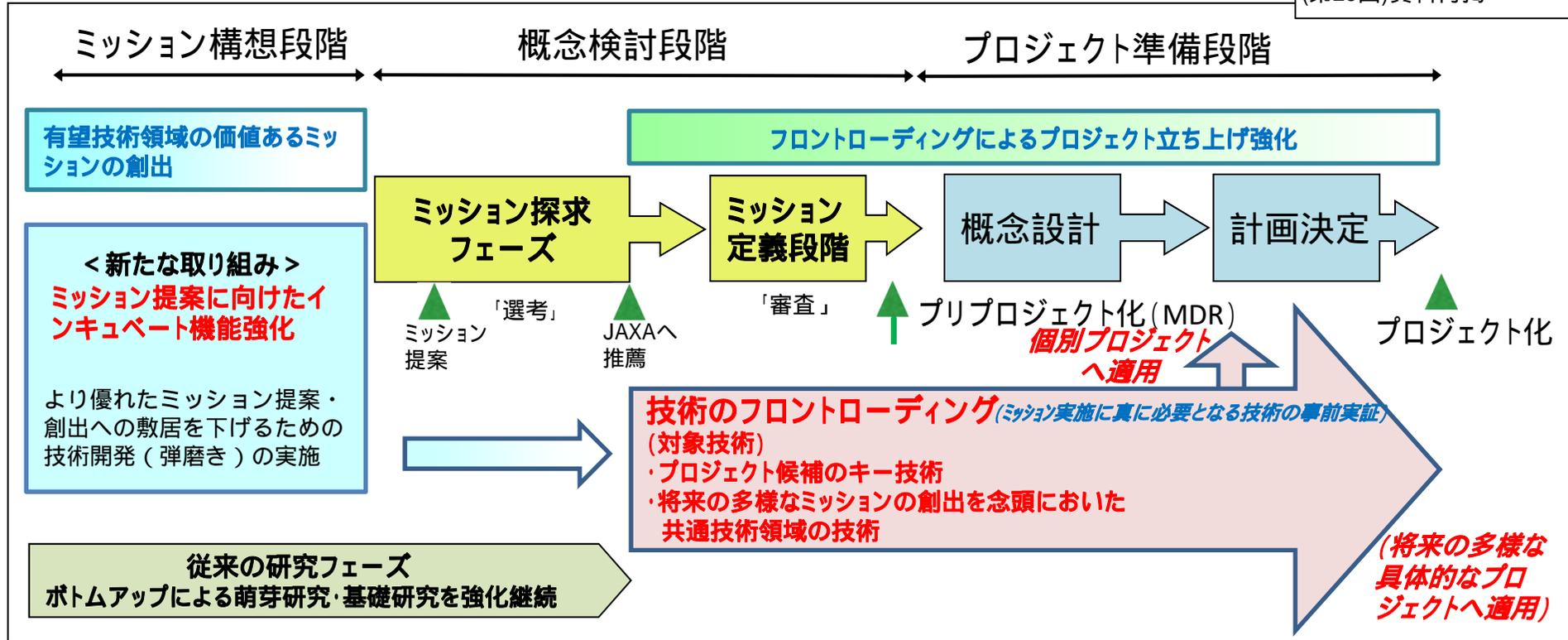
フロントローディング実施計画(続)

MMXのフロントローディング		
実施項目	実施内容	具体的な実施内容(例)
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。	 <p>火星衛星の表面形状・密度分布を把握するためにレーザ高度計LIDARを搭載する。要求仕様(距離測定範囲:100m-100km)を満たすためには、レーザ出力向上の必要があり、この設計・試験・試験を行う。 (左図はLIDAR構造図面)</p>
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。	<p>MMXでははやぶさ2の約2.5km/s、SLIMの約3km/sと比べて、格段に大きな約5km/sの総ΔVが要求されている。また、小重力の天体への着陸に伴い、着陸脚や太陽電池パドルの構成などにMMX特有な設計が求められる。そのため、アンテナや観測機器の配置、ステーキング、推進系構成等を幅広く検討し、効率の良いシステムとする必要がある。</p>  <p>打上げ時の質量メリットの観点から、3モジュール構成にて検討する。各種システム解析について実施中であり、質量、電力等精査中である。左図は探査機コンフィギュレーション(火星衛星観測時/着陸時)の例。</p>

2 . MMX以降のフロントローディングの考え方

技術のフロントローディング導入後

宇宙科学・探査小委員会
(第28回)資料再掲



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。

< 価値あるミッションの創出 >

「有望技術領域」について、基盤費によるインキュベート機能強化を実施。

< 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 >

「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「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(特に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。

2. MMX以降のフロントローディングの考え方

これまでの整理;

➤ 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
- ・将来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

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

宇宙科学の将来の方向性



優先実施すべき技術領域(次ページ)

2 . MMX以降のフロントローディングの考え方

➤ 優先実施すべき技術領域の候補を識別

超小型探査機技術

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

- ✓ 日本の強みを更に活かす技術。打上能力を最大限活かしつつ、日本の独自性を発揮して自律的にミッションを遂行。
- ✓ 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

輸送システム技術

再突入帰還飛行技術、柔軟エアロシェル技術 (Entry, Descent and Landing)

月惑星探査機技術

深宇宙航行技術 (推進系技術、軌道間輸送技術)

天体表面活動技術

サンプルリターンカプセル技術、ローバ技術

- ✓ 天体表面に着陸しての探査について、日本の強みを活かして戦略的に独創的なミッションを、シリーズ展開することを可能にする核となる技術。国際宇宙探査における日本の存在感の確保にも貢献。
- ✓ 月/火星のローバ/サンプルリターンミッション、OKEANOS等

宇宙用冷凍機技術

100K-20K冷凍機とその大型化、1K-20K冷凍機とその高性能化

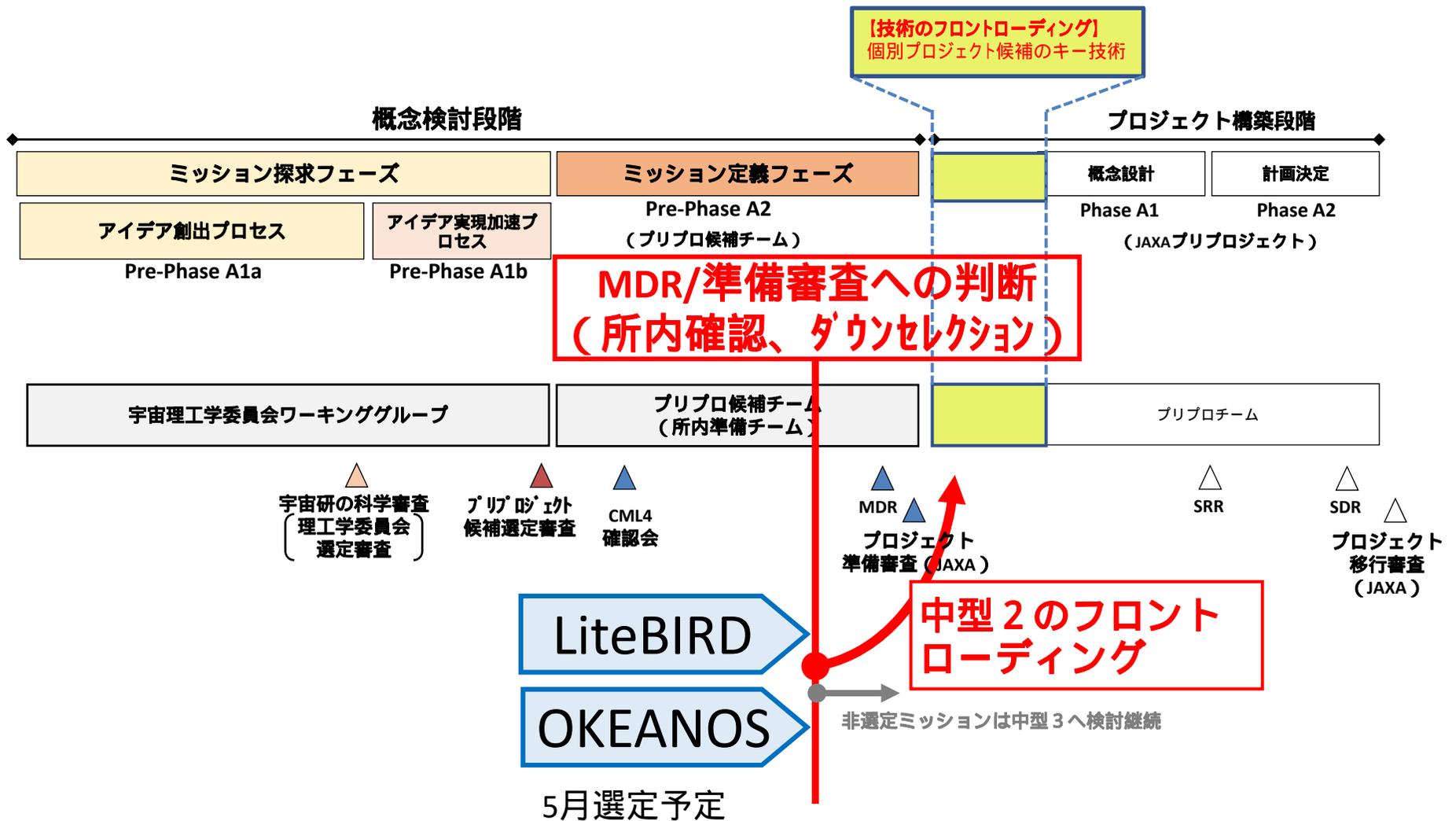
- ✓ 日本に強みがあり、世界での分担体制において日本が果たすことが期待される役割を支える技術。挑戦的で世界を先導・主導するミッションを世界に先駆けて遂行するための技術開発。海外主導の大型国際共同ミッションにおいて存在感を持ったパートナーとして参加。
- ✓ XRISM/LiteBIRD/Athena/赤外線干渉計ミッション等



「技術のフロントローディング」の詳細化 (予算要求に向けた具体的な技術内容等を第30回宇宙科学・探査小委員会でご説明予定。)

➤ MMXに続くミッションのフロントローディングの考え方 (次ページ)

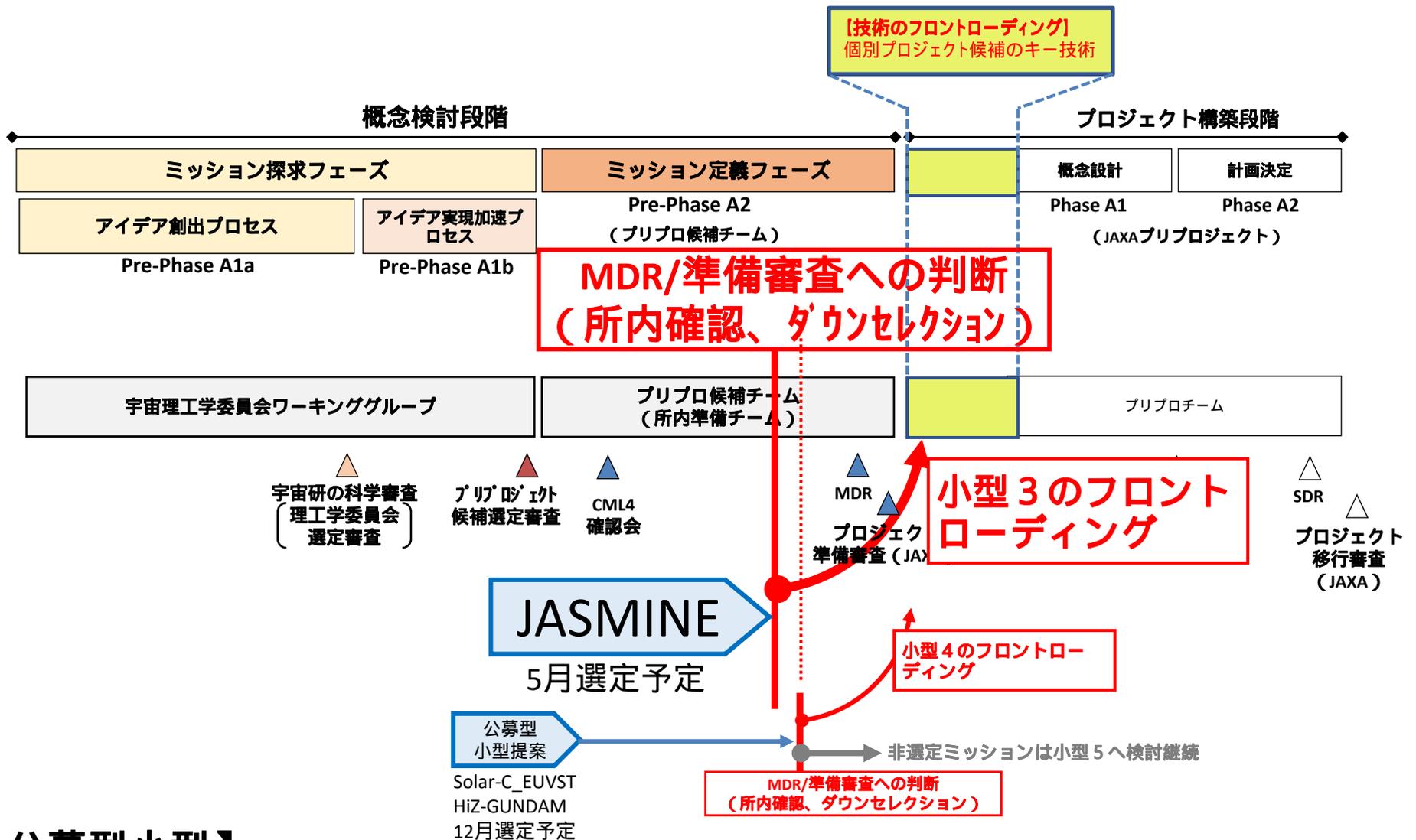
➤ 「戦略的中型2」の選定と、フロントローディング



【戦略的中型】

戦略的中型2の選定を行い、選択したミッションについて、フロントローディングの候補とする。

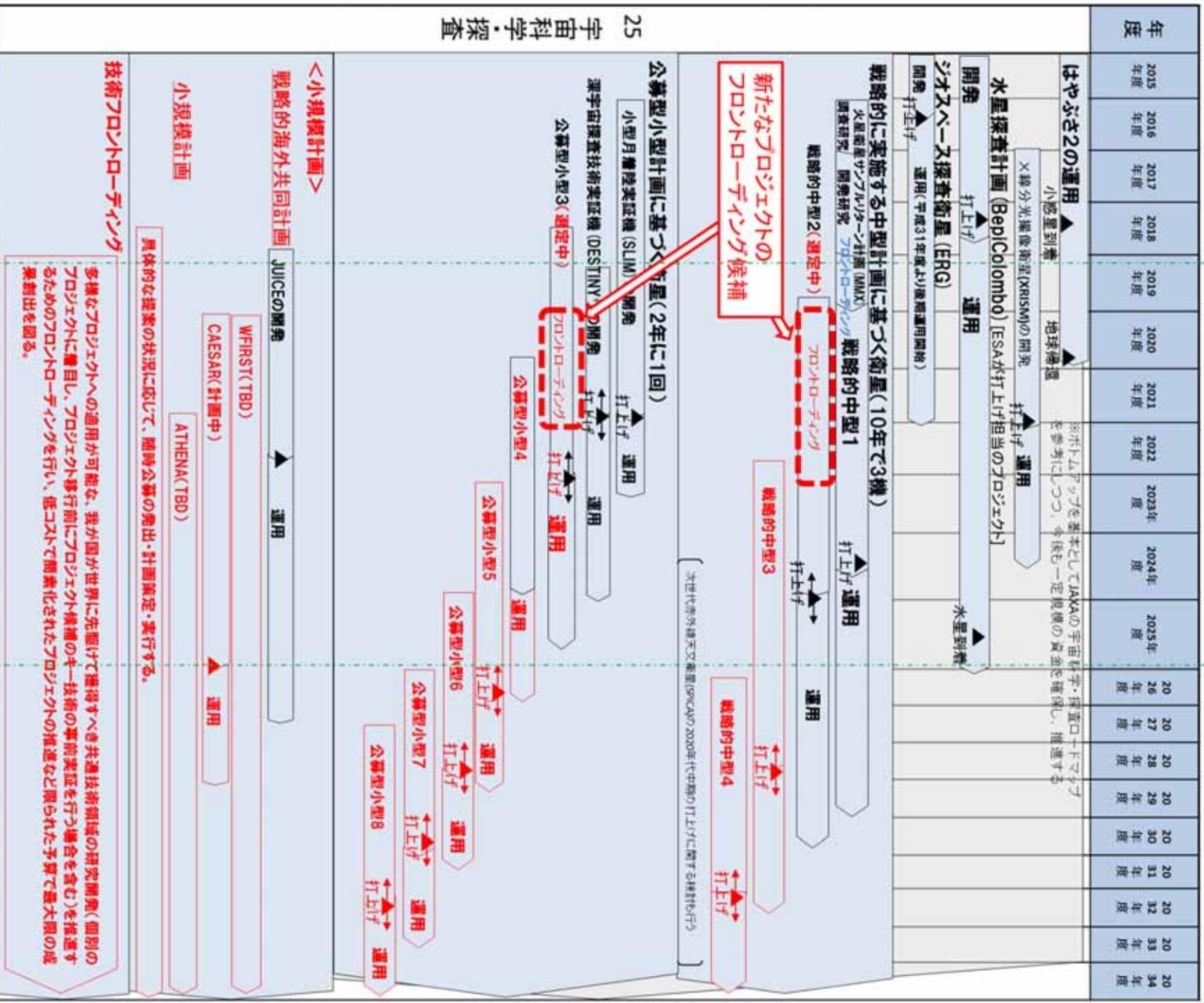
➤ 「公募型小型 3・4」の選定と、フロントローディング



【公募型小型】

公募型小型 3 の選定を行い、選択したミッションについて、フロントローディングの候補とする。

宇宙科学・探査プログラムの中長期立上げ計画(検討中)
 (宇宙科学・探査ロードマップより)



2 . MMX以降のフロントローディングの考え方

➤ 人材育成

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。

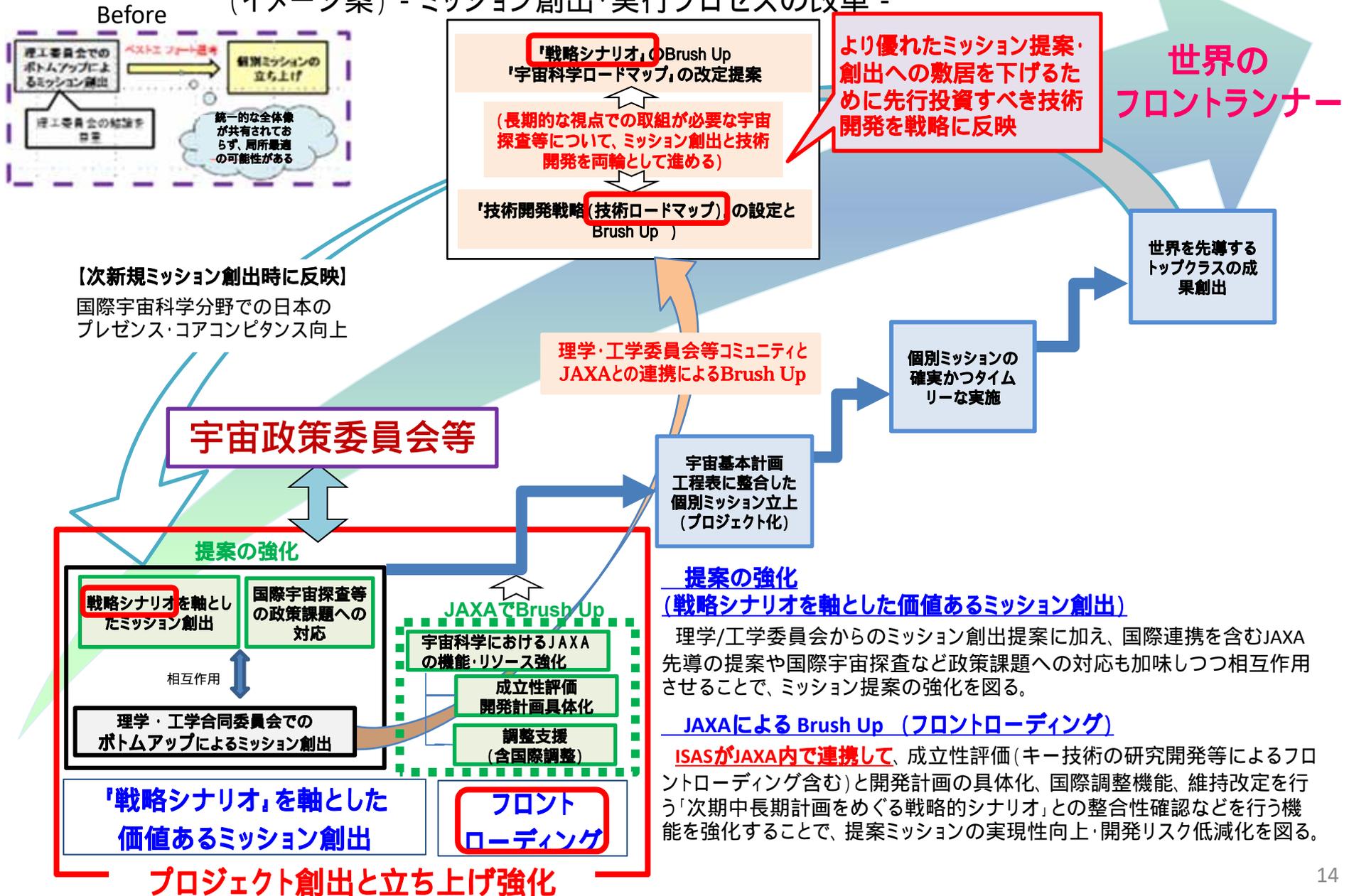
具体的には、技術フロントローディング等のうち、ISAS/JAXAに知見が少ない技術分野は、大学連携拠点を中心とした連携強化に加え、他大学や産業界との連携を進め研究開発を行うと共にそれを通じて人材育成を図る。

付録

1. 今後のJAXAにおける宇宙科学・探査の進め方

宇宙科学・探査小委員会
(第28回)資料再掲

1.1 ISAS/JAXA 宇宙科学・探査プログラムの進め方 (イメージ案) - ミッション創出・実行プロセスの改革 -



1.5 フロントローディング適用技術領域の選定観点

以下2つの観点と、次頁に示す将来性を見極めた上で、領域の選定を行う。

・我が国として実績を有し優位性“強み”が見込まれる技術

国力の維持・強化の観点から、科学技術力の強化、活動領域の拡大等も加味して、日本が強み・優位性を有し世界を先導できる技術、日本が独自性を発揮できる技術を中心に、日本の自国技術の維持・強化、主導的なミッションの遂行等を図れる技術。また、国際協力ミッションにおいて日本も強みを活かして積極的に関与していくことが可能な技術。

・波及効果が大きいいため我が国として獲得すべき技術

波及効果の大きいミッションを実現することで、幅広い分野での技術力向上に貢献し、国力の維持・強化に繋げる。これら活動において、従来の宇宙分野だけでなく関連分野の牽引、産業力強化に向けた民間企業等の積極的参加の促進、人材育成等にも留意して進める。さらに、日本における研究開発・ミッションを効率的・効果的に進めるために、関連する国際宇宙探査とも密接に連携し、相互に貢献・活用を図る。

1.6 宇宙科学 将来の方向性 1

第7回宇宙科学・探査部会(2013年9月19日)で議論した宇宙科学・探査ロードマップ、さらには、その後の5年間において実施された活動や議論の内容を踏まえて、宇宙科学の将来方向性を以下のように見定める。

- 宇宙科学は、宇宙空間でのその場観察や探査、及び、宇宙空間からの宇宙観測により、地球と太陽系の起源、宇宙の物質と空間の起源、宇宙における生命の可能性探求に、新しいパラダイムをもたらすような人類の知の資産創出を目指し、同時に探査機・輸送システム等の宇宙工学技術をパラダイムシフト的な革新を目指して先導する。その成果は人類の活動領域の拡大を含む宇宙開発全体にも資するものである。
- 日本において、効果的に宇宙科学を推進するには、以下が肝要である。
 - ・ 宇宙科学の目的とその獲得に必要なリソースを厳しく見極め、適正規模のミッションを実施する。
 - ・ 世界を先導する事を期待される分野においてはフラッグシップ的ミッションを戦略的に進めると同時に、海外プロジェクトへの参加機会も活用し、成果創出の最大化を図る。
 - ・ 低コスト・高頻度な宇宙科学ミッションを実現する。

1.6 宇宙科学 将来の方向性 2

- 将来方向性を俯瞰しつつ、このような戦略性を持ちながら今後の計画を策定することが宇宙科学の健全な発展のために必須である。
「技術のフロントローディング」とは、将来計画の戦略的実行を円滑にするための方策を実装するものである。
- 「技術のフロントローディング」を適用する技術領域の選定にあたっては、以下の将来方向性を優先する戦略をとった。すなわち、
 - (1) 低コスト・高頻度な太陽系探査ミッションの実現に必須である衛星探査機の小型化・高度化技術などの工学研究課題に取り組み、その成果を用いて、従来の発想では到達できない太陽系天体にアクセスして魅力的な科学観測を実施する。
 - (2) 小天体探査や国際宇宙探査において日本が果たすべき役割を日本の強みを生かす形で果たすことを見据え、日本が独自性を発揮して主導する領域の確保を継続していく。
 - (3) 宇宙機による電磁波観測においては低ノイズ・高感度観測という方向性が明らかであり、それを実現するシステム構築において日本が主導的な役割を果たしていくことが、日本主導の計画の求心力を維持し海外主導の大型計画に参加する立場を確保するために、必要である。

1.7 優先実施すべき技術領域候補案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

A: 選定理由

「適正規模で挑戦的な計画を機動的に」という日本の強みを更に活かす技術。日本の打上能力を最大限活かしつつ、日本の独自性を発揮して自律的にミッションを遂行し、大きな波及効果を得る。

B: 想定されるミッション候補

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

C: 体制

ALL JAXA体制に加え、大学や他研究機関等とも十分に協力して実施

1.7 優先実施すべき技術領域候補案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

月惑星探査機技術領域

深宇宙航行技術(ストアラブルエンジン含む)

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

A: 選定理由

天体表面に着陸しての探査は欧米で大型計画が構想される一方で、頻度を高めることへの要求も高く、日本の強みを生かして戦略的に独創的なミッションをシリーズ展開する余地も大きい。そのようなミッションを可能にする核となる技術開発に優先度を与えることは、国際宇宙探査における日本の存在感の確保にも貢献する。

B: 想定されるミッション候補

月/火星のローバ/サンプルリターンミッション、OKEANOS等

C: 体制

ALL JAXA体制に加え、大学や他研究機関等とも十分に協力して実施

1.7 優先実施すべき技術領域候補案3

宇宙用冷凍機技術領域

100K-20K冷凍機とその大型化

1K-20K冷凍機とその高性能化

A: 選定理由

日本に強みがあり、世界での分担体制において日本が果たすことが期待される役割を支える技術を強化し、さらには、挑戦的で世界を先導・主導するミッションを世界に先駆けて遂行するための技術開発。海外主導の大型国際共同ミッションにおいて存在感を持ったパートナーとして参加し、大きな科学成果創出機会の入手に繋げる。

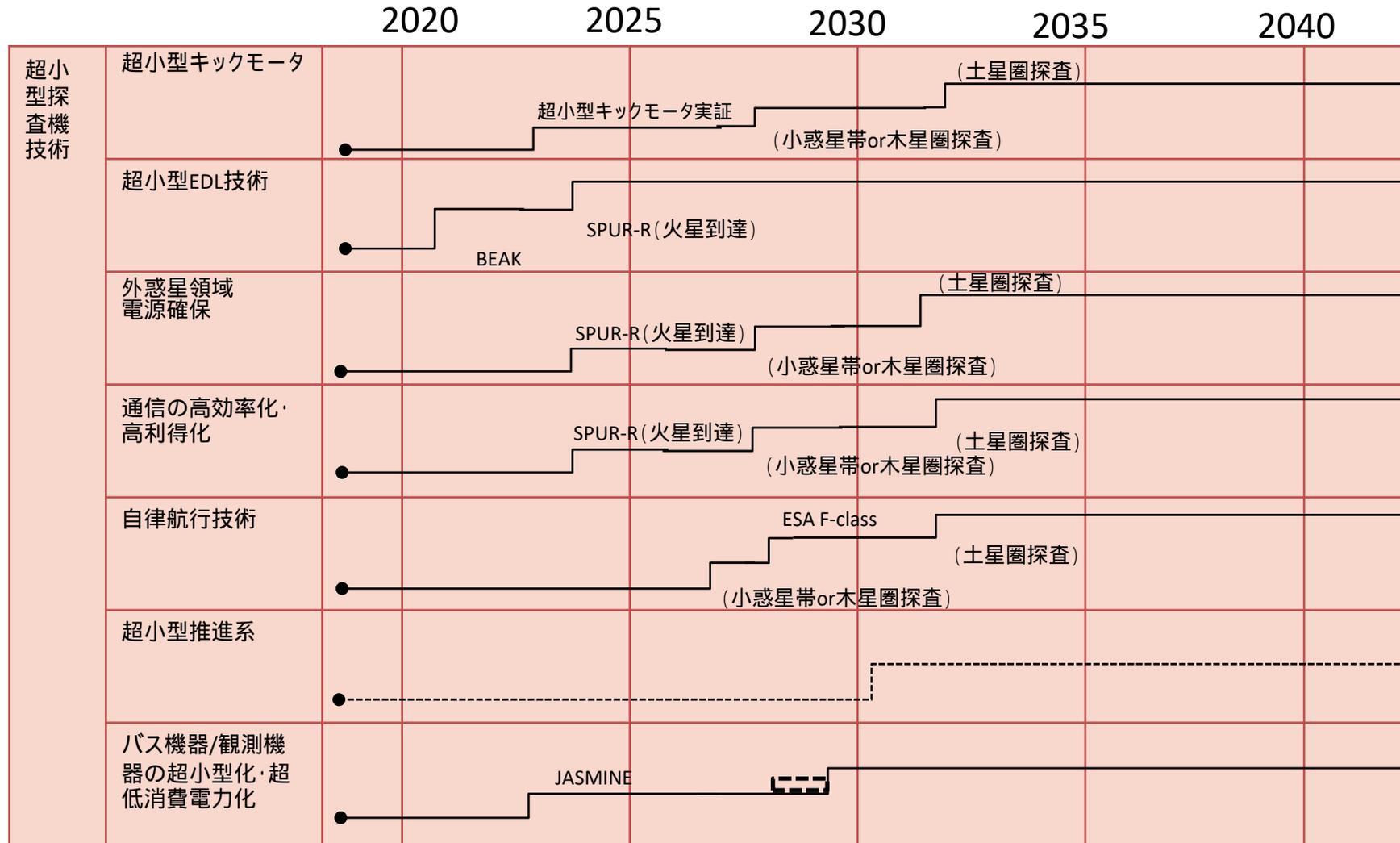
B: 想定されるミッション候補

XRISM/LiteBIRD/Athena/赤外線干渉計ミッション等

C: 体制

ALL JAXA体制に加え、大学や他研究機関等とも十分に協力して実施

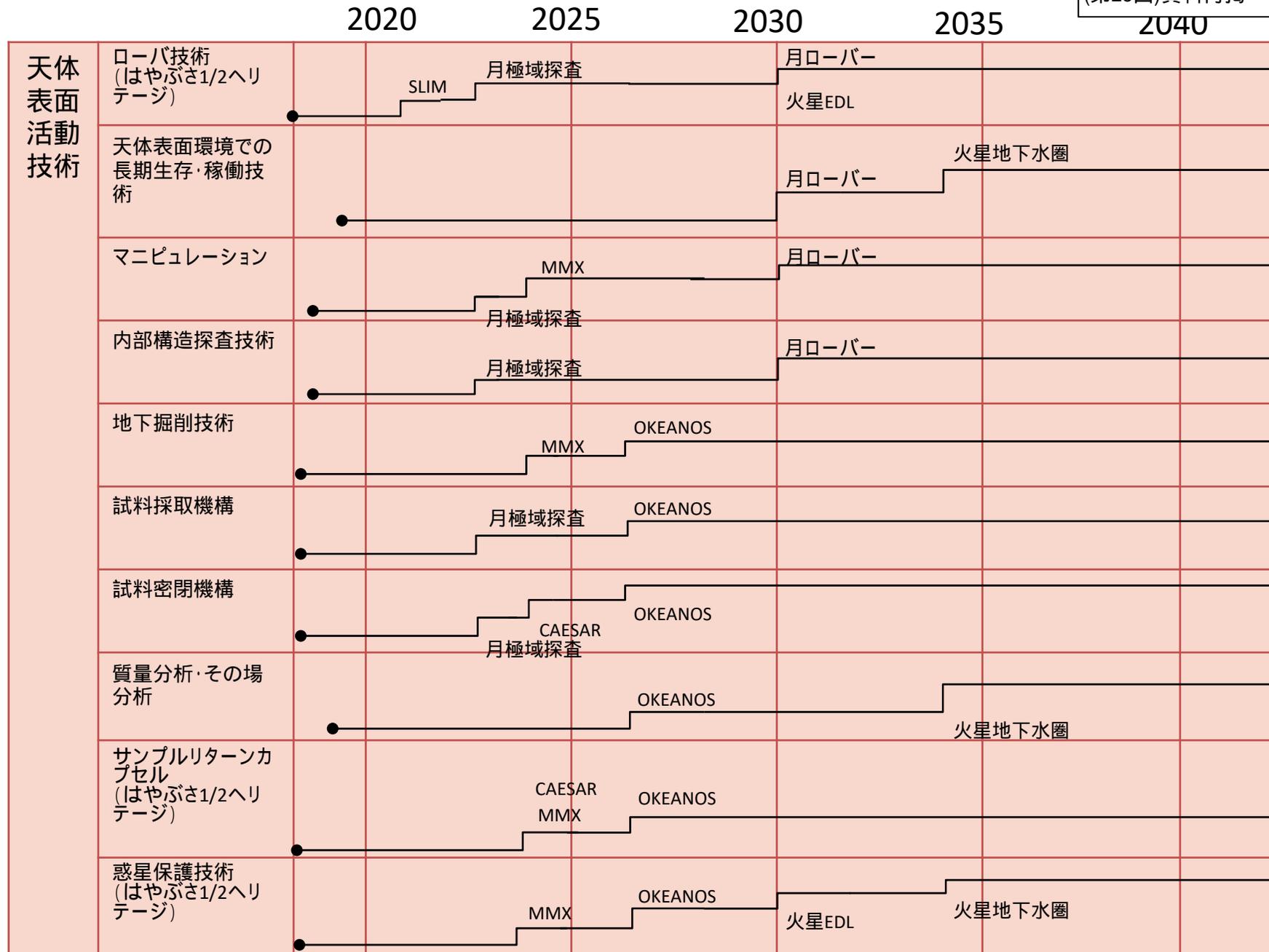
有望技術が適用される想定ミッション（イメージ）



超小型衛星/探査機による高頻度な実験

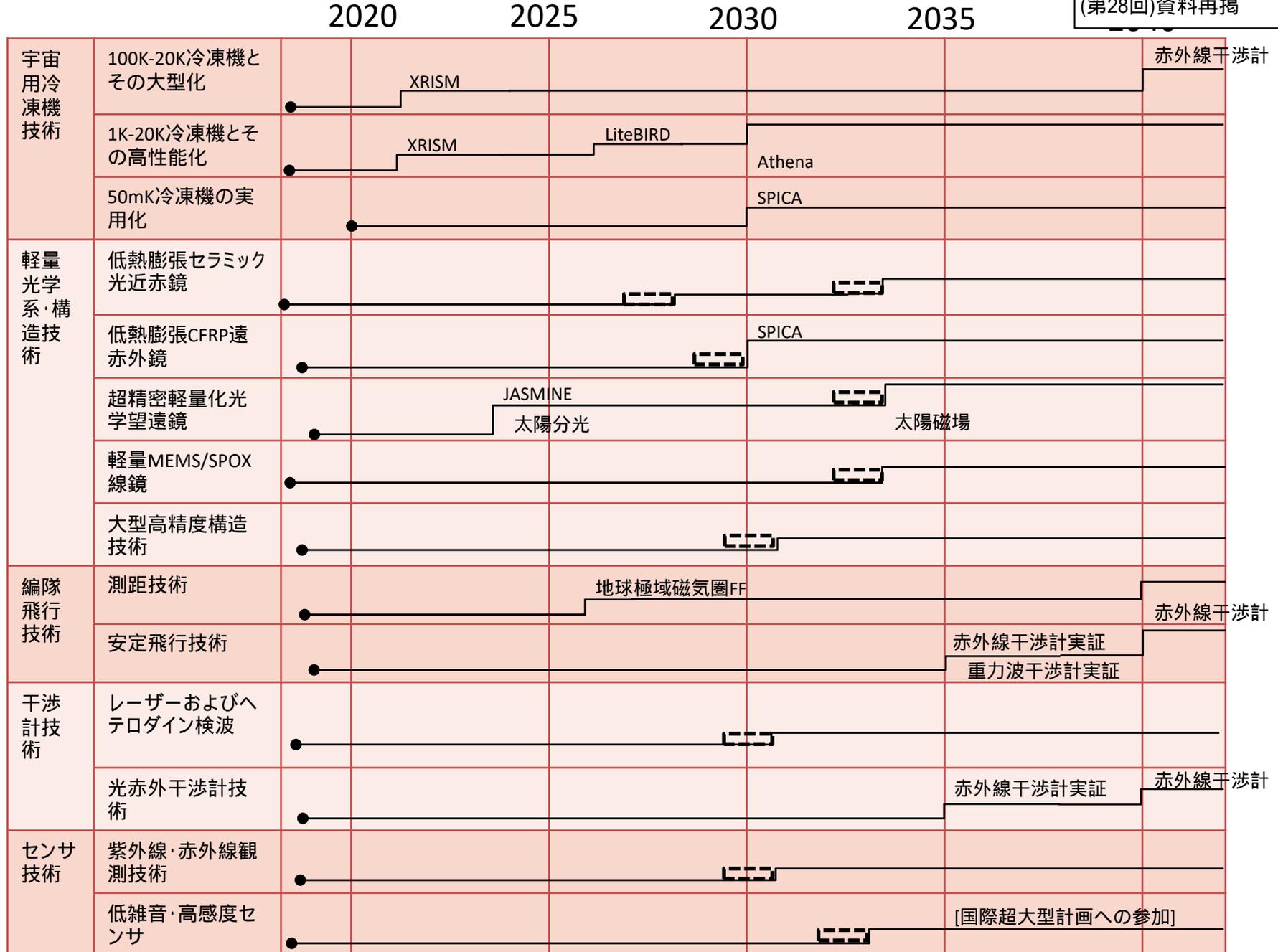
有望技術が適用される想定ミッション（イメージ）

宇宙科学・探査小委員会
(第28回)資料再掲



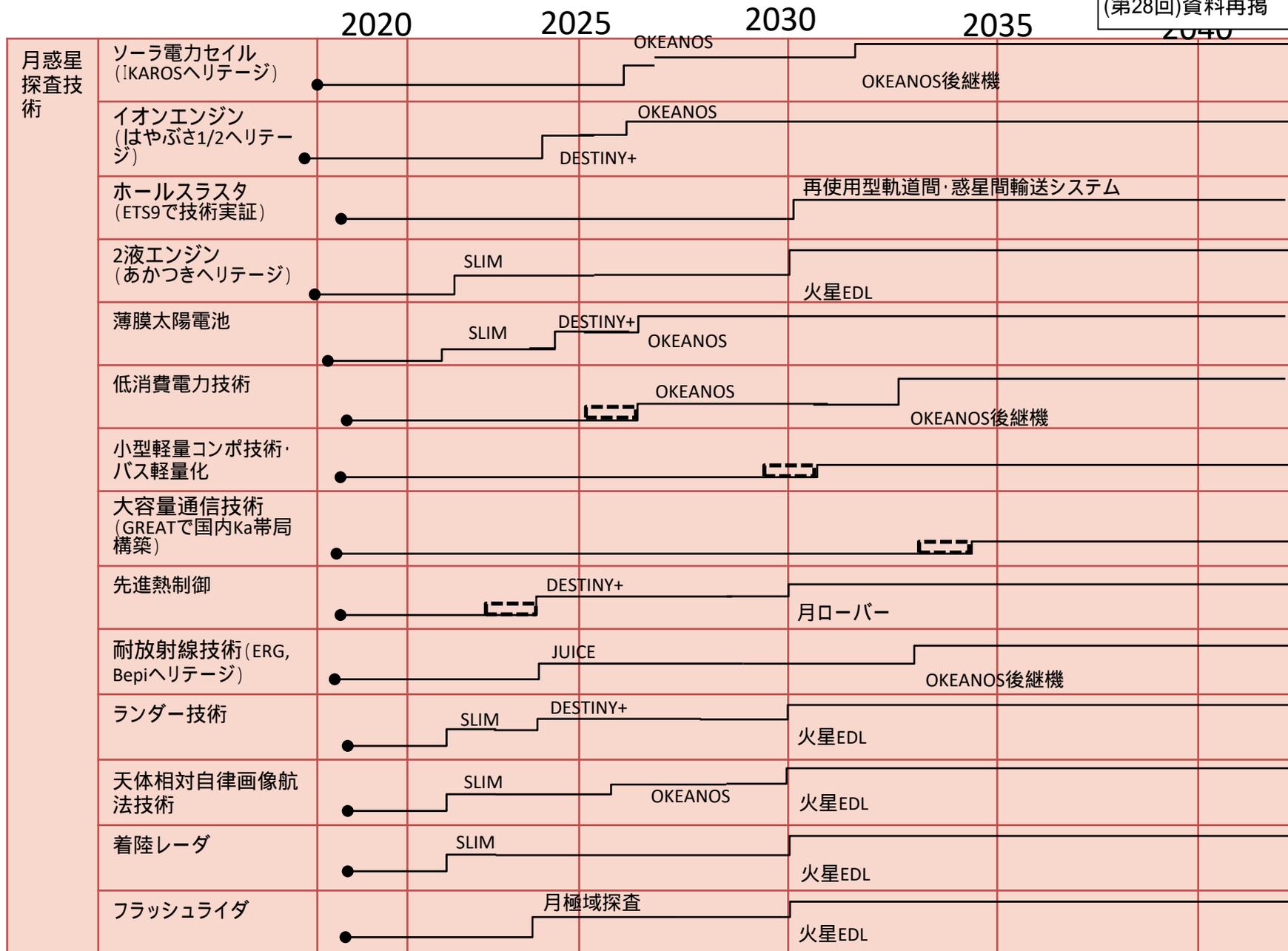
有望技術が適用される想定ミッション（イメージ）

宇宙科学・探査小委員会
(第28回)資料再掲

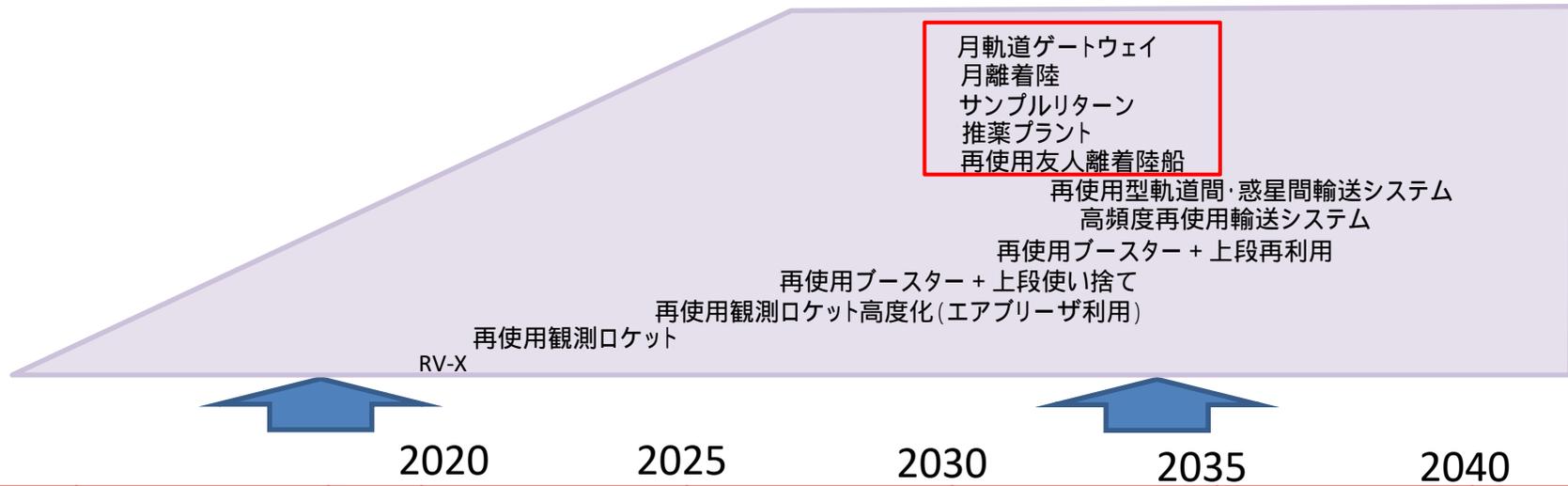


有望技術が適用される想定ミッション（イメージ）

宇宙科学・探査小委員会
(第28回)資料再掲



有望技術が適用される想定ミッション（イメージ）



		2020	2025	2030	2035	2040
宇宙輸送システム技術	効率的運用システム技術	●	RV-X 再使用観測ロケット	シナジーイプシロン		
	ヘルスマネジメント技術	●	RV-X 再使用観測ロケット	シナジーイプシロン		
	推進薬マネジメント技術	●	RV-X 再使用観測ロケット	シナジーイプシロン		
	再突入帰還飛行技術	●	RV-X 再使用観測ロケット	シナジーイプシロン イプシロン上段再使用化		
	着陸技術	●	RV-X SLIM 再使用観測ロケット	シナジーイプシロン 月極域探査		
	自律飛行安全技術	●	再使用観測ロケット 観測ロケット高機能化	シナジーイプシロン 超低コスト小型ロケット		

有望技術が適用される想定ミッション（イメージ）

