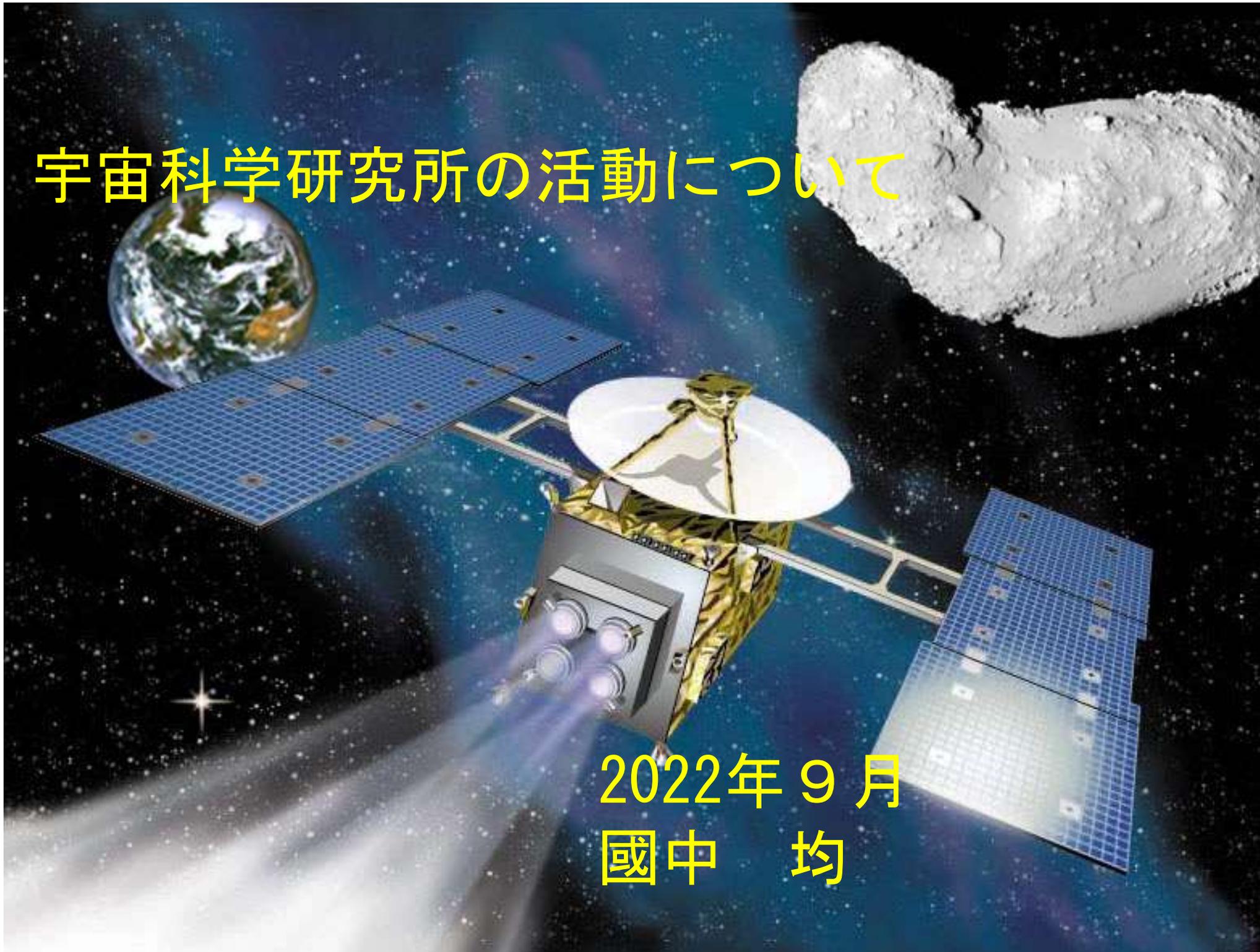


宇宙科学研究所の活動について

2022年9月
國中 均



1. 宇宙科学・探査ロードマップ改定

宇宙科学・探査ロードマップ

2022年 4月 6日 C改訂
2021年 1月20日 B改訂
2019年 5月16日 A改訂
2013年 9月19日 制定

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構
宇宙科学研究所

I. 宇宙科学・探査プログラムの進め方の基本となる考え方

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。

また、昨今の米国による有人月面着陸構想や有人月周回拠点(Gateway)計画など、活発化する国際宇宙探査活動への効果的な参加も考慮する必要がある。

こうした最新の状況も踏まえつつ推進する宇宙科学・探査の研究開発や成果は、宇宙分野だけでなく幅広い分野の科学技術を牽引・強化するとともに、大学等の連携による人材育成、民間等との協力による産業力強化、人類の活動領域の拡大を含む国力の維持・強化に資するものである。

これまでの日本の宇宙科学の実績と特徴を生かしつつ、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タイムリーに実施することを推進する。

特に日米欧三極間での国際協調と相互補完により効率的なミッション計画を立案し実行する。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主導し、一方で、海外が主導するプロジェクトについてはそれへの参加を積極的・戦略的に展開し、成果創出の最大化を図る。

宇宙科学ミッションの高頻度な実施を図る。その際、イプシロンロケット等我が国の基幹ロケットの優先的使用を含めて検討を進めるとともに、宇宙機小型化技術の活用による効率化、活動範囲の拡大も狙う。

I .宇宙科学・探査プログラムの進め方の基本となる考え方

【月と火星の探査における国際宇宙探査計画との連携】

- 月と火星の探査は、米国アルテミス計画とも連携して実施する国際宇宙探査として、科学だけでなく目標に従い多くの方面からの参加と展開が期待できることから、プログラム化して効果的、効率的に進める。
- 今後、月と火星の宇宙科学は、原則として、国際宇宙探査プログラムとして整理することとする。従来の宇宙科学研究所の活動との連動による柔軟な対応で、成果の最大化を目指す。

Ⅱ. 今後の宇宙科学・探査プロジェクトの推進方策

(1) 方策

今後5～10年間に選定する計画について、現在から続く宇宙科学のスコープにおける、総予算規模、基幹ロケットのアンカーテナンシー、国際協力の制約等の条件の下で、特に顕在化している、業務改革を踏まえたコスト超過、海外協リスク、人的リソース不足等の課題を抑制し、宇宙科学の成果の最大化と持続的な発展を得るため、宇宙科学コミュニティが責任を持って実行すべき施策として、以下を行う。

- 宇宙科学における宇宙理工学各分野の戦略に基づき、戦略的中型計画(H3クラスで打上げを想定)、公募型小型計画(イプシロンで打上げを想定)、戦略的海外共同計画、小規模計画の4クラスのカテゴリーに分けて実施する。
- コストキャップの機会毎の弾力的な設定とコスト超過抑制策の導入を合わせ、10年間にH-IIA/H3ロケット3機、イプシロンロケット5機の打上げ機会を維持することを目指す。
- 「戦略的中型計画」は、宇宙科学コミュニティと宇宙科学研究所の開かれた関係と協力のもとで「戦略的に」ミッション候補について立案を行い、「技術のフロントローディング」の活用を含め、集中的・効率的にリソースを投下してミッションの立案・開発を行う。

Ⅱ. 今後の宇宙科学・探査プロジェクトの推進方策

(3) 予算規模

- 学術研究を目的とした宇宙科学及び宇宙探査に関する活動を対象とし、1年単位の予算規模での考え方では効率的かつ効果的なミッション創出や国際共同の妨げとなる可能性が有るため、プログラム化やJAXA全体の予算規模を考慮した上で安定的にプロジェクトが実施できるよう、10年程度の規模での予算枠を前提として考える。

これにより、以下の項目を実施するためには年間一定の予算規模が必要と推算されるが、衛星開発スケジュール、JAXA全体の予算規模等により各年度予算は変動することに留意が必要である。宇宙科学コミュニティとの調整により、学術として十分な意義かつ成果が見込まれる等の理由により、各カテゴリの個別プロジェクトにおいて予算規模を超過する場合は、10年間の全体の予算規模の中での調整が必要となり、最終的にはコミュニティの意見を踏まえつつJAXAが決定する。

コストキャップの最大値を拡大した目的は、海外協力を含むマネジメントリスクを抑制し、日本が主体的かつ安定にプロジェクトを推進するためである。この趣旨を踏まえ、徒なプロジェクトの大型化・高額化を避け、打上げ頻度を確保する観点でプロジェクトの選定・総開発費の設定に当たっては留意する。

- 4つのカテゴリの規模

総予算規模を考慮しながら、以下のとおり設定する。

- ・戦略的中型計画 : 真に必要な場合を除き、最大400億円程度／機、10年間に3機
- ・公募型小型計画 : 真に必要な場合を除き、最大180億円程度／機、10年間に5機
- ・戦略的海外共同計画 : 10億円程度／年
- ・小規模計画 : 数億円程度／年

Ⅱ. 今後の宇宙科学・探査プロジェクトの推進方策

➤ コストキャップの考え方

宇宙研のリソースを最大限有効に活用して宇宙科学・探査で世界的な成果を出していくため、以下のとおり進める。

- ① プリプロジェクト候補は、ミッション定義段階にフロントローディング活動を行い、確実性強化、リスク低減、及びコスト見積もり精度向上を図る。特に検討初期段階では不確実性の高い事項について、プロジェクト立ち上げ後のコスト超過を抑制する。
- ② ISASは、ミッション定義段階に、上記に必要なリソースを投入し、また、独立した第三者によるコスト評価を行い、コスト管理を徹底する。コスト超過が見込まれるミッションは早期にデスコープ等によるコスト削減を行ってコストキャップ内に抑える。
- ③ 上記努力にも関わらずコスト超過が発生した場合、ミッションの意義価値と増加コストの両者を勘案し、宇宙理工学委員会の意見を踏まえつつ、推進、縮小、中止等をISAS／JAXA経営が判断する。
- ④ コスト見積もり精度向上・コスト評価・ダウンセクションを経てから予算要求を行う。

2. プロジェクト実施状況

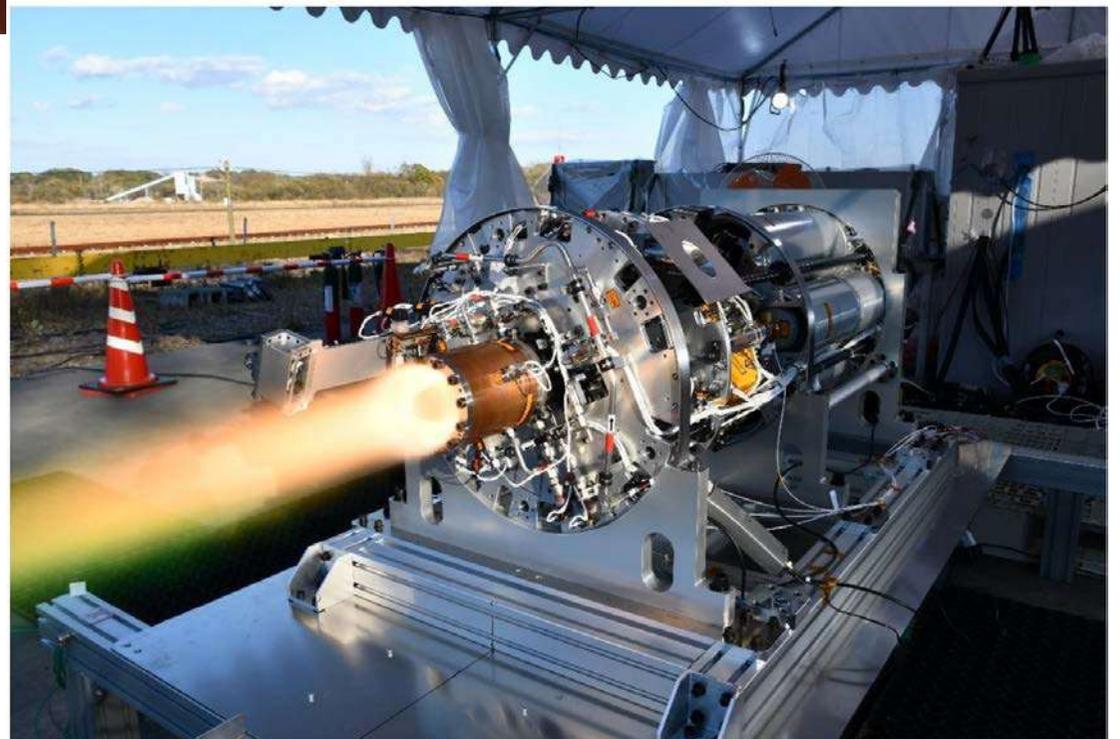


観測ロケット | S-520

S-520型ロケットは、K-9M、K-10型ロケットに替わる単段式ロケット。高性能推進および最適推力プログラムの採用、構造の軽量化などによって、単段式ながらそれまでの主力観測ロケットであったK-9Mの2倍のペイロード能力が実現された。

名古屋大学 笠原次郎教授
デトネーションエンジン

観測ロケットS520-31
7月20日（火）早朝5時半打上



DESの白老燃焼実験の様子

2021年11月4日（木）に、「極域カスプ上空に発生する電離大気流出過程の研究」を目的とした観測ロケットSS-520-3号機をアンドーヤスペースセンタースバルバードロケット実験場（ノルウェー）から打ち上げました。



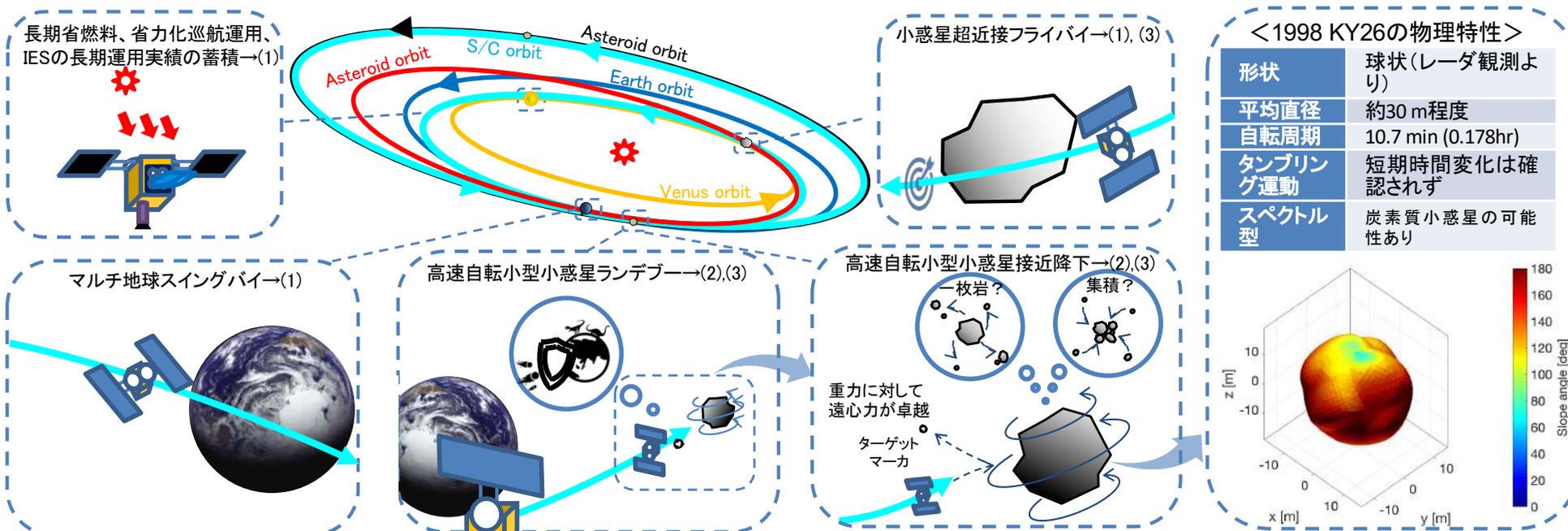
はやぶさ2 拡張ミッション

(3) 選定されたシナリオ (EAEEAシナリオ) の概要

- ミッション意義:
- (1) 太陽系長期航行技術の進展
 - (2) 高速自転小型小惑星探査の実現
 - (3) Planetary Defenseに資する科学と技術の獲得

<ミッションシーケンス>

達成時期	イベント	工学成果	理学成果
2021~26年中期	巡航運用	長期省燃料/省力化巡航運用技術の獲得	巡航運用中の黄道光観測 / 系外惑星探索
2026年中期	2001 CC21フライバイ	・日本初の小惑星超近接高速フライバイ技術の獲得 ・Planetary Defenseに資する技術の獲得	L型小惑星のフライバイ観測による制約
2027年後期	地球スイングバイ1	・マルチ(3回目)地球スイングバイ達成	地球スイングバイ時の月観測による搭載理学機器校正
2028年前期	地球スイングバイ2	・マルチ(4回目)地球スイングバイ達成	地球スイングバイ時の月観測による搭載理学機器校正
2031年後期	Fast Rotatorランデブー	・長期深宇宙航行の進展(最終フェーズ完遂) ・Fast Rotator天体探査技術の獲得	・高速自転小惑星の形成・進化の解明 ・Planetary Defenseに資する科学の獲得



(画像クレジット: JAXA)



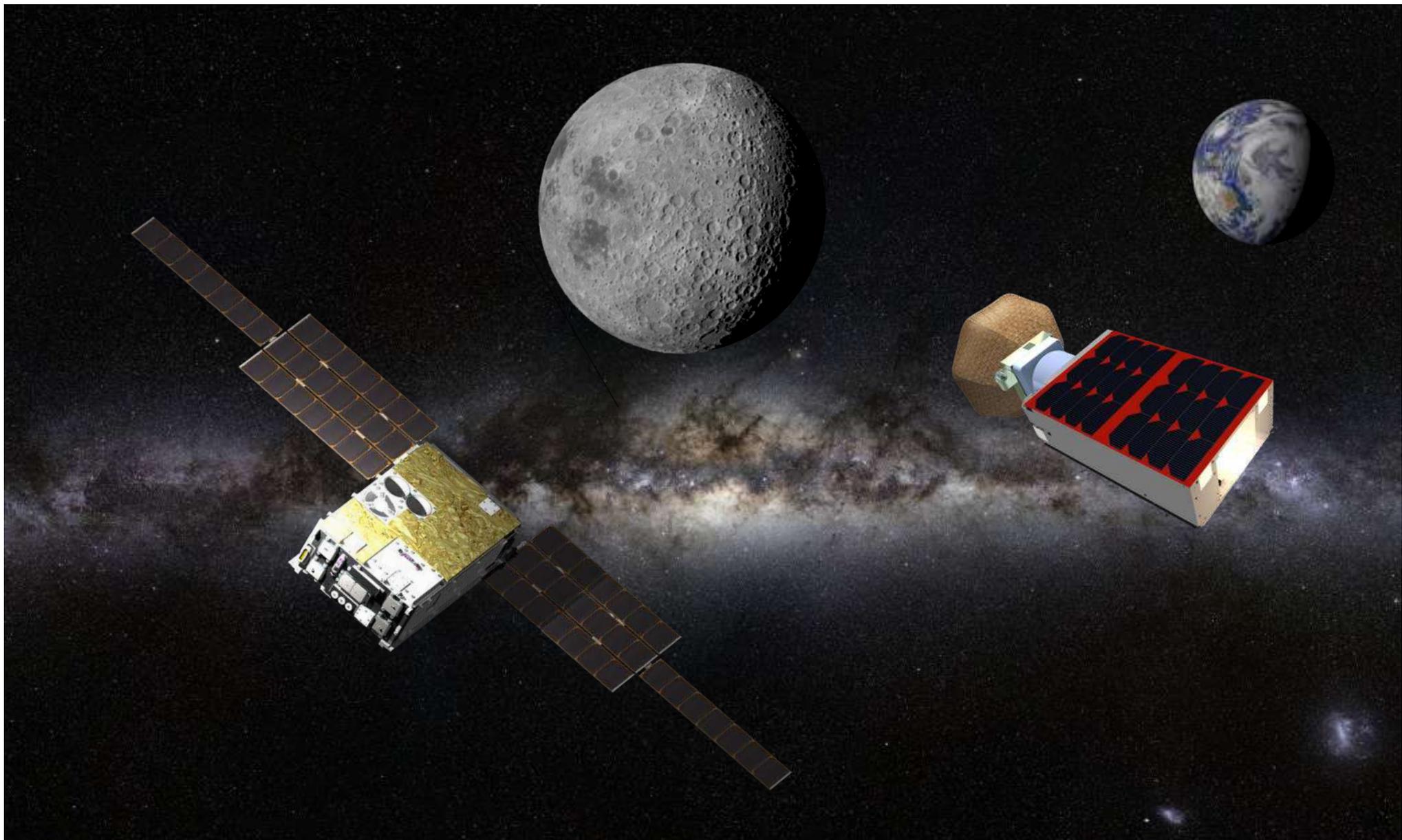
運用中

磁気圏尾部観測衛星 GEOTAIL

地球周辺空間において、物理現象の起きている現場で直接観測を行う磁気圏尾部観測衛星。

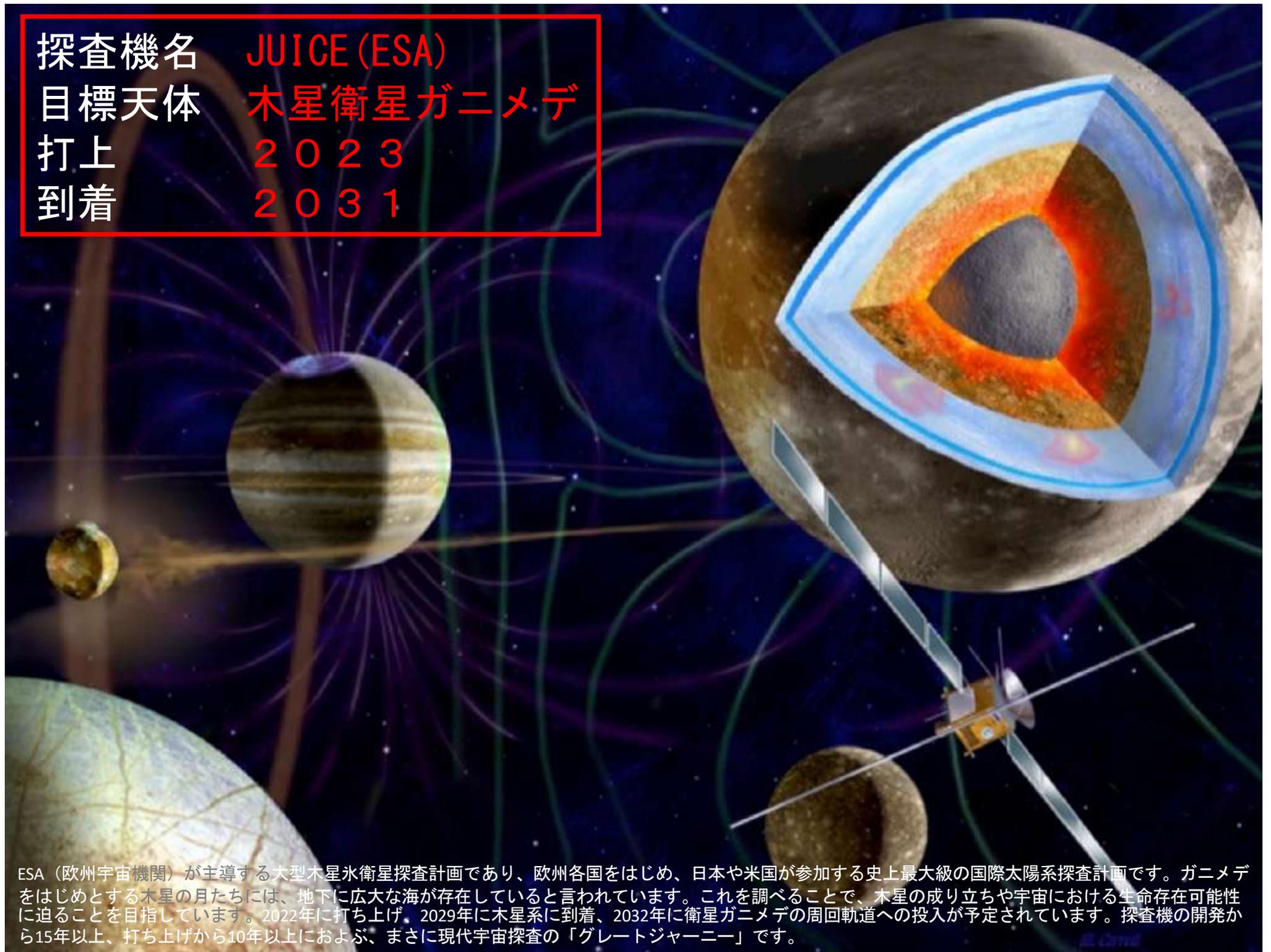
地球磁気圏尾部の構造とダイナミクスおよび磁気圏の高温プラズマの起源と加熱・加速過程を明らかにするため、日米の共同プロジェクトとして研究開発、運用を行った。

磁気圏尾部観測衛星GEOTAILは、1992年7月24日に米国フロリダ州ケープカナベラルからデルタ-II ロケットで打ち上げられた日米共同プロジェクトの衛星です。主な目的は、



探査機名	EQUULEUS	OMOTENASHI
目標天体	EML2	月硬着陸
打上	2022	ARTEMIS-1 (NASA)

探査機名	JUICE (ESA)
目標天体	木星衛星ガニメデ
打上	2023
到着	2031



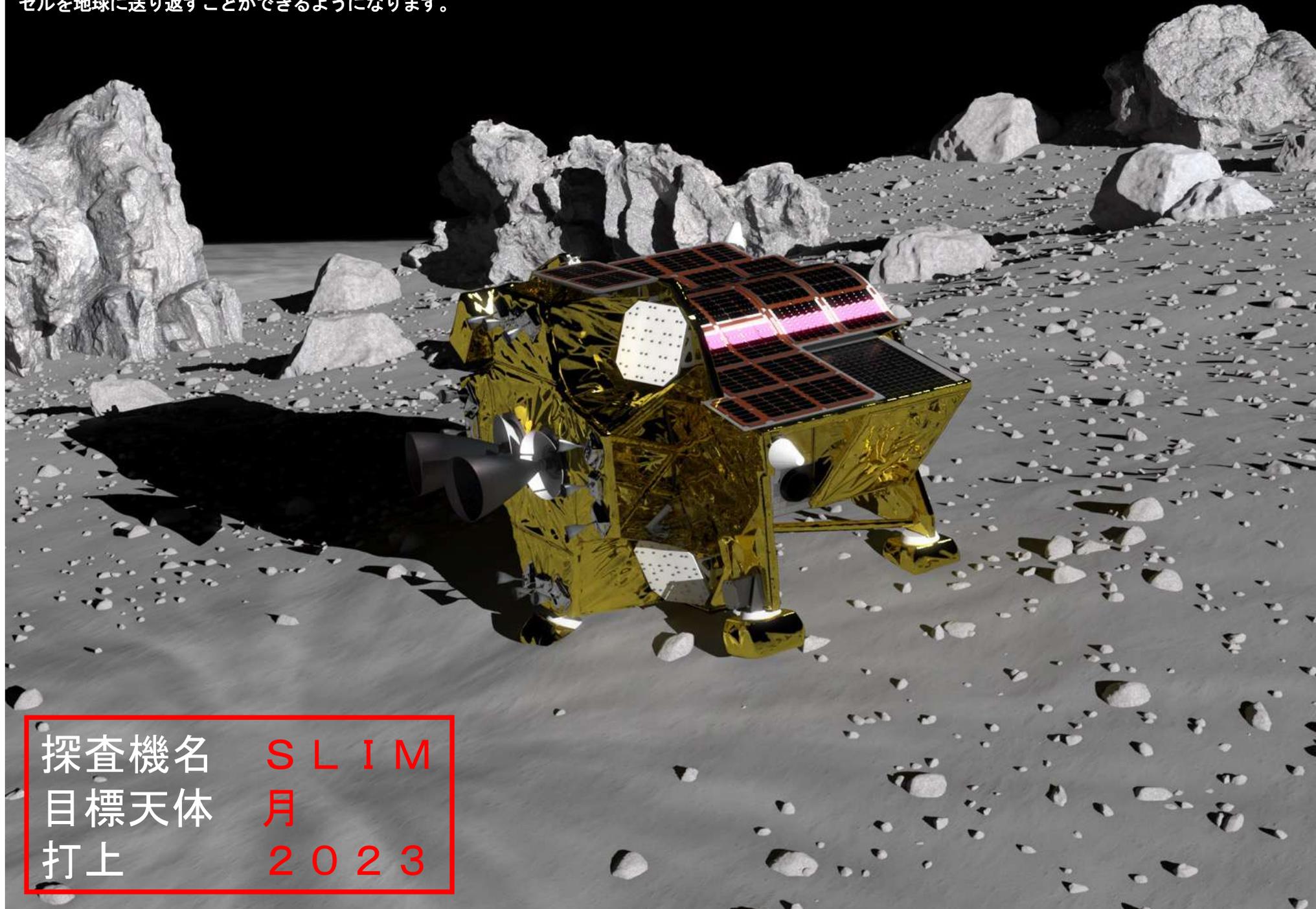
ESA（欧州宇宙機関）が主導する大型木星氷衛星探査計画であり、欧州各国をはじめ、日本や米国が参加する史上最大級の国際太陽系探査計画です。ガニメデをはじめとする木星の月たちには、地下に広大な海が存在していると言われています。これを調べることで、木星の成り立ちや宇宙における生命存在可能性に迫ることを目指しています。2022年に打ち上げ、2029年に木星系に到着、2032年に衛星ガニメデの周回軌道への投入が予定されています。探査機の開発から15年以上、打ち上げから10年以上におよぶ、まさに現代宇宙探査の「グレートジャーニー」です。

探査機名	XRISM (X-Ray Imaging & Spectroscopy Mission)
観測目標	X線天文
打上	2023
軌道	低緯度円軌道



ASTRO-Hの喪失後、JAXAは徹底した原因究明を行い、不具合の直接の要因とその背後にある要因を調べ上げ、再発防止のための対策をしました。「X線分光撮像衛星XRISM」計画は、この再発防止策に基づいて計画されたプロジェクトです。銀河を吹き渡る風である「高温プラズマ」のX線精密分光撮像を通じて、物質やエネルギーの流転を調べ、天体の進化を解明します。宇宙科学のフロンティアを拓くあらたな国際X線観測計画としてNASAやESAをはじめとした関係機関と密接に協力しながら、開発を進めています。

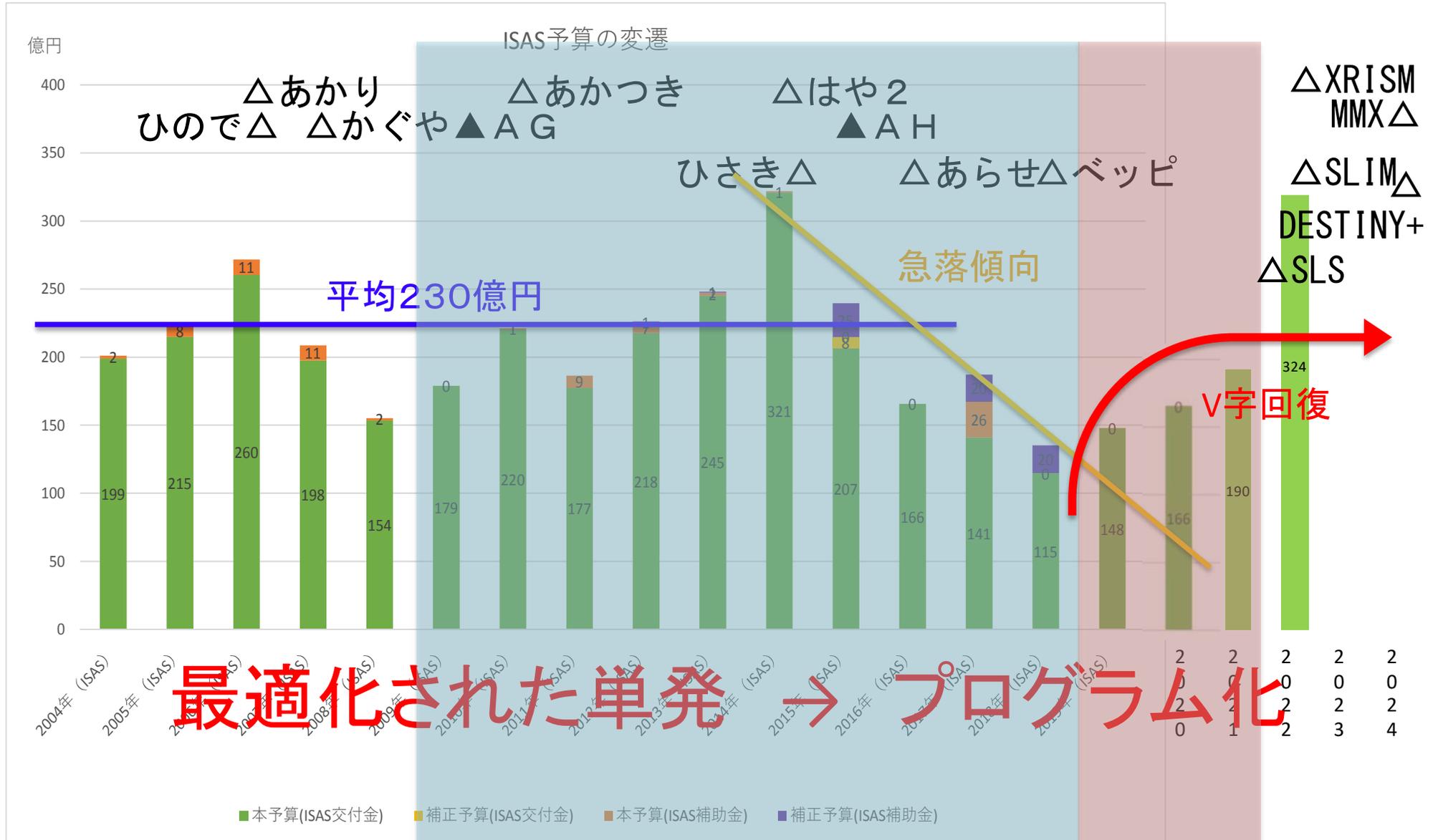
SLIM (Smart Lander for Investigating Moon) は、将来の月惑星探査に必要なピンポイント着陸技術を研究し、従来の「降りやすいところに降りる」着陸ではなく、「降りたいところに降りる」着陸へ、と質的な転換を果たします。月よりもリソース制約の厳しい惑星への着陸も現実のものとなってきます。また、将来、月面から物資を持ち帰るサンプルリターンを実施する場合、月面からSLIM級の大きさのリターン機を打ち上げれば、はやぶさと同程度の大きさのカプセルを地球に送り返すことができますようになります。



探査機名	SLIM
目標天体	月
打上	2023

3. 予算状況

宇宙科学研究所の予算



最適化された単発 → プログラム化

過去10年: 2009~2018
中型3機、小型3機打ち上げ実績

2019~2021
新規打ち上げ無し

4. フロントローディング

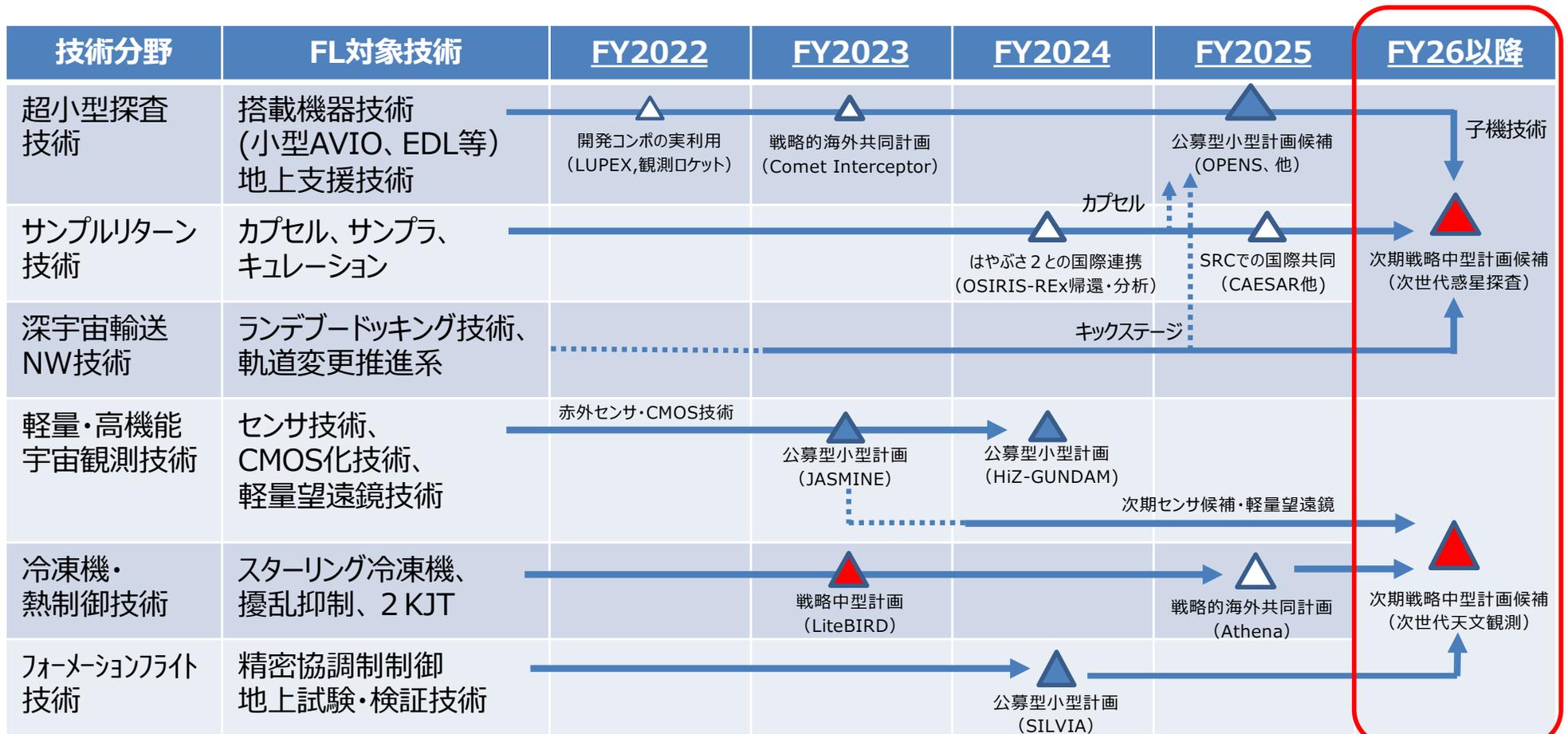
2. 技術フロントローディング実施案件の決定プロセス

- 2030年代前半の宇宙科学・探査の方向性（ビジョン）からバックキャストし、プロジェクト化前のミッションを効果的・効率的に実現するための共通的なキー技術を設定。
- キー技術の実現シナリオの具体化のために、キー技術候補毎にタウンホールミーティング等により、JAXA横断的な議論を喚起し、技術ロードマップの具体化、実施主体となるキープレーヤ等を議論。



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

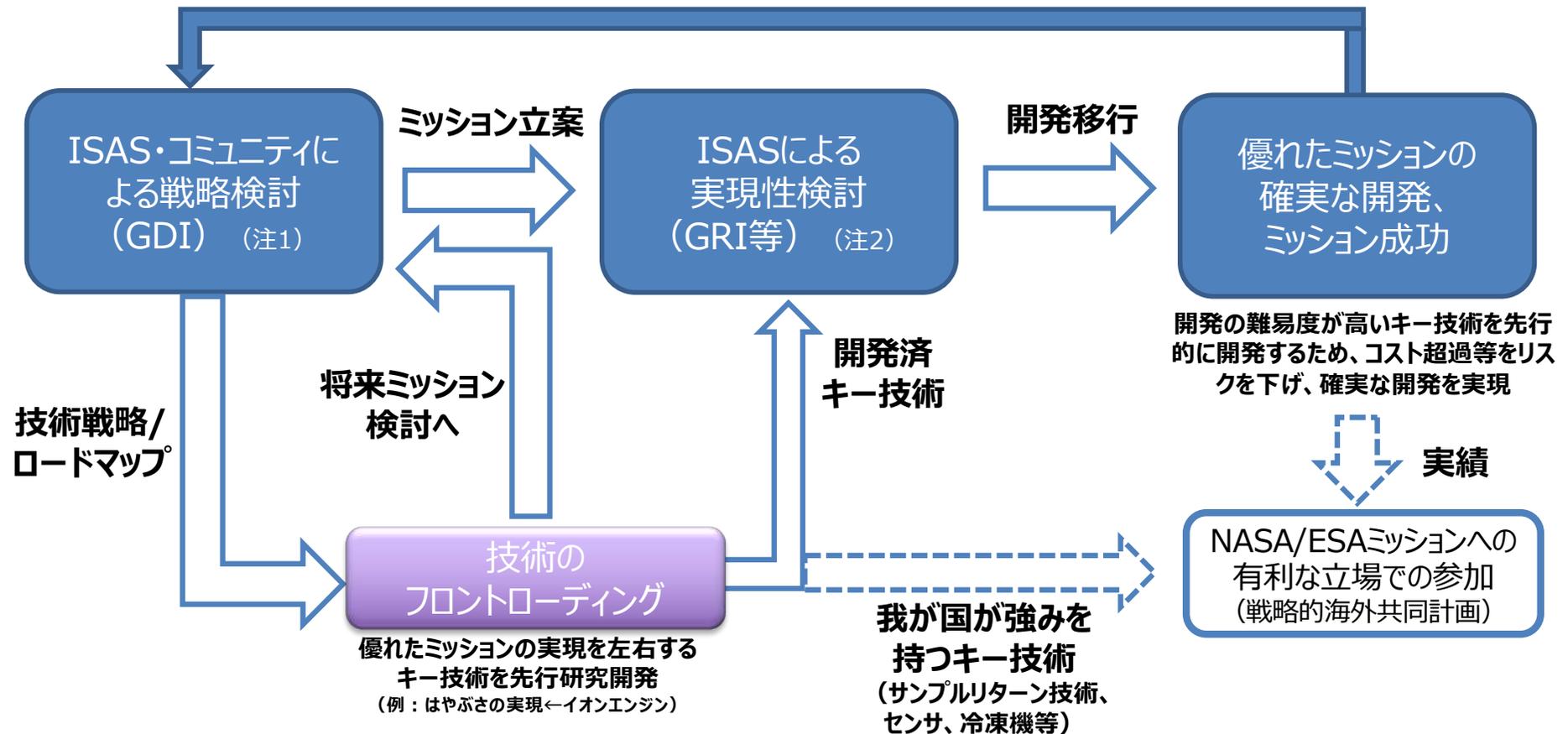
探査・観測の大きなビジョン(宇宙科学・探査ロードマップ) や次期中型計画候補（今後はGDIの中で行われる議論）の状況を踏まえ、将来の先進的なミッションの創出や発展性を見据えつつ、直近のミッションの立上げにも貢献できる共通技術という観点で選定、推進。



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。

戦略的なミッション創出の流れ

- 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)

5. 今後の中型計画

【今後の方向性】

- 宇宙研も参画するGDIがリーダーシップを発揮し、優れたミッションをインキュベートする。特に優れたミッションコンセプトの具体化を今年度及び来年度において集中的に実施。
- その後、GDIが提示する宇宙科学・探査の今後の戦略案も考慮の上、宇宙研としてFY2024中に次期戦略中型ミッションの候補を戦略的に決定し、所レベルでの検討チームの立上げ。
- 具体的な今後のプロセスとして現状、以下を予定。
 - ～2023.2 各GDIによる戦略・シナリオ立案、これに基づくミッション候補WG設立
 - 2023春 各ミッション候補の実現性検討及びブラッシュアップ。技術FLも活用
 - 宇宙研と各GDIの戦略的対話の実施／宇宙機関間での国際協力の取り付け
 - 2024秋 候補の策定
 - 2024冬 宇宙理工学委員会への諮問
 - 2024冬 候補の所決定/GRI立上げ
 - 2033 打上げ目標

6. 宇宙研と学会との対話の重要性

関係各位

SPICA 問題に対する光赤外天文コミュニティの総括（案）

光学赤外線天文連絡会

要旨

光赤天連が 2000 年代半ばに TMT 計画と相補的な次世代スペースミッションの最重要計画と位置づけ、以降その推進を後押ししてきた SPICA ミッションが、2020 年 10 月に中止された。その直接の要因は主推進機関である ESA におけるコスト超過問題である。ただし、その中止の遠因を考えると、数百億円規模という大型ミッションに見合った支援を我々光赤天連が総力を挙げてやり切ったとは言い難く、科学コミュニティとしての当事者意識や責任感の不十分さが、SPICA を支援しきれなかった原因の根底としてあったことが窺われる。特に、科学コミュニティと SPICA 検討チームや宇宙研執行部とのコミュニケーションがいくつかの重要な時期に不足がちとなったことや、科学コミュニティ内でのサイエンス検討の際に技術・コストの課題を十分に考慮できなかったことは、重く受け取るべきである。今後、光赤天連が大型プロジェクトを推進していく上では、光赤天連と当該プロジェクトチームとの間はもちろんのこと、プロジェクト推進機関の執行部をも含めた双方向のコミュニケーションを促進し、**光赤天連がプロジェクトに主体的に参画するべき**である。また、長期間のサイエンスの展望に立ち、技術開発やプロジェクトマネジメントの重要性を再認識し、大学における天文技術開発をコミュニティ全体で活性化させるなど、**大型プロジェクトを支える実力をコミュニティとして蓄えなければならない**。光赤天連は、SPICA の教訓を活かし、長期的な観点で大規模なプロジェクトを実現できるコミュニティに発展すべきである。

日本惑星科学会

1992年設立：月探査機LUNAR-A (1995年打ち上げ予定、開発難航による大幅遅延で2007年計画中止) この計画を契機に惑星科学の学会 (日本惑星科学会) をプロジェクトマネージャーの水谷仁氏 (宇宙研教授) 中心に、天文学、地質学、鉱物、地震など関連の学会に呼びかけて組織された。”学会の学会”という様相

初代はやぶさ (固体惑星科学) : 「学会の中でも少数派の分野が巨額の予算を使おうとしている」と見えた。

「はやぶさ2」問題：探査計画を作る上での徹底的な議論不足など、「このままでは、はやぶさ2計画には賛成できない」、宇宙研理学関係者からも「きちんと探査計画を組み上げるのに必須の、研究者レベルからのボトムアップ議論が不足している」、意見の集約ができない状態。

2010年 11/30, 2011年 1/13, 4/6, 6/23, 8/2, 12/15 「はやぶさ2」から考えるサイエンス研究会 (はやぶさ2プロジェクトチームと日本惑星科学会との研究会開催)

平成23 (2011) 年6月27日、宇宙開発委員会推進部会での日本惑星科学会 会長 渡邊 誠一郎 (名古屋大学 大学院 教授) の意見表明

参考：アメリカでは、OSIRIS-REx 計画、2016年に打ち上げ、2019年に小惑星1999RQ36 (Bennu、B型小惑星) に到着しサンプル採取し2023年に地球に帰還する。

「はやぶさ2」 問題

惑星探査の二重構造 (2/3) ISAS vs JSPEC 問題

しかし

- **JSPEC事業はあまりプログラムの的には推移せず
科学面における惑星探査企画評価の二重構造ができてしまった**
 - ミッションの存立自体にやっぱり科学的必要が要請
 - JSPEC既実施ミッションはISASで計画されていたミッション
 - 今後のミッションについてはISAS・宇宙理学委員会での科学探査計画と同じ議論
 - が、JSPECの存在がともすればISAS宇宙理学委員会の関与に障壁
 - 宇宙探査委員会による宇宙理学委員会の科学評価のバイパス
 - 「はやぶさ」サンプルキューレーション問題
 - 「はやぶさ2」問題
 - 「はやぶさ」の奇跡的帰還に過度に依存
 - 国民的支持を背景に、忌憚なき技術的・科学的議論を抑圧する翼賛的雰囲気
 - 「はやぶさ」の科学成果を咀嚼する前に計画が推進
 - 「はやぶさ」の見直しを完了する前に早急な実施計画
- **惑星科学コミュニティの成熟度も問題**
 - 「はやぶさ」問題や「はやぶさ2」問題を制御できない
 - 惑星科学コミュニティ内の混乱 (推進派vs慎重派)
 - ISASの他の探査計画への混乱の波及