

技術のフロントローディングの 実施状況について

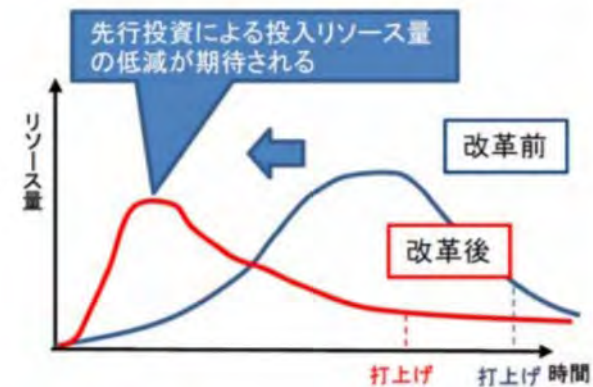
令和3年（2021年）10月8日
宇宙航空研究開発機構
宇宙科学研究所

1. 技術フロントローディング活動の目的

- ① 世界第一級の魅力的なミッション創出する能力を強化するため、宇宙研が目指すミッションの方向性に共通的に寄与する、斬新な知恵やアイデアによる革新的な技術を世界に先駆け確立する。
- ② プログラムとしての多様なミッションに共通的なキー技術に戦略的に先行投資し、コスト増や開発のリスクを効果的・効率的に低下させる。



- ・宇宙科学の将来の方向性
- ・我が国として実績を有し優位性“強み”が見込まれる技術
- ・波及効果が大きいいため我が国として獲得すべき技術



※なお、宇宙科学での産業界と連携した中期的に持続的な成果創出のためにも戦略技術分野を明確にし、企業の投資予見性を向上させ、産業界の技術・人材の自発的な基盤維持・向上を促進する。

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。

宇宙研で
キー技術実現
シナリオを具体化

- タウンホールミーティングを始め、部門・領域を越えた活発な議論と協力
- バックキャストで立案
- 単一ミッションではなく、プログラム全体で最適化した技術戦略

所長は、世界第一級の成果をあげる宇宙科学ミッション実現のための分野を設定。

トップダウンによる実施

所長決定

計画

FLを実行し、先駆的・挑戦的
ミッションを実現する

2030年代前半に実現
すべきミッションの方向性



多波長の観測
ネットワーク
による天文・物
理観測



遠隔、及び、
その場観測
による
太陽圏シス
テム探査



小天体探査戦
略にもとづく
太陽系天体の
その場観測

【参考】宇宙研でのタウンホールミーティングによる戦略検討対話

- 新たなミッションを創出・実現していくため、所長が戦略的に開発する技術分野を指定し、**研究分野を越えて**の議論・対話を実施。
- 今年度は、組織横断での議論の加速、主要プレーヤ同士の連携強化のため、JAXA 他部門も交えた約340名参加によるタウンホールミーティング（2021.7.1）実施。

No.	グループ	内容
1	将来の深宇宙探査・宇宙機小型化を目指す技術（小型化、長期化、自律化）	超小型惑星探査や中型探査機のスリム化につながるコアな技術は？（推力（電気推進）、電源（薄膜電池、原子力）、長寿命化（機構、推進）、低温対策、自律化、など
2	科学観測のための軽量構造技術（鏡・バス構造等）	天文ミッションに共通に使える将来技術は何か？
3	科学観測センサや検出機の技術（共通部分）	様々なセンサを効率よく開発する工夫は？
4	科学衛星／探査機に必要な冷凍機・熱制御技術	強みである冷凍機技術を、さらに高めて探査機全体で考えることはできないか？
5	将来の先進的サンプルリターン計画に必要な技術（サンブラ、カプセル、回収、分析、惑星保護）	ポスト「はやぶさ」のサンプルリターンの目指すものは、そして、それに必要な技術は何？（SRミッション特有技術として：サンプル取得システム、カプセル、回収、分析、惑星保護の一連）
6	宇宙輸送系が目指す将来像と必要な技術（打ち上げ、軌道間輸送、帰還）	新観測ロケット、軌道間輸送、垂直離着陸、革新輸送系（翼形）、デトネーションエンジン、日本の（宇宙研の）輸送系は、どこを目指すのか？大気圏突入技術についての将来は？
7	惑星表面探査技術（EDL、ローバ、ランダ）	EDLから → 月、火星、小惑星などの表面での活動は？ 日本が主導する惑星表面探査の形は？ それに必要な技術は何？
8	フォーメーションフライト技術	フォーメーションフライトについて、将来の科学につながる技術の議論。
9	全ミッションに必要な基盤の地上インフラ技術	自動試験・運用技術、地上計測・解析技術、シミュレータ技術など、優先して取り組むべき技術は何？
10	月面における科学（月面天文台、月SR計画、月震計）	月面天文台、初期衝突盆地の年代決定、月震計ネットワークの実現に向けて何をするか？

- 今後も、トップダウンでの組織的議論の喚起を継続すると共に、コミュニティ、産業界とも対話し、直近のミッションに必要なものから優先的にフロントローディング計画の具体化を行い、必要な予算を確保に努める。

3.1 超小型探査機による探査の将来ビジョンと必要な技術

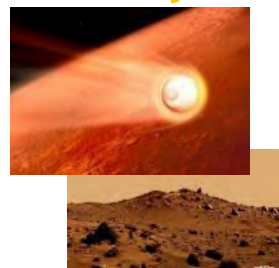
(0) 超小型探査機による惑星間航行（地球圏）

- ・ 搭載機器の小型化
- ・ 超小型クラスによる深宇宙航行技術
プロキオンによる実証済、エクレウスでも実証予定

- ・ 超小型探査機による、サンプルリターン、大気惑星への着陸、火星以遠への探査等の挑戦的なミッションを実現するシステム技術を世界に先駆けて確立することを目指す。
- ・ 低コスト・高頻度の深宇宙探査能力を獲得する。

(1) 深宇宙への出発

- ・ 搭載機器の小型化
- ・ 軌道変換技術



＜着陸探査＞
例：小型プローブ
による多地点
着陸探査

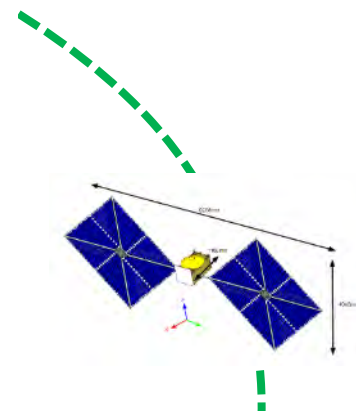
(2) 深宇宙航行

- ・ 通信技術
- ・ 電力確保（電源、省電力）
- ・ 推進技術
- ・ 姿勢制御技術
- ・ 熱制御技術
- ・ 長期間航行への搭載機器信頼性確保
- ・ 半永久電源

■：実施中のキー技術

(3) 大気のある惑星への着陸

- ・ 小型EDL技術
- ・ 小型ランダ、ローバ技術

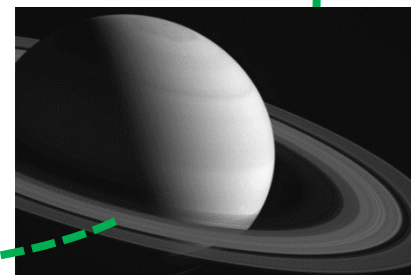


(4) 深宇宙から地球への帰還

- ・ サンプルリターンカプセル
- ・ 回収技術

(5) 既存システムら脱却した新しい考え方の地上系技術

この超小型探査機による科学・探査を支えて、実現する。
（地上シミュレーション技術、自動運用技術、データ処理技術など）

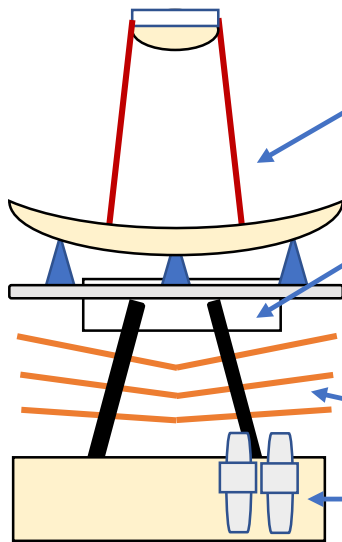


＜外惑星SR計画＞

3.2 宇宙物理の軌道上観測プラットフォームの将来ビジョンと必要な技術

- 欧米に比べ、小型ミッションでも尖鋭的なテーマで世界第一級の成果が獲得できるよう、キーとなる望遠鏡の小型・軽量化や、センサや冷却系の高機能化について、電波からガンマ線にわたる広帯域な宇宙観測の共通技術（プラットフォーム）として強化する。
- 我が国の強みとして、巨大な海外大型観測計画に、有意な立場で参加できる地位の確立を目指す。

例) 口径1m級
軽量(30kg)冷却
赤外線望遠鏡



望遠鏡（光を集める技術）

- ・ 1 mクラス軽量鏡・軽量構造
- ・ 共通技術としての能動支持

センサ（光を捉える技術）

- ・ 半導体検出器・共通技術
InGaAs検出器など
- ・ 分光器, 偏光技術, etc.

冷却システム

（センサの性能を引き出す技術）

- ・ 放射断熱シールド
- ・ **長寿命機械式冷凍機**

その他の応用先

- ・ 時間領域天文学: HiZ-GUNDAM
- ・ 地球磁気圏撮像: GEO-X
- ・ 紫外線望遠鏡: LAPYUTA

- ・ 位置天文学: 小型JASMINE
- ・ 時間領域天文学: HiZ-GUNDAM
- ・ 太陽フレア観測: PhoENiX
- ・ 彗星・惑星探査: LAPYUTA

- ・ CMB偏光観測: LiteBIRD
- ・ X線精密撮像分光: Athena
- ・ 探査機の熱設計

2020年代後半～：尖鋭的イプシロンミッションによる着実な科学的成果の獲得

太陽系内探査機の高機能化・コストダウン

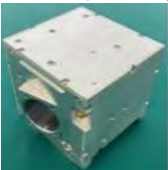
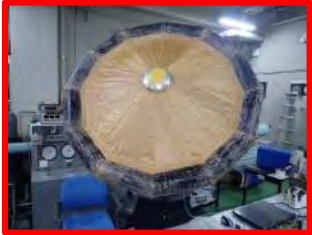
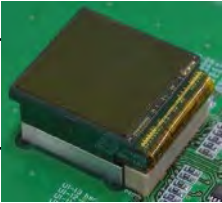
2030年代：世界と競える尖鋭的なイプシロン級ミッションを複数創出

超大型国際ミッションへにつながるキー技術確立、プリカーサミッションの実施

フォーメーションフライト技術と融合 → 干渉計等による高感度精密観測の実現

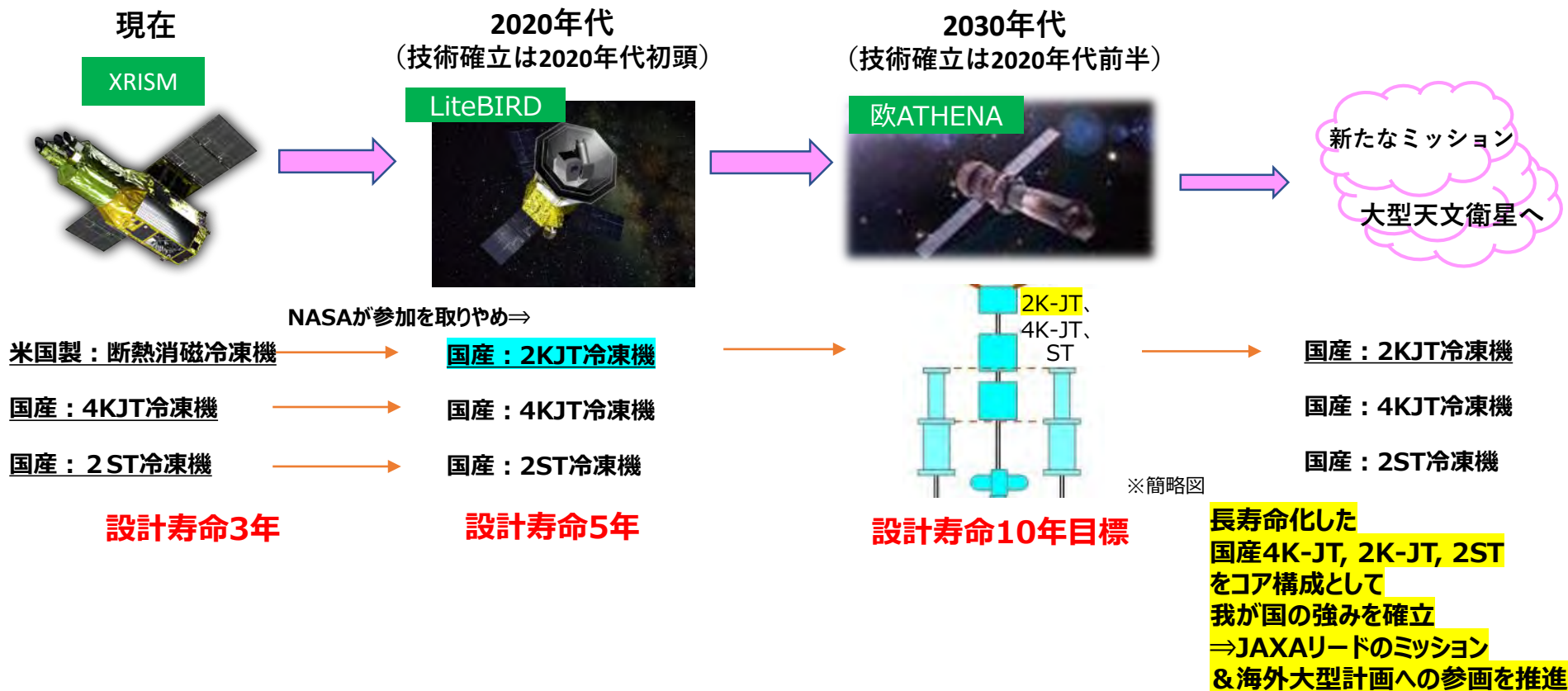
■：実施中のキー技術

3.3 フロントローディング実施項目一覧

技術領域	要素技術	実施事項	適用ミッション例
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	1. アビオニクス小型化（統合化AOCSユニット、小型軽量MEMS-IRU） 2. 軽量薄膜太陽電池パドル 3. 半永久電源 4. 可逆展開ラジエータ技術 	OPENS、Comet Interceptor、CubeSat、小・中型衛星、深宇宙探査機
輸送システム/ 月惑星探査機/天体表面活動 技術	再突入帰還飛行技術、柔軟エアロシェル技術（EDL）	5. 超小型の惑星EDL技術 FLによる性能・信頼性向上したエアロシェルを用いて飛行環境での性能確認を実施。   観測ロケットS-520-31号機 (2021.7.27)	SPUR
	サンプルリターン技術（取得、カプセル、分析技術等）	計画策定中。	CAESAR
	軌道間輸送ネットワーク（軌道変換推進系、ランデブードッキング等）		深宇宙探査機
宇宙用冷凍機技術	冷凍機の長寿命化、低擾乱化 センサ高性能化、軽量望遠鏡、精密姿勢制御	6. スターリング冷凍機, ジュールトムソン冷凍機	LiteBIRD、Athena
		7. 赤外線センサ技術 	小型JASMINE、HiZ-GUNDAM
フォーメーションフライト（編隊飛行）技術	高精度測距・角技術、精密協調制御、低擾乱制御	計画策定中。	SILVIA、重力波ミッション

4.1 宇宙用冷凍機技術の将来ビジョンと必要な技術

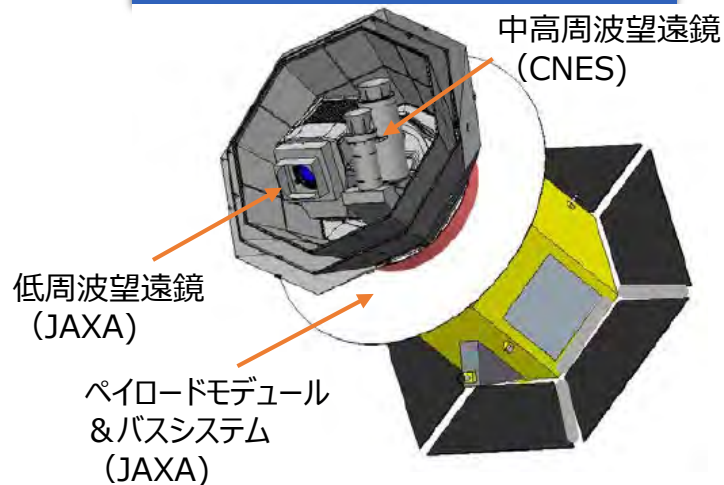
- 宇宙機による電磁波観測において低ノイズ・高感度観測という方向性。これに必須となる冷凍機技術は、我が国が現状、世界で唯一2Kレベルの冷凍機を長寿命化に優れた機械式で実現する技術を保有。海外から期待される我が国の強みとして、ALL-JAXAで産業界と連携しつつ、更に強化する。
- 具体的には、高効率2段スターリング(2ST)冷凍機と2,4Kジュールトムソン(JT)冷凍機をコア構成にプログラム技術として先行開発を行い、LiteBIRD等の今後のミッションのスムーズな立上げを実現する。



4.2 LiteBIRDの検討状況とフロントローディング活動

- LiteBIRD計画は、検出器と2K冷凍機を期待していたNASAのMoOの落選後、代替の開発分担を検討し、概ね目途を得た。
- 技術のフロントローディングの成果として、本計画で搭載する冷凍機が先行開発される。
- 米国予定の2K冷凍機をJAXA担当に切り替え冷凍機技術の強化や産業需要を創出。
- 低周波望遠鏡用検出器は、KEKにて国産開発を検討中。

LiteBIRDの開発分担



今後へ向けた課題

- ① 開発分担・供給体制の確実な構築。
- ② 戦略的中型は、システム全体（ミッション機器含む）の成立性検討を予算を確保してフロントヘビーに進める必要がある。

⇒技術FLでは解決できない衛星固有の課題（ミッション部冷却構造等）を解決してプロジェクト化

【NASA MoO落選への対応】

・焦点面検出器

⇒ 中高周波望遠鏡用：ESA

⇒ 低周波望遠鏡用：KEKで開発

・2K ADR（断熱消磁冷凍機）

⇒ 2K-JT：**技術のFLで開発**