

①戦略的中型計画

- 理念：日本が世界をリードする各分野のフラッグシップミッション
- 新たな立ち上げ方法：
 - 各分野のプログラムを検討する常設のグループ（GDI：後述）を設置し、**少数精鋭のミッションを創出**。ミッションの実現に向けた事前検討を強化。
- 今後の予定：「GDI」を理工学委員会の下に設置、検討を開始（済）。**2024年度中の次期戦略的中型計画の立案に向けて検討を進める。**

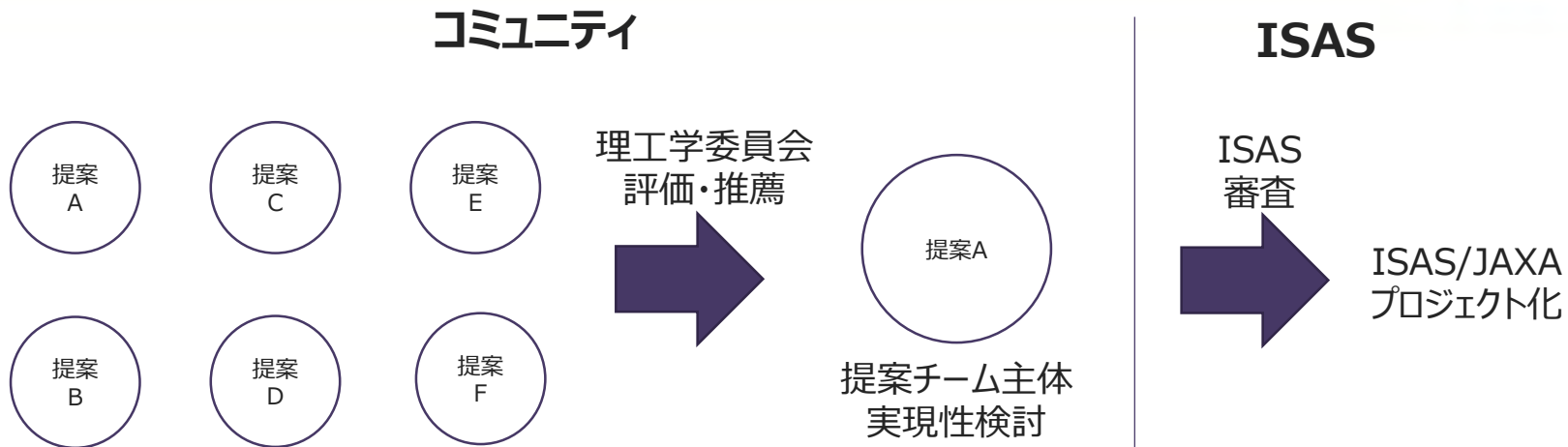
②公募型小型計画

- 理念：適正規模のミッションをタイムリーに実現、開かれた機会を維持
- 新たな立ち上げ方法：従来の条件での公募に加え、**新たに低いコストキャップの「ECO公募」、成熟度に応じて検討期間を短縮する「Fast Track公募」といった多様化した公募**を実施。
- 今後の予定：2022年度前半に従来条件による公募を行うとともに、2024年度を想定した「ECO公募」のためのRFI実施を検討中。

3.2.戦略的中型計画の立ち上げ方法（新旧）



従来



個々のグループ毎にミッションを検討 & MDRまでコミュニティ主体
→リソースが分散、大規模計画立案では力不足という課題

今後

コミュニティ&ISAS

GDI (注1)
(戦略的中型創出グループ)

宇宙工学分野

太陽系科学分野

宇宙物理学分野

理工学委員会
サイエンス評価

コミュニティ&
ISASによる
常設検討母体

GRI (注2)
(統合型ミッション実現グループ)

ISAS
評価・絞り込み

提案A

ISAS主体チームによる
実現性検討

ISAS審査

ISAS/JAXA
プロジェクト化

GDIで各分野の中長期戦略（プログラム）を検討。
これを踏まえ、各分野毎に1ミッション提案

より初期段階からISASリードで初期検討を実施
(フロントローディング強化)

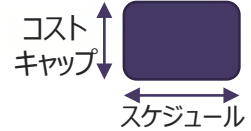
注1 : Groupe de Discussion Intensive

注2 : Groupe de Réalisation Intégré

公募型小型計画の公募の多様化（新旧）



従来



同様条件での公募の繰り返し
→科学ニーズの多様化、衛星・探査機の高コスト化等の課題が顕在化



今後



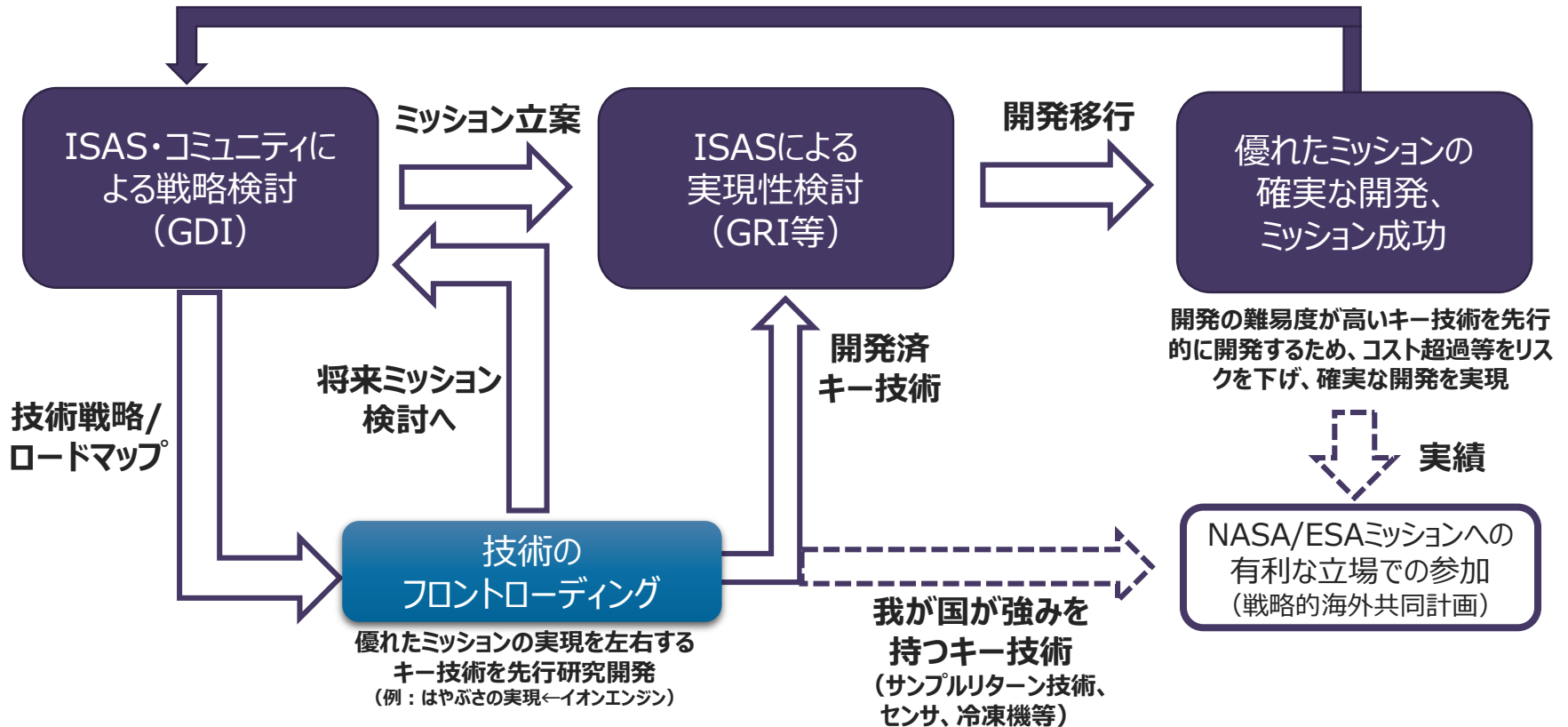
通常公募・Eco公募・Fast Track公募の3カテゴリーを順次実施
→画一的な公募から多様化を図り、適正規模のミッションをタイムリーに実現

※上記は一例であり、どの時期にどのような条件を設定するかは、今後の検討

3.4. 戦略的なミッション創出の流れ（技術のフロントローディングの位置付け）



- 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。



- 今後はミッション毎ではなくプログラムを俯瞰するスタイルで、宇宙工学、太陽系科学、宇宙物理学の3分野ごとのGDIにおいて将来構想を検討する。
- 検討の開始に向けて、プログラムの的に整理する試案※をISASで作成し、GDIという枠組みの運用成立性を確認した。
※宇宙の大規模構造形成史研究、太陽系・小天体探査
- 今後、宇宙基本計画工程表に従い、プログラム上での位置づけが明快となった各計画の着実な立上げを行うとともに、更なる将来計画についてGDIでの検討を開始し、技術のフロントローディングを活用しつつ、2022年度中に事前研究を開始することを目指す。

1. 大目的

- **宇宙の始まりと進化に至る構造形成、極限的な物理・化学現象の解明**

2. 現状

- 宇宙のはじまりにはインフレーションと呼ばれる急激な膨張現象があったと考えられる。
- 宇宙の膨張は約50億年前から加速に転じており、未知のダークエネルギーの存在が示唆されている。
- 観測される銀河や銀河団、ダークマターによる宇宙の大規模構造は、インフレーションにより生じた初期の密度のわずかなゆらぎから膨張する宇宙のなかで重力によって形成されたと考えられる。
- 138億年の宇宙史が俯瞰されつつある。約130億年前の宇宙再電離期以降の銀河分布を観測することができおり、今後、ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡（JWST）などにより、これらの銀河の内部構造や星形成・巨大ブラックホール形成などの活動性、より初期の銀河の観測が可能になると期待される。

3. 課題

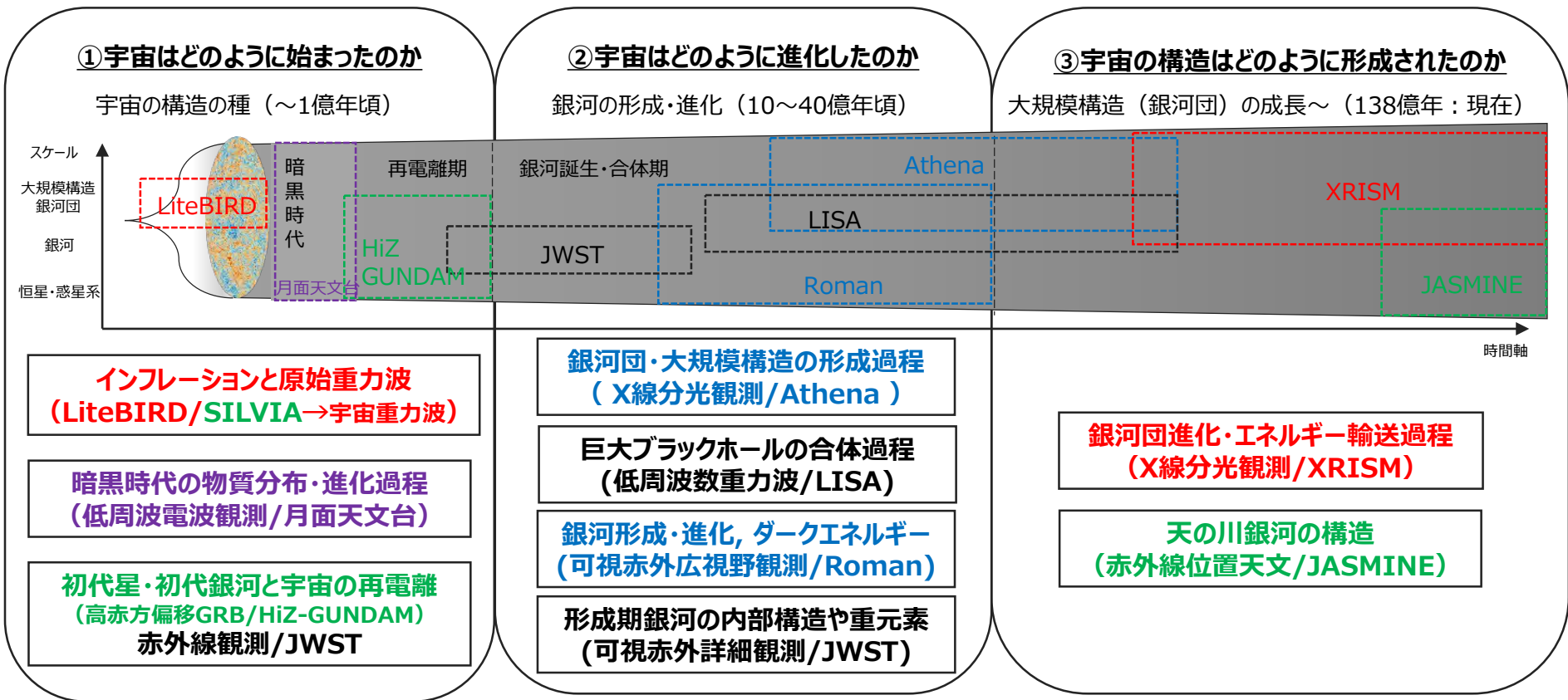
- インフレーションが存在した、より直接的な観測的証拠を得たい (**LiteBIRD**) 。
- 宇宙の加速膨張史と構造形成の発展を精密に測定しダークエネルギーの手がかりを得る (**Roman**) 。
- 130億年よりさらに宇宙初期にさかのぼる宇宙最初期の天体形成、すなわち、初代星の観測 (**HiZ-GUNDAM**)。
- 銀河団の高温プラズマの特性を理解する。そこから出発し、銀河団の観測を通じての宇宙の大規模構造形成史・熱史・化学進化史の探求へ (**XRISM→Athena**) 。

4. 今後の展開

- 銀河団観測を通じて宇宙史を探求する道筋を切り拓く。そのためには、高温プラズマの詳細な運動状態と化学組成の観測を可能とする高エネルギー分解能X線分光観測が必須。100億年をさかのぼって銀河団を観測するには、加えて、大型望遠鏡が必要。
- そこからの宇宙の大規模構造形成史の発展、あるいはJWSTの成果創出に伴い、必然的に高まる「初期宇宙・宇宙の始まり」への問いに回答するような計画が必要。
- X線観測に限らず、研究分野の発展は、より高感度、高分解能を要求する。**高感度を得るには観測装置による雑音を極限まで低減する冷却システムが不可欠**である。
- 装置の大型化への対応として国際協力を戦略的に進めるのと同時に、**検出器といったキーエレメントの国産化により観測計画の自律性を確保**することも重要。



宇宙の始まりと進化に至る構造形成、物理・化学現象の解明



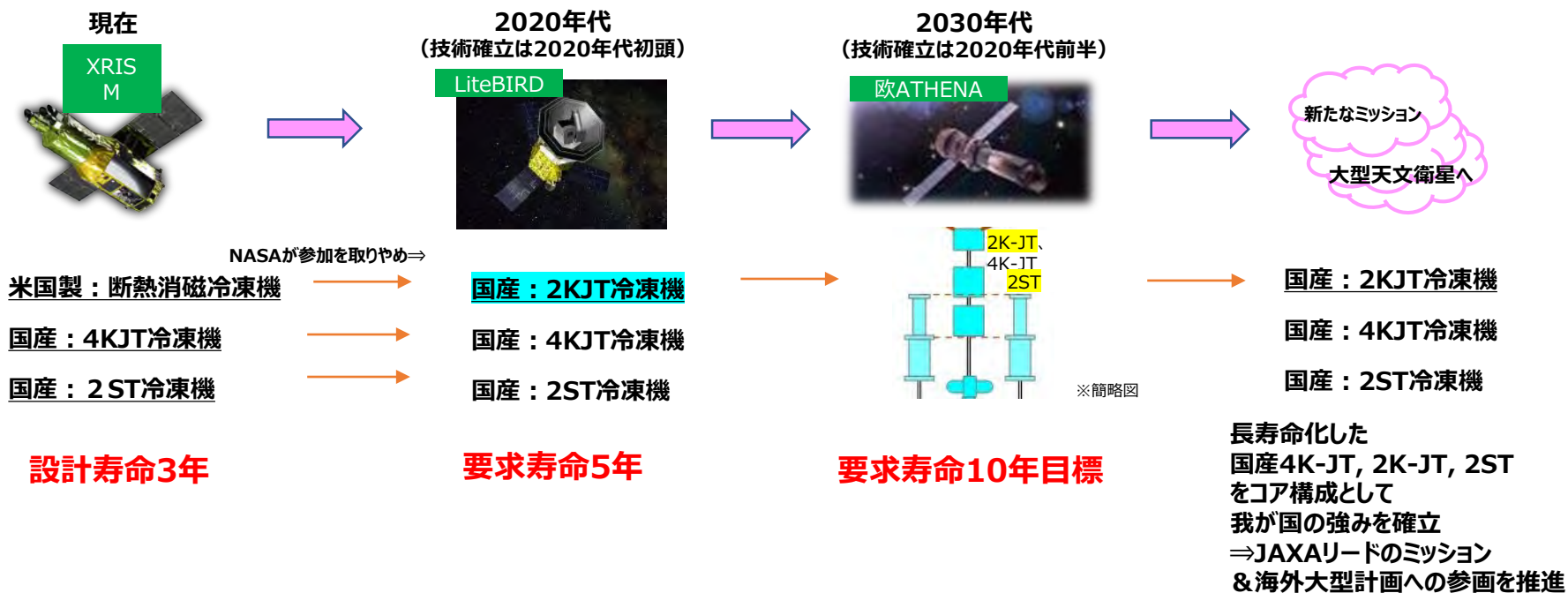
赤：戦略的中型計画
 緑：公募型小型計画
 青：戦略的海外共同計画
 紫：将来検討
 黒：海外・地上大型計画
 ※日本の計画は候補含む



3.5.1.宇宙の大規模構造形成史研究における日本の戦略（技術戦略）



- 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について、我が国が世界で唯一2K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、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技術のフロントローディングにより先行開発を行い、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。



3.5.2.太陽系・小天体探査の科学目的

1. 大目的

- 太陽系はどのように形成したのか？
- 生命惑星・地球が、その中でどのように生まれたのか？
- 生命誕生に至り得る環境は、太陽系のどこにあるのか？他の惑星系ではどうか？

2. 現状

- 太陽系の形成は天体の大移動を伴ってダイナミックに展開したという形成論が進展。
- ランデヴー探査からの彗星や氷小惑星といった太陽系外縁に起源を持つ天体に関する知見の獲得
- 小惑星帯において太陽系外縁に起源を持つ小天体を検出。
- 生命の材料はスノーラインの外側（太陽系外縁）から輸送された水・有機物との考えに基づき、その直接的な検証を狙うサンプルリターン計画（はやぶさ2、OSIRIS-REx）の実行。

3. 課題

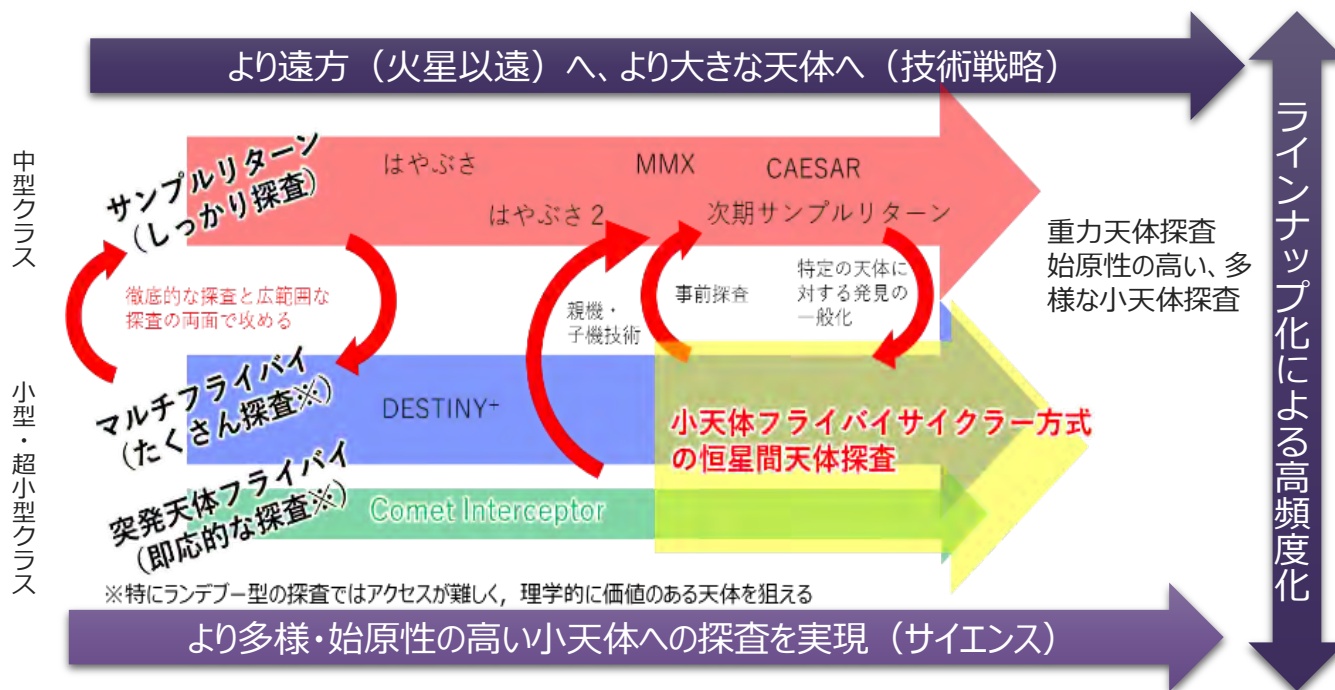
- 形成論を確立する上での必須となる、始原性の高い小天体へのサンプルリターン
- 小天体は多数：高頻度・タイムリー・多様な手段を確保して必要な知見を獲得する方策を確立

4. 今後の展開

- 対象天体が、より遠方であっても、より大きなものであっても、より自在性の高い探査を実現する技術

3.5.2.太陽系・小天体探査における日本の戦略

- 日本に「はやぶさ」、「はやぶさ2」で道を切り開いた一方で、欧米中においても小天体探査の取組が活発化。**日本が引き続き世界をリードするには、ポストMMXのサンプルリターンミッションの立上げが急務。**
- 小天体へのサンプルリターンの技術で世界をリードする現状の立場を橋頭保に、生命惑星・地球の成り立ちを物語る「始原性」を有する天体からのサンプル獲得の実現を目指す。
- 加えて、DESTINY+、Comet Interceptorを通じて蓄積する技術を活用し、小型・超小型機を活用したフライバイ探査をタイムリー・高頻度に実現、小天体が多様であることにも対応。超小型機開発では先進的な技術移転等、産業界の育成も図る。
- 自在性を高めた小天体探査から太陽系形成過程に迫る成果を獲得、日本のプレゼンスを確固たるものとする。これに必要な**キー・共通技術（深宇宙ランデブードッキング技術等）を技術フロンティアを活用した事前研究**により獲得する。



小天体探査を通じて獲得されるもの：

- ・ランデヴー・ドッキングといった探査の自在性を高める技術。
- ・深宇宙において小型機を活用するノウハウ。

これによる日本の太陽系探査全般への波及効果：

■月・火星の着陸探査

月：「月面における科学」において、月探査実行能力を積み上げていく構想において活用。

火星： MMX → Mars Ice Mapper（「火星の水」テーマ探求と同時に、小型着陸技術実証機会を獲得） → 着陸探査 という構想において活用。

■木星以遠

「スノーラインの外側の世界」の探査は、海外計画に参加することが効果的。

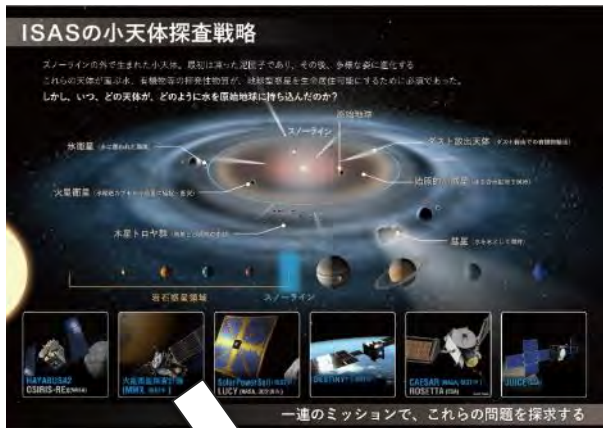
- ・JUICE（ESA）への参加：木星の氷衛星ガニメデ
- ・Dragonfly（NASA）への参加：土星の氷衛星タイタン
- ・彗星サンプルリターン構想(NASA)への参加

その一方で、超小型探査機を活用しJAXA主導の外惑星探査計画を模索。

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**

2020年度から開始した技術FLは、直近のミッションの立ち上げに推進力を与えつつ、将来にむけた魅力的なミッションを創出する活動を両輪として、具体的な成果を創出しており、有効性の高さが実証されている。

直近ミッションの立上げを支えるキー技術

<LiteBIRD、Athena等を支えるキー技術>

宇宙天文ミッションでは低ノイズ・高感度観測が重要。これに必要な低擾乱・長寿命の機械式宇宙用冷凍機を先行的にフロントローディングで開発を実施中。FY2022に評価試験を実施し、LiteBird、Athenaの立上げにおいてキー技術である国産2Kジュールトムソン冷凍機システムの先行開発につなげていく。



擾乱抑制を目指した駆動回路の試作品。ここで得られる成果は、各種冷凍機に共通的な知見・技術が獲得できる。

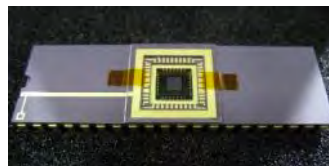


板バネ式圧縮機の冷凍機の性能評価試験用に用いるコールドヘッド部の試作品。ボールベアリングを廃することにより長寿命を実現できる。

<JASMINE等を支えるキー技術>

重要度が高く、適用範囲も広い、“**赤外線センサ (InGaAs)**”について、**高性能な国産センサ**の開発に着手した。センサ部のみならず、**読み出し回路のCMOS化**にも取り組み、他の検出器への波及効果も目指す。ここで開発した検出器は、“**JASMINEへの適用に加えて、Hiz-GUNDAM、地球観測衛星**”への適用も見据える。

FY2021に実施したセンサ部の耐放射線性能確認試験（陽子線照射）の様子



FY2021に試作をした読み出し回路試験用センサチップ。

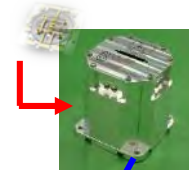
次期ミッションを創出するキー技術

<次世代サンプルリターン計画、超小型探査機等を創出するキー技術>

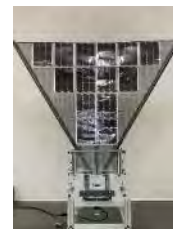
限られたリソースで効率的に深宇宙探査を実現するためには、探査機の小型化が鍵。超小型探査機への適用も見据えた小型・高機能なコンポーネントの開発を実施。また、サンプルリターンミッション特有のキー技術である我が国が強みを有するサンプルリターンカプセルの高性能化に着手した。

これらは超小型探査機計画（CometInterCeptorや超小型外惑星探査計画（OPENS））はもちろん、LUPEXやPost MMXの次世代サンプルリターン探査計画等の提案検討で活用されつつある。

超小型衛星に適用可能（1U、1kg）な、AOCSユニットの開発を完了した。**Comet Interceptor**や**将来の深宇宙探査機への適用を検討**→



←MEMSジャイロを使った国産の小型、軽量、低消費電力のIRUの開発を完了した。**LUPEXローバへの搭載が確定**し、他に多くの引き合いがあるAOCSとの連携も検討中



↑深宇宙探査に必須な薄膜太陽電池パドルの開発を進めた。FY2021は、面積1m²の試作を完了し、評価を進めた。FY2022に面積9m²のパドルの開発完了予定。



←超小型探査機に惑星着陸機能を与える展開型エアロシエルの開発を進めた。観測ロケットでの飛行実証に成功した。**スピンオフとして観測ロケット実験回収システムとして実用化が検討中**。



↑無電力で熱制御を行える軽量可逆ラジエータの開発をすすめて、EM相当モデルの開発を完了し、評価を行っている。

次期探査ミッションを創出
次世代SR、LUPEX、Comet Interceptor、OPENS、SILVIA、MIM、SPURの子機など

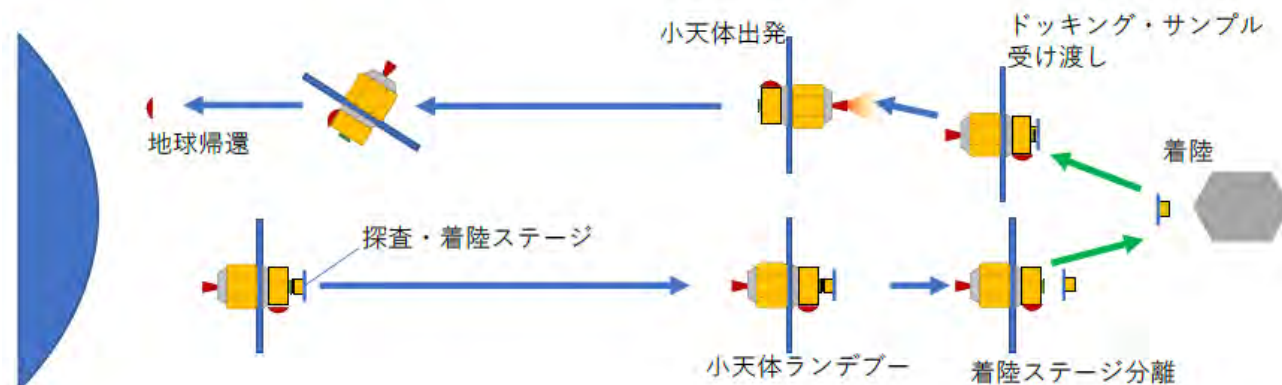
<フォーメーションフライト(FF)ミッションを創出するキー技術>

重力波観測等、将来のキラコンテンツとなるFF技術を世界に先駆けて我が国の強みとするため、その最初のステップとして地上試験技術を確立し、研究開発拠点とするための準備を開始した。

- 技術のフロントローディングは、直近のミッションの初期段階の支えとして期待以上の成果。
- 今後は、来年度から本格化するポストMMX/LiteBIRDの次期戦略中型計画へ向けたフロントローディング。
- 後続のミッションや次期計画をスムーズに立ち上げるため技術のフロントローディングの一層の拡充が必要。

次期中型候補ミッション例	フロントローディングが必要な技術課題例
次世代サンプルリターン計画	親機・子機によるランデブードッキング技術（下図）、カプセル技術、サンプル取得技術、超小型探査機バス技術・軽量省電力通信機（子機向）、OTV技術（親機向）等
天体形成や極限現象の新たな側面を切り開く宇宙望遠鏡	冷凍機・熱制御技術、高性能センサ技術、軽量望遠鏡構造

(参考例) 次世代サンプルリターン計画コンセプト (親機・子機によるサンプル回収)



- ① 宇宙基本計画工程表を遵守すべく、打上げに向けた着実な開発の推進。
- ② 新しいミッション立上げ方法に基づき、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、プログラム化を強化することで、次期戦略的中型計画、戦略的海外共同計画等の立案を行い、優れたミッションを創出。
- ③ これらの実施に必要な「技術のフロントローディング」の一層の強化。