

3. 深宇宙探査用地上局の検討状況



- 現在JAXAが保有する深宇宙探査用地上局は次の3局であるが、今後も確実に深宇宙関連ミッションを支えるため、老朽化が激しい内之浦34m局の後継局検討を開始している。

(現在稼働中の深宇宙探査用地上局)

- 美笹54m局 (2021年竣工)
 - 臼田64m局 (1984年竣工)
 - 内之浦34m局 (1998年竣工)
- 内之浦34m局は、海沿いに立地することから塩害による影響が著しく、今後も老朽化が加速していくものと予測されることから、**老朽化対策を施しつつも、次の内之浦34m局後継局（冗長系の確保）の整備を計画的に進めることが必要な状況。**
 - 内之浦後継局について、2024年度～25年度のミッション定義審査（MDR）受審を目指し、2030年代以降の需要や仕様・局設置場所等の検討を進めている。



内之浦34m局



臼田64m局



美笹54m局

(右図は老朽化状況：錆が生じている)

4. 次期戦略的中型計画の検討状況



太陽系科学GDI・宇宙工学GDIが検討を進める次期戦略的中型ミッション

【次世代小天体サンプルリターンミッション構想】

はやぶさ、はやぶさ2で世界をリードした小天体探査技術を継承・発展させ、我が国未到達の遠方領域の始原天体からのサンプルリターンを行い、太陽系の起源に迫る。

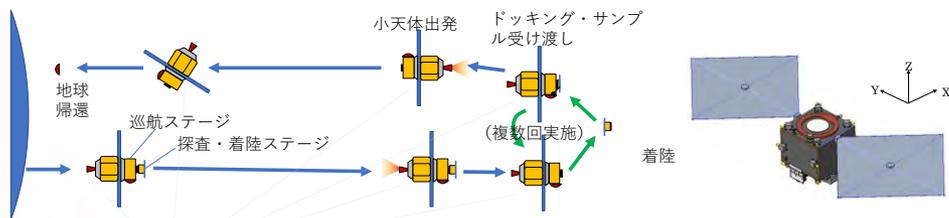
- 2022年2月：宇宙工学委員会の下にワーキンググループ（WG）設置が承認（WGの母体となる活動は2020年から実施）
- 2023年2月：日本惑星科学学会会議「来る10年」から次期中型候補として被推薦
- 2023年2月：宇宙理学委員会の下に時限WG設置が承認

■ ミッション目標(工学)

- 太陽系探査の自在性の向上：将来の重力天体探査も視野に入れた**複数機構成探査システム**、**共通輸送システム**。
- 活動領域の拡張：**木星圏**への到達

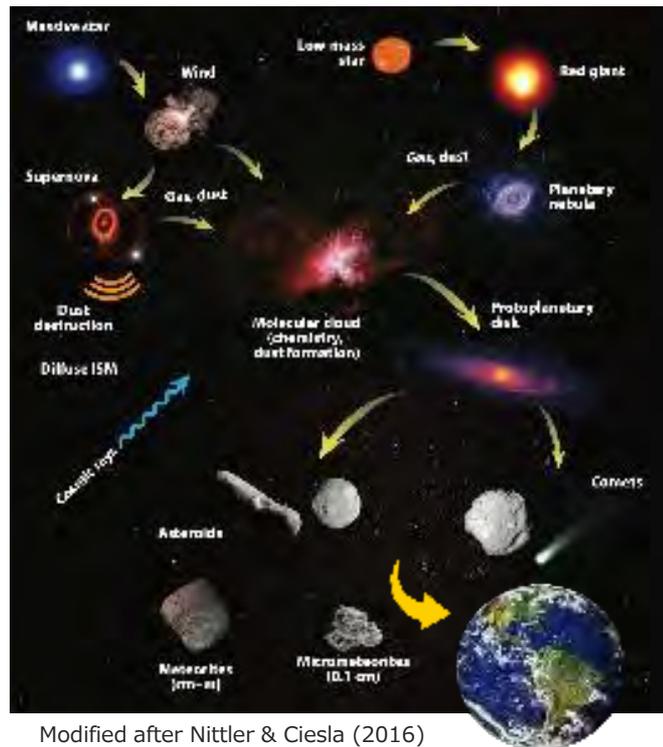
■ ミッション目標(理学)

- 太陽系“物質”の起源（銀河系進化）の解明：宇宙風化や活動による変質を受けていない地下物質のサンプリングと分析
⇒ 地下掘削、サンプルリターン+その場分析装置を検討。
- 太陽系“天体”の起源（微惑星・惑星形成）の解明：目標天体はラブルパイル（瓦礫の山）かペブルパイル（小石の山）か？
⇒ 地下構造探査（地震計、レーダー探査）を検討。



共通輸送システム

複数機構成の探査システムイメージ
(親機・子機)



Modified after Nittler & Ciesla (2016)

次世代小天体サンプルリターン
はやぶさ、はやぶさ2

太陽系形成前の物質も含めたより始原的な物質のサンプルリターンを目指す

4. 次期戦略的中型計画の検討状況



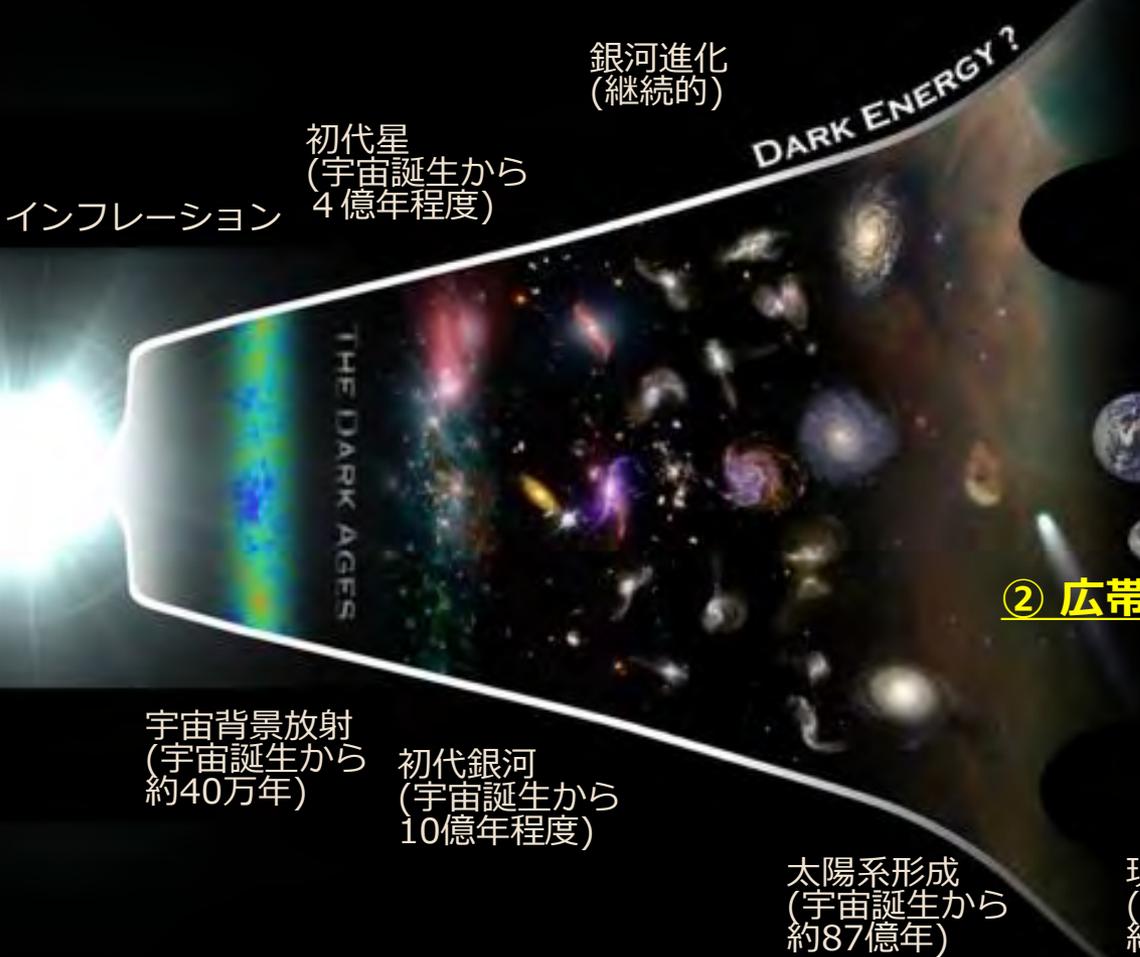
宇宙物理GDIが検討を進める次期戦略的中型ミッション

宇宙の誕生から、太陽系に至る宇宙の全歴史をひも解くことを目指し、宇宙の構造進化、最初の天体と最初の銀河、惑星形成など、要素の重要なピースに迫るミッションの創出を目指し、2つのミッション候補に対して時限的に設置したWGを中心に検討を加速している。2023年度に検討を深め、総合的に優れたミッションコンセプトを創出・選定し最終候補とする活動を進める。

Astrophysics

GDI

① 銀河進化・惑星系形成観測ミッションWG



$z \sim 20$ まで宇宙の広い領域において、明るい初代銀河を系統的に観測し、初期の銀河についての研究を推進。さらに中間赤外線波長帯の観測により、多数の原始惑星系円盤スノーラインを検出することで、惑星系の形成進化に関わる重要な課題を明らかにする。

- 工学的な以下の目標を包含
- ・高精度望遠鏡技術
 - ・冷却望遠鏡技術

打上目標年度：2035年度
想定運用期間：3年

② 広帯域X線撮像分光ミッションWG

宇宙の構造進化に大きな影響を持つ、巨大ブラックホール形成メカニズムを明らかにすることを旨とし、広帯域で塵に埋もれた巨大ブラックホールを探索する。

- 工学的な以下の目標を包含
- ・長焦点距離構造技術

5. 技術のフロントローディングの進捗状況



2020年度から開始した技術のフロントローディング（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。一方で、GDIにおける次期中型計画の議論と連動して、技術FLで取り組むべき技術課題の選択と集中化を進めている。

直近ミッションの立ち上げを支えるキー技術

<LiteBIRD等を支えるキー技術>

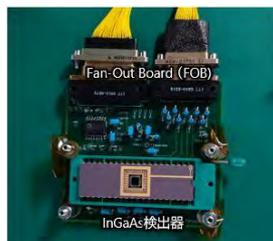
宇宙天文ミッションでは低ノイズ・高感度観測が重要。これに必要な低擾乱・長寿命の**機械式宇宙用冷凍機**を優先的にフロントローディングで開発を実施する。FY2022は、それらの技術を取り込んだ改良型のスターリング冷凍機を試作（右図）し、評価を開始した。このスターリング冷凍機を予冷機として利用し、宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星（LiteBIRD）等においてキー技術である国産**2Kジュールトムソン冷凍機システム**の先行開発につなげていく。



擾乱抑制機能を加えた駆動回路（上）と、長寿命化を実現するばね式圧縮機を組み込んだ冷凍機（下）の試作品

<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**、そして、他の検出器への波及効果の大きい、**読み出し回路のCMOS化**に取り組んでいる。FY2022は、128x128のセンサの評価試験を実施し、良好な結果を得た。それを踏まえた2kx2kセンサにも着手した。ここで開発した検出器は、“**赤外線位置天文観測衛星（JASMINE）への適用に加えて、ガンマ線バーストを用いた初期宇宙探査計画（Hiz-GUNDAM）、地球観測衛星への適用**も見据える。



評価試験を実施した128x128の検出器（上）と、CMOS読み出し回路（下）

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。



←ジンバル機能付きの9m²の展開型薄膜太陽電池のEM開発を完了。世界最高レベルの電力/質量比を実現した。今後、様々な深宇宙探査機への適用されていく



←超小型火星着陸機を実現にむけた、直径2.5mの大気圏突入用展開型エアロシェルを試作した。

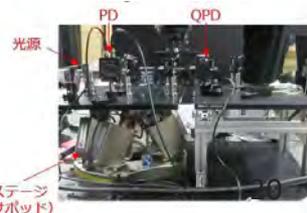


軽量・大型・高耐熱の一体成型アプレータ型をヒートシールド（HS）を実現するための中密度カーボンフェノール系HSの試作品。大型化の足掛かりとして、直径60cmの前面HSを試作→

これらは超小型探査機計画（長周期彗星探査計画（Comet Interceptor）や超小型外惑星探査計画（OPENS））はもちろん、月極域探査ミッション（LUPEX）、Post MMXの次世代サンプルリターン計画、火星着陸探査プログラム等の提案検討で活用されている。

<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、将来のキラーコンテンツとなる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を目指す。



開発に着手した精密協調制御試験系の一部→

精密ステージへキザロボット



6. 磁気圏尾部観測衛星「GEOTAIL」の運用終了について



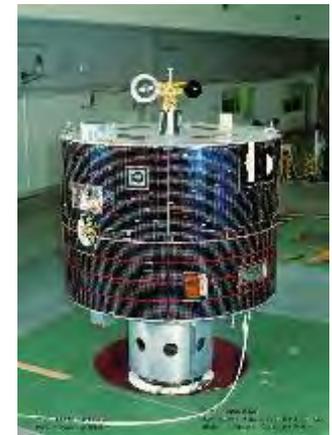
<概要>

- 磁気圏尾部観測衛星「GEOTAIL」は、地球の夜側に存在する長大な磁気圏尻尾の構造とダイナミクスに関する研究を実施するために、1992年7月24日に米国よりDelta IIロケットにて打上げられた、日本と米国の双方の観測機器が搭載された日米共同開発衛星である。
- 搭載データレコーダの故障により、今般、宇宙科学研究所においてGEOTAILの運用終了を判断した。



<主な成果>

- 設計寿命が3年半であったが、それを大きく超える30年間の運用を達成した。
- 磁気圏現象のエネルギー源となる電磁エネルギーの変換機構が速く進行する仕組みをGEOTAILによる直接観測によって実証したことがNature誌に掲載されるなど、世界一級の成果を生み出した。
- 査読付き論文は1307本発行されている（2022年12月現在）。



GEOTAIL衛星組み立ての様子と衛星実機写真

<直近のステータス>

- 実際の運用終了（停波処置）を2022年11月28日に実施した。
- 海外機関関係者を含めた成果を取りまとめるシンポジウムを2023年3月28日～31日にかけて東京大学小柴ホールにて開催。100人規模の参加者があった。

<謝辞>

- GEOTAILの長年の運用にご協力頂きました関係各方面に、深甚の謝意を表します。

APPENDIX

12. 宇宙科学・探査

2022年度未までの取組状況・実績

- はやぶさ2で回収したサンプルのキュレーション及び分析を実施するとともに、拡張ミッションを実施した。
- 国際水星探査計画（BepiColombo）の探査機について、欧州宇宙機関と協力し、2025年度の水星到着を目指して着実に運用した。
- X線分光撮像衛星（XRISM）及び小型月着陸実証機（SLIM）は2023年度打上げ、火星衛星探査計画（MMX）及び深宇宙探査技術実証機（DESTINY+）は2024年度打上げを目指し開発を進めた。高感度太陽紫外線分光観測衛星（SOLAR-C）は2028年度打上げを目指し開発を進めた。
- 宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星（LiteBIRD）及び赤外線位置天文観測衛星（JASMINE）は、引き続き技術のフロントローディングを活用したキー技術の先行検討を着実に実施するとともに、開発移行へ向けた準備を進めた。
- 超小型探査機での深宇宙探査に必要な技術及び日本の強みである冷凍機技術等について、フロントローディング（開発スケジュール遅延やコスト増を招く可能性のあるキー技術について一定の資源を投入して事前に実証を行う）を実施した。
- 欧州宇宙機関が実施する木星氷衛星探査計画（JUICE）及び二重小惑星探査計画（Hera）及びNASAが実施するRoman宇宙望遠鏡への参画に向けた開発等、小型衛星・探査機やミッション機器の開発等の機会を活用した特任助教（テニュアトラック型）の制度及び小規模計画の機会を活用した人材育成を推進した。

2023年度以降の主な取組

- 宇宙科学・探査の着実な実施に向け、各種プロジェクトに着手する前段階において、フロントローディングの考え方に基づく研究開発を一層強化してその成果・技術の蓄積を図る。宇宙科学・探査ミッションのプロジェクト化に当たっては、その成果を活用し、我が国全体で戦略的なミッションを立案し、計画の規模や打上げ時期に柔軟性を持って開発を進める。
- はやぶさ2で回収したサンプルの解析を行うとともに、探査機の残存リソースを最大限活用し新たな小惑星の探査等を目標とする拡張ミッションを行う。
- 国際水星探査計画（BepiColombo）の探査機について、欧州宇宙機関と協力し、2025年度の水星到着を目指して着実に運用する。
- 2029年度の人類初の火星圏からのサンプルリターン実現に向け、2024年度に火星衛星探査計画（MMX）の探査機を打ち上げるべく開発を進める。
- X線分光撮像衛星（XRISM）及び小型月着陸実証機（SLIM）を2023年度に打上げ、着実に運用するとともに、小型月着陸実証機（SLIM）は月面へのピンポイント着陸を実現する。
- 深宇宙探査技術実証機（DESTINY+）は2024年度の打上げ及び高感度太陽紫外線分光観測衛星（SOLAR-C）は2028年度の打上げを目指して開発を進める。
- 宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星（LiteBIRD）は2028年度の打上げを目指して開発に着手する。
- 赤外線位置天文観測衛星（JASMINE）は、2027年度の打上げを目指し、引き続き技術のフロントローディングを活用したキー技術の先行検討を着実に実施するとともに、開発移行へ向けた準備を進める。
- 欧州宇宙機関が実施する木星氷衛星探査計画（JUICE）及び二重小惑星探査計画（Hera）、NASAが実施するRoman宇宙望遠鏡への参画に向けた開発を進めるとともに、欧州宇宙機関が実施する長周期彗星探査計画（Comet Interceptor）への参画に向けた検討を進める。
- 小型衛星・探査機やミッション機器の開発等の機会を活用した特任助教（テニュアトラック型）の制度及び小規模計画の機会を活用した人材育成を引き続き推進する。