

5.1 赤外センサ技術の将来ビジョン

- 今後、ミッションの価値を左右する多様な観測機器の能力を戦略的に向上させていく上で、多様な波長における観測センサの基盤となるCMOSハイブリッド検出器について共通技術としてフロントローディングを行う。
- 直近として、小型JASMINEのキー技術である、InGaAs半導体による赤外線素子と、CMOSをハイブリッド化した検出器の技術検討を行い、成果を小型JASMINEに繋げる。

現在

あかり、SPICA

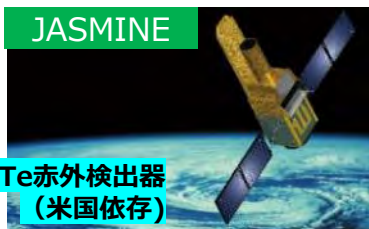


各種赤外センサ
(米国依存)

2020年代

(技術確立は2020年代初頭)

JASMINE



当初：HgCdTe赤外検出器
(米国依存)

NASA参加取りやめ⇒

【技術FLで国産化】
CMOSハイブリッド
InGaAs赤外検出器

2030年代

(技術確立は2020年代前半)

HiZ-GUNDAM



新たなミッション

センサ国産化を推進
魅力的なミッションを実現

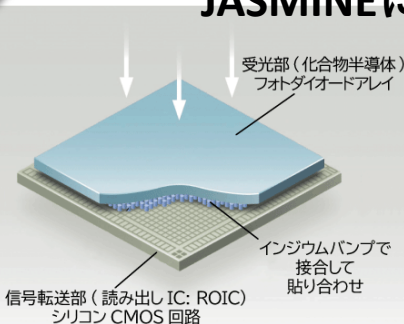
広帯域化

CMOS
汎用観測機器

現状では赤外線センサは国際的に米国メーカーに依存せざるを得ない

⇒詳細技術情報が得られず最先端ミッションができない、開発リスク高、コスト増(独占状態)

JASMINEに向けた技術開発



半導体加工技術

近赤外線センサ
(InGaAs)

広帯域化

CMOS
ハイブリッド技術

CMOSハイブリッド型
センサ

受光素子を変更

耐放射線低雑音
CMOS技術

CMOS技術
の獲得・向上

CMOS技術の高度化

近赤外線波長域での
多様な宇宙科学・探査
ミッションへの応用

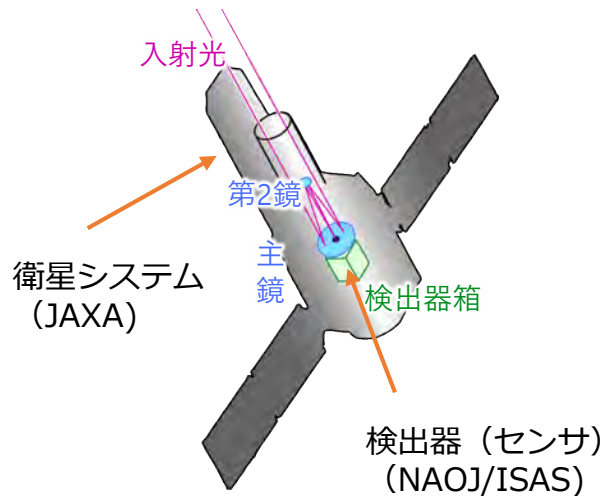
幅広い波長帯の検出器

汎用な宇宙用観測機器

5.2 小型JASMINEの検討状況とフロントローディング活動

- 小型JASMINEは、赤外線センサの提供を期待していたNASAのMoO落選後、代替の国産化計画を国立天文台の協力により策定した。
- 技術のフロントローディングの成果として、本国産化計画へ向けた技術が先行開発される。
- 小型JASMINEでは本国産化計画の実現性を来年度見極め、プロジェクト化を行う予定。

小型JASMINEの開発体制



【NASA国際協力を予定していた機器】

・赤外線センサ

⇒米国製HgCdTeから国産InGaAs
に切り替え (NAOJ/ISAS)

技術フロントローディング活動

赤外線センサの国産化検討を3か年で実施

実現性確認次第、
小型JASMINEのプロ
ジェクト化を図る

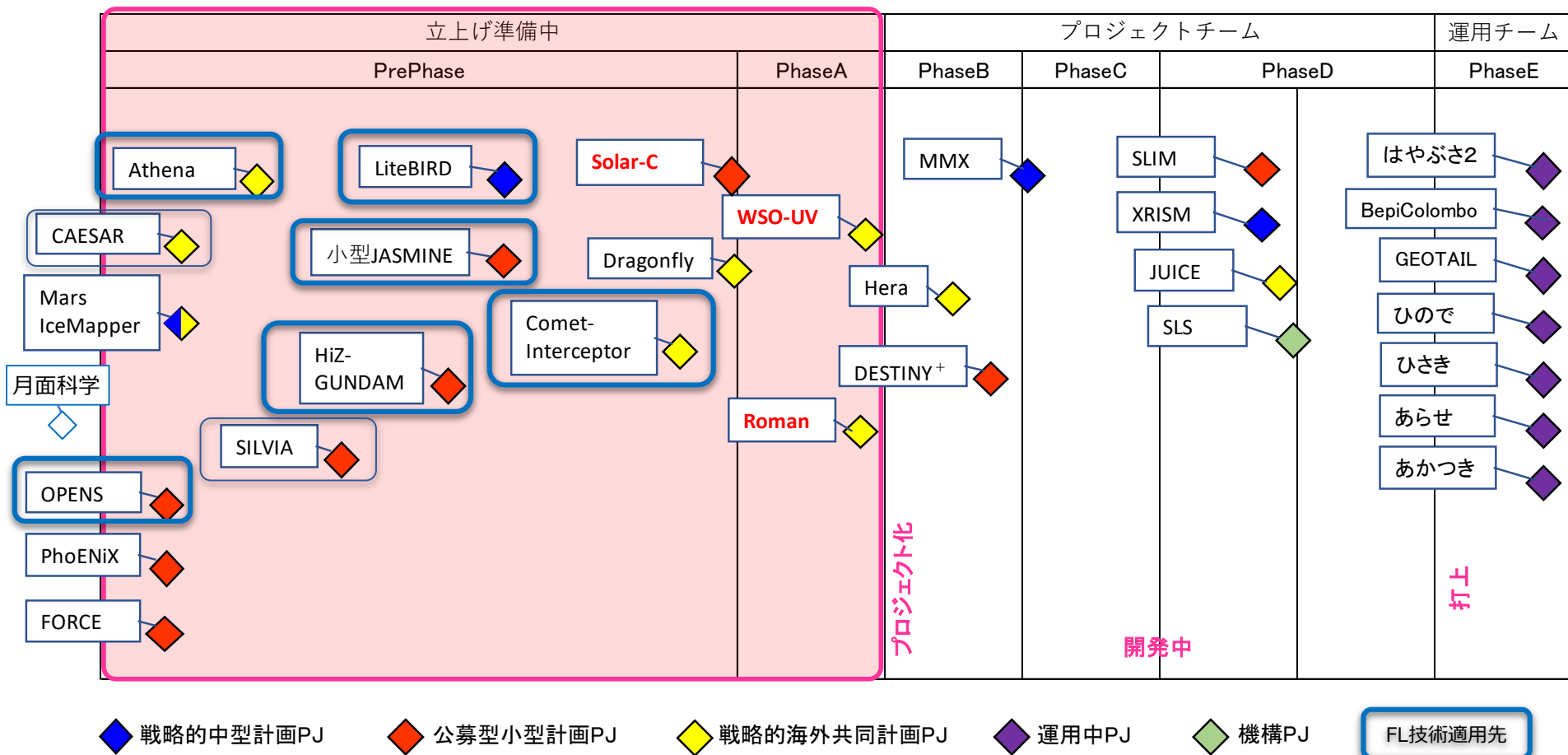
今後のミッション候補で
赤外線センサ活用例
HiZ-GUNDAM等

センサの読出し部の
CMOSを多様な波長
のセンサ開発で活用

今後へ向けた課題

- ① 赤外線センサ国産化の実現性見極め
- ② 衛星システム概念設計による成立性確認、コスト評価等
- ③ FLの成果をもとに、近赤外線センサの波長拡大とCMOS技術の他観測センサへ発展適用していくためのリソース不足

【参考】ISASプロジェクト進捗表（主要ミッション）



6. 今後の進め方

- 新たなFL項目として、海外大型計画も見据えた我が国の強みである「サンプルリターン技術（カプセル等）」や、2030年代に強みにすべく「フォーメーションフライト技術（FF）」等を立ち上げるべく計画具体化中。
- 「FF関連技術」や、「超小型探査機技術」は、官民で検討されている「コンステレーション計画」の小型衛星技術にも寄与することから、ベンチャーを含めた民間企業や研究者との十分なコミュニケーションを取り検討を進める。
- ISASにおけるミッション候補が増加（現在主だったもので15ミッション）。また、2030年代の戦略的中型ミッションを検討していく段階にある。プロジェクト化以降の開発リスクやコスト増を抑制することができる「技術のフロントローディング」による先行開発・実証の役割がより高まっていくと想定。
- 今後も、**技術のフロントローディングをてこに、LiteBIRD/ATHENAとその先へ、小型JASMINEからHiZ-GUNDAMを含むその先へ、単一(点)のミッションではなく、点と点をつなぐ一連のプログラムとして技術の最適化を行い、ミッション創出とプロジェクト化の強化を効果的・効率的に進めていく。**
- キー技術は技術のFLの枠組みができた。特に中型に対しては、技術のFLの成果（ミッションを串刺しての中核技術部分）に加え、**今後、ミッション固有での難易度の高い先鋭的ミッション技術の開発を併せて行うと共にシステム設計（含：コスト評価）を充実し、より挑戦的なミッションを世界に先駆け確実に実行するフロントヘビーな開発体制を整えていくことが課題。**

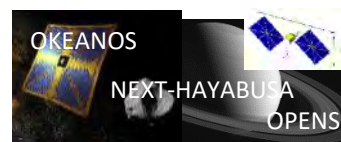
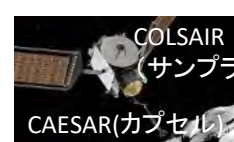
APPENDIX

サンプルリターン(SR)カプセル技術（日本の強み）

準備中案件

宇宙研が掲げる「小天体探査戦略」とそれを実現する「深宇宙探査船団計画」において、サンプルリターン(SR)計画はその中心となる。技術FL活動において、はやぶさ1・2で先鞭をつけ、現在、日本が世界を先導しているSR技術をさらに推進する。将来のSR計画は、「より遠くから（OPENS,HAYABUSA-NEXT,CAESAR）」「より大量の(MMX,CAESAR)」「より低温のまま（CAESAR、OPENS）」「より安全（バイオガード対策）に(OPENS)」のサンプルを持ち帰ることが期待されている。「はやぶさ1・2」のヘリテージを継承・発展し、先進的なSR技術を獲得して世界を牽引する。

SR計画に、「**特有**」かつ欠かせない重要な技術として、**1) 天体表面からのサンプル取得技術、2) 超軌道のサンプルリターンカプセル(SRC)技術、3) 地上回収技術、4) サンプル分析技術、5) 復路の惑星保護技術**があげられる。それらは一連のもので、密接に関連するものであり、どれも欠かせない。



目標天体	S型小惑星	C型小惑星	火星衛星	火星本体(MSR)	彗星(国際協力)	さらなる深宇宙天体
打ち上げ-帰還	2003-2010	2014-2020	2024-2029	2031帰還(予定)	2031-2045	～2030年代に打ち上げ
サンプル獲得目標	岩石サンプル	有機物サンプル	複数場所からの大量のサンプル	火星本体のサンプル(サンプル分析のみに参加)	大量の岩石サンプル“氷”サンプル	低温サンプル 生命に痕跡が残るサンプル 生命サンプル
1)サンプル取得技術	サンブラホーン	サンブラホーン 衝突装置	マニピュレータ+コア ニューマティック(海外)	海外所掌	ニューマティック 方式(海外)	ミッションによっては無着陸サンプルなどの新技術が必要となる。
2)SRC技術	直径40cm,質量20kg 突入速度12km/s	直径40cm,質量20kg 突入速度12km/s	直径60cm,質量50kg 突入速度12km/s	海外所掌	カプセルの大型化、サンプルの温度管理技術、長期間宇宙航行に対する信頼性確保、安全性が高く超高速な突入速度へ対応できる技術を獲得し、先進的で自在なSR計画の実現に備える。	
3)地上回収技術	方探システム(DFS)	DFSに加え複数の補間システムを試行	ロバストで、モビリティが高く、信頼度の高い、地上回収技術(体制)を構築。衛星通信技術やAI技術、ドローン技術を適用する。技術の進化に合わせて、その練度・技術を上げていく。			
4)サンプル分析技術	極少量のサンプル	想定以上の大量サンプル	大量のサンプルを高速に分析する技術(AIの利用等)		低温サンプルを扱う技術	生命サンプルを扱う技術
5)復路惑星保護	カテゴリV(制約のない地球帰還)	カテゴリV(制約のない地球帰還)	カテゴリV(制約のない地球帰還)	海外所掌	海外所掌	生命体が存在しうる天体からの地球帰還の保護技術(滅菌、封じ込め等)

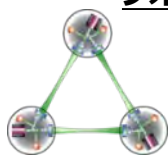
技術FL活動で、将来に期待されている先進的なSR計画に必要な技術を戦略的に獲得し、それらの実現に備える。 15

フォーメーションフライト（編隊飛行）技術

準備中案件

複数衛星が一定の相対関係を保つことで、欧米大型衛星計画と対峙する先鋭的観測が可能な**編隊飛行技術**を2030年代へ向けた日本独自の強みとして先行開発。衛星編隊飛行に必要な、精密制御技術や小型衛星システム技術は、我が国のコンステレーションによる小型衛星利用分野などの発展にも大きく寄与。

フォーメーションフライト（編隊飛行）が拓く先鋭的な科学ミッションの実現



ブラックホールの進化を探る
重力波望遠鏡（B-DECIGO/DECIGO）



系外惑星における生命の
存在に迫る赤外線干渉計

編隊飛行が拓く多様な科学ミッション例

- X線望遠鏡、X線干渉計
- オカルタによる系外惑星探査
- 宇宙電波干渉計
- 地球磁気圏観測
- 月惑星の重力場観測

高信頼化
高性能化

長距離化
（～100 km以上）
長寿命化
（発展）

先鋭科学観測を実現
する干渉計開発
アルゴリズム洗練
（発展）

検証

精密協調制御実験
（スケールモデル）
による洗練
（発展）

低雑音推進、擾乱抑制性能の向上
数値検証モデル精度向上
（発展）

2030年

総合検証

【宇宙実証(SILVIA)】

宇宙実証成果によるモデル精度向上

【地上実証】

検証

地上実証成果による信頼性向上

（提供）

（提供）

運用移行

（提供）

高精度化
自律化

高精度測距測角技術
（短距離：～100 m前後）

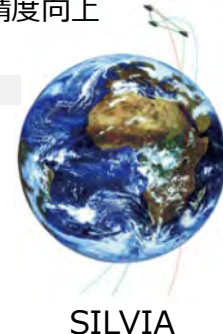
観測・センサ機能を統合
した干渉計実証モデル開発
アルゴリズム開発

【FY2021～開始候補】
精密協調制御実験
プラットフォーム構築

低雑音推進技術
擾乱抑制技術
数値検証技術

【赤字】プラットフォーム
構築により可能となる開発
加速化と高信頼化の流れ

【青字】FY2022以降に
開始する候補



SILVIA

2020年

4つのキー技術

(1) 測距技術、(2) 測角技術

(3) 精密協調制御技術

(4) 低擾乱制御技術

開発戦略
～10年⇒～20年先

高精度測距/測角技術獲得
⇒長距離化&長寿命化

統合実証（地上/軌道）による技術獲得
⇒世界第一級の科学ミッションに展開

低擾乱抑制制御・検証技術獲得
⇒高性能化&検証の高信頼化