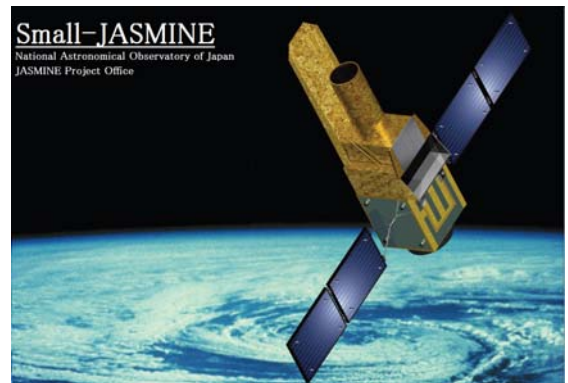


小型 JASMINE (赤外線位置天文観測衛星)

① 計画の概要

JAXA 宇宙科学研究所 (宇宙研) の公募型小型計画宇宙科学ミッションでの実現を目指し、主鏡口径が 30cm 級の光学望遠鏡により近赤外線帯域(Hw バンド: 1.1~1.7 μm)で、天の川銀河 (銀河系) の中心核バルジ領域の星の位置天文情報を、世界で初めて高精度に求める位置天文観測衛星計画である。高精度は、同一領域を高頻度 (約 100 分に 1 回) で多数回撮像観測する独自の手法により達成する。これにより星の年周視差 (地球公転に伴う天球面上での星のみかけの位置変化)・固有運動 (星が独自に運動することに伴う天球面上での星の角速度) などの位置天文情報が高精度に得られる。年周視差からは星までの距離が、固有運動からは星の視線方向に垂直な速度成分が求まる。ヨーロッパ宇宙機関 (ESA) が現在運用中の大型位置天文観測衛星「Gaia」のような可視光観測では星間ガス減光の影響を受けて観測が困難な中心核バルジ方向の数平方度の領域のサーベイ (プロジェクト観測) で、例えば、固有運動の精度が 125 μ 秒角/年以内のバルジの星は 7 万個程度にも及ぶ。打ち上げ目標は 2024 年度であり、衛星軌道は太陽同期軌道をノミナルとし、運用期間は 3 年の予定である。このプロジェクト観測に加えて、「Gaia」では困難であるが、小型 JASMINE の赤外線かつ高頻度測定を活かせる、科学的意義が高い特定天体を対象とする観測モードも設ける (M 型星周りのハビタブルゾーンにある地球型惑星のトランジットによる探査、X 線・ γ 線連星の軌道要素解明によるコンパクト天体の半別や CygX-1 のガス降着機構の解明等)。公募型小型計画 (イプシロンロケット搭載が条件) での実現を目指し、宇宙研の多段階審査中である。既に国際審査を含む、いくつかの審査は通過し、現在は、ミッション定義フェーズでプリプロジェクト候補になり、宇宙研内に準備チームも立ち上がっている段階である。



小型 JASMINE 衛星のイラスト (国立天文台提供)

② 学術的な意義

「小型 JASMINE」が提供する中心核バルジ領域での星の時系列データとそこから導出される年周視差と固有運動の今までにない高精度な情報は、領域にある星までの距離や接線速度 (視線速度に垂直な方向の速度成分) 等の星の基本情報を世界で初めて提供するものであり、画期的なカタログになると期待できる。そのカタログを用いて解明ができる主な科学目標は中心核バルジの構造と起源の解明であるが、その解明は、バーやバルジの形成進化の解明に必須であるとともに (銀河系の境界条件として中心核領域の情報をおさえる必要がある)、銀河系中心での活動性や巨大ブラックホールの進化に対しても重大な情報をもたらす科学的意義がある。さらに、銀河系中心核領域を近赤外線帯域において高時間分解能 (100 分毎に同一天体) で長期間 (3 ヶ月連続× 6 回) モニター撮像されたデータは今までに類が無く、多くの新たな発見が期待できる。銀河系は、その中心核バルジに属する星の距離や運動情報を近未来において高精度かつ詳細に測定出来る唯一の銀河である。このように銀河系に対しては、他の遠方の銀河には適用できない手法やデータを用いることが可能であり、銀河系は“銀河”を知る上で非常に良い“実験場”である。銀河系で得た知見は、銀河系が他の銀河のテンプレートにもなるため銀河系の研究のみならず他の銀河の形成進化研究に進展をもたらすと期待できる。また、目標通り実現すれば、世界初の赤外線波長での位置天文観測衛星ミッションであり、世界の位置天文学研究者コミュニティからの期待も大きい。さらに位置天文のカタログは、天文学、天体物理学の幅広い分野での基本情報となるため、系外惑星研究や高エネルギー天文学 (X 線連星やガンマ線連星の解析など) など他の分野への科学的成果にも貢献できる。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

可視光で 10 μ 秒角クラスの測定精度で、約 13 億個の星の位置天文観測を行う Gaia 衛星が、2013 年に打ち上げられ、観測が開始された (2022 年以降に最終カタログをリリース予定)。位置天文観測は、質、量ともに大きく進展した観測データが手に入る大革命の時代を迎えようとしている。こういう時代にあって、科学的に非常に重要な観測対象ではあるが、Gaia では測定が困難な対象として、銀河系中心核バルジ領域や短時間変動を伴う天体がある。「小型 JASMINE」はまさにそれらを対象としており Gaia を補完するものとして世界的な期待が大きい。実際、「小型 JASMINE」の重要性、必要性が世界では認識されており、IAU (国際天文学連合) の Commission A1 (位置天文学分野の組織委員会) から推薦書を受け取っている。なお、Gaia の初期データは、既に約 1000 以上の論文で利用されており、惑星、星、銀河、宇宙論に亘り多くの分野の研究者が、位置天文衛星による新しい“次元”の観測データの恩恵を受けている。これを考慮すると、「小型 JASMINE」のデータは、広い分野の国内外の研究者に利用されると期待される。

④ 実施機関と実施体制

中心機関は、JAXA 宇宙科学研究所と国立天文台。協力機関は、次の機関である。京都大学、University College London、新潟大学、ヨーロッパ宇宙機関 (ESA)、ハイデルベルグ大学、ドレスデン大学、バルセロナ大学、米国海軍天文台、弘前大学、東

京大学、慶応大学、鹿児島大学、宮城教育大学、バージニア大学、シドニー大学。

また、中心機関の役割は次の通りである。JAXA 宇宙科学研究所は、衛星プロジェクトの概算要求、衛星開発、打ち上げ、衛星運用の主体となる。一方、国立天文台は、サイエンスのリード、観測装置開発と科学運用での貢献、データ解析とカタログ公開などを行う。なお、JAXA 宇宙研は、国内の科学衛星の開発、打ち上げ、運用等で数々の実績と成果があり、小型 JASMINE の実施の中心となる機関である。小型 JASMINE は公募型小型計画での実現を目指し、多段階審査中である。既に国際審査を含む、いくつかの審査は通過し、現在は、プリプロジェクト候補になり、宇宙研内に所長決定の正式な準備チームも立ち上がっている。JAXA での今後の審査も通過して JAXA のプリプロジェクトになり開発が本格化する際には、体制の強化も図られる予定である。

国立天文台は地上の大型望遠鏡の開発、運用を中心としつつ、今までも宇宙研と協力して複数の科学衛星に対しても開発、運用、科学成果の創出を行い、実績と成果を上げており、小型 JASMINE に対しても実施の中心としてその役割を果たせると考える。また、国立天文台には JASMINE 検討室という小型 JASMINE の検討、開発を行う独立したプロジェクト室が 2004 年度から設置されており、準備を進めてきている。小型 JASMINE が、JAXA の審査にパスして本格的な開発がスタートする際には、体制の強化を図る予定である。

⑤ 所要経費

JAXA からの予算上限値は約 150 億円（打ち上げや運用経費を含む）。

その内訳として 2018 年度～2020 年度：宇宙研等からの開発経費（1 億円程度）、

2020 年度以降の開発経費と打ち上げ経費（132 億円程度と推定）、2024 年度以降の（3 年間の）運用経費（17 億円程度と推定）。

さらに、国立天文台での専門的知識、技量がある有期雇用職員の雇用（5000 万円程度/年×5 年程度）。

上記の予算枠を上回った場合は、海外機関等からの外部資金獲得を考えている。

⑥ 年次計画

今後、順調に JAXA の審査を通過した場合の年次計画は次の通りである。

2019 年度：Pre-Phase A2 での検討と ΔMDR 審査等。

2020 年度～2021 年度：JAXA のプリプロジェクト。Phase A（概念設計）段階で部分試作モデル（BBM）の設計、製作、試験。各種審査（SRR, SDR）。

2021 年度～2022 年度：JAXA のプロジェクト。Phase B（基本設計）段階。エンジニアリングモデル（EM）の設計、製作、試験と審査（PDR）。

2022 年度～2023 年度：Phase C（詳細設計）段階。引き続きエンジニアリングモデル（EM）の製作、試験。フライトモデル（FM）の設計開始。審査（CDR）。

2023 年度～2024 年度：フライトモデル（FM）の設計、製作、試作。打ち上げ準備と打ち上げ。

2024 年度～2028 年度：運用（2027 年度頃まで）、データ解析、カタログの製作と中間リリース、最終カタログの公開（2028 年度頃）。上記の衛星開発、製作、衛星打ち上げ、運用、データ解析、カタログ製作の経費は 15 番で記述した JAXA からの経費で主に措置し、また専門的知識や技量をもつ有期雇用職員の雇用は国立天文台でも行う予定である。

⑦ 社会的価値

可視光では観測が困難で謎が多く残されている銀河系中心核バルジの星の高精度な運動情報などを提供できることは世界初であり、人類の知的財産としての価値が高いと考える。特に、「小型 JASMINE」の主な科学目標に関連する巨大ブラックホールに関しては、その形成・進化は、半世紀にわたり未解決の問題であり、その研究内容に関しては社会的反響も大きく一般の人の関心も高い。また、「小型 JASMINE」のような位置天文観測によって、“星の地図”が描けることに対しても一般の方の関心が高い。さらに、その“地図”によって、系外惑星や重力レンズ効果によるブラックホール、ワームホールの発見等につながる可能性もあり、思わぬ副産物への期待も大きい。

さらに、小型 JASMINE は、星像の位置を正確に測定することが要求されるため、望遠鏡構造の熱安定性が非常に厳しい。その厳しい要求を満たす望遠鏡構造や素材の技術は、今後の科学衛星ミッションをはじめ、実用衛星などにも活かされ、経済的効果も高いと考える。

⑧ 本計画に関する連絡先

郷田 直輝（自然科学研究機構・国立天文台 JASMINE プロジェクト）