

次世代赤外線天文衛星 (SPICA) 計画

① 計画の概要

赤外線は本質的に常温の通常物体との関係が強く、宇宙の観測的研究においても、固体微粒子の熱的放射、芳香族炭化水素など有機物質の強いバンド放射、電離領域・光解離領域の元素・イオンの微細構造輝線放射など、プローブが豊富にある。これによって宇宙の中で物質や天体が生成され、現在のような多様な物質と生命を育む惑星を有する宇宙が作られてきた過程の最重要部分の解明が可能である。

SPICA は大口径 (2.5 m) の赤外線望遠鏡衛星を日欧共同で製作し、H3 ロケットで打上げて、最高感度の宇宙赤外線天文台を実現しようとするプロジェクトである。わが国においては「宇宙科学の戦略的中型」ミッション、欧州では ESA (欧州宇宙機関) Cosmic Vision M5 (中型ミッション 5 号機) としてミッション検討・準備を進めている。2030 年頃に打ち上げて 3 年間以上の観測運用を行う計画である。

わが国では約 20 年前から研究者主導で SPICA 計画の立案と基礎的技術開発を進めており、技術的成熟性は十分に高い。特にわが国が開発してきた宇宙用冷却技術によって、望遠鏡及び観測装置全体を極低温 (8 K 以下) に冷却することで熱放射雑音が激減し、宇宙での超高感度観測が可能になる。

観測で取得するすべてのデータを世界に公開するとともに、ALMA 電波望遠鏡、TMT 望遠鏡他と協力して、わが国の天文学・宇宙物理学・太陽系科学を世界最先端の水準でさらに一層発展させることに顕著な寄与をする筈である。プロジェクトには、日欧の宇宙機関以外にも、観測装置の開発・製作などに世界各国の機関・研究者が参画する。世界の学術分野コミュニティからも強く支持されているとともに、わが国においては、内閣府宇宙政策委員会「宇宙開発工程表」および文部科学省「宇宙科学ロードマップ」にもプロジェクト候補として位置付けられている。

② 学術的な意義

SPICA は、多様性に富む銀河・ブラックホールの共進化、そして惑星系円盤の進化に潜む普遍性を導き、宇宙の進化、惑星系の進化に新しい描像を与えると期待される。中間赤外線・遠赤外線波長帯には、ダスト放射のピーク、芳香族炭化水素など有機物質からの強い放射バンド、電離領域・光解離領域の物理状態を反映する様々な元素・イオンの微細構造輝線など、ユニークな観測プローブが豊富に存在する。従って他の手法では測定困難な多くの性質、例えば物質組成、物理的・化学的な状態や基礎過程などを高精度で測定できる。

SPICA がもたらすであろう学術的ブレークスルーは多岐にわたるが、プロジェクトとして、下記の「二大科学目的」と、それに連なる多数の具体的「科学目標」を定義し、「計画観測」として運用計画に組み込む。

1. 宇宙骨格構造形成最盛期における銀河とブラックホールの成長過程の解明

138 億年前の誕生時には元素として水素とヘリウムのみであった宇宙が、恒星や銀河の形成と成長によって多種の元素が生産され、より複雑な物質に満ちた現在の宇宙に至った過程を明らかにする。SPICA は骨格形成が頂点に達し、現在の宇宙の姿が作られた時期について、物質進化の視点も含めて定量的に現象を解明する。

2. 生命存在可能な世界に至る星・惑星系形成メカニズムの解明

太陽系のような、生命の存在する惑星系がどのような条件で、どのようなメカニズムで形成されたかを理解するため、恒星形成に始まり、原始惑星系円盤から惑星系へと進化する過程を明らかにする。SPICA は、特に惑星系形成において生命の発現と密接に関わる「水」の形態と惑星に取り込まれるガスの組成を分光的に明らかにすることができる。さらに惑星形成時の残骸円盤の赤外線分光観測によって、「氷」を含む鉱物学的研究によって太陽系外惑星系の形成過程の研究を進める。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

「宇宙」を対象とする天文学・宇宙物理学・太陽系科学 (惑星科学) では、宇宙自身 (構造を含む) の誕生とその歴史の物理学的理解と、宇宙における銀河、恒星、惑星、生命までに至る過程の解明 (物理学、化学、生物学を含む) という、二つの大きい研究動向が認められる。SPICA は前者に対しては「銀河形成と進化」の過程解明を中心にユニークな成果を達成する筈であり、後者については、「はやぶさ 2」他の太陽系天体探査との相乗による進展が期待できることから、惑星および生命生存環境に関する、太陽系内外の区別のない包括的理解にきわめて重要な役割を果たすと期待される。

SPICA が活躍する 2030 年頃には、JWST が可視光～30 マイクロメートル、地上に設置された ALMA は 300 マイクロメートルより長い電波帯で、TMT 他の中・超巨大地上望遠鏡が可視光・近赤外線稼働しているであろう。その間の中間・遠赤外線では、米独共同ジェット機望遠鏡 SOFIA (Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy) のみであり、この波長帯の大型計画が次の天文学のフロンティアという国際認識がある。

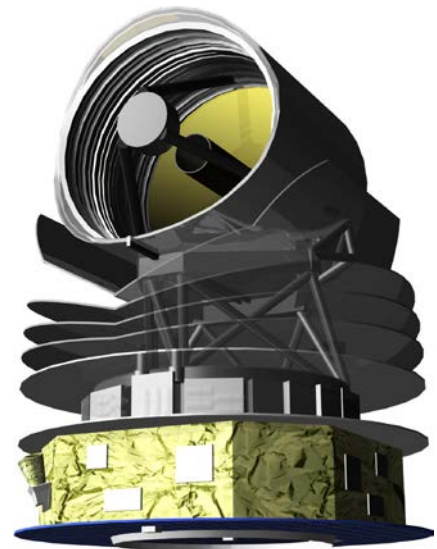


図1 SPICA衛星

④ 実施機関と実施体制

JAXA (宇宙航空研究開発機構)

位置づけ: 「戦略的に実施する宇宙科学中型計画」。ESA と歩調を合わせる。

現状 : JAXA 宇宙研のプリプロジェクトとして「Pre-Phase A2」段階。

体制 : SPICA プリプロジェクト準備チーム

ESA (欧州宇宙機関)

位置づけ: Cosmic Vision の M-Class ミッション 5 番目

現状 : 候補 3 件の一つとして、「ミッション定義フェーズ」段階。

体制 : Design Study Team (11 名) Science Study Team (欧 6 名、日 5 名)

SMI コンソーシアム (中間赤外線装置担当)

代表機関: 名古屋大学、JAXA 宇宙研

参加機関: 東大、東北大、阪大、京大、広大、愛媛大、ASIAA (台、機関レベル)、NASA/JPL (米、研究者レベル)

SAFARI コンソーシアム (遠赤外線分光装置担当)

代表機関: SRON (蘭)

B-BOP コンソーシアム (遠赤外線偏光撮像装置担当)

代表機関: CEA Saclay (仏)

国立天文台 (科学運用担当)

⑤ 所要経費

総合計	約 1,250 億円
JAXA	約 300 億円
ESA (欧州宇宙機関)	約 700 億円
SAFARI コンソーシアム	約 200 億円
B-BOP コンソーシアム	約 50 億円
国立天文台	数億円規模
ASIAA (台湾)	数億円規模

⑥ 年次計画

現在: JAXA、ESA でミッション検討フェーズ

2021年6月: ESA Cosmic Vision M5 最終選抜

2024年6月: ESA プロジェクト承認、JAXA プロジェクト移行

2029年度: H3 ロケットで打上げ・軌道投入

2029-2032年度: 標準観測運用期間 (計画観測+公募観測)

2032-2034年度: 延長観測運用期間 (公募観測中心)

SPICA は冷媒を全く用いずに機械式冷凍機と放射冷却のみで極低温を達成するため、宇宙機の性能劣化や故障が無い限り、観測運用の延長が可能である。学術的価値を評価した上で2年間の運用延長がありうる。運用期間後もデータアーカイブ化の作業を継続する。観測データは赤外線随一の標準データとして最先端の学術的価値がある。データは装置校正処理等を経たのちにすべて公開され、国内はもとより世界全体の天文学、宇宙物理学、惑星科学の研究者 (大学院生を含む) の研究および人材育成に、広く利用される。また上記全期間を通して、観測装置設計、装置校正法確立、観測計画作成、観測データ処理、観測データ公開のために多くの研究者の参画が必要である。15 年以上の期間にわたってこのような作業に関わり、最終的に学術的研究成果をあげる過程を若手研究者が経験することは、人材育成の点で極めて価値が高い。国内においては、JAXA、国立天文台、参加各大学において、このような研究員の雇用を計画しているとともに、欧州各機関との若手人材交流を実施する。

⑦ 社会的価値

SPICA が実現すれば、138 億年の歴史を通じた「温かい」宇宙の姿、すなわち宇宙誕生の後、地球などの惑星や人間を構成する物質の形成過程や、生命を育む惑星の形成過程などについての知見をもたらす。また酸素、炭素、有機物、水などの身近な言葉で、宇宙の諸現象に関する最先端の研究成果を発信できる。例えば「はやぶさ 2」などの直接探査と、SPICA のリモート観測 (太陽系内天体と太陽系外残骸円盤の両方) は学問的に強い関係にあるため、相乗作用によって、広く社会一般に宇宙や科学への関心を育み、文化的豊かさの醸成に大きく貢献するであろう。

一方 SPICA の実施によって、多方面の科学衛星・実用衛星に応用可能な技術を実証し修得することができる。たとえば高感度赤外線観測に必要な、スペース用極低温冷却技術 (我が国が世界最先端)、および過去最大規模の口径のスペース用超軽量望遠鏡システムが実績として残り、将来の展望を開くであろう。また、SPICA は日欧宇宙機関がほぼ対等の立場で行う初めて大型プロジェクトである。この経験は将来、日欧共同の研究プロジェクトを計画し実現するうえで、きわめて意義の大きいものである。

⑧ 本計画に関する連絡先

山村 一誠 (宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 宇宙科学研究所)

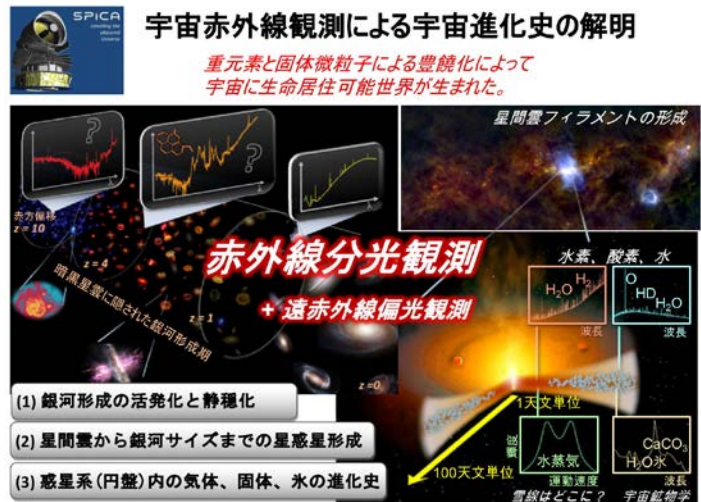


図2 SPICAの目的と期待される成果