

宇宙望遠鏡 JASMINE による近赤外時系列位置・測光天文学で拓く 天の川銀河と系外惑星の探究

① ビジョンの概要

時系列位置・測光天文学に特化した近赤外線宇宙望遠鏡の実現により、我々の住む天の川銀河の形成と進化を探究するとともに、生命居住可能領域に存在する地球に似た系外惑星の探究も行うことによって、「人類はなぜ宇宙にいるのか」「我々は宇宙で孤独なのか」という我々の存在自体を問う人類が抱く最も根源的な疑問の解明に貢献する。

② ビジョンの内容

20 世紀後半の天文学・宇宙物理学の進展により、宇宙は 138 億年前に超高温状態からビッグバンと呼ばれる膨張を経て現在の姿になったこと、また、太陽以外の恒星の周りにも普遍的に惑星が存在することなど科学的に大きな知見が得られた。21 世紀はこれらの発見を引き継ぎ、『宇宙における天体と生命の誕生と共進化の解明』が大きな課題である。この課題は、どのように私たちの住む天の川銀河(以下、銀河系)、そして惑星にいたる宇宙の構造が形成されてきたのか、そして銀河系や惑星はどの程度の普遍性・多様性を持っているのかといった具体的な問いへとブレークダウンできる。銀河系は、構成する個々の星について、精密かつ詳細に今後数十年以内で明らかにできる唯一の銀河である。また、銀河系内には生命を育んだ地球という惑星が実際に存在しており、惑星や生命の研究と銀河の研究を直接結びつけることが出来る唯一の銀河でもある。つまり、銀河系は、他の銀河には適用できない研究を行うことが可能であり、非常に良い「実験場」となる。銀河系を探究するにあたっては、個々の星の距離や運動速度が重要な情報となる。これらの情報は、天球面上の星の位置とその時間変動に対する観測(位置の時系列データ)、すなわち位置天文観測によって与えられる。銀河系中心核領域(図 1 参照)は、銀河系形成や進化の鍵を握ると考えられているが、星間塵による吸収効果(星間吸収)のために可視光観測が困難であり、ほぼ未開拓な領域である。そこで、中心核領域の構造と進化を、星間吸収の影響が小さい近赤外線に特化した宇宙望遠鏡を用いた位置天文観測で明らかにし、人類の誕生にも関わる銀河系全体の解明に貢献する。

宇宙における人類・生命というテーマからは、我々は宇宙で孤独なのか、という素朴な問いが生じる。我々が生まれた地球を特別なものとしているのは海洋の存在である。海洋が存在できる惑星の公転周期の範囲を「生命居住可能領域」という。恒星の大きさや温度によって生命居住可能領域の位置も変わるが、その範囲に位置しているのであれば、生命の発生にとって太陽が特別である理由はない。そこで、生命探査に有望で近赤外線での観測が適した M 型星を宇宙望遠鏡での重点的な対象とし、恒星の明るさの時間変動(測光の時系列データ)を観測する(図 2 参照)。これにより生命居住可能領域に存在し、大気観測を行うことのできる地球型惑星の有無を明らかにし、生命探査に貢献する。

③ 学術研究構想の名称

JASMINE (赤外線位置・測光天文観測衛星)

④ 学術研究構想の概要

JASMINE は、JAXA 宇宙科学研究所(以下、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 36cm 程度の光学望遠鏡により近赤外線帯域(1.0~1.6 μm)で、天の川銀河の中心核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。中心核領域方向の数平方度の

天の川銀河の中心核領域探究

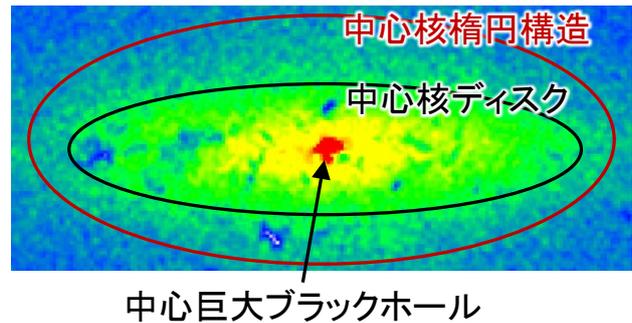


図 1 天の川銀河(銀河系)の星がひととき密集している中心核領域の模式図。この領域には、銀河系中心からの半径が 600 光年程度と考えられる中心核ディスク、さらにその周辺にも広がっていると想定される力学的に異なった構造(中心核楕円構造)が存在することも示唆されている。図中の中心核領域の星の分布図は Nishiyama et al. (2013)からの抜粋。

天域の10万個以上の星に対して、最高精度では25 μ 秒角の年周視差精度を提供する。観測データはカタログとして、世界の研究者コミュニティに公開する。さらに、赤外線位置天文観測での高い測光能力を活かし、太陽より小さく低温の恒星（中期M型星）周りの生命居住可能領域にある地球型惑星の探査も行う。

⑤ 学術的な意義

銀河系は、我々自身が居住するという意味で特別な存在であり、銀河としては最も身近な存在であるが、その物理的特徴や起源については未解明な点も多い。銀河系を精密かつ詳細に観測し、その構造、形成、進化を明らかにすることは、他の多くの銀河の形成、進化を解明するための手がかりを与える。銀河系中心核領域は、銀河系バルジや棒状構造と銀河系中心との物理的関係をつなぐ重要な領域であり、様々な年齢をもつ星が、年代に応じて異なった空間構造と運動分布をもって存在している。JASMINEでは近赤外線を用いることで、世界で初めて中心核領域の星の高精度な距離と運動を測定し、得られた力学的構造を基に中心核構造の起源と進化の解明という「銀河系中心考古学」の遂行を目指す。

さらにJASMINEの高い測光能力と連続観測を活用して、中期M型星周りの生命居住可能領域にある地球型惑星をトランジット観測によって検出する。系外惑星の生命探査には惑星が恒星の前面を通過する「トランジット惑星」であれば、惑星が恒星面を通過するときに惑星の大気により恒星光が吸収されるため、これを大型望遠鏡などで分光すれば大気の情報得られる。中期M型星は、NASAのフラッグシップミッションJWSTにとって最適な明るさであり、詳細観測のベストターゲットとなりうる点も特筆に値する。中期M型星を、生命居住領域の公転周期まで連続して安定して探査できる、他に類を見ない地球型惑星サーベイとなる。

さらにJASMINEの高い測光能力と連続観測を活用して、中期M型星周りの生命居住可能領域にある地球型惑星をトランジット観測によって検出する。系外惑星の生命探査には惑星が恒星の前面を通過する「トランジット惑星」であれば、惑星が恒星面を通過するときに惑星の大気により恒星光が吸収されるため、これを大型望遠鏡などで分光すれば大気の情報得られる。中期M型星は、NASAのフラッグシップミッションJWSTにとって最適な明るさであり、詳細観測のベストターゲットとなりうる点も特筆に値する。中期M型星を、生命居住領域の公転周期まで連続して安定して探査できる、他に類を見ない地球型惑星サーベイとなる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

15億個以上の星の位置天文情報を提供しているGaiaによって、位置天文学は質、量ともに大きく進展した大革命の時代を迎えようとしている。この時代にあつて、Gaiaでは測定が困難な対象として、銀河系中心核領域がある。JASMINEはまさにそれを対象としておりGaiaを補完するものとして世界的な期待が大きい。系外惑星探査に関しては、NASAの系外惑星探査衛星TESSよりJASMINEの方が20倍程度も集光力が高く、地球型惑星の検出に対しては有利であり、国内初の衛星を用いた系外惑星探査という意義も持つ。

⑦ 社会的価値

銀河系中心核領域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きわめて高い。さらに、JASMINEは、地上での天文観測用に開発された高性能な赤外線検出器を衛星に搭載可能な仕様に開発して搭載する予定である。完成すれば我が国で初の天文観測に向く高性能な宇宙用赤外線検出器となり、今まで外国企業が独占していたことによる価格や技術情報制限の問題を打破できるとともに国内産業の活性化につながると考える。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール：JASMINEは宇宙研の公募型小型計画3号機に選定されているので、この衛星開発に関する年次計画をもとに記述する。ただし今後の審査過程や開発状況によって変更があり得る。

R5～R9年度：開発（概念検討、概念設計、基本設計、詳細設計、製作・試験）、打上げ準備。

R10～R15年度：打上げ、運用、データ解析、カタログ作製と公開。

実施機関と実施体制：中心機関は、宇宙研と国立天文台である。協力機関は、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、バルセロナ大学、米国海軍天文台(USNO)、弘前大学、宮城教育大学、東北大学、東京大学、東京海洋大学、慶応大学、大阪大学、高知高専、鹿児島大学等の国内外の研究教育機関である。

所要経費：総額は150億円程度(推定)。そのうち、打上げ以降の3年間の運用経費は5億円程度(推定)。

⑨ 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）

系外惑星探査

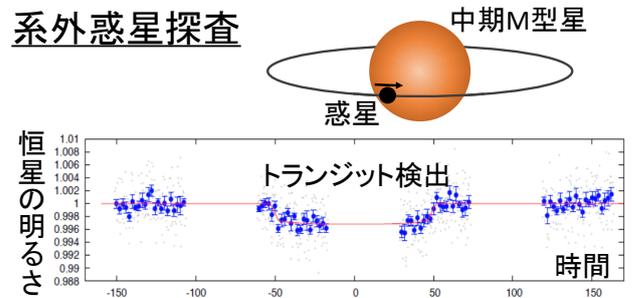


図2 中期M型星周りの生命居住可能領域にある地球型惑星探査のためのトランジット観測の模式図。図中のシミュレーション結果は、平野照幸氏（自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター）によるもの。