

惑星科学、生命圏科学、および天文学に向けた紫外線宇宙望遠鏡計画 (LAPYUTA)

① ビジョンの概要

宇宙の「物質と空間の起源の理解」と「生命の可能性の探求」は人類の最も基本的な科学目標である。惑星探査と相補的な望遠鏡を最大限に活用し、太陽系天体の生命生存可能環境の理解を進める。その知見を系外惑星に拡張し、惑星系の多様性の理解に取り組む。物質と空間の起源については、銀河形成や重元素の起源についての未解決問題に取り組む。これらの課題に今後 10 年で先鞭をつけ、その後の大型計画と国際協力により理解の深化を目指す。

② ビジョンの内容

現在、多くの系外惑星が発見され、そこに生命をはぐくむ環境があるのか、が天文学の観測課題になっている。惑星科学分野では探査機による太陽系生命探査が行われようとしており、惑星科学と天文学が同じ目標に向かう時代に入りつつある。「生命の可能性の探求」に対しては、(1)惑星系の仕組みの解明、(2)生命生存可能環境をもつ天体の発見、(3)生命を育む様々な環境の理解、が必要と

されている。(1)では、我々にとって身近な太陽系内の天体を詳細に観測し、その環境を理解しつつ相互比較する。天体の直接探査に加え、地球周回軌道の宇宙望遠鏡や地上望遠鏡による観測が必要である。(2)では、地球型惑星大気の進化の中でどのように生命生存可能環境が獲得されるのか、地球とは異なる生命生存可能環境にどのような形態があり得るのか、を理解する。更にハビタブルゾーン内の系外惑星に対し、大気の特徴づけを通してその表層環境の推定を進める。(3)は LAPYUTA の直接のスコップからは外れるが、天文学、惑星科学分野の知見と、地球科学、生命科学の知見の融合が必要となる。

「物質と空間の起源の理解」に対しては、宇宙の大規模構造の中で銀河がどのように形成され、多様な星や惑星系が生まれてきたのかを理解する必要がある。宇宙の構造形成の歴史に残る基本的な問題のひとつが、銀河の形成過程である。宇宙には多種多様な銀河が存在するが、銀河形成に関わる様々なバリオン過程は、宇宙史を通して多くの課題と疑問が残されている。銀河形成の背後にある星形成とそれらを引き起こし抑制する物理過程を明らかにするための重要な観測的証拠を獲得していく必要がある。宇宙の物質進化においても、重元素の元素合成過程の解明など、根本的な問題が残されている。特に、鉄より重い重元素の起源は十分に分かっていない。中性子星合体や超新星爆発に伴う元素合成過程の解明が鍵となり、爆発直後に出現する高温ガス中の重元素の詳細な観測が不可欠である。

上述した課題は、今後 10 年で計画・実施する観測で先鞭をつけ、2040 年代に実現が可能となる大型計画への参画と国際協力を通じて、段階的に理解の深化を目指す。

③ 学術研究構想の名称

惑星科学、生命圏科学、および天文学に向けた紫外線宇宙望遠鏡計画 (LAPYUTA)

④ 学術研究構想の概要

宇宙の「生命生存可能環境」と「構造と物質の起源」の理解を目標とし、4つの科学課題に取り組む。太陽系天体に対しては、地球とは異なる生命生存可能環境を持つ天体として注目されている巨大惑星の水衛星と、過去に大量の水が存在したと考えられる金星・火星の大気散逸に焦点を当てる(課題1)。系外惑星では地球型惑星大気の初検出と特徴づけを目指す。また、系外惑星環境に影響を与える恒星活動にも着目する(課題2)。宇宙の構造と物質の起源の課題に対しては、宇宙の構造形成に残る銀河形成の問題(課題3)と、鉄より重い重元素の起源の問題(課題4)に焦点を当てる。LAPYUTAは紫外線の分光及び撮像観測により4課題の解決を目指す宇宙望遠鏡である。水衛星の表層から噴き出す水や惑星大気から散逸するガスにより天体には外圏大気・電離大気形成される。課題1と2では、多様な太陽系天体・系外惑星の外圏・電離大気を観測し、生命生存可能環境の多様性・普遍性の理解を進める。課題3では、銀河周辺物質の構造を調べ、宇

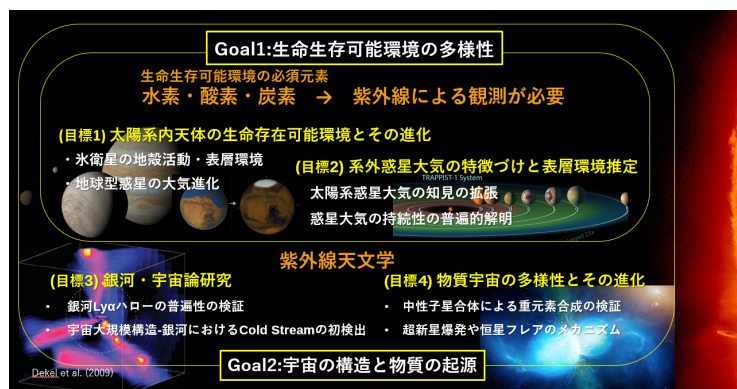


図1 LAPYUTAの科学目標

宙構造形成の枠組みで予言されたガスの流入による星形成を検証する。課題4では、中性子星合体直後の高温ガス中の重元素イオンの観測を通して、重元素合成過程を解明する。

⑤ 学術的な意義

LAPYUTA は、学術的に重要な2つの目標、宇宙の「生命生存可能環境の探求」と「構造と物質の起源の理解」の解明を目指す。

惑星環境の形態と進化を明らかにする上で、詳細観測が可能な太陽系天体は貴重な探査対象であり、生命生存可能環境の観点から、ガス惑星を周回する氷衛星と地球型惑星の大気進化の研究が惑星科学の焦点となっている。氷衛星は「第二のハビタブル環境」を持つ天体として、地球とは異なる生命生存可能環境の解明が期待される。金星・火星では、かつて存在していた大量の水が失われた要因の一つとして宇宙への流出が重要視されている。現在も生じている大気の流出量の空間および時間変化の法則性を見出すことで、歴史上で失われた水や温室効果ガスの総量に制約を与えることが期待される。太陽系天体の詳細な知見と、今後の天文観測から得られることが期待される系外惑星大気と恒星の情報を組み合わせることで、惑星系における普遍的な生命生存可能環境の理解を深める。生命生存可能環境の探求の背後には、宇宙そのものの進化や、宇宙の構造が現在の姿に至る過程についての根本的な興味がある。宇宙の構造形成史に残る基本的な問題として、銀河の形成過程がある。銀河形成の背後にある物理過程を明らかにするために欠落している重要な観測的証拠を新たに得ることによって、理論的な研究によって提案されている銀河形成のシナリオの検証が可能となる。宇宙の物質進化においては、中性子星合体の直後に出現する高温ガス中の重元素の観測によって元素合成過程が明らかにし、宇宙の物質進化の解明に寄与する。

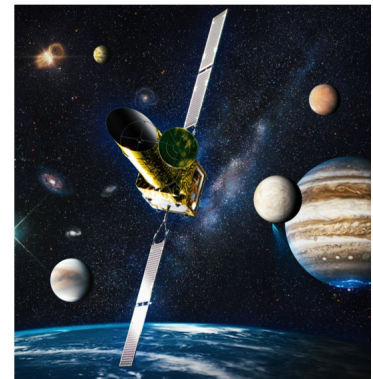


図2 LAPYUTA 計画で実現を目指す
高精度紫外線宇宙望遠鏡

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

木星系の氷衛星は2030年代の国際探査の対象となっており、2035-2050年代に実施予定のESAのL-classミッションVoyage2050においても、Moons of the Giant Planetsが実施候補の1つに位置づけられている。火星、金星においても2030年代に複数の探査計画が予定されている。さらなる系外惑星の発見をめざす計画としてはTESS, JASMINE, NGRST(Roman), PLATOがあり、可視赤外線トランジット分光により大気観測を行うJWST, ARIELがある。一方で、ハッブル宇宙望遠鏡の退役後に紫外線波長域をカバーする高解像度の宇宙望遠鏡はなく、LAPYUTAは2030年代の紫外線観測プラットフォームと位置づけられる。その場の詳細観測を行う惑星探査と、空間構造を俯瞰する撮像観測を行うLAPYUTAの協調観測により、科学成果の最大化を目指す。

⑦ 社会的価値

LAPYUTA計画は、様々な太陽系内・系外の惑星の観測を通して、生命生存可能環境の形成・進化に関する普遍的な知見の獲得を目指す。地球の様な惑星システムとその進化過程の理解を深め、変化の途上にある地球環境の未来を科学的知見に基づいて予測し、人類の文明を持続するのに資する知的価値をもたらす。

また、キー技術開発を通して、国産技術の育成による宇宙ミッションの重要技術の安定供給にも貢献する。

⑧ 実施計画等について

実施計画は、計画の概念検討期間（3年間）、プロジェクト準備期間（3年間）、プロジェクト期間（開発6年、運用3年）、後期運用期間（9年）からなる。2024年8月にJAXAのプリプロジェクト候補移行審査を受審し、現在はプロジェクト準備期間にある。2026年度に予定されているJAXAでの選定プロセスに向けて実現性検討を進めている。プロジェクト準備期間では、高い空間分解能要求を早い段階で検証するため、ミッション部の主要部品を試作する。プロジェクト期間では、エンジニアリングモデルの製造と評価を通して、フライトモデルの設計と製造を行う。打ち上げ後は3年間のノミナルミッション期間に4つの科学課題を実現する観測を行う。プロジェクト期間終了後は、最長9年間の後期運用観測を実施する。

実施機関はJAXA宇宙科学研究所で、プロジェクト経費の試算額は180億円である。

⑨ 連絡先

土屋 史紀（東北大学）