

# LAPYUTA 計画に向けて

土屋 史紀<sup>1</sup>・村上 豪<sup>2</sup>・山崎 敦<sup>3</sup>

〈<sup>1</sup> 東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター 〒980-8578 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3〉

〈<sup>2,3</sup> 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 〒252-5210 神奈川県相模原市中央区由野台 3-1-1〉

e-mail: <sup>1</sup>tsuchiya.f@tohoku.ac.jp, <sup>2</sup>go@stp.isas.jaxa.jp, <sup>3</sup>yamazaki@stp.isas.jaxa.jp



土屋史紀

LAPYUTA 計画は、「宇宙の生命生存可能環境の探求」と「宇宙の構造と物質の起源の理解」に関する未解決問題の中から 2030 年代に取り組む課題として、(1) 太陽系内天体の生命生存可能環境、(2) 系外惑星の大気、(3) 銀河の形成過程、及び (4) 重元素の起源、を科学目標として抽出し、紫外線宇宙望遠鏡によって実現を目指す計画です。JAXA の公募型小型計画による実施検討を進めており、科学目標に性能要求を最適化することによって、高解像度・高感度紫外線望遠鏡の実現を狙います。本稿では、LAPYUTA 計画の検討の経緯と現在位置を紹介します。

## LAPYUTA 事始め

この度は、極端紫外線望遠鏡衛星「ひさき」の研究成果を紹介する特集を企画していただきました。特集企画の最後に、「ひさき」に続く紫外線宇宙望遠鏡として、2030 年代前半の打ち上げを目標として検討している LAPYUTA 計画を紹介します。

### 「ひさき」の打ち上げから 12 年

ひさき衛星が 2013 年 9 月 14 日に内之浦宇宙空間観測所から打ち上げられてから 12 年が経ちました。この間も惑星探査計画は着実に進行しており、2015 年 12 月には金星探査機「あかつき」が日本として初めて惑星の周回探査機となることに成功し [1]、2018 年 10 月に打ち上げられた水星探査機「みお」は水星や金星などでフライバイを繰り返しながら 2026 年 11 月の水星周回軌道投入に向けて飛翔中です [2]。2026 年度には火星に向けて日本の探査機 MMX も打ち上げられます [3]。2023 年と 2024 年には、欧州と米国が開発を主導した木星探査機 JUICE と Europa Clipper が相次

いで打ち上げられ、2030 年代には木星系の国際探査が行われることとなります。JUICE には日本の複数のチームが科学検討と観測機器提供で参加しています [4]。

惑星探査の焦点の一つが宇宙における生命生存可能環境の探求です。現在の火星と金星は、表層に液体の水が安定に存在できない環境ですが、かつての火星には温暖な気候と深い海が存在し、金星にも大量の水が存在した可能性が指摘されています。水や、表層を温暖な環境に保つために必要な温室効果ガス（二酸化炭素など）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ます。これらの惑星からは現在も大気の流出が続いており、流出過程の解明は大気進化の理解に必要とされています。木星を周回するガリレオ衛星のうち、「氷衛星」と呼ばれているエウロパやガニメデには表面の氷の下に内部海が存在する可能性があり、地球とは異なるメカニズムの「第二のハビタブル環境」を持ちうる天体として注目されています。太陽系は私たちが最も詳しく観測することができる惑星系であり、惑星・衛星が多様な

姿を持つに至った過程を探究することが今後の惑星探査の目標となっています。

太陽系の外に目を向けると、NASAの系外惑星探索衛星ケプラーなどによって多数の系外惑星が発見されています。ひさき衛星の打ち上げ当時は1,000個程度であった系外惑星の発見数の累計は、今では5,800個を超えました[5]。この中にはハビタブルゾーンを公転する地球型惑星の候補が含まれています。これまでに木星型や海王星型の系外惑星については大気を検出報告があるものの、ハビタブルゾーン付近の地球型の系外惑星については大気を検出報告はありません。生命をはぐくむ環境を持つ系外惑星があるのかどうか、今後の観測的な課題となっています。

宇宙におけ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興味があります。宇宙の構造形成史に残る基本的な問題のひとつとして、銀河の形成過程が挙げられます。銀河には、星形成銀河を含むハッブル系列の銀河のほか、活動的な超巨大ブラックホールを持つAGN (active galactic nucleus) やQSO (quasi-stellar object) など、多種多様な銀河が存在します。宇宙論スケールでの銀河分布が示す物質のフィラメント構造は標準的な理論の枠組みで説明されていますが、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ます。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を検証するには、現在は欠落している重要な観測的証拠を新たに得る必要があります。

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ます。ビッグバンにおけるヘリウムなどの軽元素の合成過程や、宇宙に豊富に存在するヘリウムから鉄までの元素が恒星中心での核融合反応で合成される過程はよく理解されていますが、鉄より重い重元素の起源は十分に分かっていません。中性子星合体などの爆発直後に出現する高温ガス中の重

元素の観測ができれば、元素合成過程を明らかにできます[6]。このためには、爆発現象の発生直後の最初期放射を、現在は欠落している紫外線波長域の即応観測により捉える必要があります。

### 紫外線で見えるもの

本稿で紹介するLAPYUTA計画は、紫外線宇宙望遠鏡です(図1)。可視光や赤外線による観測は、大気の窓を通じて地上の望遠鏡で実現できますが、紫外線の中でも、真空紫外と呼ばれる200 nm以下の波長は地球の大気を透過できないため、宇宙望遠鏡による観測が必須になります。紫外線波長の観測には、大きな利点があります。大気の密度が希薄になる惑星大気の上層は、熱圏(地球では高度90–500 km)や外圏(高度500 km以上に広がり、コロナとも呼ばれる)と呼ばれており、惑星の大気が中心星(太陽)の紫外線放射の影響を直接受けるとともに、宇宙空間への大気の散逸が生じている領域です。この高度域では、中心星の紫外線照射によって大気中の水蒸気や温室効果ガスは解離・電離し、水素、酸素、炭素の原子あるいはイオンの状態になります。紫外線波長域には原子やイオンの輝線・吸収線が多数存在しているため、分光観測を行うことで惑星上層大気の物理状態を診断できます。濃い大気を持たな

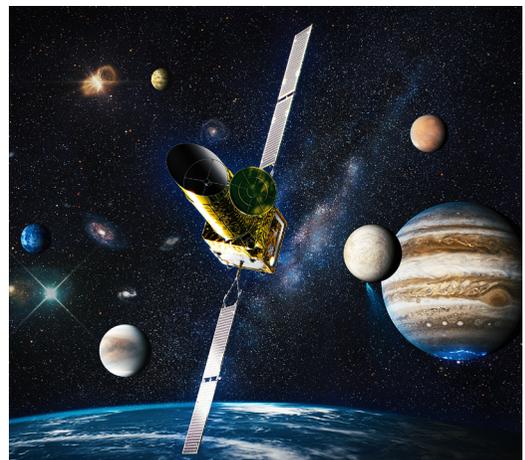


図1 LAPYUTAのイメージ図。

い木星の氷衛星の場合、衛星の公転軌道が木星の磁気圏内にあるため、太陽放射の照射に加えて、木星磁気圏の高温プラズマが衛星表面に直接衝突することによって、衛星表面が変性を受け、水分子や酸素分子からなる希薄な外圏大気が形成されます。紫外線の波長域では太陽放射が弱いいため、分子の解離によって生じる水素、酸素原子の微弱な紫外線発光は太陽反射光に対して高いコントラストで観測でき、これも紫外線観測の有利な点です。

水素、酸素、炭素は、安定な元素であるヘリウムを除くと、宇宙で最も存在量が多い3元素です。宇宙にありふれた元素であるが故に、紫外線でこれらの元素を観測することは、惑星や衛星の大気の形成だけではなく、宇宙の大規模構造から、銀河、恒星を構成するガスの観測においても威力を発揮します。紫外線天文学は、今日までハッブル宇宙望遠鏡（HST）により発展してきましたが、そのHSTにも弱点があります。1つ目は、HSTの軌道高度（約560 km）が低いために地球の外圏大気中の水素原子と酸素原子の強い前景放射の影響を受け、これらの原子輝線の波長で高感度観測が実現できていないこと、2つ目は、観測時間の確保が必要なモニタ観測と、突発天体現象に対する即応観測が難しいことです。

#### 「ひさき」からのアップグレード

ひさき衛星の最大の特徴は、太陽系の惑星観測に十分な時間を割り当て、観測データに時間軸をつけたこと、すなわち観測対象の時間変化を捉えたことでした。地球の気象現象に例えると、気象衛星ひまわりが連続的に地球を撮像することによって雲の動きを把握することができるように、時々刻々と変化する惑星の姿を捉えるには長時間の連続観測が欠かせません。ひさき衛星によって、木星、火星、金星など、太陽系天体の大気やその周りに広がるガスの動的な様相を明らかにすることができ、惑星観測におけるモニタ観測の重要性を示すことができました [7, 8]。

一方で、ひさき衛星では手が届かなかった課題もあります。ひさき衛星が搭載した極端紫外線望遠鏡の主鏡の口径は20 cmで、感度と空間分解能の制約から惑星大気の空間構造を分解した観測、衛星のような小天体の観測、および系外惑星の観測は実現できませんでした。ひさき衛星は太陽系内の天体の観測に設計を最適化したため、観測可能な範囲が黄道面付近に制限されました。これはひさき衛星で天文観測を行う上での制約になりました。ひさき衛星の次の紫外線宇宙望遠鏡を立案するに当たり、これらの制約からの解放が、開発課題となります。

## LAPYUTA 計画の概要

### 4つの科学目標

ここまで述べてきた背景のもとに、LAPYUTA計画の科学検討を進めています。「宇宙の生命生存可能環境の探求」と「宇宙の構造と物質の起源の理解」を大目標に据えて、4つの課題を科学目標として掲げています。LAPYUTAはLife-environmentology, Astronomy, and Planetary Ultraviolet Telescope Assemblyからとった名前前で、この計画が目指す大目標と実施するミッションの特徴を表しています。

#### 課題1：木星系の物質・エネルギー輸送と地球型惑星の大気進化

太陽系内天体の課題は、木星の氷衛星の物質・エネルギー輸送と地球型惑星の大気進化です。氷衛星は木星の磁気圏内を公転しており、衛星イオの火山ガスを起源とする重イオン（主に硫黄と酸素）と磁気圏内で加熱を受けた高温プラズマに晒されています。氷衛星の表層の変性と大気の生成に影響を及ぼすこれらのプラズマの生成・加熱・輸送過程を明らかにすることと、氷衛星の表層から噴出する水蒸気プルームの検出を目指したモニタ観測を実現します。

金星と火星では、惑星大気の下層から宇宙へ輸送される、水や温室効果ガス起源の水素・酸素・

炭素の全球分布を観測します。太陽放射・太陽風の変動や下層大気の変動に対する応答から、大気宇宙空間へ散逸する条件を明らかにすることによって、今日までに失われた水や温室効果ガスの総量に制約を与え、地球型惑星の大気や表層環境の進化の理解につなげます。

### 課題2：ハビタブルゾーン近傍の系外惑星大気の特徴づけ

系外惑星大気に対する目標は、ハビタブルゾーン近傍の惑星大気の特徴づけです。低温のM型星ではハビタブルゾーンが恒星の近傍に形成されます。そこを公転する惑星は、恒星の強い高エネルギー放射によって大きく広がった外圏大気を持つと推測されます。紫外線波長で恒星放射の惑星トランジット観測を行うことによって、外圏大気の広がりを捉えることが可能です。地球型系外惑星の酸素大気や、大規模流出大気を検出を通して、温暖な気候を持つハビタブル惑星候補の発見や、惑星進化の系統的理解を目指します。

惑星系の環境は、中心星が惑星に及ぼす影響と密接に関連しています。惑星環境に影響を与える恒星活動（恒星フレア等の高エネルギー放射）も大事な研究課題となります。

### 課題3：銀河の形成過程

宇宙の構造形成史の中で残された基本的な問題の一つである銀河の形成過程に取り組みます。銀河天文学において大きく欠落している、ごく近傍の銀河に対する水素Ly- $\alpha$ 波長の撮像および分光観測を系統的に行い、近傍銀河の水素Ly- $\alpha$ アトラスを獲得します。観測対象は、赤方偏移 $z < 0.02$ の168個の様々なタイプの銀河を想定しています。銀河の構造に水素Ly- $\alpha$ ハローが普遍的に含まれているかどうかを調べ、Ly- $\alpha$ ハローの物理的起源が理論で予言されている星形成を引き起こすコールドストリームと呼ばれる低温のガス降着なのか、それとも衛星銀河や銀河周辺のHIガスを明らかにします。

### 課題4：重元素の起源

時間領域天文学で鍵となる突発天体の紫外線即応観測を行います。突発天体の検出後、3時間以内に観測を開始することを計画しています。2030年代の重力波観測と連携した紫外線観測によって、中性子星合体の重元素合成、特に爆発放出物質の最外層における元素合成（r-process）を明らかにします。また、広視野時間領域サーベイと連携した超新星の紫外線観測によって、爆発直前の大質量星の質量放出を定量化します。探索範囲は、中性子星合体が300 Mpc以内、超新星爆発は500 Mpc以内を想定しています。

### 紫外線望遠鏡：2つの分光器と2つのカメラ

LAPYUTA計画は、JAXA宇宙科学研究所の公募型小型計画による実施を目指しています。4つの科学目標を達成するため、LAPYUTAは口径60 cmの主鏡（F=2.5）をもつ紫外線望遠鏡のカセグレン焦点（合成焦点距離19,200 mm）に、2台の紫外線分光器（中分散分光器MRSと高分散分光器HRS）、紫外線スリットイメージャUVSI、及びファインガイドセンサFGSを搭載します。望遠鏡の副鏡には、焦点調整機構が取り付けられます。表1と2に紫外分光器と紫外スリットイメージャの設計目標を、図2にこれらの装置の配置案を示します。

### 紫外線分光器：MRSとHRS

MRSは広い視野と高い空間分解能を合わせ持つ紫外分光器です。水素、酸素、炭素の輝線を含む波長域をカバーしつつ、これらの輝線を分解す

表1 紫外分光器MRSとHRSの設計目標。

空間分解能	0.1秒角（MRS）, 0.6秒角（HRS）
視野	100秒角（MRS）, 13.5秒角（HRS）
波長分解能	0.02 nm（MRS）（R=6,500 @ 130 nm） 0.003 nm（HRS）（R=43,000 @ 130 nm）
波長範囲	113-190 nm
有効面積	>350 cm <sup>2</sup> @ 130 nm（MRS）
スリット幅	0.55, 1.0, 2.0, 2.8, 20秒角

表2 紫外線スリットイメージャ UVSI の設計目標。

空間分解能	0.2 秒角	
視野	180 秒角×180 秒角	
フィルタ透過帯域	(1) Blank (2) >122 nm (3) 115-180 nm	(4) >160 nm (5) 125-155 nm (6) 145-170 nm
有効面積	>300 cm <sup>2</sup> @ 130 nm	

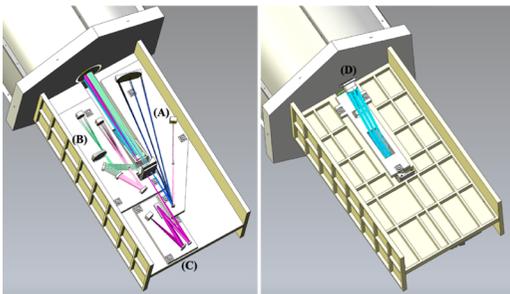


図2 LAPYUTAの焦点面装置の光学配置。(A) 中分散分光器MRS, (B) 紫外スリットイメージャUVSI, (C) 高分散分光器HRS, および(D) フェインガイドセンサFGS。

る波長分解能, 惑星大気の空間構造全体を俯瞰できる視野を持ちます。木星の水衛星(視直径1秒角)の空間構造を分解するため, 空間分解能0.1秒角を設計目標としています。

HRSは系外惑星大気の観測に設計を最適化した高分散分光器です。輝線幅が広い恒星の高温放射と, 系外惑星大気のトランジットにより生じる幅の狭い吸収線プロファイルを分解するために波長分解能 $R=43,000$  (@ 130 nm)を設計目標とします。これによって, 恒星の高温放射の変動と, トランジットによる減光の両方を観測することが可能となります。太陽系天体の大気の水素・重水素比(D/H)の観測にも使用されます。D/Hは惑星大気からの水散逸の指標となります。

### 紫外線スリットイメージャ: UVSI

3分角の視野を持つ広視野イメージャで, 木星紫外オーロラ, 銀河Ly- $\alpha$ ハロー, および突発天体の観測に用いられます。MRSと視野が重複し

ており, 分光と撮像の同時観測が可能です。木星紫外オーロラの空間構造を観測するため, 空間分解能0.2秒角を設計目標としています。異なる波長帯での観測強度の比を用いた物理量の導出や, 背景光の差引を行うため, フィルタホイールによって6枚のフィルタの切り替えを可能とします。

### ガイドカメラ: FGSと「電子式手ぶれ補正機能」

FGSは可視光の広視野ガイドカメラで, 主に系外惑星, 銀河, 突発天体の観測時に用います。視野角が400秒角×400秒角のカメラを望遠鏡の光軸から500秒角ずれた位置に設置し, 光軸周りの望遠鏡の姿勢の回転を組み合わせることによって, 20分角×20分角の有効視野を持ちます。この視野は天球の90%の範囲で, AB等級で12等よりも明るいガイド星を1つ以上捉えるのに必要な広さです。

FGSとは別に, MRSとUVSIには, 観測目標天体自身の明るい可視光像(惑星本体や6等級より明るい衛星)を高速で撮像するモニタカメラが搭載され, 目標天体の可視像からリアルタイムでその重心位置を計算します。望遠鏡の姿勢擾乱によって生じる重心位置の変動の内, 時間スケールが長い擾乱(~3秒)については, 重心位置情報を衛星バス部にフィードバックし, 衛星の姿勢制御により補償します。時間スケールの短い擾乱のために分散する紫外線の光子は, 検出器により1つ1つの位置が記録された後, 光子と同期して揺れる重心位置の情報を用いて補正されます。この処理はミッション部に搭載される計算機か地上での後処理によって実施されます。私たちはこの機能を「電子式手ぶれ補正」と呼んでおり, LAPYUTAのMRSによるスリットレス分光観測とUVSIによる観測で, それぞれ0.1秒角, 0.2秒角の空間分解能を達成するためのキー技術となっています。

### 小型科学衛星でHST級の感度を目指す

LAPYUTA計画ではひさき衛星に対して, 空間

分解能だけでなく、感度も格段に向上させる必要があります。望遠鏡のサイズは衛星の打ち上げに使われるイプシロンロケットのフェアリングサイズで、衛星の重量はロケットの打ち上げ能力と投入軌道の兼ね合いで決まってきます。LAPYUTAはこれらを勘案して、望遠鏡の主鏡口径は60 cm、衛星の軌道は近地点1,000 km、遠地点2,000 km、軌道傾斜角30度の楕円軌道を基本案として検討しています。

真空紫外の波長域では、透過光学素子（レンズ）が使えないこと、可視光・赤外線に比べミラーの反射率や検出器の効率が低いことが、高感度観測を困難にする要因となってきましたが、検出器や紫外用ミラー成膜の技術開発によって、真空紫外波長域でも高い集光効率の達成が可能となってきました。図3に、LAPYUTAに搭載するMRSと同程度の空間分解能と波長分解能を持つHSTのSTIS/G140Mとの感度の比較を示します。口径が2.4 mのHSTと比べるとLAPYUTAの主鏡の面積は1/16ですが、LAPYUTAでは使用する光学素子数を最小限に減らし、高効率化の技術を使うことによってSTIS/G140Mとの感度の差を全波長域で1/3にまで縮め、水素Ly- $\alpha$ より短い波

長域では上回る感度とすることを目指します。検出器と紫外用ミラーの高効率化技術もLAPYUTAが目標性能を達成するためのキー技術です。

遠地点高度2,000 kmは、放射線ノイズの影響を回避しつつ、天体観測時に前景光となる地球外圏大気の酸素・水素原子発光の影響を低減するためのものです。これによって、HSTでは困難であった、水素原子と酸素原子の波長における高感度観測を実現します。

### 観測計画案

LAPYUTAは、4つの科学目標を達成するために、打ち上げ後3年間を必要な観測期間として確保します。それぞれの観測対象の観測好機は、地球から見た太陽と観測対象の離角で決まります。太陽系の外惑星は衝の時期を中心に、内惑星は最大離角の時期を中心に観測期間を割り当て、残りの時期を中心に系外惑星と銀河の観測を割り当てます。突発天体は発生予測ができません。このため、年間3ヵ月間は常時即応観測に対応する24時間運用キャンペーンを企画します。残りの9ヵ月間も日中の通常運用時間の範囲内で即応観測に対応する予定です。観測目標ごとの観測割り当て時間は、現時点では試算段階ですが、太陽系天体が年間6ヵ月、系外惑星と銀河がそれぞれ年間2ヵ月弱、突発天体が年間1ヵ月弱を見込んでいます。年間1-2ヵ月の時間は一般観測枠に設定し、広い科学コミュニティに観測機会を提供することを計画しています。

### 今後に向けて

LAPYUTA計画は2023年4月に公募型小型計画6号機候補に選定されたのち、2024年8月にプリプロジェクト候補移行審査を受審し、現在はJAXA宇宙科学研究所の「プリプロジェクト候補チーム」として活動を行っています。今後、数年間に渡り概念検討をさらに進めたのち、最後の選定プロセス（ダウンセレクション前審査）を受けることとなります。

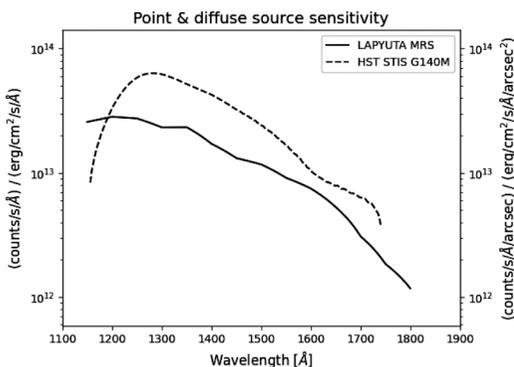


図3 LAPYUTAの中分散分光器の設計目標（実線）と同程度の空間分解能（0.1秒角）を持つハッブル宇宙望遠鏡STIS G140M[9]（破線）との感度の比較。左の軸が点源に対する感度、右の軸が広がった光源に対する感度（スリット幅は1秒角を仮定）を示します。

LAPYUTA 計画の検討は、2018年頃に「ひさき」のメンバーを中心に太陽系科学の検討からスタートしました。その後、天文学、系外惑星、太陽・恒星分野のメンバーも参加し、現在は約50名のチームで検討を進めています。本稿の著者リストにはチームのメンバー全員を含めることができませんでしたが、本稿の内容は、チームメンバーによる検討結果の集積となっています [10]。

LAPYUTAは走り始めたばかりの計画です。この計画をより魅力的なものとするため、計画のブラッシュアップを進めながら、科学成果を獲得していくための準備を進めています。

### コラボレーション！

本稿の冒頭で紹介した通り、LAPYUTA計画の実現を目指す2030年代には、多くの太陽系内天体で直接探査が計画されています。LAPYUTAは地球周回軌道から天体を観測する望遠鏡です。望遠鏡による観測の最大の利点は、空間構造を俯瞰することによって、空間構造と時間変動を分離することが可能となることです。探査機による観測はその場の物理量を詳細に計測することが可能ですが、空間構造の中を飛翔しながら観測するため、空間構造と時間変動を分離することが原理的にできません。直接探査と相補的なLAPYUTAとの協調観測によって科学成果を最大化します。望遠鏡のもう一つの利点は、一つのプラットフォームでさまざまな天体を観測対象とすることができることです。これらの強みを活かし、国内外の惑星探査計画との協調を進めていく予定です。

地上望遠鏡とケプラーやTESSのような宇宙望遠鏡によるサーベイによって、多くの地球サイズの系外惑星が発見されました。系外惑星の更なる発見をめざす計画としてはTESSの他に、日本のJASMINE計画や、ナンシー・グレース・ローマン宇宙望遠鏡、PLATOがあり、可視赤外線トランジット分光による大気観測を行うジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡やARIELがあります。LAPYUTAは発見

済みの地球サイズの系外惑星をじっくり観測し、大気の特徴づけを行う計画です。地上の大型望遠鏡を含め、LAPYUTAに先行して実施されるミッションと協力して、LAPYUTAの観測に適した系外惑星の候補を選定していきます。

### LAPYUTAの実現と、さらにその先に向けて

「ひさき」の検討が始まった頃は、HSTが退役する状況は想像もつきませんでした。2009年に行われた最後のサービスミッションから15年が経過し、徐々に退役が近づいてきているようです。HSTの後継ミッションとしては、NASAが6mクラスの紫外線可視近赤外線望遠鏡Habitable Worlds Observatory (HWO)を計画しています。HWOは2040年代の実現を目指しており、2030年代は紫外線波長域をカバーする高解像度観測が不在となるかもしれません。この意味で、LAPYUTAは2030年代の紫外線プラットフォームを担うポテンシャルがあります。

HWOには、日本から技術開発を含めた参画が検討されています。LAPYUTAで開発される高感度検出器や紫外用高效率分光器や紫外用ミラー成膜の技術は、将来の大型宇宙望遠鏡計画でも必須となる技術です。LAPYUTAの開発を通して実証される技術は、日本がHWOに参加する足掛かりともなります。科学的な観点からも、2030年代にLAPYUTAで実施した紫外線観測は、更に高感度化するHWOによって、2040年代に発展させることができます。観測計画案の節で紹介した通り、LAPYUTAでは年間1-2ヶ月の時間を一般観測枠に設定することを計画しています。LAPYUTA計画の検討の進捗は関連する学協会でご報告して参りますので、一般観測枠で実施する紫外線観測を、是非ご提案ください。

### 参考文献

- [1] 中村 正人ほか, 2016, 日本惑星科学会誌遊星人, 25(1), 4
- [2] <https://mio.isas.jaxa.jp/> (2025.4.10)
- [3] 倉本 圭, 2023, 日本惑星科学会誌遊星人, 32(2),

123

- [4] 木村淳ほか, 2013, 日本惑星科学会誌遊星人, 22(3), 146
- [5] <https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/> (2024.12.26)
- [6] 田中雅臣, 2021, 天文月報, 116, 16
- [7] 吉川一朗ほか, 2012, 日本惑星科学会誌遊星人, 21(1), 16
- [8] 山崎 敦ほか, 2018, ISAS ニュース, 443, 1
- [9] STIS Instrument Handbook, Version 24.0—December 2024
- [10] Tsuchiya, F., et al., 2024, Proc.SPIE, 13093, 130930I

## Toward the LOPYUTA Mission

Fuminori TSUCHIYA<sup>1</sup>, Go MURAKAMI<sup>2</sup> and  
Atsushi YAMAZAKI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Panetary Plasma & Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University, 6-3 Aramaki Aza Aoba, Aoba-ku, Sendai, Miyagi 980-8578, Japan*

<sup>2,3</sup>*Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 3-1-1 Yoshinodai, Chuo-ku, Sagami-hara, Kanagawa 252-5210, Japan*

Abstract: The LOPYUTA mission aims “to explore the habitable environment of the Universe” and “to understand the origin of matter and space in the Universe”. From unresolved issues related to the two goals, we selected four scientific objectives to be addressed in the 2030s: (1) habitable environments of solar system bodies, (2) atmospheres of exoplanets, (3) galaxy formation, and (4) the origin of heavy elements, which will be realized by the ultraviolet space telescope. LOPYUTA was selected as one of candidates of JAXA’s M-class mission, and aims to realize a high-resolution, high-sensitivity ultraviolet telescope by optimizing the performance requirements to the science objectives. This paper introduces the background and status of the LOPYUTA mission.