

1. 基本情報

1: 「学術の中長期研究戦略」の名称（日本語）

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)

2: 「学術の中長期研究戦略」の名称（英語）

Life-environmentology, Astronomy, and Planetary Ultraviolet Telescope Assembly

3: 提案分野

理工・工学

4: 分野融合の内容

該当なし

5: 提案のキーワード<3～5個>

氷衛星地下海

惑星大気進化

系外惑星大気

銀河形成

重元素合成

6: 提案者情報

| | |
|---------------|--------------------------|
| 氏名 | 中村昭子 |
| 所属機関・部局又は学協会名 | 日本惑星科学会 |
| 役職 | 会長 |
| 日本学術会議の所属 | 所属していない |
| 連絡先郵便番号 | 140-0014 |
| 連絡先住所 | 東京都品川区大井 1-6-3 アゴラ大井町 3階 |
| 連絡先電話番号 | 03-6410-7041 |
| 連絡先メールアドレス | staff@wakusei.jp |

7: 連絡先情報

| | |
|---------------|--------------------------------|
| 氏名 | 土屋史紀 |
| 所属機関・部局又は学協会名 | 東北大学大学院理学研究科 |
| 役職 | 准教授 |
| 日本学術会議の所属 | 所属していない |
| 連絡先郵便番号 | 980-8578 |
| 連絡先住所 | 仙台青葉区荒巻字青葉 6-3 |
| 連絡先電話番号 | 022(795)6738 |
| 連絡先メールアドレス | tsuchiya@pparc.gp.tohoku.ac.jp |

8：所属部局長の承認

該当なし

9：推薦者情報

該当なし

2. 学術振興の「ビジョン」

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

「宇宙の物質と空間の起源の理解」と「宇宙における生命の可能性の探求」は、人類の求める最も基本的な科学目標といえる。これらの目標を達成にすることによって、「現在の宇宙の姿の起源」と、「地球のような惑星の誕生と生命の起源」という基本的な疑問に対する科学的理解を進める。

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具体的な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。「宇宙における生命の可能性の探求」に対しては、(1)宇宙における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)のために、我々にとって身近な太陽系内の天体（惑星・衛星）を詳細に観測し、その環境を理解しつつ相互比較することが求められている。太陽系内の多様な天体をそれぞれ直接探査するのが理想だが、技術的理由から、地球に近い天体の探査に加えて地球周回軌道の宇宙望遠鏡や地上望遠鏡を最大限に活用する必要がある。(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、失われていくのか、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。惑星環境に影響を与える外的要因となる恒星と惑星の相互作用と、恒星活動もよく理解する必要がある。また、今後10年で多数の同定が期待される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表層環境の推定を進める必要がある。この段階では、太陽系の天体の詳細な観測から得られた知見を系外惑星系に拡張し、天文観測と太陽系探査の融合を進めることが欠かせない。(3)は LOPYUTA の直接のスコップからは外れるが、天文学、惑星科学分野から得られる知見に加え、地球科学と生命科学の知見の融合が必要となる。

「宇宙の物質と空間の起源の理解」を進めるためには、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。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銀河である AGN や QSO など、多種多様な銀河が存在する。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枠組みであるラムダ項入りの冷たい暗黒物質 (Λ CDM) モデルで説明されるが、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。理論的な研究によって銀河形成のシナリオが数多く提案されている一方で、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が欠落しているためである。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。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、ヘリウムから鉄までの宇宙で最も豊富な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分かっているが、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

1 : 名称 (日本語)

「学術の中長期研究戦略」と同じ

2 : 名称 (英語)

「学術の中長期研究戦略」と同じ

3 : 提案の種別

研究計画

4 : 総経費

176 億円

5 : 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。

多くの太陽系外惑星が発見され、惑星系における生命生存可能環境の普遍的な理解が課題となっている。この観点から、詳細な観測が可能な太陽系の天体、特に巨大惑星の氷衛星と地球型惑星の探査が必要である。氷衛星には地下海が存在し、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。火星と金星では、過去に大量に存在したと考えられる水や温室効果ガスが大气散逸を通して失われた可能性がある。惑星大気の変遷の解明は地球型惑星の生命生存可能環境の形成の理解につながる (課題 1)。系外惑星では

大気の特徴づけが今後の課題である。太陽系の知見を系外惑星大気の特徴づけに拡張する試みも必要となる。系外惑星環境の理解を進めるには、惑星環境に影響を与える恒星活動の探査も欠かせない（課題 2）。惑星系形成の理解の背景には、宇宙の構造と物質の起源という根本的な興味がある。宇宙の構造形成に残る問題に銀河形成がある。銀河形成の根本である星形成に関わるバリオンの物理過程は宇宙史の中で最も大きな課題の 1 つである（課題 3）。宇宙の物質進化においても基本的な課題が残されている。特に鉄より重い重元素の起源は十分に理解されていない（課題 4）。

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。氷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・電離大気が形成される。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。

6. 目的と実施内容

LAPYUTA は、宇宙での「生命生存可能環境」と「構造と物質の起源」の理解を目指し、4 つの課題達成を目的とする。課題 1 では、宇宙で最も詳細な観測が可能な太陽系内天体のうち、木星の氷衛星の地下海環境と地球型惑星の大気進化に焦点を当てる。氷衛星の表層から噴出する水蒸気と衛星大気の連続観測を初めて行い、地下海の生命生存可能環境の理解につなげる。火星と金星では大気下層から宇宙へ輸送される水や温室効果ガスの全球分布とその変動から、大気が宇宙空間へ散逸する条件を明らかにし、大気進化と生命生存可能環境の形成の理解につなげる。課題 2 では、系外惑星のトランジット観測から外圏大気の広がりをつかえ、太陽系の知見を系外惑星に拡張して惑星大気の特徴づけを行う。また、系外惑星の環境に影響を与える恒星活動の解明を目指す。課題 1 と 2 で鍵となる観測領域は天体と宇宙の境界に形成される外圏大気・電離大気である。様々な天体に対してこの領域を観測し、大気の広がりや散逸を制御する惑星や恒星の条件を明らかにする。課題 3 では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む。銀河の構造に Ly α ハローが普遍的に含まれているかどうかを調べ、Ly α 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 ガスかを明らかにする。課題 4 では、物質進化における未解明課題である重元素合成の解明を目指す。中性子星合体による重元素合成の全体像を把握し、重元素の起源を理解するとともに、超新星爆発からの最初のシグナルを観測し、大質量星進化の最終段階を理解することにつなげる。

上記の観測を実現する最適な手段として、LAPYUTA では地球周回軌道の紫外線宇宙望遠鏡を選択した。JAXA 宇宙科学研究所の公募型小型計画による実現を想定している。

<学術的価値>

7：学術的な意義

LAPYUTA は、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」という学術的に重要な2つの目標の解明を目指す。

現在、5,000 個以上の太陽系外惑星が発見され、その中には生命生存可能環境を持つ惑星があると期待されている。惑星環境の形態と進化を明らかにする上で、太陽系探査は貴重な手段であり、生命生存可能環境の探査という観点から、ガス惑星を周回する氷衛星（氷地殻の下に地下海を持つ天体）や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」を持つ天体として注目されている。土星の氷衛星エンセラダスでは、表面から噴き出す水の発見により地下海の存在やその化学的特徴が明らかになり、木星の氷衛星エウロパやガニメデの地下海は次世代の探査候補となっている。太陽から離れた氷衛星では、地下海の生命活動に必要なエネルギーや物質が、氷地殻の運動を介して磁気圏プラズマから供給されている可能性がある。氷衛星の観測により、地球とは異なる生命生存可能環境の解明が期待される。現在の火星・金星は液体の水が存在できない環境だが、かつては温暖な気候を有し海が存在していた可能性が指摘されている。海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おり、現在も大気中の水蒸気や温室効果ガスを起源とする成分が流出している。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火星や金星の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。天文学では系外惑星における生命存在可能環境の探査が行われようとしている。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様々な恒星系天体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ことが期待される。惑星系の環境は、中心星が惑星に及ぼす様々な影響と密接に関連しており、惑星外環境に影響を与える恒星活動を探ることも重要な研究課題となる。惑星科学と天文学の観測を通して惑星の生命生存可能環境の理解が深まれば、地球科学と生命科学との知見の融合を通して、生命を育む様々な環境の理解に波及していくことが見込まれる。

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のひとつが、銀河の形成過程である。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銀河である AGN や QSO など、多種多様な銀河が存在する。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枠組みであるラムダ項入りの冷たい暗黒物質(Λ CDM)モデルで説明されるが、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。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、ヘリウムか

ら鉄までの最も豊富な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分かっているが、鉄より重い重元素の起源は十分に分かっていない。爆発直後に出現する高温ガス中の重元素の観測により、中性子星合体に伴う元素合成過程が明らかとなり、宇宙の物質進化の解明に寄与することが期待される。

8：分野融合の意義・効果

生命をはぐくむ環境を持つ系外惑星があるのかが、天文学の具体的な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。太陽系天体の探査から得られる詳細な知見と、天文観測から得られることが期待される系外惑星の統計的特徴の融合によって普遍的な視点から生命生存可能環境の理解が探ることが期待される。

太陽系天体の観測に適した高空間分解能の宇宙望遠鏡を開発するグループは、過去も現状も日本のみとなっている。LAPYUTA 計画では、探査機への紫外線分光器の搭載経験を持つ惑星科学分野と望遠鏡の開発経験をもつ天文学分野の融合による検討により、世界的にもユニークな望遠鏡ミッションを立ち上げている。

9：国内外の研究動向と当該構想の位置付け

氷衛星の地下海は、液体の水を安定的に保持する普遍的形態の一つであり、ハビタブル環境を持つ可能性が指摘されている。氷衛星は 2030 年代の国際探査 (Europa Clipper、JUICE) 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、JUICE の後継計画に相当する 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る大気観測を行う 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。その場での詳細観測を行う惑星探査と、空間構造を俯瞰した撮像観測を行う LAPYUTA の組み合わせにより、科学成果の最大化が期待できる。

10：国際協力・国際共同

LAPYUTA は日本単独で開発を進めるが、惑星探査機や波長域の異なる望遠鏡の観測とは相補的な関係にあり、これらの観測との国際協力により科学成果の最大化をはかる。木星系の観測は、2030 年前半に探査が始まる欧米の探査計画と同時に行うことを想定している。火星は周回機とローバーによる探査が進行中で、金星は 2030 年代に地質活動と下層大気の探査が計画されている。LAPYUTA による上層大気の観測と連携し、大気上層への物質の輸送と惑星からの散逸過程を理解する。系外惑星に対しては、ARIEL が 2028 年から可視-赤外域の観測を開始する。主星の紫外線照射は惑星大気構造に影響を与えるため、LAPYUTA は紫外線による恒星観測を担う。

銀河形成研究では、紫外線観測と地上望遠鏡の国際的な可視光観測キャンペーンにより、銀河内部の星の分布と電離領域の運動状態を合わせた解析を行うことになる。中性子星合体の観測は、重力波(GW)望遠鏡を含めた多波長観測を行う。2030年代前半にはGW源の位置決定精度が向上し、マルチメッセンジャー観測の好機が到来する。LAPYUTAは短い波長の高解像度画像を提供する役割を担う。

<成熟度>

11：実施機関と実施体制

LAPYUTAはJAXA宇宙科学研究所の公募型小型計画による実現を目指している。この場合、実施機関の主体はJAXA宇宙科学研究所となる。公募型小型計画検討ワーキンググループ(WG)の設立審査を経て、2021年1月にWGが設立され、公募型小型計画規模での実現性検討を実施している。2022年8月には公募型小型計画公募にLAPYUTAを提案し、本申請書の準備時点では審査を受けている最中である。WGには国内外17機関・大学から、若手研究者・女性研究者を含む45名が、太陽系・惑星科学、系外惑星、太陽物理、天文学の幅広い研究分野から参加している。所属機関の内訳は、北海道大学、北見工業大学、東北大学、東北工業大学、国立天文台、筑波大学、東京大学、東京工業大学、東京理科大学、立教大学、JAXA宇宙科学研究所、情報通信研究機構、金沢大学、大阪大学、京都産業大学、ピサ大学(イタリア)、及びコロラド大学(米国)となっている。探査機の搭載観測機器や望遠鏡の開発経験者に加え、次世代の開発研究を担う若手PDが複数名参加している。2030年代初頭の観測開始を目指し、科学検討・機器開発・概念検討を実施している。

12：所要経費

打ち上げ費用を含めた宇宙望遠鏡衛星の開発・製造費は166億円と見積もっている。打ち上げ後の運用期間を12年間と想定した場合、運用経費及び観測データのアーカイブを含むサイエンスセンター経費(人件費を含む)は10億円と見積もっている。

13：実施計画・スケジュール

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)からなる。

現在は概念検討期間にあり、2023年度末までに公募型小型計画規模での実現性検討を実施する。空間分解能0.1秒角の設計要求を満足する望遠鏡システムの概念設計を行うとともに、望遠鏡の調整・検証試験の実施方法を検討し、開発コストの試算を行う。キー技術開発については、高い空間分解能を実現するための技術として、ポインティング補正機能を実装した基板を用いた機能評価、真空紫外用大口径ミラーの試作と鏡材の選定、高感度・高分解能大型検出器の試作を行う。

次のプロジェクト準備期間では、高い空間分解能要求の達成を早い段階で検証するために、ミッション部の主要コンポーネント(鏡、望遠鏡光学系、検出器、ポインティング補正装置)の試作品を開発し、実機を用いたポインティング補正機能と望遠鏡の熱歪みの評価試

験を実施する。また、真空紫外用大口径ミラーの設計、アレイ型検出器による高感度・高分解能の大型検出器の試作を行い、キー技術の確立を進める。これらの試作・設計を通して、衛星バス部とミッション部の双方のコスト試算の更新、打ち上げロケットとの整合性確認、開発スケジュールの検討を行う。

プロジェクト期間では、LAPYUTAの初期設計を完了し、望遠鏡及び光学部品のエンジニアリングモデル(EM)の製造と評価試験を実施する。大型検出器など、確立したキー技術を製造メーカーに技術移転する。EMの評価試験結果を基にLAPYUTAの最終設計を決定し、フライトモデルを製造する。打ち上げ後は半年間の初期運用期間に機能確認を行い、その後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に観測装置の健全性が保たれている場合は、最長9年間の後期運用観測を実施する。

14：これまでの準備状況

現在は、一定の準備資金を得て技術開発等の開発・準備を行う段階にあり、JAXA宇宙科学研究所の公募型小型計画検討WGで科学検討と実現性検討を進めている。科学検討では、4つの科学目標について観測の実現性検討を行い、ミッション機器に対する性能要求を整理した。ミッション要求から導かれる計画の概要は次の通りである。小型衛星バスに主鏡口径60cmのカセグレン望遠鏡を搭載する。焦点面に搭載する装置は、紫外線分光器、紫外線イメージャ、及び可視光視野ガイドカメラである。紫外線宇宙望遠鏡に求められる設計目標は、光学系の有効面積が350cm²以上、空間分解能0.1秒角以下、観測波長110nm～190nm、波長分解能0.02nm以下、分光及び撮像の観測視野180秒角以上、である。天体観測の前景光となる地球外圏大気酸素、水素原子発光の影響を低減しつつ放射線ノイズの影響を回避するため、軌道の遠地点高度は7,500kmを想定している。

科学検討と並行して、設計目標を実現するための技術検討、特に高空間分解能を実現する望遠鏡システムの概念検討を実施している。バスシステムとして小型科学衛星バスを想定し、バス部の装置には同じバスを採用した「ひさき」や「あらせ」など先行ミッションの実績を採用することにより、開発要素を減らしコスト削減を行う。一方、衛星バス部と望遠鏡部の接続部の熱ひずみや衛星バス部で生じる微小振動がポインティング精度へ与える影響を低減するため、先行ミッションに対する差分検討を進めている。望遠鏡システムは望遠鏡部とセンサー部に分かれる。センサー部に搭載される紫外線分光器と紫外線イメージャにはそれぞれに可視光視野ガイドカメラを設置し、ポインティング補正機能を実装する方針である。キー技術としては、高空間分解能を達成するための姿勢擾乱補正技術、紫外線用大口径反射鏡、大型検出器の3つがあり、先行ミッションである「ひさき」や「ひので」、計画中の紫外線宇宙望遠鏡WSO-UVに搭載される紫外分光器UVSPEXをはじめとする日本のヘリテージをベースに検討を進めている。

科学者コミュニティ内の活動としては、日本惑星科学会、地球電磁気・地球惑星圏学会、及び光学赤外天文連絡会の中で将来計画・構想の議論に参画し、レビューを受けなが

ら各学協会の将来構想に LOPYUTA を位置づける活動を進めている。

15：共同実施体制

LOPYUTA では1年あたり2カ月の公募観測期間を設定し、観測機会を広く科学コミュニティに提供する方針である。公募観測は LOPYUTA の科学チームにより審査し、実施する観測提案を決定する。観測から一定期間が経過した観測データは既存の公開データベースを通して広く科学コミュニティに提供する。

また、LOPYUTA と惑星探査や他の波長域の望遠鏡とのキャンペーン観測を企画する。他ミッションとの国際協調観測を通して、広い意味での国際的な共同利用を推進する。

<優位性>

16：当該構想の国際的な我が国の優位性

紫外線の分光・撮像観測装置は、これまでに多くの衛星・探査機に搭載されてきた実績があり（火星探査機のぞみ、月探査機かぐや、水星探査機 BepiColombo、惑星分光観測衛星ひさき、金星探査機あかつき、地球の外圏やプラズマ圏を撮像する超小型探査機

PROCYON や EQUULEUS に搭載された紫外撮像装置など）、紫外線観測技術は日本の強みとなっている。LOPYUTA はこの紫外線観測技術と、天文学・太陽物理分野で培われてきた望遠鏡技術を融合し、日本の宇宙観測の強みをさらに発展させる。LOPYUTA で開発される大型・高効率分光器の技術は、将来の大型宇宙望遠鏡計画でも必須となる。2040年代に NASA が打ち上げる 6m 紫外・赤外宇宙望遠鏡は、100 個以上の地球サイズの太陽系外惑星上層大気の観測を可能にする。LOPYUTA の開発は、日本がこのような超大型ミッションに参加するための足掛かりの一つとなる。

<必要性>

17：当該構想に我が国が取り組む必要性

今後20年で、巨大惑星の氷衛星探査は国際的に大きく前進することが期待されている。欧米が主導する探査計画と同じ時期に、これらと相補的な宇宙望遠鏡による観測手段を LOPYUTA が創出することによって、日本の国際的な貢献を最大化することができる。

LOPYUTA 計画を通して獲得される、高感度化・高精度化の要素技術は、将来の国際的な大型望遠鏡計画への参画（例：6m 大型宇宙望遠鏡, 2040 年代）に向け、日本の存在感を高めることに貢献する。

18：社会的価値

LOPYUTA 計画は、地球以外の様々な太陽系内・系外の惑星の観測を通して、宇宙における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。これによって、地球の様な惑星の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することによって、人類が地球上で文明を持続するのに資

する知的価値をもたらす。

LAPYUTA で使用する光学検出器（CMOS センサ）は今後の宇宙ミッションで必須とされるキー技術で、国産技術の育成による重要技術の安定供給や、民間企業と協力した耐環境 CMOS センサ（例：耐放射線環境）の開発を通して産業的価値をもたらすことができる。

19：補足説明資料（図表、ポンチ絵など）の送付

未来の学術振興構想_LAPYUTA_補足説明資料.pdf を参照。