

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

Life-environmentology, Astronomy, and Planetary
Ultraviolet Telescope Assembly (LAPYUTA)

土屋史紀（東北大学大学院理学研究科）・村上豪（JAXA宇宙科学研究所）
LAPYUTAワーキンググループ

LAPYUTA計画概要

Life-environmentology, Astronomy, and Planetary Ultraviolet Telescope Assembly
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

2021年1月 宇宙科学研究所 公募型小型計画検討ワーキンググループ設立
公募型小型規模で口径60cm・空間分解能0.1"の高感度・高空間分解能紫外線宇宙望遠鏡を目指す

科学目標

I. 太陽系科学

- ・氷衛星プリュームの噴出機構解明
- ・木星・土星系における磁気圏—衛星間物質・エネルギー輸送過程の解明
- ・金星・火星散逸大気の定量から地球型惑星大気の持続性・進化過程を解明

II. 太陽系外惑星

地球型惑星高層大気の観測による海洋・氷の有無や惑星形成過程の解明

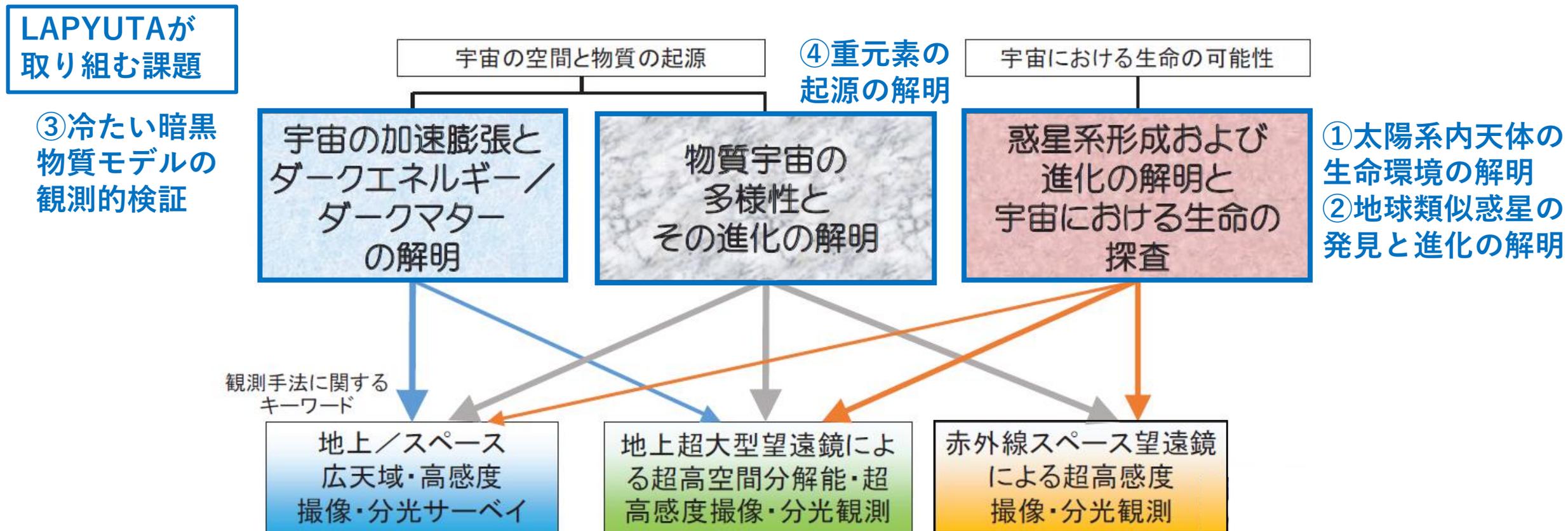
III. 宇宙論

近傍宇宙における冷たい暗黒物質モデルの観測的検証

IV. マルチメッセンジャー・時間領域天文学

中性子星合体による重元素合成の検証

光赤外天文学の将来計画との位置づけ



2020年代に**光赤外天文学が取り組むべき優先課題**と、各サイエンステーマ毎の主要課題との関係、および主要な観測手法に関するキーワードとの関係（**2020年代の光赤外天文学－将来計画報告書－より抜粋**）

学術的価値I. 太陽系科学

太陽系内における生命存在可能環境とその進化の解明

氷衛星の地下海と地球型惑星大気を高感度・高解像度の紫外線分光撮像で長期モニタ

氷衛星の表層から噴出する
プルームの物理特性
(発生条件・頻度・場所)

木星・土星系における磁気圏・
プラズマ環境の時間変動

金星・火星外圏大気の広がり散
逸大気の定量・太陽風応答

生命存在可能環境をもつ
地下海の存在と構造

氷衛星地下海の生命圏維持に必
要な物質・エネルギー供給

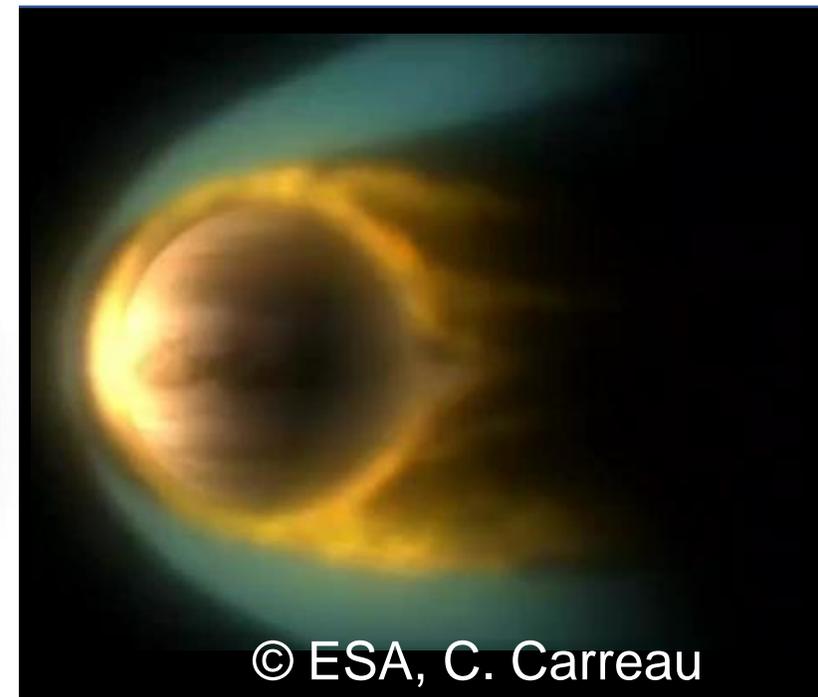
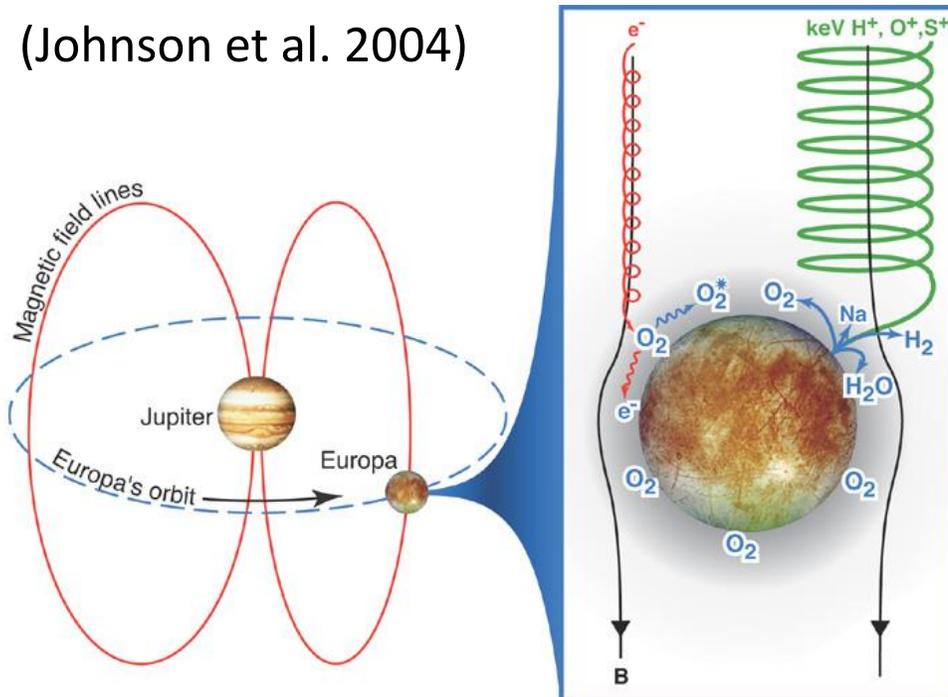
過去に大量に存在した水の行方、
惑星大気の持続性・進化過程、
系外惑星大気への知見の拡張

エウロパの水プルーム



(Roth et al. 2014)

(Johnson et al. 2004)



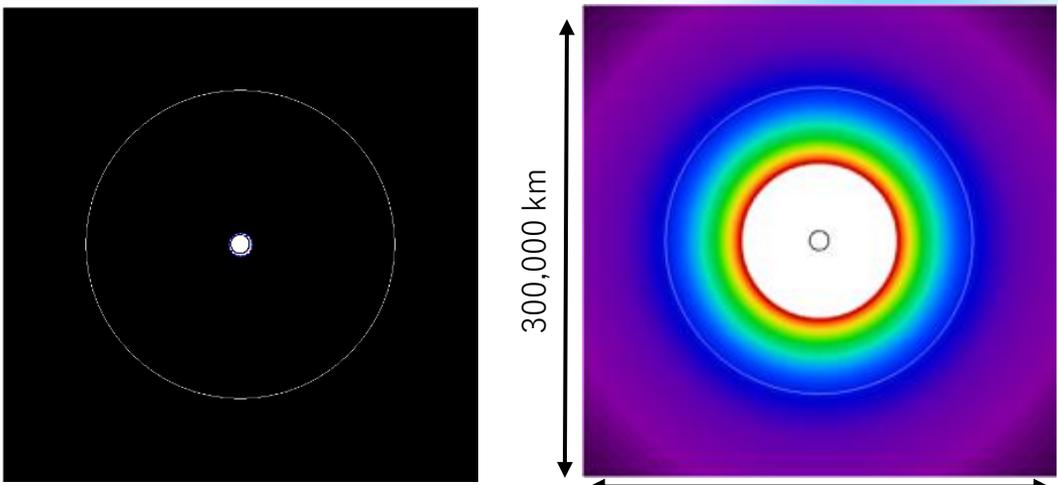
© ESA, C. Carreau

高層大気の観測を通じた地球類似惑星の発見および惑星進化過程の解明

系外惑星の紫外線トランジット観測による外圏大気と惑星風（水素・酸素）の検出および特徴づけ

- (1) 地球型惑星と金星・火星型惑星の区別 → 温暖な気候を持つ惑星（ハビタブル惑星）候補の発見
- (2) 大規模に流出する地球型惑星大気の発見・詳細観測 → 惑星進化の系統的理解

HZ of cool star: close to star -> High UV irradiation (> x10)

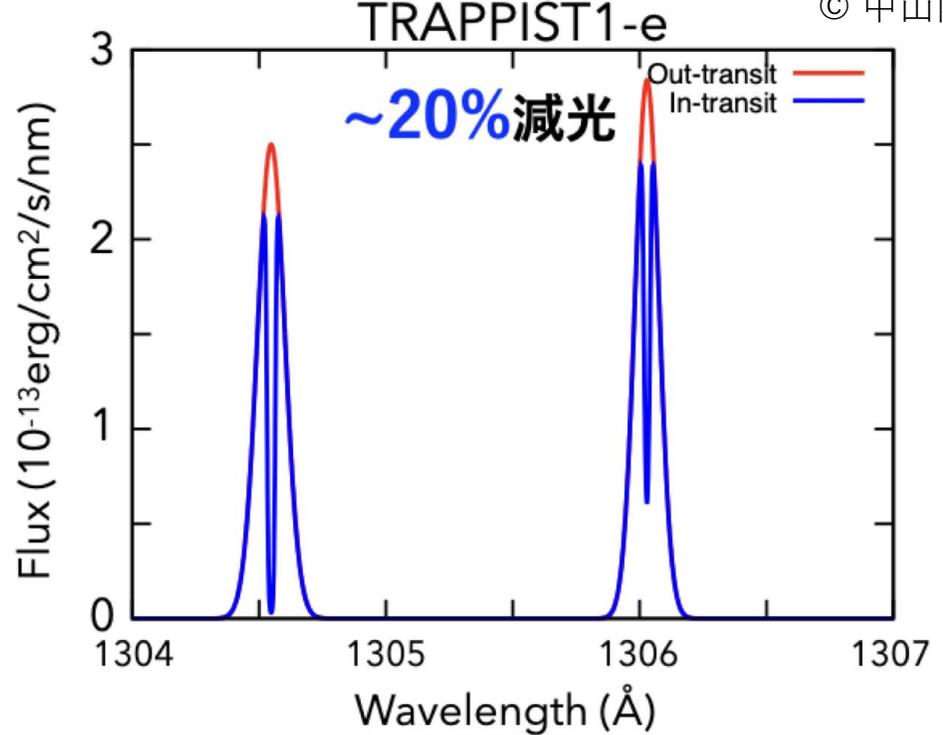


Black: Star, White: Planet

The Earth-like planet has extended oxygen corona

- 2020年代後半に発見が期待される最適ターゲットを対象
- 30-40m地上望遠鏡との連携

© 中山陽史 (東大)



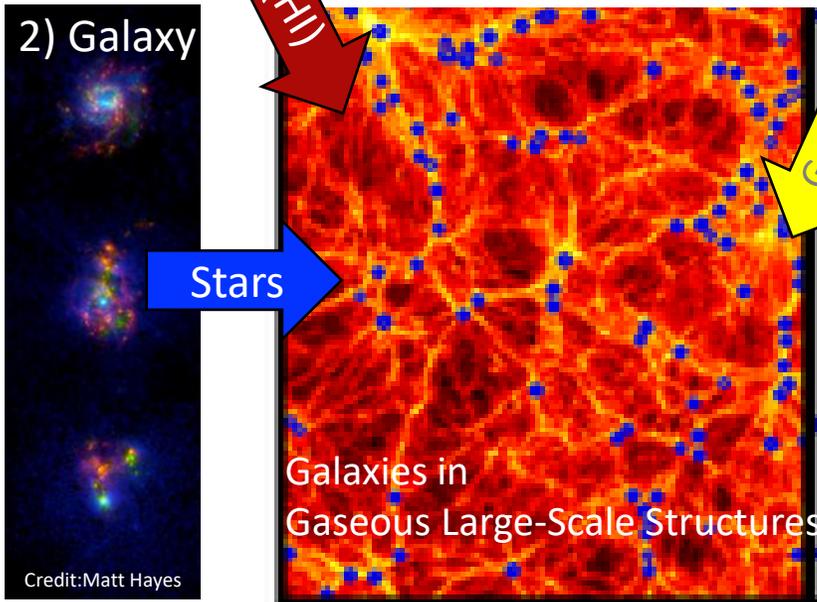
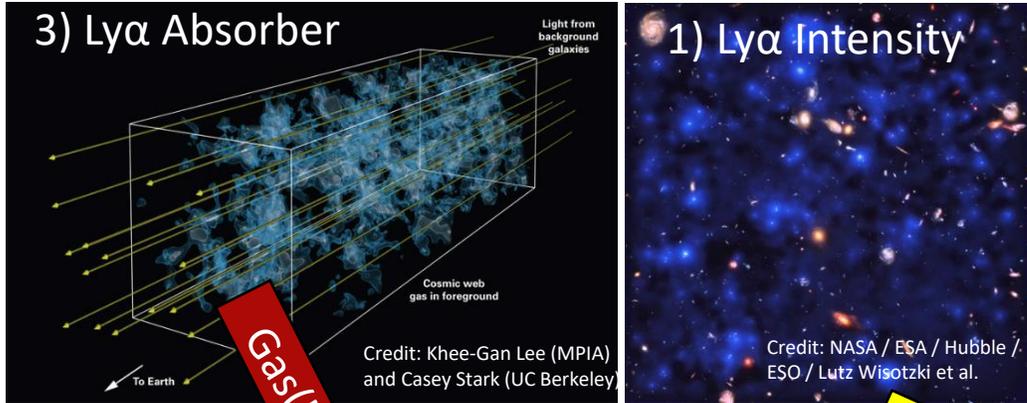
恒星の紫外線強度・フレア活動も科学目標として検討
→ 惑星大気進化に影響

学術的価値III:宇宙論

近傍宇宙における冷たい暗黒物質モデルの観測的検証

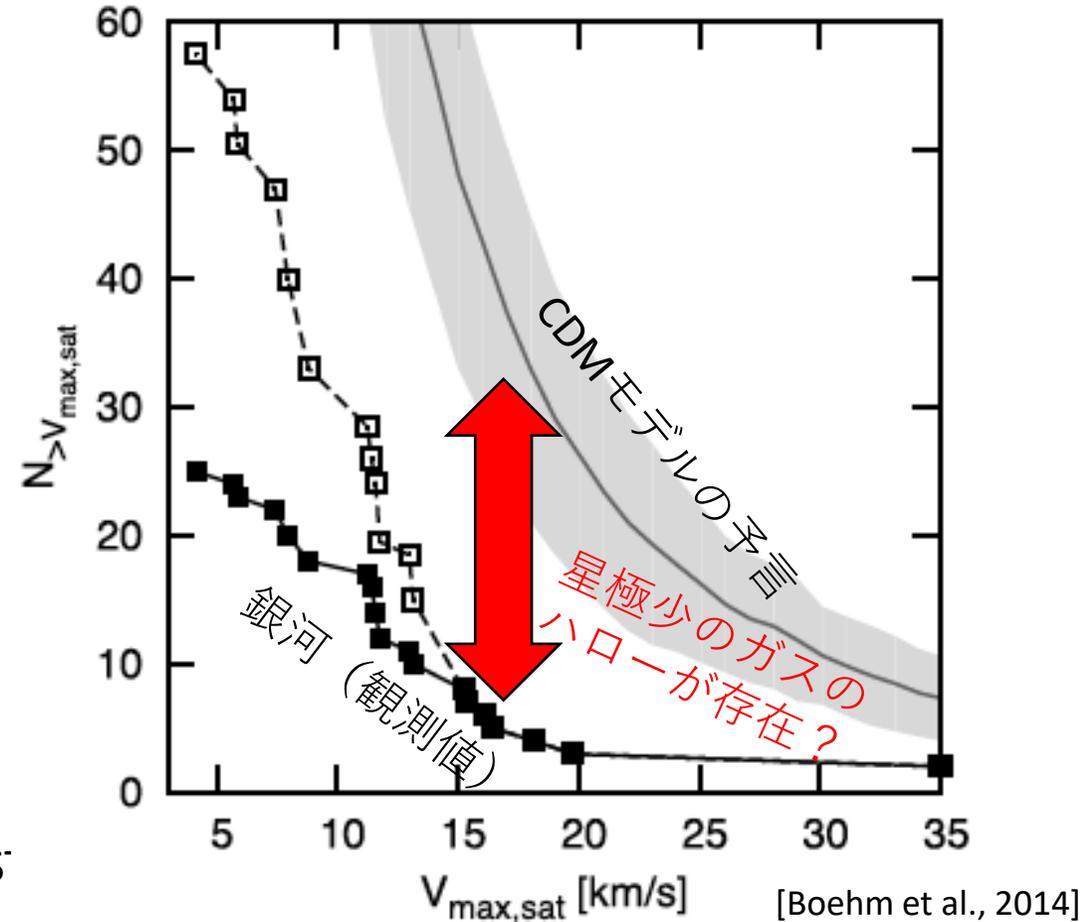
ミッシングサテライト問題：20世紀末からの未解決問題

→ 水素ライマンα線の放射・吸収をそれぞれ捉え、ガス大規模構造を明らかにする
現在の宇宙のバリオン構造



- Complement to SPHEREx
- HI tomography map
- Comparing with SDSS, LSS Roman/EUCLID

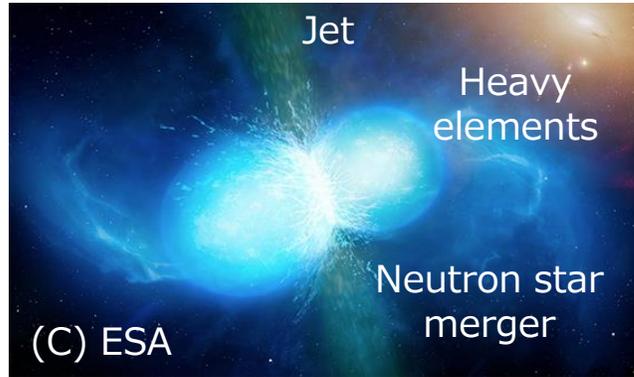
<http://spherex.caltech.edu/Science.html#Inflation>



- ・紫外線の広領域撮像と分光→ガス(+星)探査を実現
- ・銀河と銀河間ガスを含めた定量評価
(筑波大;矢島秀伸, 東大;小野宜昭らの協力)

学術的価値IV. マルチメッセンジャー・時間領域天文学 中性子星合体による重元素合成の検証

宇宙における重元素の起源：50年以上続く宇宙物理学の問題
マルチメッセンジャー天文学で検証可能な時代に



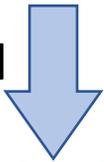
**重元素合成による
最初の電磁波シグナルは紫外線**

- 紫外線で重力波天体の最初の1時間を捉える
- 重元素合成の全容解明へ
(元素の種類、量と分布)

**LAPYUTAの時代の
マルチメッセンジャー天文学**

- LIGO/Virgo/KAGRA/LIGO Indiaによるネットワーク観測
- 10 deg²以下の位置決定精度
 - LAPYUTAの広視野カメラで1時間以内に23 mag (AB)のサーベイが可能

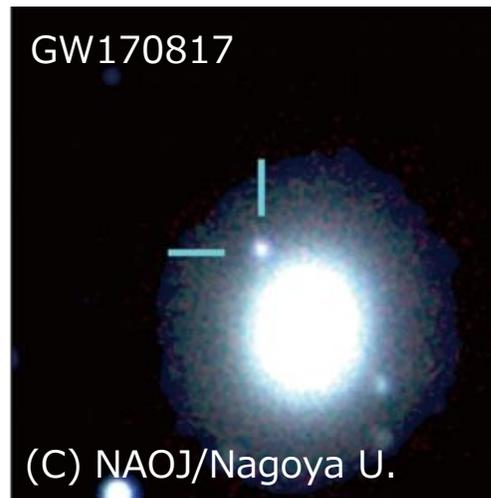
Gravitational
Wave



Alert



**Multi-messenger
astronomy**



LAPYUTAの時代の時間領域天文学

- Rubin望遠鏡 (LSST)による可視光領域の徹底的なサーベイ
- 紫外線がフロンティア
 - あらゆる爆発天体の最初の瞬間
(超新星爆発や相対論的ジェット
のメカニズム)
- 高エネルギー物理への波及

LAPYUTA：概念設計

主要諸元

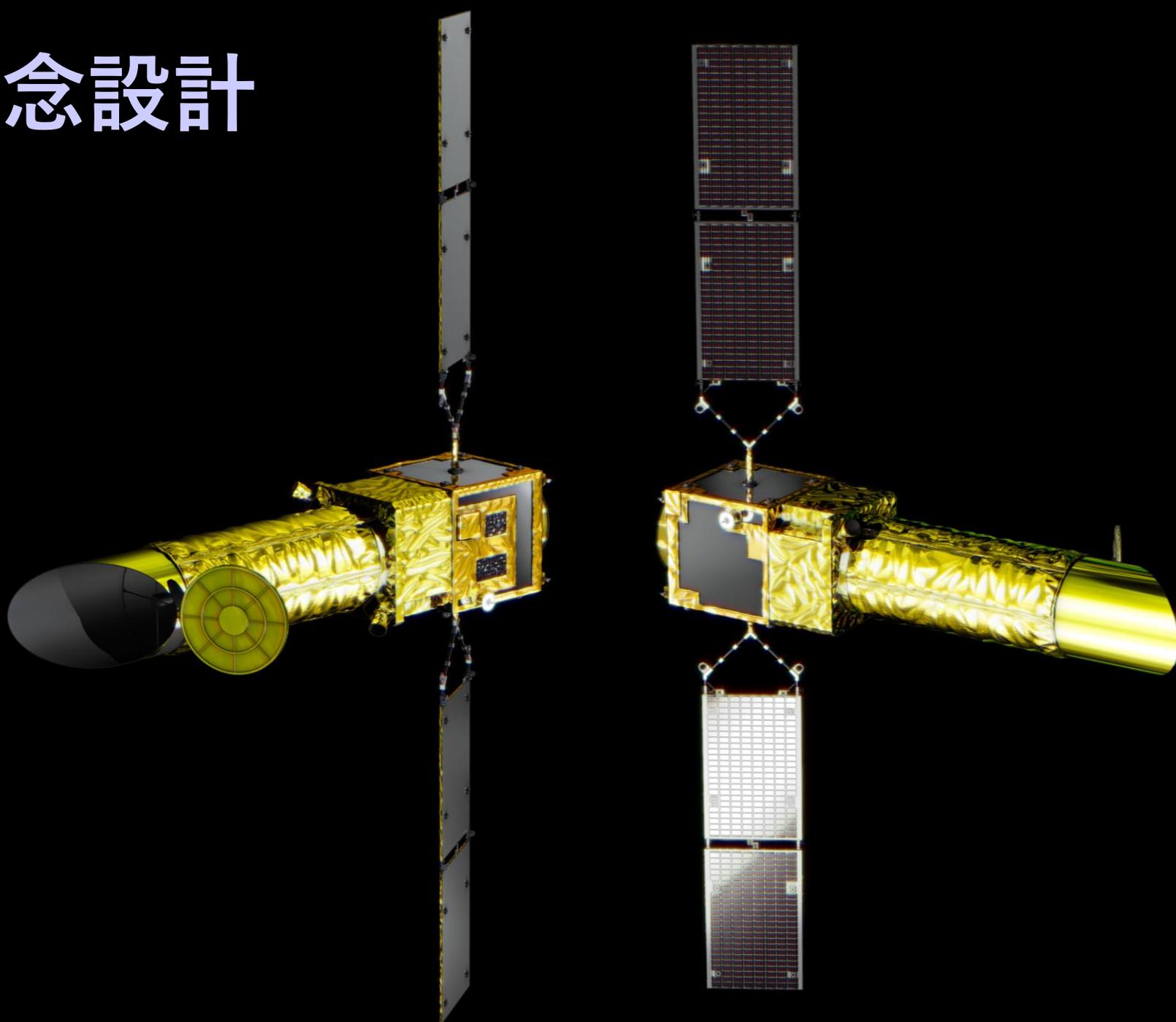
- ・主鏡口径：60 cm
- ・有効面積：>350 cm²
- ・空間分解能：0.1秒角
- ・波長範囲：110-190 nm
- ・波長分解能：0.01 nm
- ・視野：>100秒角（分光）、
10分角（広視野撮像）
- ・衛星バス：SPRINTバス
- ・遠地点高度：> 1000 km

主要観測装置

- ・分光観測装置
- ・広視野イメージャ
- ・UVスリットイメージャ

提案目標：公募型小型

打ち上げ目標：2029-2030年度



技術開発：2021-2022年の検討課題

衛星・望遠鏡システム検討

- 公募型小型規模で口径60 cm級かつ高精度宇宙望遠鏡の実現：過去実績の最大活用

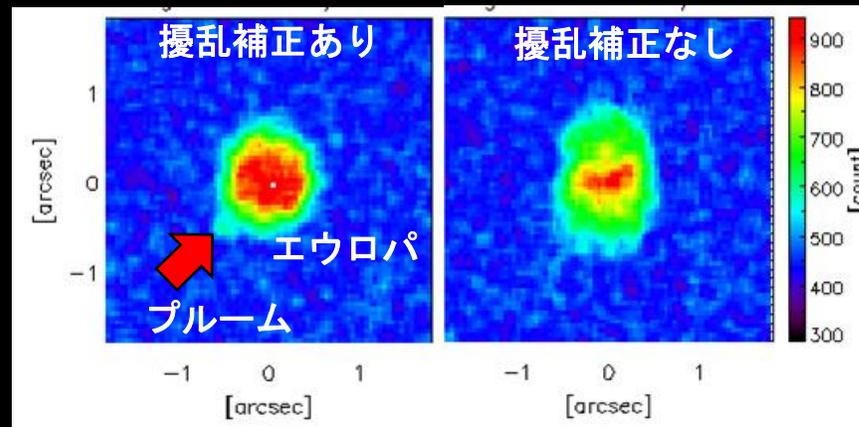
キー技術開発

- 軽量望遠鏡技術：軽量ミラーと支持構造
- 高空間分解能を達成するための姿勢擾乱補正機能
新しいコンセプト：分光器内に0次光を撮像する可視光視野モニタカメラを検討
 - 短周期の天体像揺らぎを高速撮像後に位置補正（電子式手ぶれ補正）
- 高感度・広視野観測を実現するための検出器
 - WSO-UVのヘリテージをもとに開発。将来のLUVOIR参画への接続。

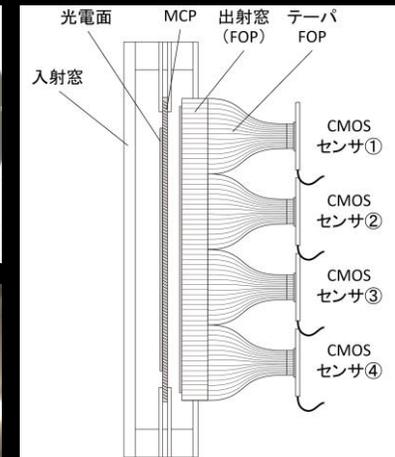
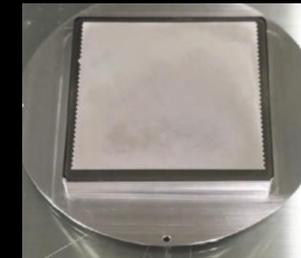
宇宙望遠鏡の
共通基盤技術
開発を推進



軽量望遠鏡技術



高速撮像による“手振れ補正”機能



高感度・大型検出器

マスタープラン2023への応募：まとめ

- LOPYUTA計画は、2020年代末～2030年代の観測を目指す高感度・高解像度の紫外線宇宙望遠鏡計画である。JAXA宇宙科学研究所 公募型小型計画での実施を目指し、公募型小型計画検討ワーキンググループで検討を進めている。
- **学術的価値**：光赤外天文学分野の掲げる3大課題にLOPYUTA計画は横通しで取り組みつつ、その成果は**太陽系科学分野、系外惑星分野にも波及する**。
 - 【太陽系科学】 太陽系内における生命存在可能環境とその進化の解明
 - 【系外惑星】 高層大気の観測を通じた地球類似惑星の発見および惑星進化過程の解明
 - 【宇宙論】 近傍宇宙における冷たい暗黒物質モデルの観測的検証
 - 【マルチメッセンジャー】 中性子星合体による重元素合成の検証
- **緊急性**：どの科学目標においてもそれぞれLOPYUTAは世界的にユニークな役割を果たしており、2030年頃の実現が必須であるとともに、**将来の国際大型計画に向けた日本のキー技術の実証**としても必要である。
- **各分野での連携**：地球・惑星科学分野で培われた紫外線観測技術と、天文学・太陽物理学分野により培われた望遠鏡技術を融合し、**広い研究コミュニティに紫外線観測手段を提供**する。光赤天連においては2030年代将来計画の一つとして検討を続けている。
- **計画の実現性**：ISAS公募型小型WGとして採択され、**2021年度よりシステム検討およびキー技術開発を開始している**。過去のヘリテージを最大限に活用しつつ、開発経験のある研究者を中心に公募型小型規模で高精度宇宙望遠鏡の2030年頃打ち上げを目指す。