

# 月面望遠鏡観測と超小型系外惑星探査機によるハビタブル惑星の定義の再検討

第 21 回 君が作る宇宙ミッション Phobos 班：

市川 友唯 (高 2) 【茗溪学園高等学校】、橋本 壮 (高 3) 【長崎県立佐世保北高等学校】、  
佐藤 裕成 アレックス (高 2) 【渋谷教育学園渋谷高等学校】、住吉 莉玖 (高 2) 【開智未来高等学校】、  
坂田 和花 (高 2) 【フェリス女学院高等学校】、中村 成夢 (高 3) 【大谷高等学校】

## 要旨

地球温暖化対策や生命探査の発展を見据えて、ハビタブル惑星の再定義を目的としたミッションを提案する。本提案は、月面望遠鏡での大気観測により生命存在可能性の高い候補惑星を絞ったうえで、さらに探査機での直接観測を行う 2 段階のミッションを行うものである。

### 1. ミッション背景

太陽系外において生命存在の可能性が高いハビタブル惑星の特性を解明することは、今後の地球温暖化対策に役立てるといふ観点で重要である。現在、ハビタブル惑星は惑星表面に液体の水が存在することにより定義されている。しかし、惑星表層に液体の水が存在しているにもかかわらず生命が見つからない惑星も存在する<sup>[1]</sup>。そのため、「水の存在」のみが生命存在可能性を定義するものではなく、大気やその他の条件が寄与すると考えられる。そこで、地球における大陸や海洋の様相を観測することで、ハビタブル惑星の定義を再検討することが重要である。

### 2. ミッション目的

本研究が提案するミッションの目的は惑星の生命存在条件をより明確化するために、ハビタブルゾーンの定義付けを再検討することである。そのために、本提案では、系外惑星の半径、質量、軌道を月面望遠鏡で観測する。さらに、大陸、海洋の様子やレッドエッジに加え、より詳細な大気組成を取得するために、探査機を派遣し、惑星表面の直接撮像を行う。

### 3. ミッション概要

本ミッション (概要図：図 1) では、月面望遠鏡観測と超小型探査機による 2 段階観測を行う。最初に月面望遠鏡を用いた大気観測によりハビタブルゾーン内にある可能性が高い岩石惑星を見つける。続いてその惑星に超小型探査機を送り、実際の惑星表面の様子を観測する。

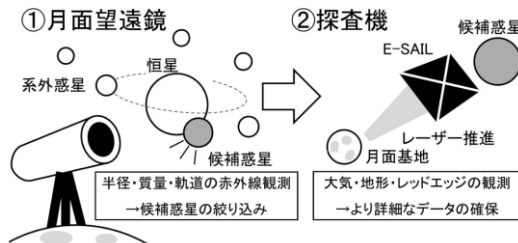


図 1：ミッション概要

### 3.1. 月面望遠鏡

月面望遠鏡は、地上の望遠鏡観測と異なり大気や赤外放射の影響が少ないため、赤外線領域の観測に適している。また、衛星での観測と異なり地盤があるため、安定した観測が可能である。我々の提案する月面望遠鏡では、以下の赤外線観測によって系外惑星の特徴を探る。まず、TESS 衛星<sup>[2]</sup>がトランジット法で観測した恒星のリスト TIC (TESS Input Catalog) <sup>[3]</sup>から、太陽と同程度から半分以下の大きさであり、吸収線が確認できる G-M 型主系列星を絞り込む。これらの候補に対し MuSCAT (三色同時撮像装置) <sup>[4]</sup>を用いることで、恒星の光度変動をより正確に観測する。これにより、付随する地球型惑星候補の半径や軌道を求めることができる。また、視線速度法により惑星の公転周期や質量を求める。公転する惑星の周期が短く、共通重心のふらつきが見やすいという M 型星の特徴を活かし、エネルギー放射のピークが赤外線領域である IRD (InfraRed Doppler) 装置<sup>[5]</sup>を用いる。高い集光力をもつ大型の望遠鏡で測定を行うことが望ましいが、そ

れらの輸送を行う事は技術的に困難である。そのため、月面に望遠鏡の部品を運び、設置場所で組み立て、メンテナンスも行う。

### 3.2. 探査機

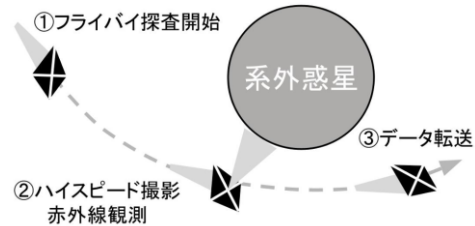


図 2：E-SAIL によるフライバイ探査のシーケンス

先に挙げた月面望遠鏡で絞り込んだ地球型系外惑星候補にレーザーセイル<sup>[6]</sup>搭載の超小型探査機「Exoplanetary Sail Accelerated by High-power Laser (E-SAIL)」を派遣し、フライバイ探査による詳細な観測を行う。月面から E-SAIL を複数機打ち上げ、高エネルギーレーザーを照射することで、探査機は光速 5% の速度まで加速し対象天体をフライバイする。高フレームレートで撮影可能なフェムトカメラ<sup>[7]</sup>を用いて目的の系外惑星の表面を撮影、分光器を用いて大気中のメタンや二酸化炭素等を赤外線観測し、月面基地へデータを転送する。以上の E-SAIL を用いたフライバイ探査シーケンスの概要図を図 2 に示した。

### 4. 今後の課題と発展

- 今後は以下に示す項目を検討する。
- 系外惑星の質量や大気組成の測定精度の調査
  - 月面望遠鏡の月震対策案
  - E-SAIL の耐久性やエネルギー確保等の対策
  - 超高速フライバイ時の系外惑星観測方法の検討

### 参考文献

- [1] S. Seager, "Exoplanet Habitability," Science, 340, 6132 (2013), pp.577-581
- [2] Ricker, G. R. et al. "Transiting exoplanet survey satellite," JATIS, 1.1 (2015), 014003
- [3] Stassun, K et al. "The revised TESS input catalog and candidate target list," The Astronomical Journal, 158.4 (2019), p.138
- [4] N. Narita et al. "MuSCAT: a multicolor simultaneous camera for studying atmospheres of transiting exoplanets," JATIS, 1.4 (2015), 045001
- [5] Kotani, T. et al. "Infrared Doppler instrument (IRD) for the Subaru telescope to search for Earth-like planets around nearby M-dwarfs," Ground-Based and Airborne Instrumentation for Astronomy V, 9147 (2014), pp.411-422
- [6] K. Parkin. "The Breakthrough Starshot System Model," Acta Astronautica, 152 (2018), pp.370-384
- [7] A. Velten et al. "Femtophotography: capturing and visualizing the propagation of light," ACM Transactions on Graphics, 32.4.44 (2013), pp.1-8