

## 系外惑星TOI-2046bのトランジット観測とソフトHOPSでの解析

野中 僚太、田島 圭、井上 七輝、浅沼 瑞希、森 響 (高2) 【新島学園高等学校】

### 要 旨

系外惑星TOI-2046bのトランジット観測を行った。解析はExoWorlds Spies(1)の解析ソフトHOPSで行い、解析結果をExoClockプロジェクト(2)に報告した。4回の観測で得られた観測結果—計算値 (O-C) は-6.6~2.4分、平均-1.2分となり観測値と計算値に近い値となった。系外惑星の大きさは、4回の観測で得られた惑星と恒星の半径比(Rp/Rs)より木星半径(Rj)(3)の1.43倍となった。ExoClockプロジェクトに参加することにより、系外惑星の軌道パラメータや解析曲線の精度を上げることに貢献できた。

### 1. はじめに

系外惑星TOI-2046bの基本パラメータはNASA Exoplanet Archive(4)より、恒星半径は太陽半径の1.21倍、R等級は11.2等級、惑星の公転周期は1.497日である。系外惑星TOI-2046bのトランジット観測を行い、解析ソフトHOPSでO-CとRp/Rsを求め、ExoClockプロジェクトに報告する。このプロジェクトはアマチュアの観測者に観測方法を提供し、観測結果をこのプロジェクトに報告することで系外惑星の研究に貢献できる。

### 2. 方法

40cmニュートン式反射望遠鏡、CCDカメラ、Rフィルターを使用して60秒露出で撮影した。TOI-2046bの観測日時はExoWorlds SpiesのTransit Schedulerにより求めた。2024年11月19日、11月25日、11月28日、12月4日の4回観測した。トランジットの時間が2.48時間なので、前後のベースラインを取るため観測時間は約4時間行った。観測結果はソフトHOPSで解析しO-CとRp/Rsを求めた。

### 3. 結果

2024年12月4日の解析結果を図1と図2に示す。図1の●印は観測した測定結果で、実線は観測結果をトランジットモデルでフィッティングした結果と予想された解析曲線 (Expected model) を示している。図2にO-Cの結果を示す。図中の★印が今回の解析結果を示し、そのほかの●印は他の観測者の解析結果である。

表1に4回の観測についてソフトHOPSで解析した結果を示す。表1のO-Cの結果は-6.6~2.4分、平均-1.2分となり、図2の他の観測者のばらつき範囲内であった。表1のRp/Rsの平均は0.121で、ExoClockプロジェクトの値 $0.1213 \pm 0.0017$ に近い数字となった。表1のRp/Rsの平均0.121を用いて、太陽系の大きさ(3)を参考に系外惑星の半径を計算すると木星半径Rjの1.43倍となった。

### 4. 考察

図1のSTD(標準偏差)は5.874%で値の改善ができる。Rp/Rsは文献値(2)に近い値となった。大きなSTDの画像の除去やトランジット前後のベースラインを長く観測することにより観測精度が向上すると考える。系外惑星は1.43Rjで大きな惑星が約1.5日で公転している。

ExoClockプロジェクトに送られた観測データをもとに解析曲線などの基本パラメータが見直されている。TOI-2046bは2025年9月以降に見直しが行われ、本報告のデータも解析精度の向上に貢献できた。

### 5. まとめ

系外惑星TOI-2046b を4回観測して、ExoClockプロジェクトに参加することができ、解析曲線データや系外惑星の基本パラメータの精度向上に貢献することができた。

### 6. 謝辞

群馬県立ぐんま天文台の天文係長・西原英治先生とアストロバイオロジーセンターの特任専門員・日下部展彦先生にご指導をいただきました。この場をお借りして厚くお礼申し上げます。

### 7. 参考

- (1) ExoWorlds Spiesホームページ <https://www.exoworldsspies.com/en/>
- (2) ExoClockホームページ <https://www.exoclock.space/>
- (3) 国立天文台 太陽系天体の半径 <https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/wiki/CFC7C0B12FC8BEB7C2.html>
- (4) NASA Exoplanet Archive TOI-2046 <https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/overview/TOI-2046>

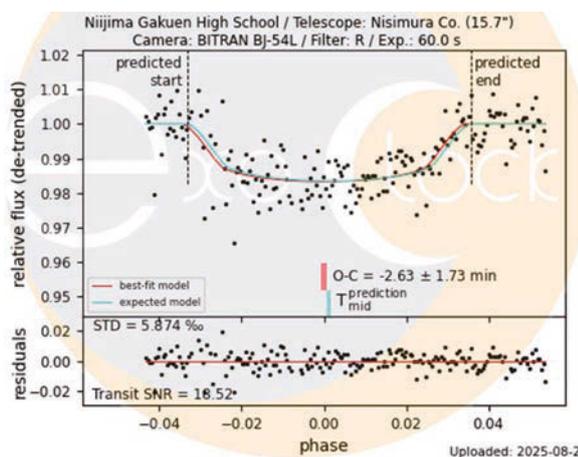


図1 測定結果のライトカーブと解析曲線 (2024年12月4日)

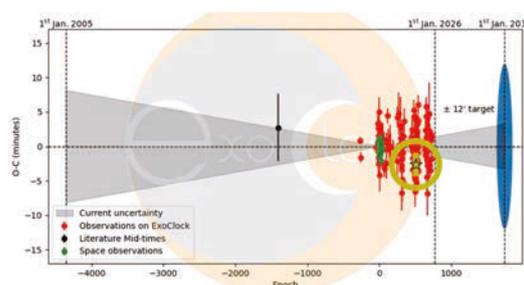


図2 解析結果のO-C (2024年12月4日)

表1 解析結果のO-CとRp/Rs

観測日	O-C(minutes)	Rp/Rs
2024年11月19日	2.37 ± 1.73	0.133 ± 0.0075
2024年11月25日	2.16 ± 1.58	0.115 ± 0.0031
2024年11月28日	-6.59 ± 2.16	0.115 ± 0.0041
2024年12月4日	-2.63 ± 1.73	0.122 ± 0.0033