

1995年にMayorとQuelozが51Pegの周りを周回する惑星51Peg bの発見以来、様々な方法で系外惑星の研究が続けられており、現在5000個以上の系外惑星が発見されている。惑星を検出する方法の一つにトランジット法がある。系外惑星が大気を持っている場合、トランジット中に主星の光の一部が惑星の上層大気を通過し、原子・分子によって吸収されることがあり、波長によってわずかにトランジットの深さが異なる。本研究では、近赤外撮像装置NICを用いて太陽系外惑星TrES-1bのトランジットを観測し、光度曲線を求めた。

1. イントロダクション

1.1 太陽系外惑星

太陽系外惑星とは、太陽以外の恒星の周りを回る惑星のことである。MayorとQuelozが初めて太陽系外惑星51Peg bを発見して以来、様々な方法で太陽系外惑星の研究が続けられている。主星近傍を公転するガス惑星のホットジュピターや地球の数倍の質量を持つ岩石惑星のスーパーアースなど多様な惑星がある。

1.2 トランジット法

惑星を検出する方法の一つにトランジット法がある。トランジット法とは惑星が主星の前を通過する際の減光を捉え、惑星を検出する方法である。主星の明るさの変化量から、以下の①式を使って主星と惑星の半径比を求めることができる。

$$\frac{\Delta F}{F} = \left(\frac{R_p}{R_s}\right)^2 \dots \textcircled{1}$$

ΔF : 変化した明るさ
 F : 主星の明るさ
 R_p : 惑星の半径
 R_s : 主星の半径

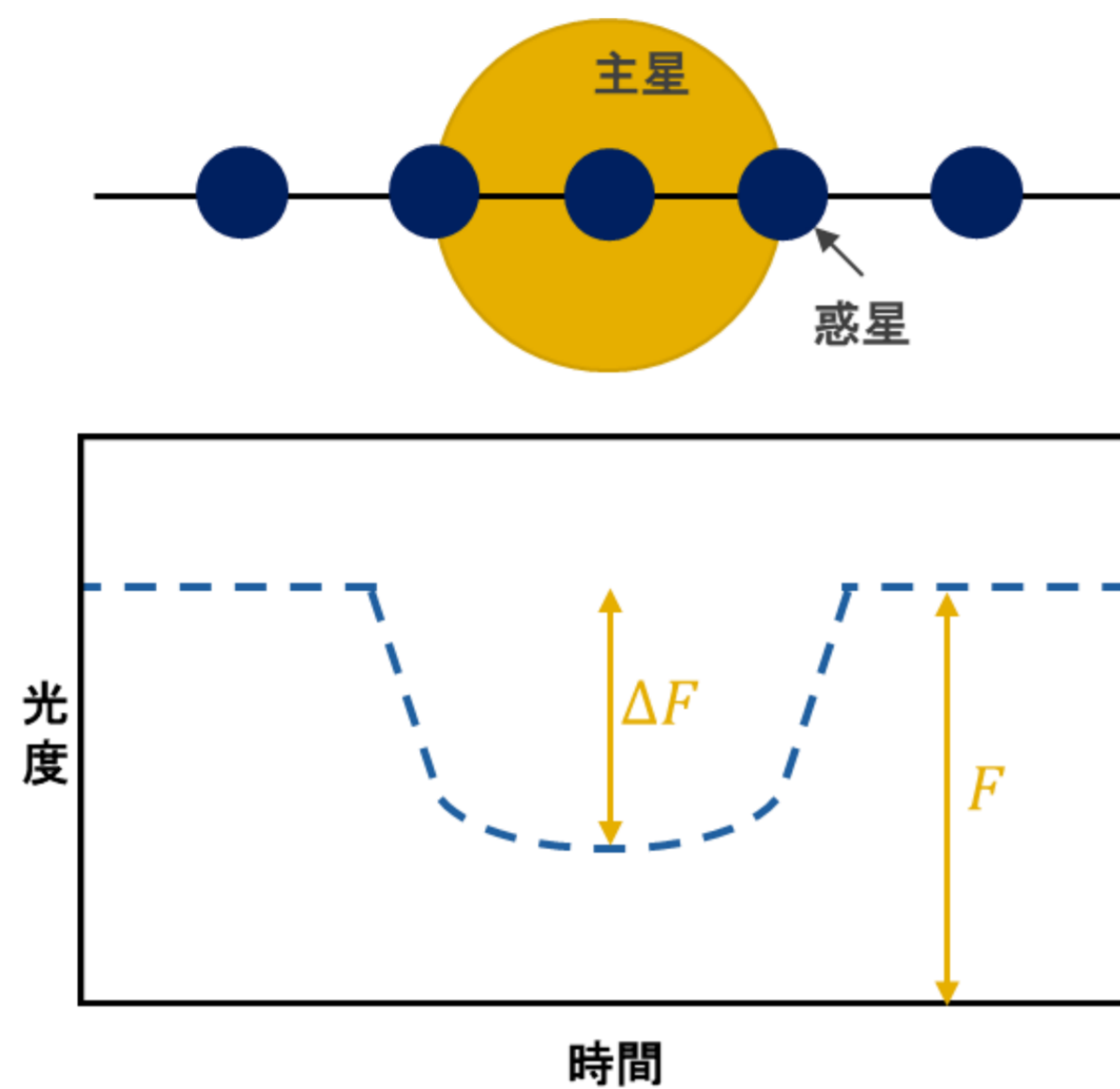


図1: トランジットの概略図

1.3 惑星の大気

系外惑星が大気を持っている場合、トランジット中に主星の光の一部が惑星の上層大気を通過し、原子・分子に吸収されることがある。惑星の大気による吸収は、波長によってわずかにトランジットの深さを異なる。吸収が強い波長ほどトランジットの深さが深くなり、主星と惑星の半径比は大きく導出される。

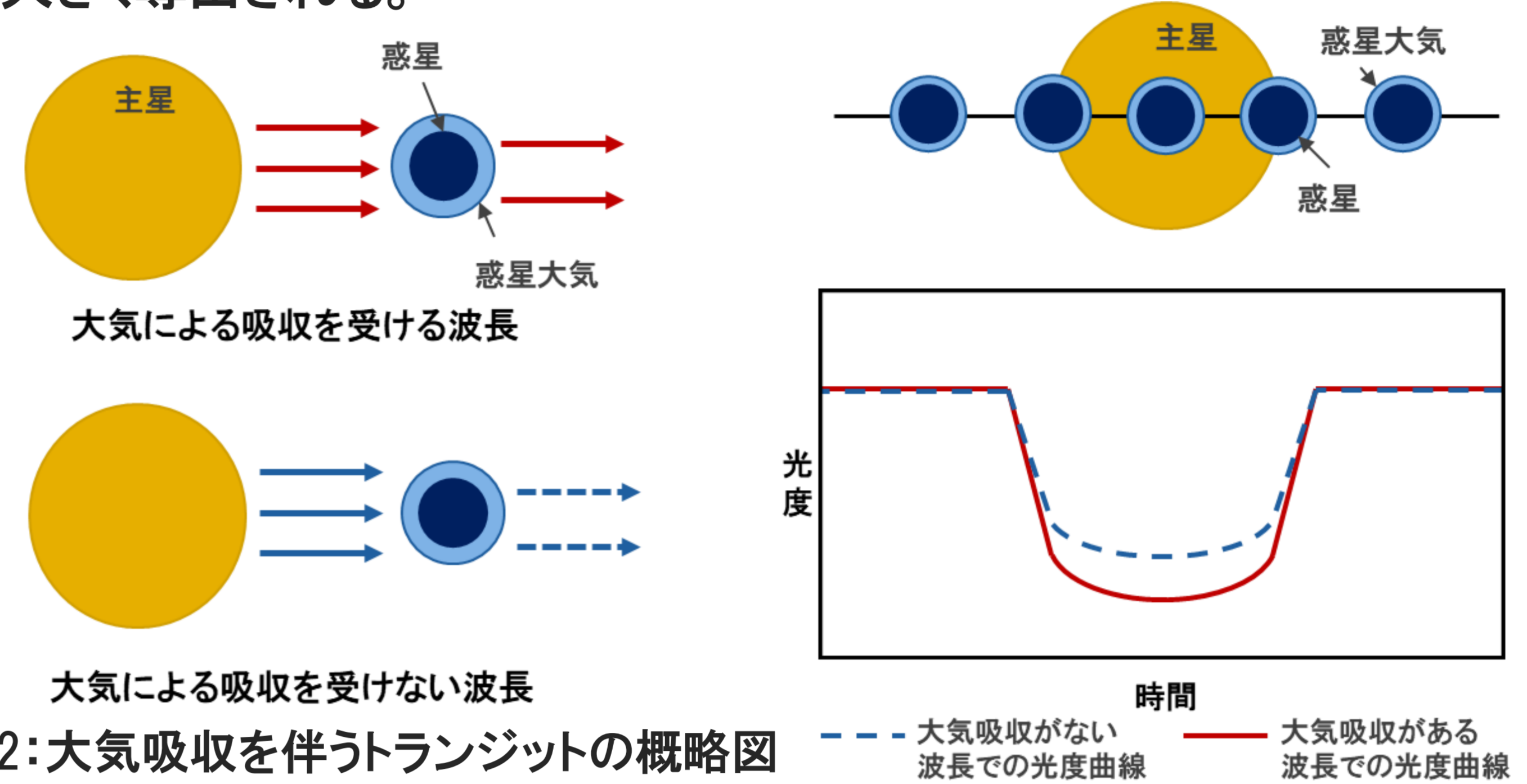


図2: 大気吸収を伴うトランジットの概略図

1.4 本研究

近赤外線の波長領域(0.8~5.0 μm)には分子の吸収が多く、惑星の大気の成分を調査するには適した波長である。本研究では、観測されたトランジットの深さから波長ごとの主星と惑星の半径比を求めた。

2. 観測・解析

2.1 西はりま天文台2 mなゆた望遠鏡での観測

観測のパラメータは以下の通りである。

観測日	2021年5月30日 21:50~26:00 (トランジット予想時刻: 22:34~25:04)
装置	近赤外撮像装置 NIC
観測波長	Jバンド(中心波長 1.25 μm)、Hバンド(1.63 μm)、Ksバンド(2.14 μm)
観測対象	TrES-1(TrES-1b)
露出時間	画像1枚につき30秒
画像枚数	J,H,Ksバンドそれぞれ210枚

TrES-1(主星)	TrES-1b
・半径: 0.85 太陽半径	・半径: 1.08 木星半径
・質量: 0.88±0.07 太陽質量	・質量: 0.75±0.07 木星質量
・有効温度: 5250 K	・公転周期: 3.03 日
・スペクトル型: K0	

Alonso et al. (2004)

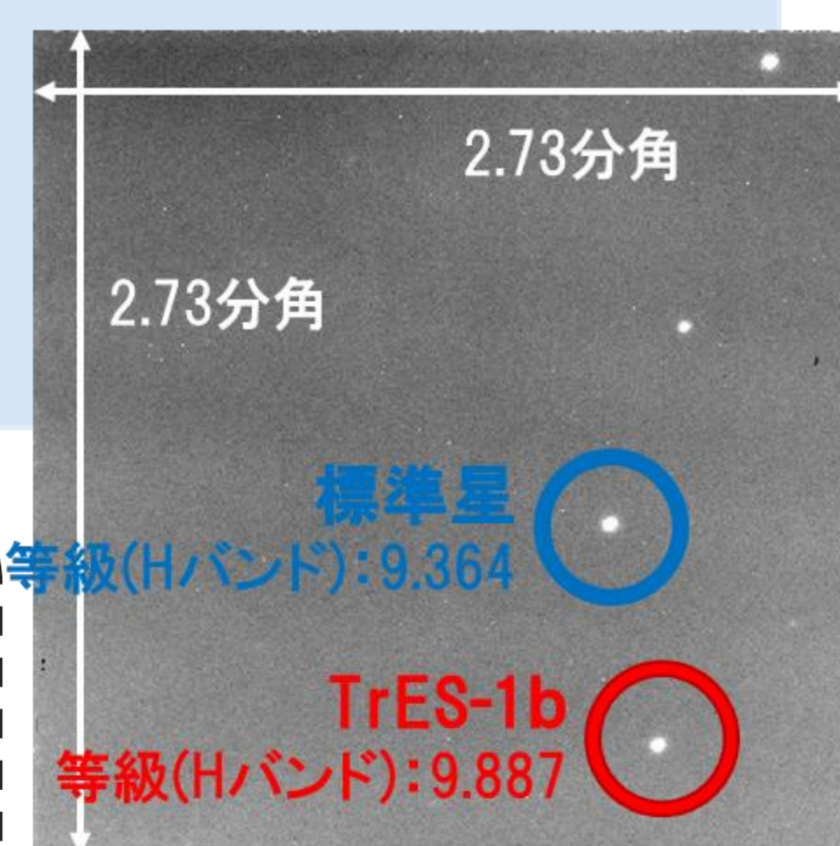
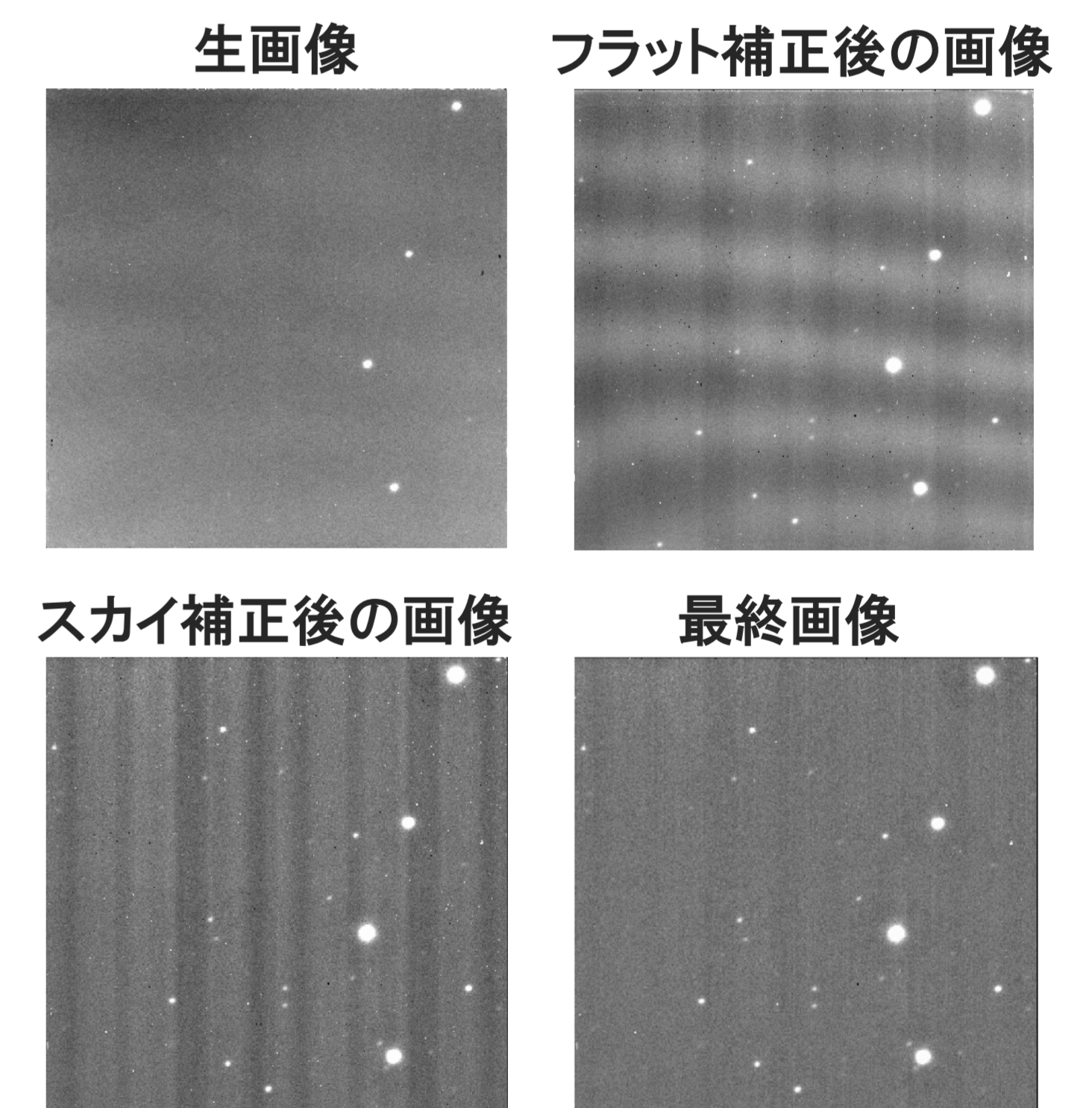


図3 取得したTrES-1の生画像(Hバンド)

2.2 IRAFによる一次処理

◆手順

- ①ダーク引き
- ②フラット補正
- ③バットピクセル補正
- ④スカイ補正
- ⑤縦縞パターン除去
- ⑥宇宙線除去



2.3 測光

測光は開口測光を用いた。測光に用いるパラメーターは以下を用いた。

測光半径	Jバンド: 4.64 秒角、Hバンド: 4.64 秒角、Kバンド: 4.16 秒角
スカイ内径	6.88 秒角
スカイ幅	0.80 秒角

3. 結果

解析により得られた測光結果から、光度曲線を作成した。対象星のフラックスを標準星のフラックスで割ったものを相対フラックスとした。トランジット外の相対フラックスを用いて回帰曲線を求め、回帰曲線上の値を1として規格化を行った。そしてEXOFASTを用いてトランジットの光度曲線をフィットした。

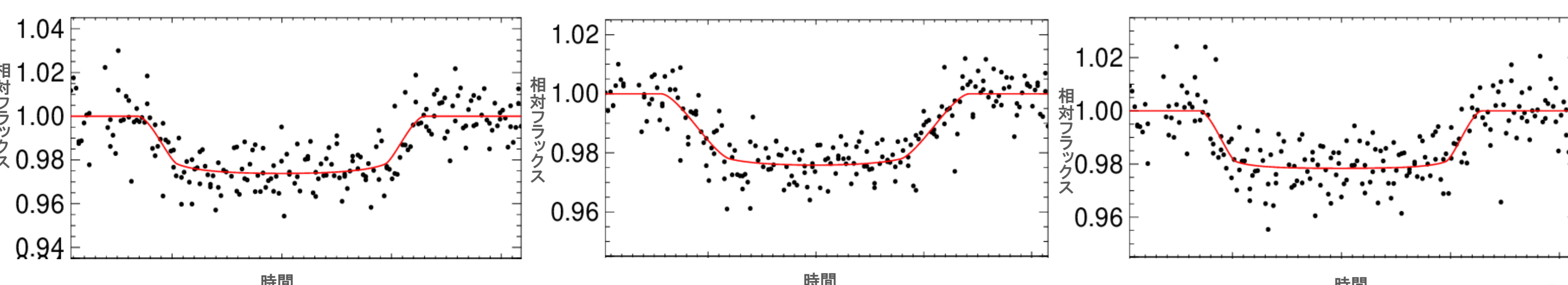


図4 波長ごとの光度曲線
 左: Jバンド、中: Hバンド、右: Ksバンド

上の①式を用いて主星と惑星の半径比を求めた。

表1 減光率と主星と惑星の半径比

	減光率	半径比
Zバンド (Winn et al. 2007)		0.1369±0.0008
Jバンド	0.0233±0.0009	0.1526±0.0030
Hバンド	0.0231±0.0006	0.1522±0.0020
Ksバンド	0.0200±0.0008	0.1416±0.0029

4. まとめ

TrES-1bを観測し、解析して、光度曲線を作成した。KsバンドがJ、Hバンドに比べて半径比が小さいことが分かった。