

# 掩蔽の観測による 系外惑星の温度推定

真鍋 翔（神戸大学）

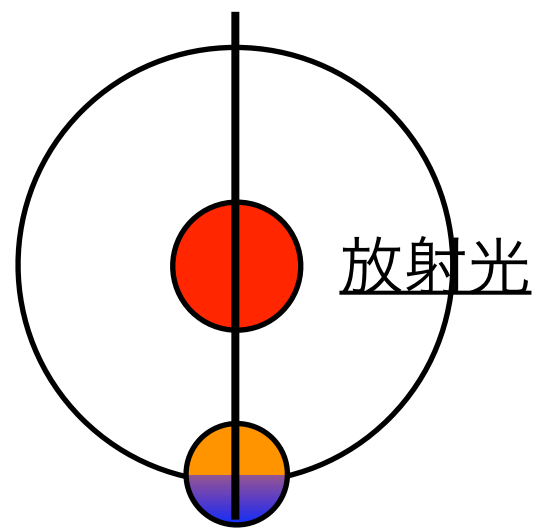
伊藤 洋一（神戸大学）

成田 憲保（国立天文台）

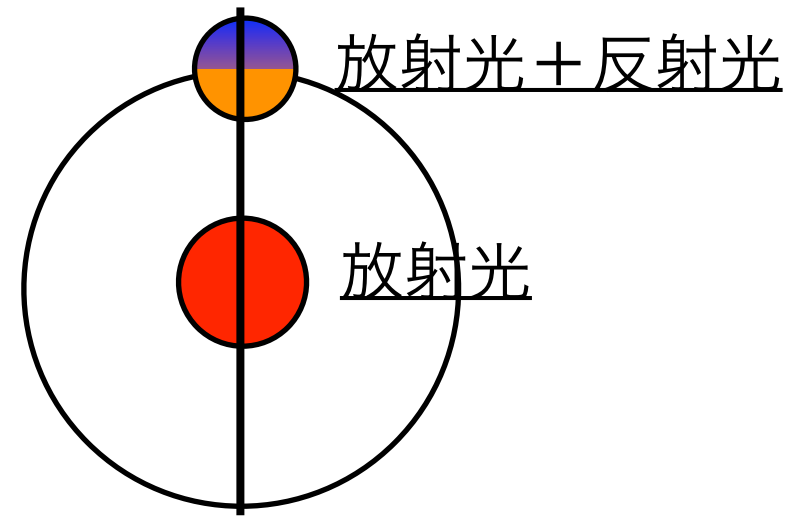
-ANIR Science WS #5-

-

# トランジットと掩蔽



減光率から惑星半径が分かる  $\sim \left(\frac{R_P}{R_S}\right)^2$



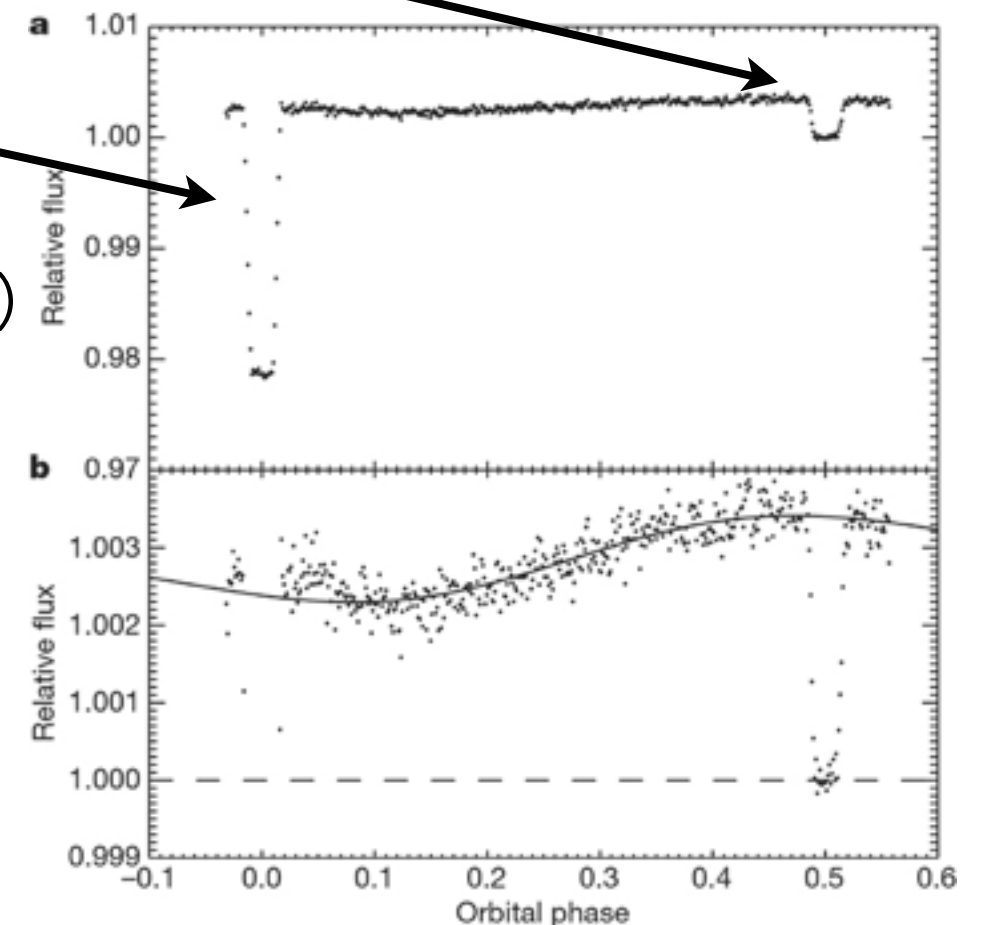
減光率から惑星フラックスが分かる  $\sim \frac{F_P}{F_S}$

トランジット

掩蔽

- Spitzer でHD189733bを観測 (Knutson et al. 2007)

- 公転周期の約半分をカバー
- 惑星の経度ごとの温度構造を推定

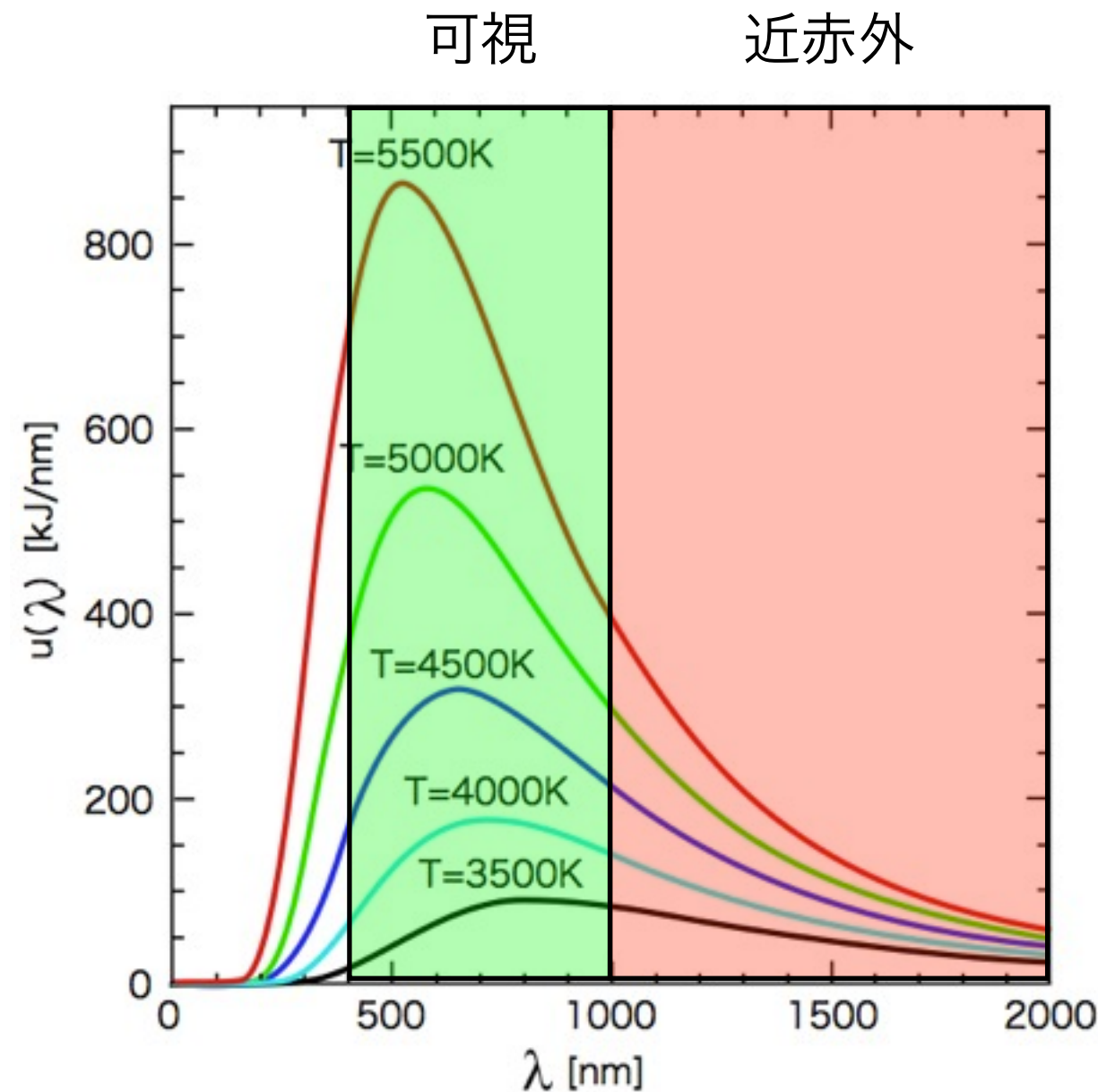


# 近赤外による掩蔽観測

- 惑星の放射量は温度に依存
- 長波長ほど主星とのコントラストが下がる
- 惑星放射のピーク波長付近での観測が効果的
- ウィーンの変移則： $\lambda T \sim 3000$
- トランジット惑星の放射平衡温度は、1000-2000K 程度

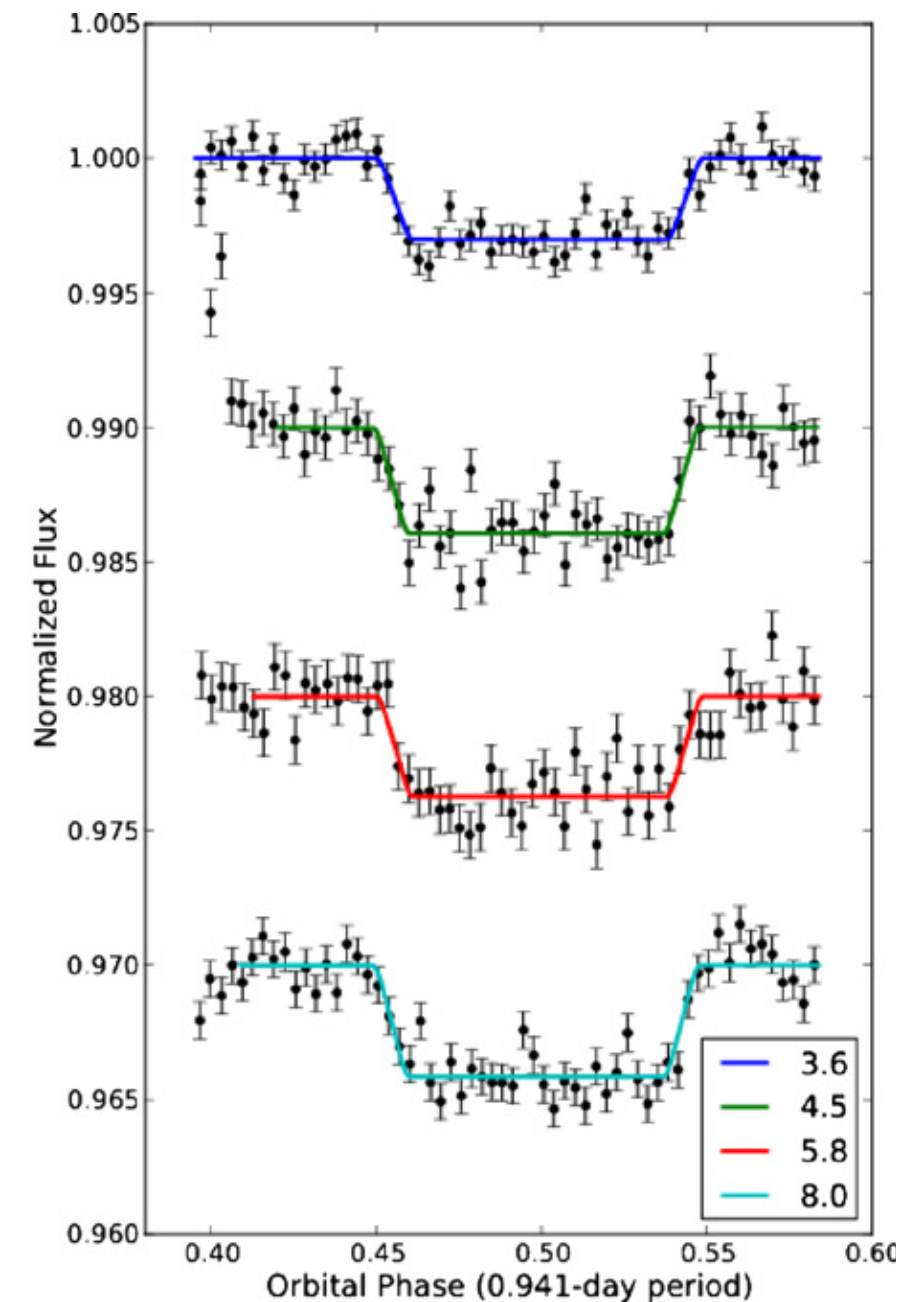
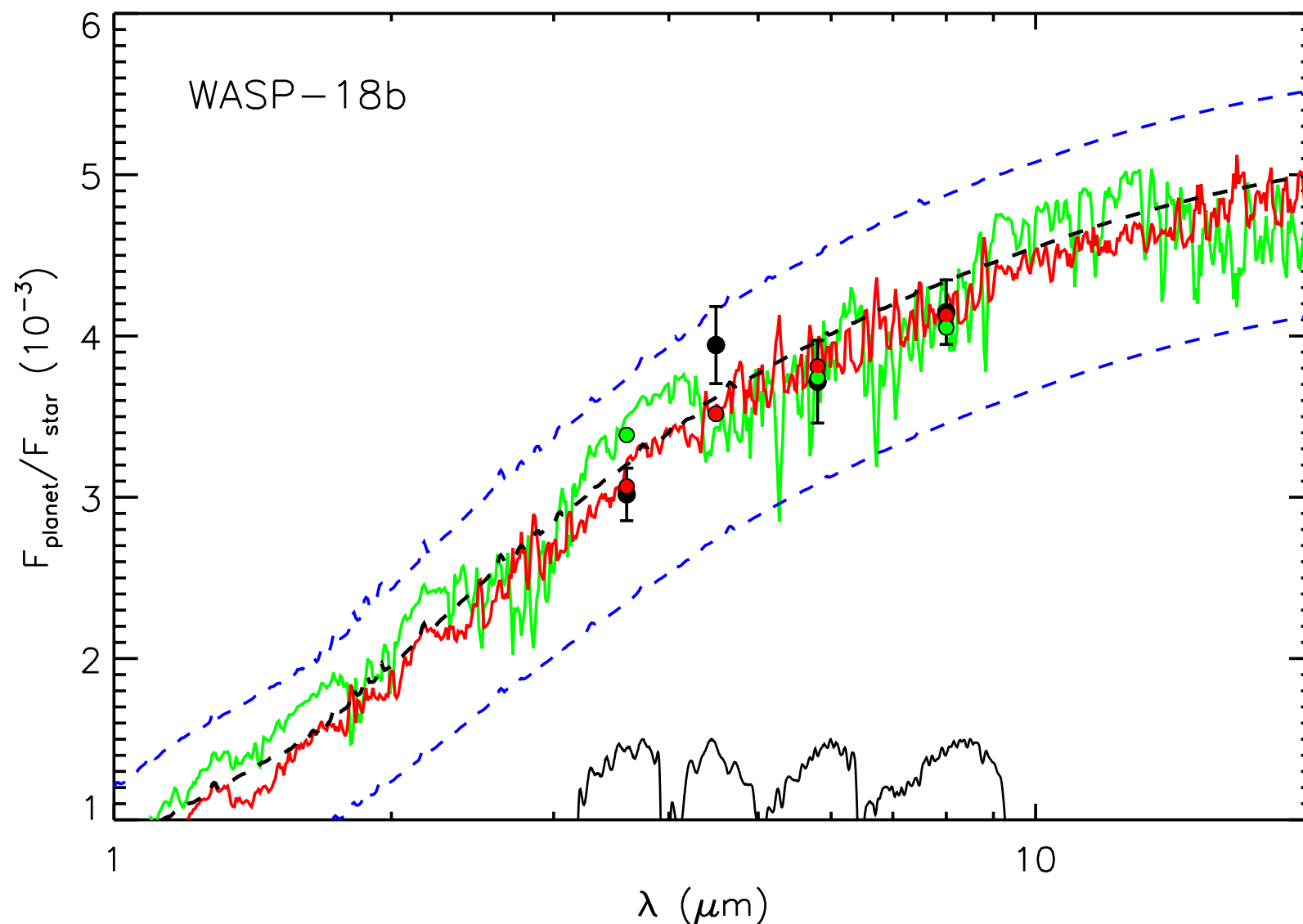
$$T_P = \left( \frac{L_S}{16\pi R^2 \sigma} \right)^{\frac{1}{4}}$$

→近赤外域での観測が有効



# 過去研究

- Spitzer でWASP-18bのセカンダリエクリプスを観測 (Nymeyer et al. 2011)
  - 減光率に黒体モデルをフィットし、惑星の温度を推定 ( $\sim 3150\text{K}$ )
  - 惑星の大気モデルに制限を与える



# 本研究の目的

- 近赤外で掩蔽の観測を行う。

減光率の大きさから、トランジット惑星の

→昼側の黒体温度を見積もる

→大気モデルに制限を与える

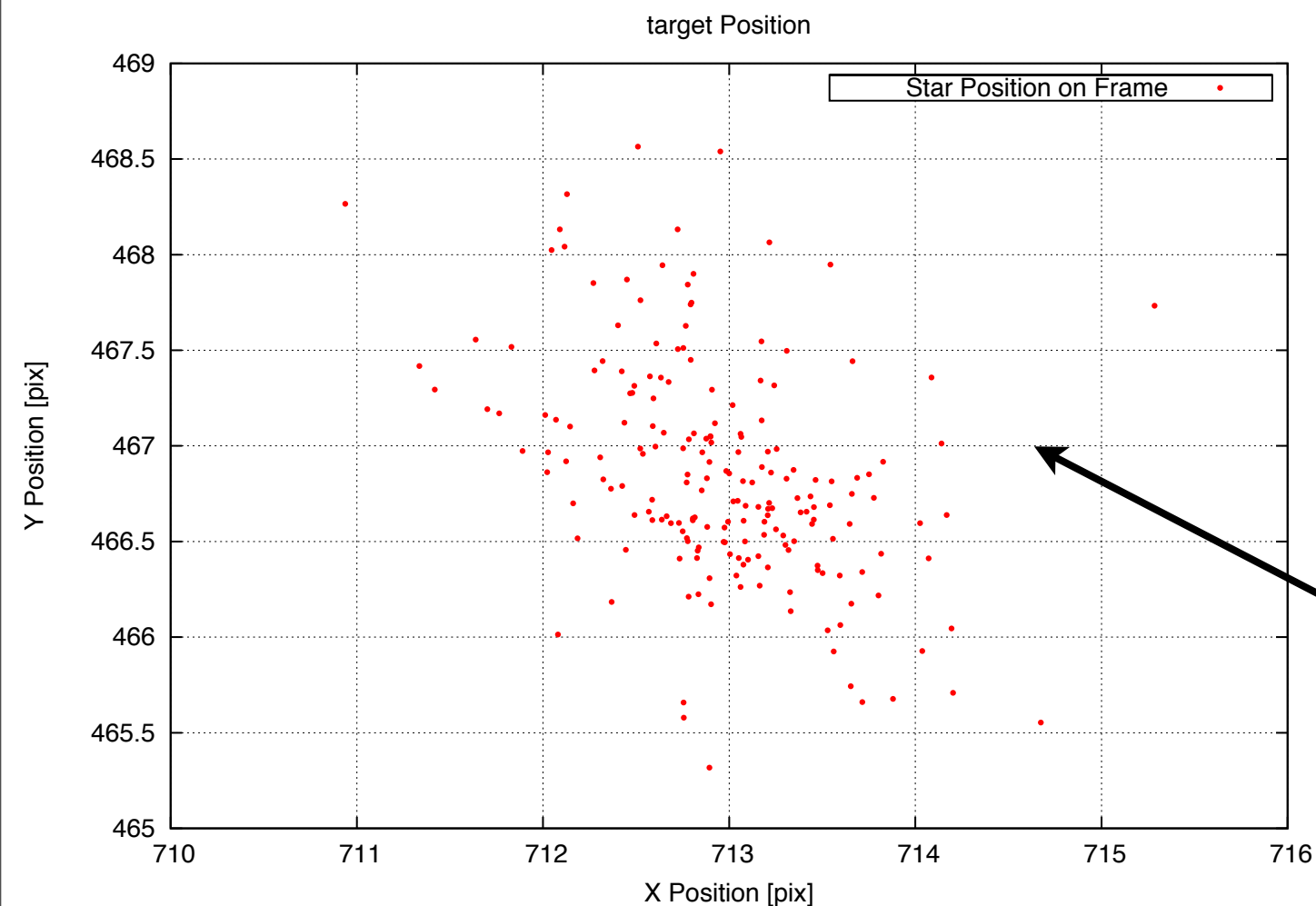
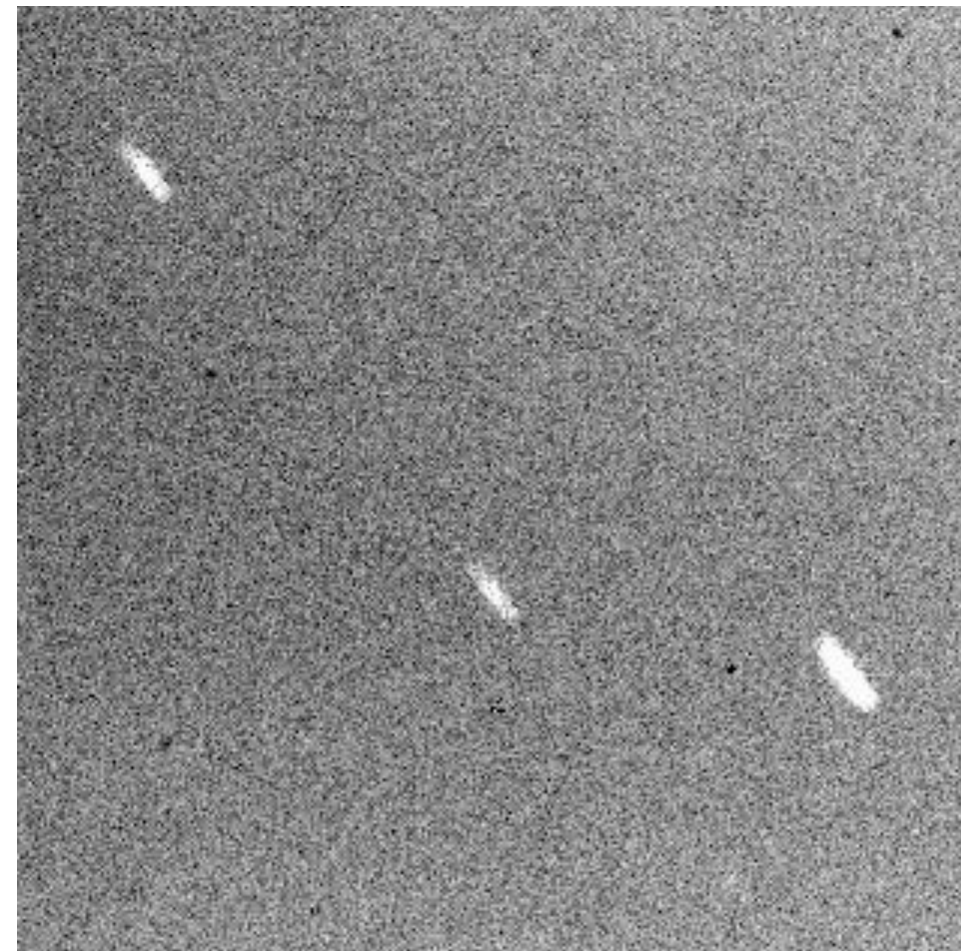
# 観測概要（2011年10月）

- miniTAO + ANIR
- 観測日：2011年10月8日（WASP-46b）薄曇り  
~~2011年10月10日（WASP-32b）天候不良のため、観測キャンセル~~  
**2011年10月14日（WASP-18b）快晴、望遠鏡のトラブル**  
~~2011年10月15日（WASP-18b）望遠鏡調査のため、観測キャンセル~~
- 観測波長：Ks (中心波長： $2.149\mu\text{m}$ )
- 積分時間：**30秒**（、10秒、4.2秒）
- デフォーカス（FWHM $\sim 12''$ ）
- 成田さんのガイドスクリプトを使用



# 望遠鏡のトラブルについて

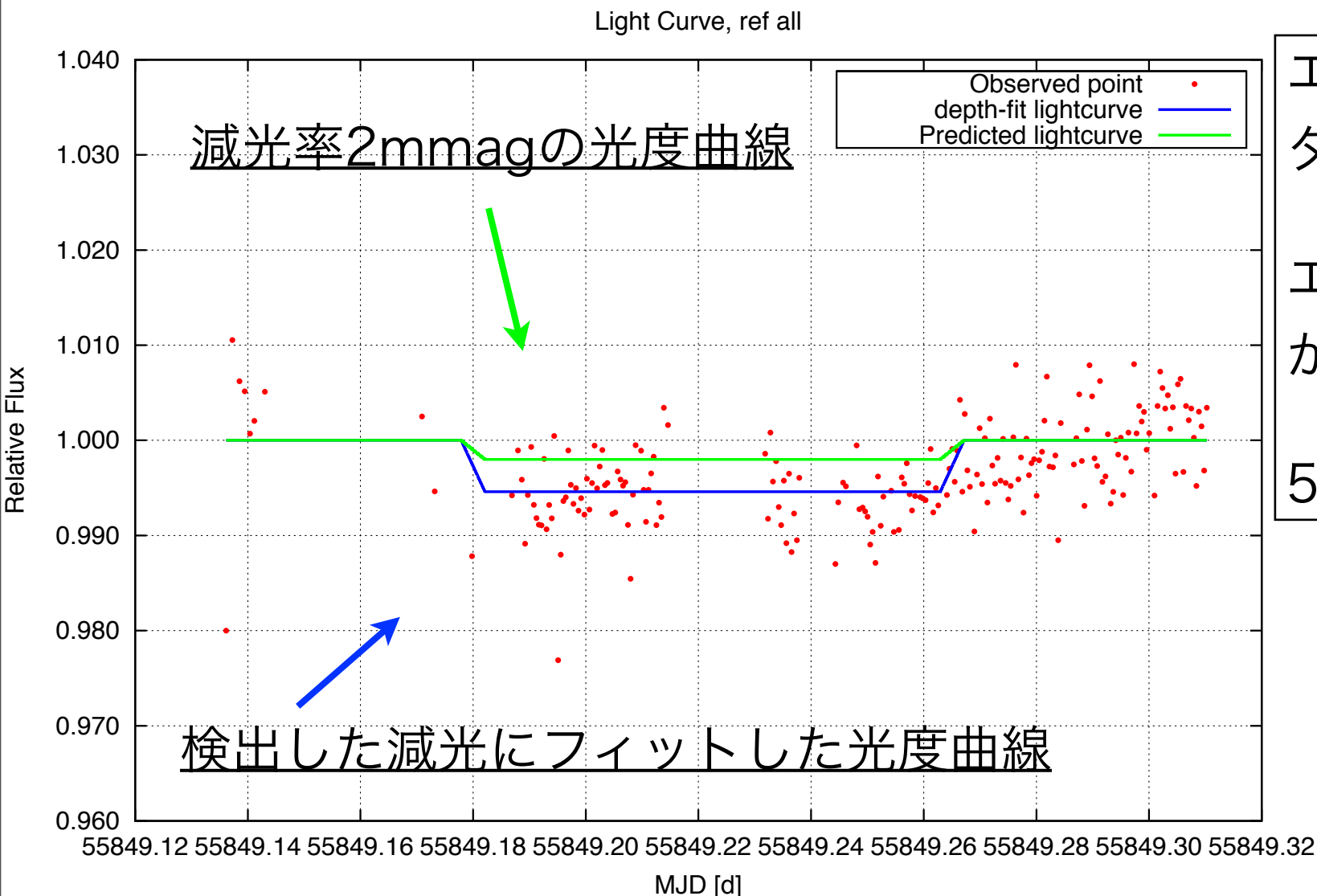
- 観測中に、望遠鏡のトラッキングエラーが頻発
- 大小関わらず、ほとんどのフレームで星像が伸びている
- 星像が特に大きく伸びたフレーム（33枚）を除外
- 星像重心がずれることで、フラットフレームのざらつき（ $\sigma \sim 0.015$ ）による測光精度悪化は免れない



星像重心位置が $\pm 2$  pix程度にばらついている

# 解析結果（2011年10月）

- アパーチャ：25 pix、アニュラス：65 pix、ダニュラス：20 pix
- 相対測光に用いた参照星の数：2 天体



エクリプス予測時刻（既知のパラメータから計算）において減光を検出

エクリプス中の観測点の値、ばらつきから、減光率 $5.4 \pm 3.3$  mmagを算出

5mmag程度の測光精度を達成



# ターゲット選出

- 既知のトランジット惑星の放射平衡温度を見積もる（アルベド = 0 を仮定）
- 主星の放射平衡温度、惑星の放射平衡温度、主星の半径、惑星の半径から、フラックス比（減光率）を計算
- 減光率が大きいと見積もられるものの中から、観測可能なものを選出

|         |                           |                     |
|---------|---------------------------|---------------------|
| 天体名     | HAT-P-23b                 | WASP-46b            |
| 座標      | 20:24:29.72, +16:45:43.79 | 21:14:56, -55:52:18 |
| 主星の実視等級 | K=10.79 mag               | K=11.4 mag          |
| 軌道長半径   | 0.0232 AU                 | 0.02448 AU          |
| 放射平衡温度  | 2033.79 K                 | 1710.41 K           |
| フラックス比  | ~0.001                    | ~0.0009             |

# 観測手順

- Ks バンドで相対測光を行う。
  - ターゲットと参照星を同時に撮像
- 1枚当たりの積分時間は30秒程度。適度にデフォーカスをする。
  - 観測前に最適な積分時間、FWHMを計算
- 測光精度向上のために、星像位置を固定して観測する。
  - 成田さん（国立天文台）のセルフガイドソフトを使用。
  - ディザリングはしない。
- 校正用のダーク（天体と同じ積分時間）とフラットが必要。
- 観測時刻の精度保証のために、観測直前の時刻同期を希望。

# まとめ

- 近赤外でトランジット惑星の掩蔽観測を行い、惑星の表面温度の推定、大気モデルへの制限を行う
- 昨年10月にminiTAO／ANIRで、掩蔽観測を行った
- 晴天下でWASP-18bの観測を行ったが、望遠鏡トラブルが発生。5mmag程度の精度
- 2天体（HAT-P-23b、WASP-46b）に対して、それぞれ2回ずつ、合計4回の観測を提案（1回の観測時間：5時間程度）
- それぞれ、数mmagの減光が期待され、それらを1mmagの測光精度で検出することを目指す