

# 鹿児島大学 1m 光赤外線望遠鏡における 系外惑星トランジット観測の測光精度評価

鹿児島大学大学院 藤島 葵

指導教員 永山 貴宏



- 系外惑星 /Exoplanet

太陽以外の恒星を公転する惑星

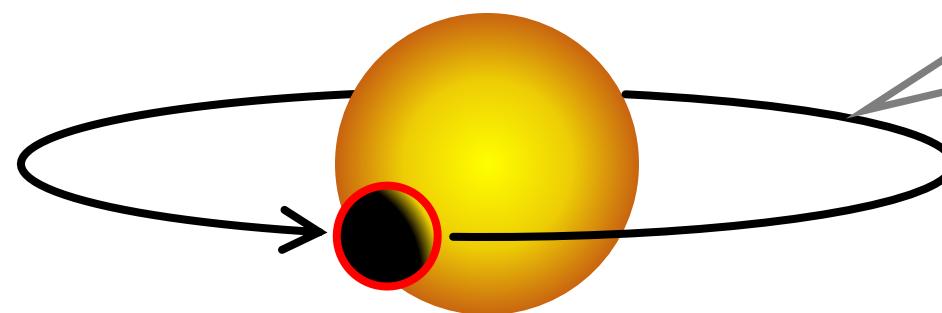
最初の発見 Peg51b (Mayor and Queloz, 1995)

約6000個を発見

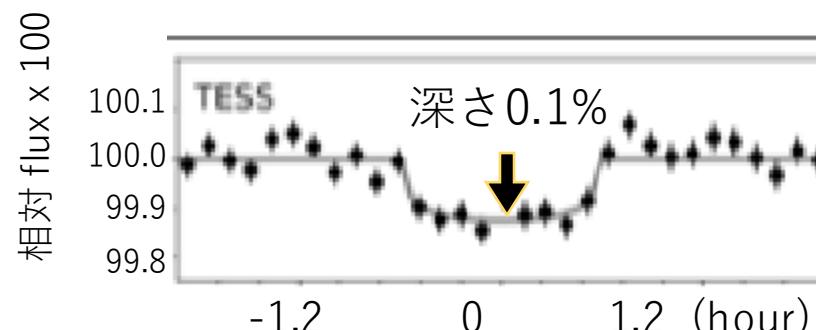
- トランジット

惑星が主星の前を通過し

全体の明るさが変わる現象

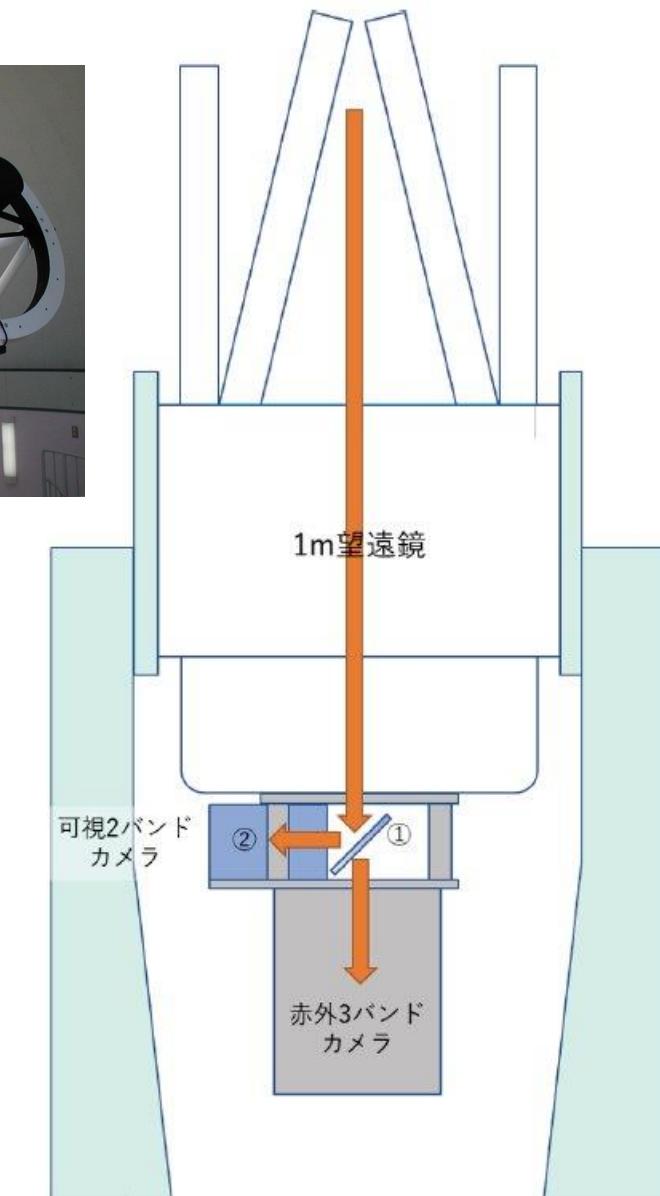
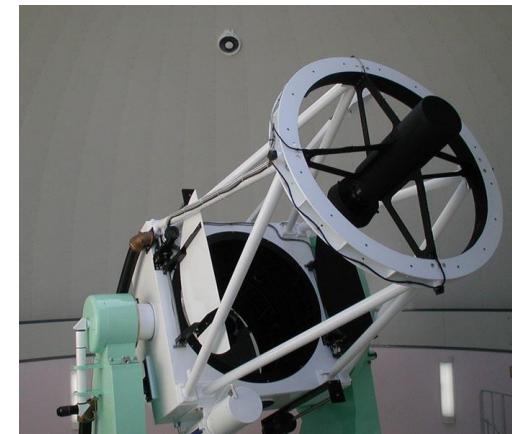


GJ12bのトランジット  
Kuzuhara et al. 2023 に加筆



- 鹿児島大学1m光赤外望遠鏡

可視-赤外線5バンド同時観測による  
高い時間分解能 + 色の情報

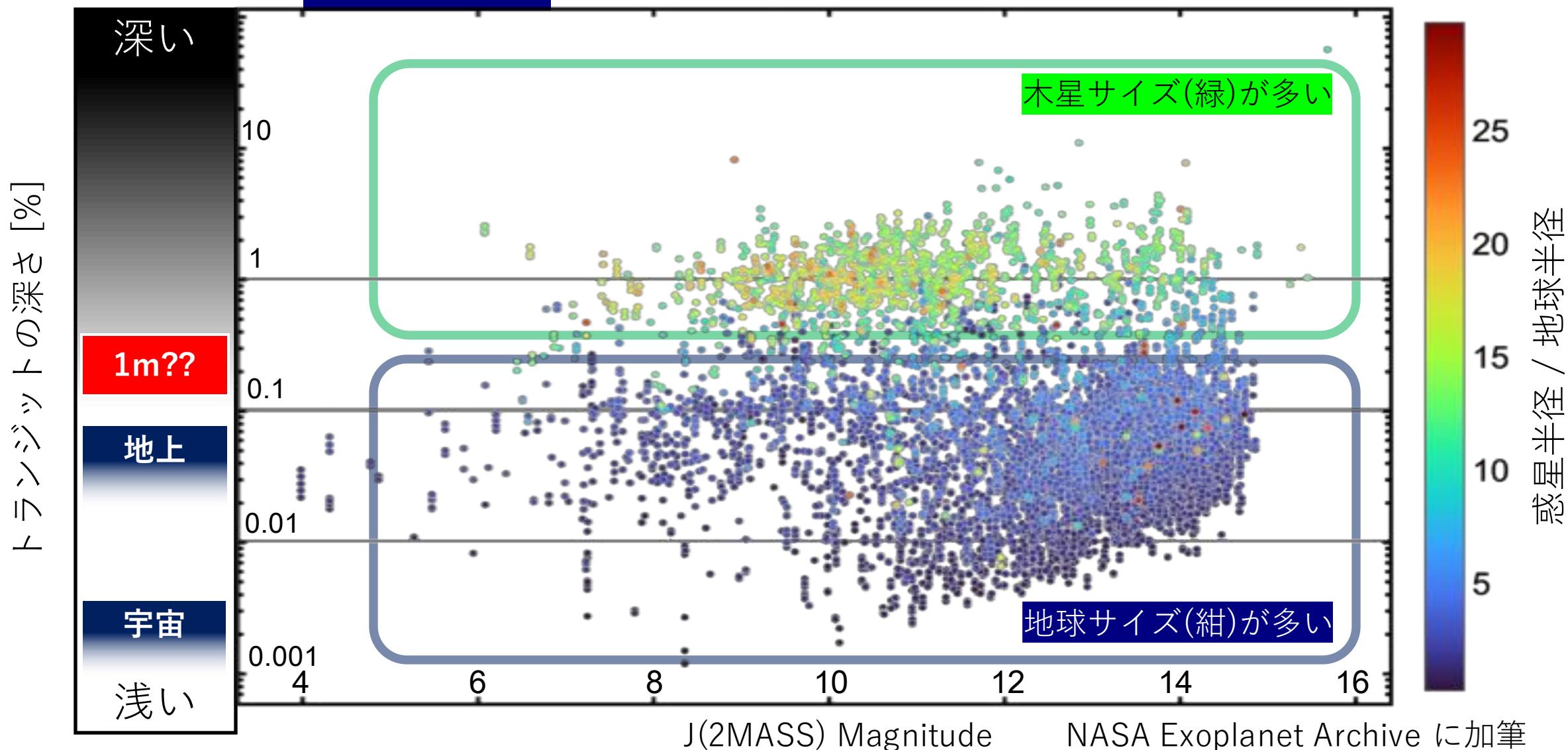


効率的なトランジット観測が可能！  
系外惑星の大気やトランジット時刻の決定

2023年1月～ 近赤外 J, H, Ks

2024年1月～ 可視光 g, i

- 1m望遠鏡で地球サイズは検出可能か?

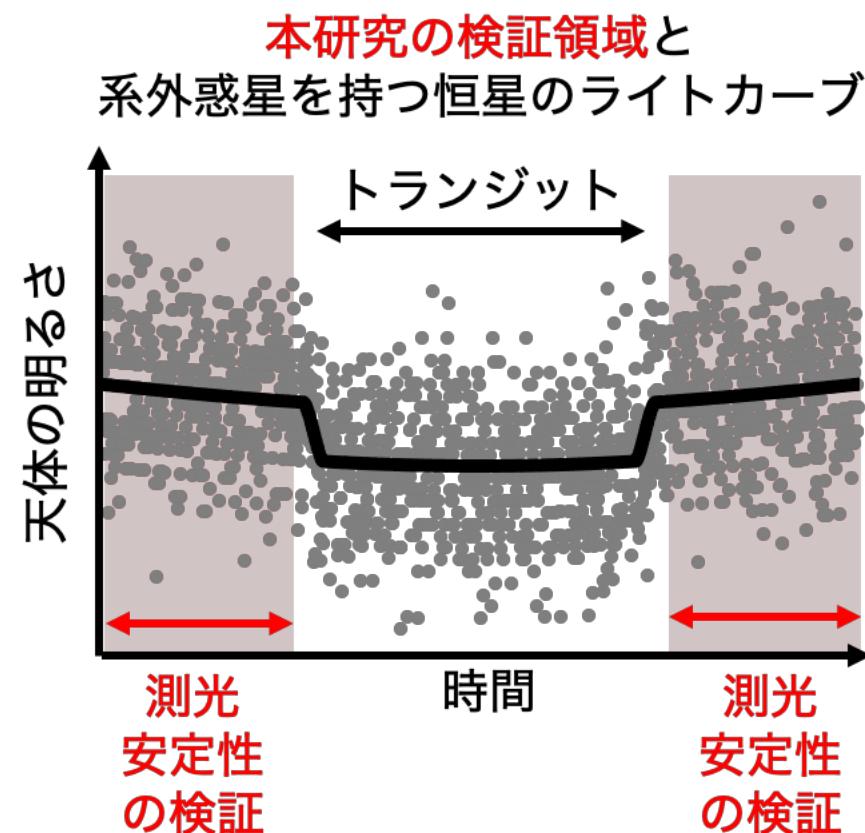


## 研究目的

トランジット観測を可能にする  
→1m望遠鏡のサイエンスの幅を広げる

## 本研究で行ったこと

- ① トランジット観測用スクリプトを導入
- ② 測光安定性の評価  
どこまで浅いトランジットをとれるか?



デフォーカス(像をぼかす) → 高い測光精度の実現

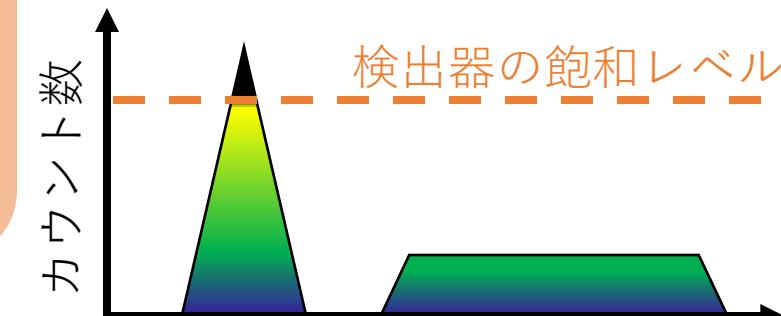
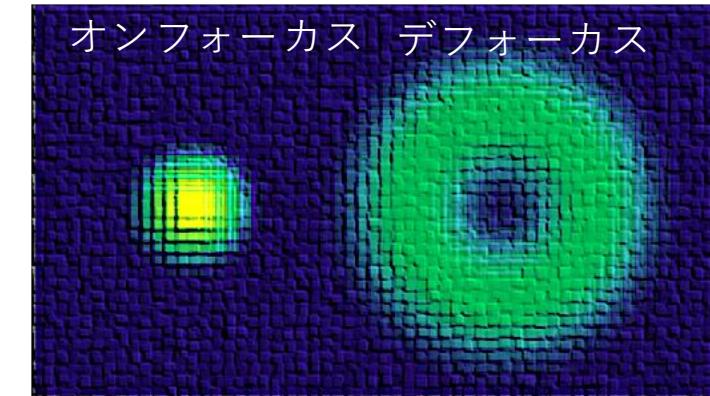
### メリット

- ① 受光する画素数が増える  
イメージセンサーの量子効率ムラを低減
- ② 撮像1回の積分時間が伸びる  
SN比の向上

天体からの光子は増加、読み出しノイズは一定  
デッドタイムの短縮  
読み出しなどが占める時間が減る

### デメリット

像の重心決定が困難 → スクリプトで対策

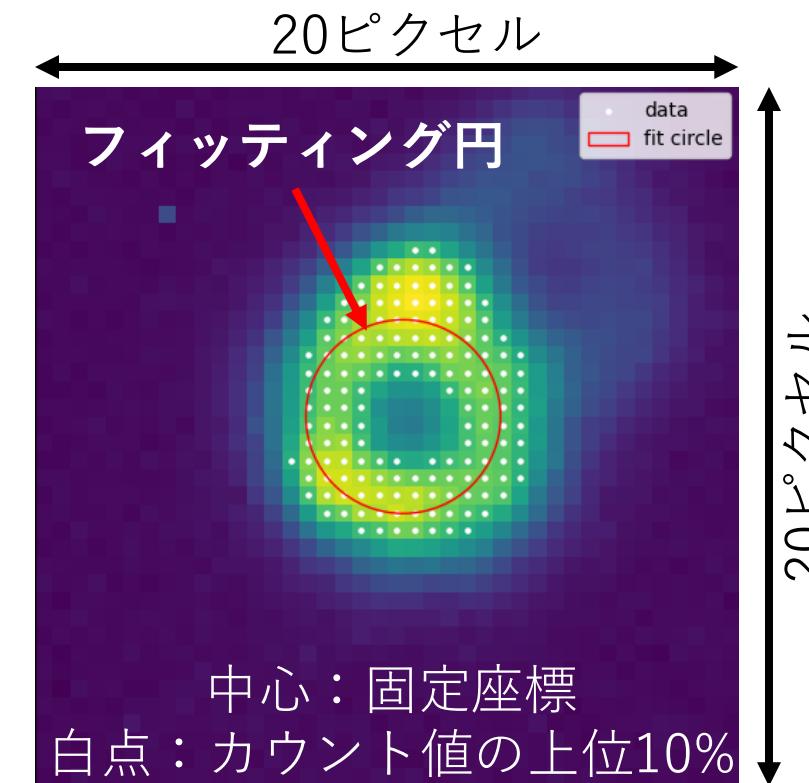


1回撮像で同じ積分時間  
カウントの地形を横から見た図

スクリプト→天体を同じ位置に写しつづける  
バッドピクセルを避ける  
同じ画素で受光する

1枚撮像ごとに

- ① 最小二乗法で真円をフィッティング
- ②  $d = (\text{円中心のXY座標}) - (\text{固定座標})$
- ③  $1 \text{ピクセル} < d$  で望遠鏡オフセット



1枚目



オフセット

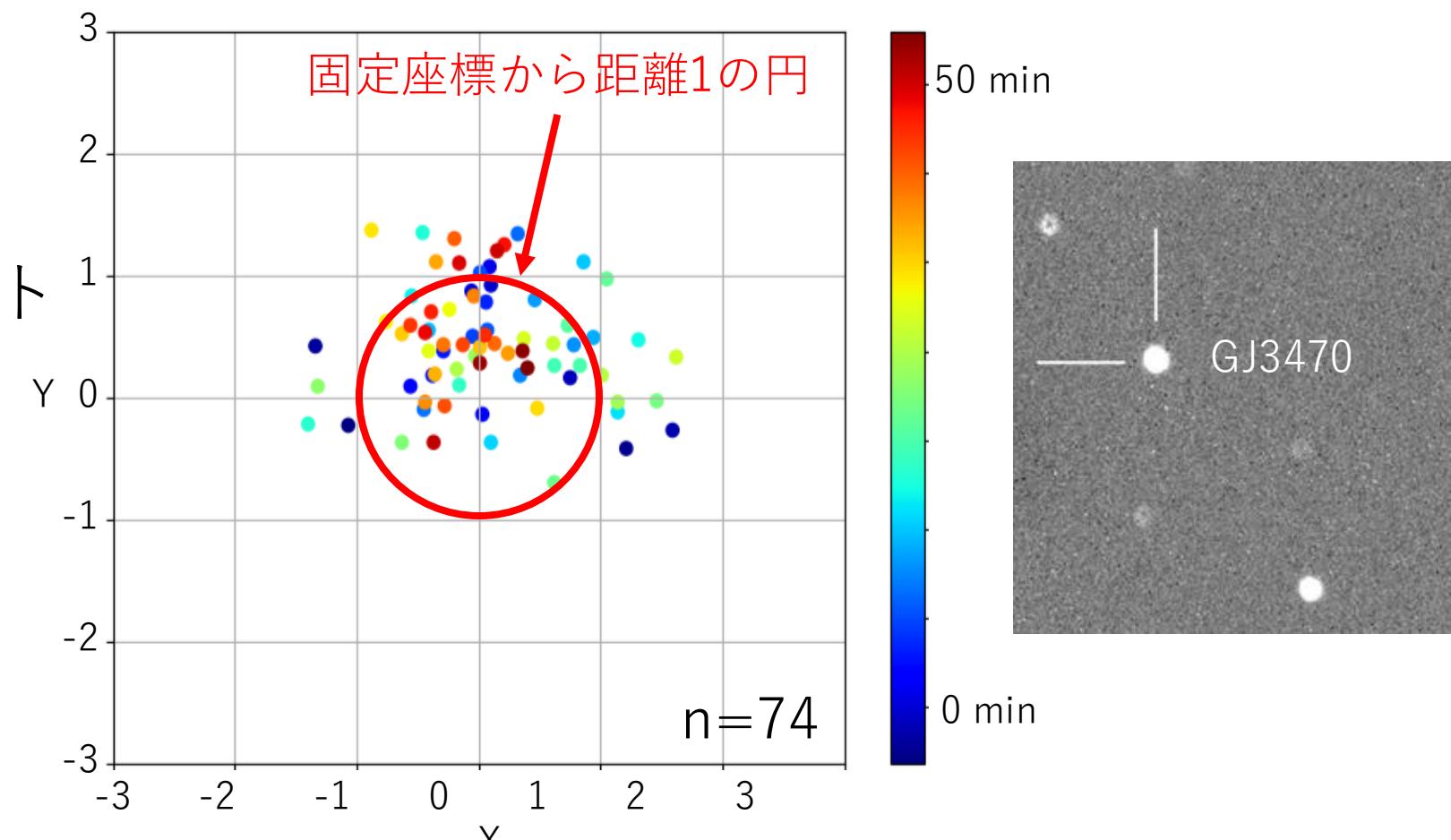
2枚目



- 固定精度

2025-01-03の観測  
真円の中心をプロット

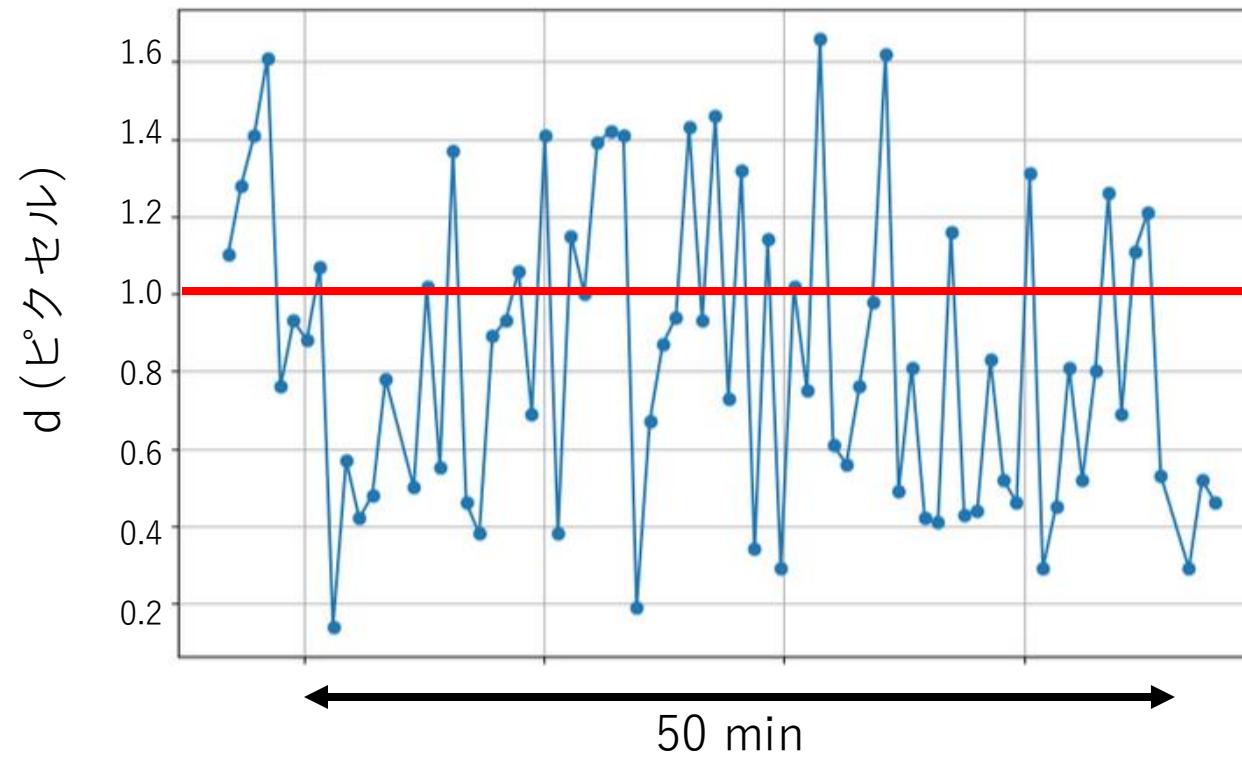
距離dの標準偏差  
0.390



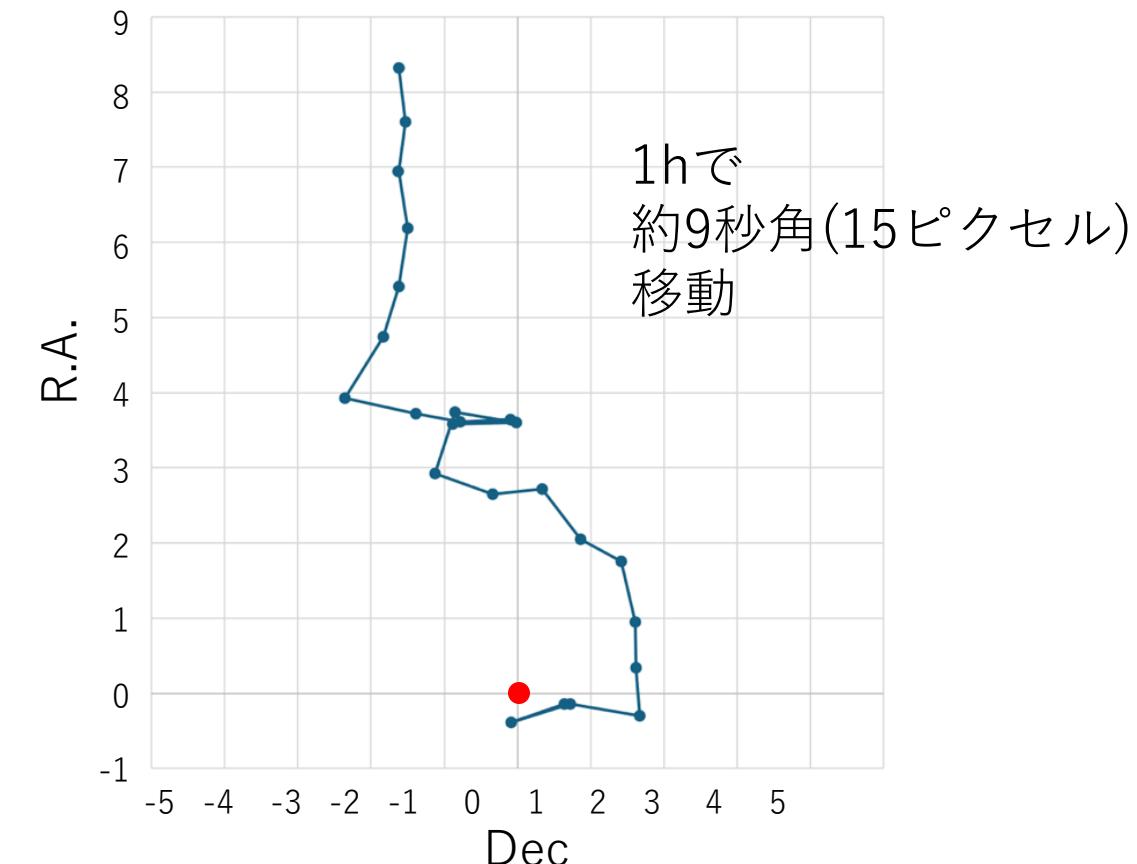
固定座標を原点にした、像の位置の推移  
(ピクセル)

# スクリプトによるフィードバックの有効性

距離dの推移(ピクセル)

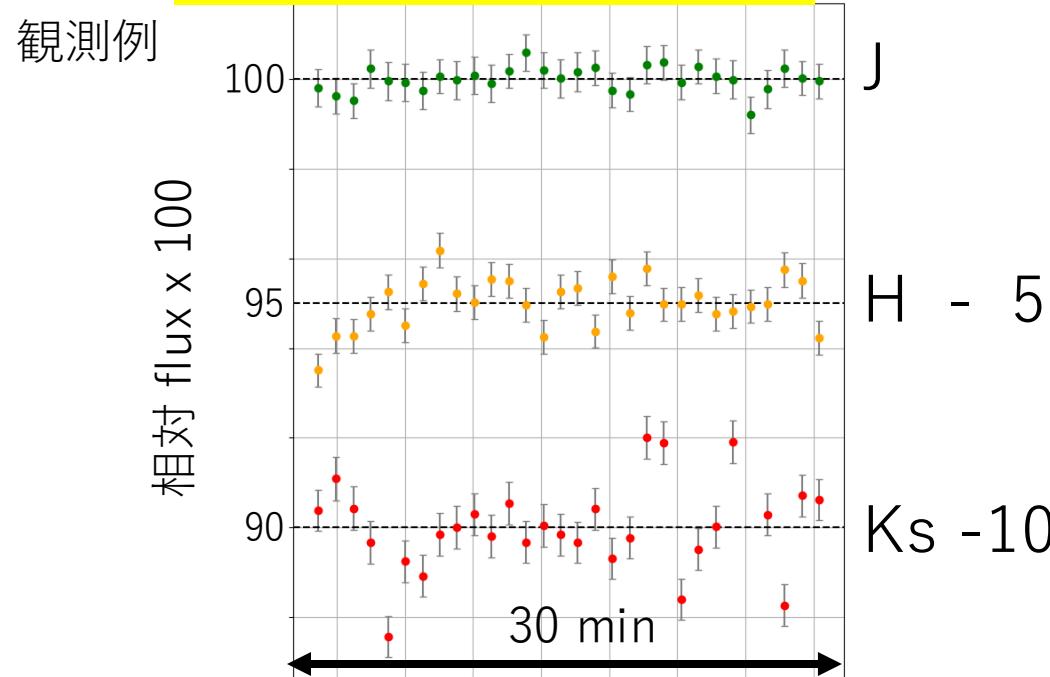


オフセット量の累積(秒角)



- 試験観測
- 対象 既知の系外惑星を持つ恒星
- 期間 2023-10 ~ 2025-01
- 相対Fluxの標準偏差

→ 測光安定性の評価指標



Date	object	Band	Transit
2023-10-24	GJ1214	J, H, Ks	○
2023-12-12	WASP104	J, H, Ks	
2023-12-27	HAT-P-20	J, H, Ks	
2023-12-28	TOI2154	J, H, Ks	○
2024-01-28	GJ3470	g', i', J, H, Ks	○
2024-05-24	GJ1214	g', i', J, H, Ks	
2024-06-03	TOI1168	g', i', J, H, Ks	
2024-09-12	Kepler-444	g', i'	
2024-11-12	TOI937	g', i'	
2024-11-13	TOI937	g', i'	
2024-12-08	HAT-P-20	g', i'	○
2024-12-23	HAT-P-20	g', i'	
2025-01-03	GJ3470	g', i'	

測光安定性

両端：目標星と参照星の等級

1データ：1夜の相対Fluxの標準偏差

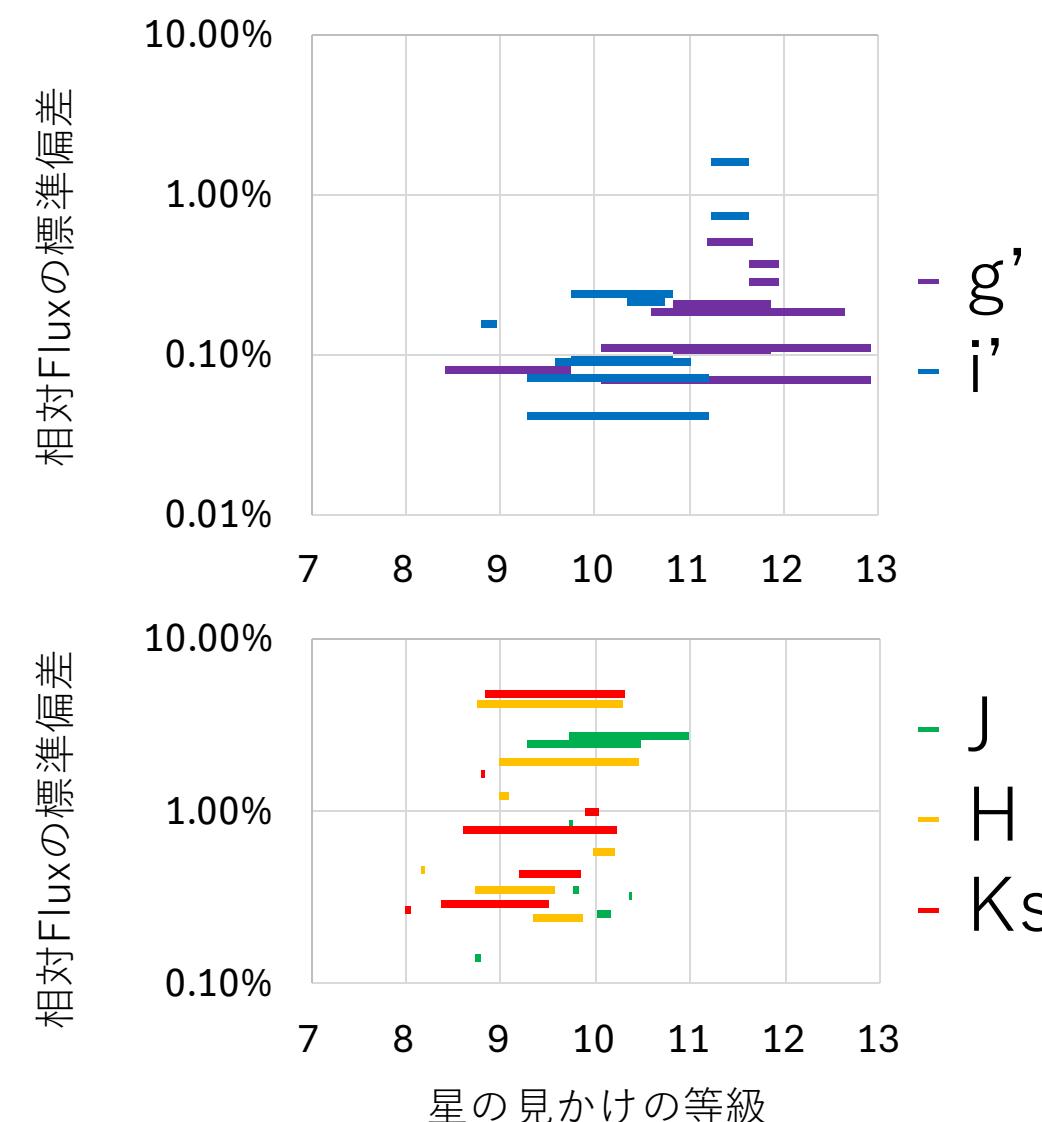
可視  $g', i'$

明るいほど安定する場合が多い → ○

近赤外 J H Ks

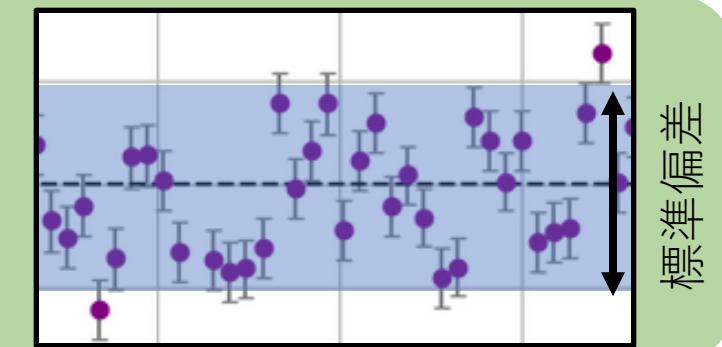
明るさに関係なく不安定 → △

→ JHKsの△の原因を調査していく

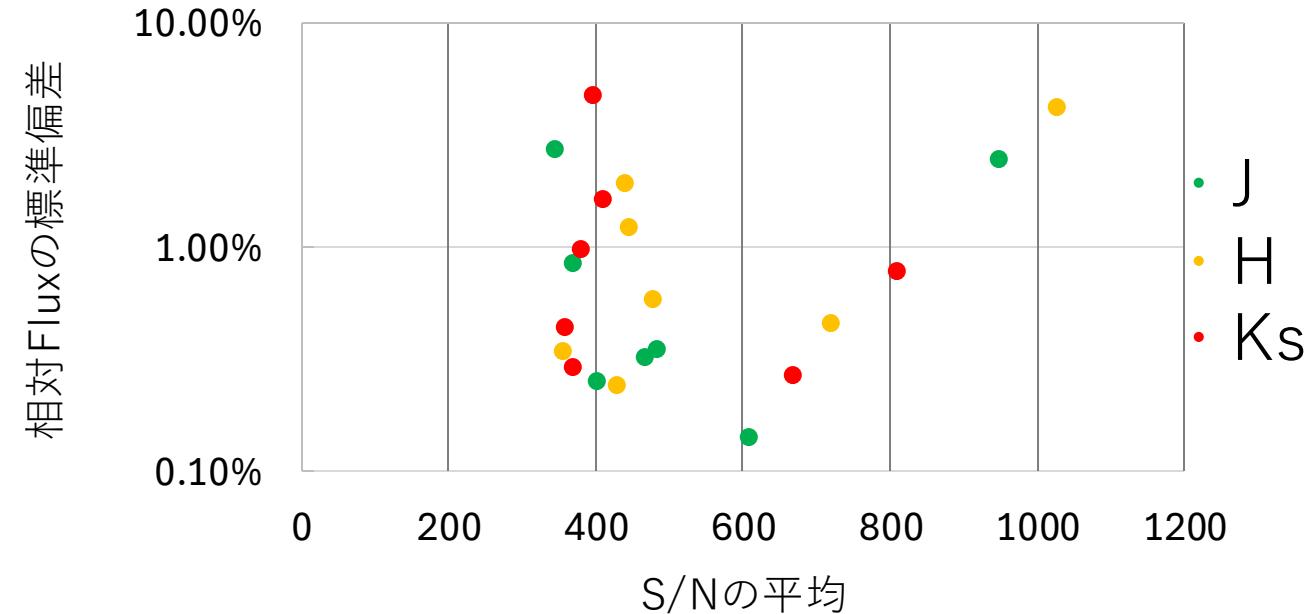


## 測光安定性

5バンド13夜の全観測データ39のうち、31が  
相対Fluxの標準偏差 > 測光エラーの平均  
望遠鏡のフォトンノイズリミット以外が要因?  
→他の要因は何か?



S/Nの平均と安定性  
S/Nが高くても  
安定性は向上しない



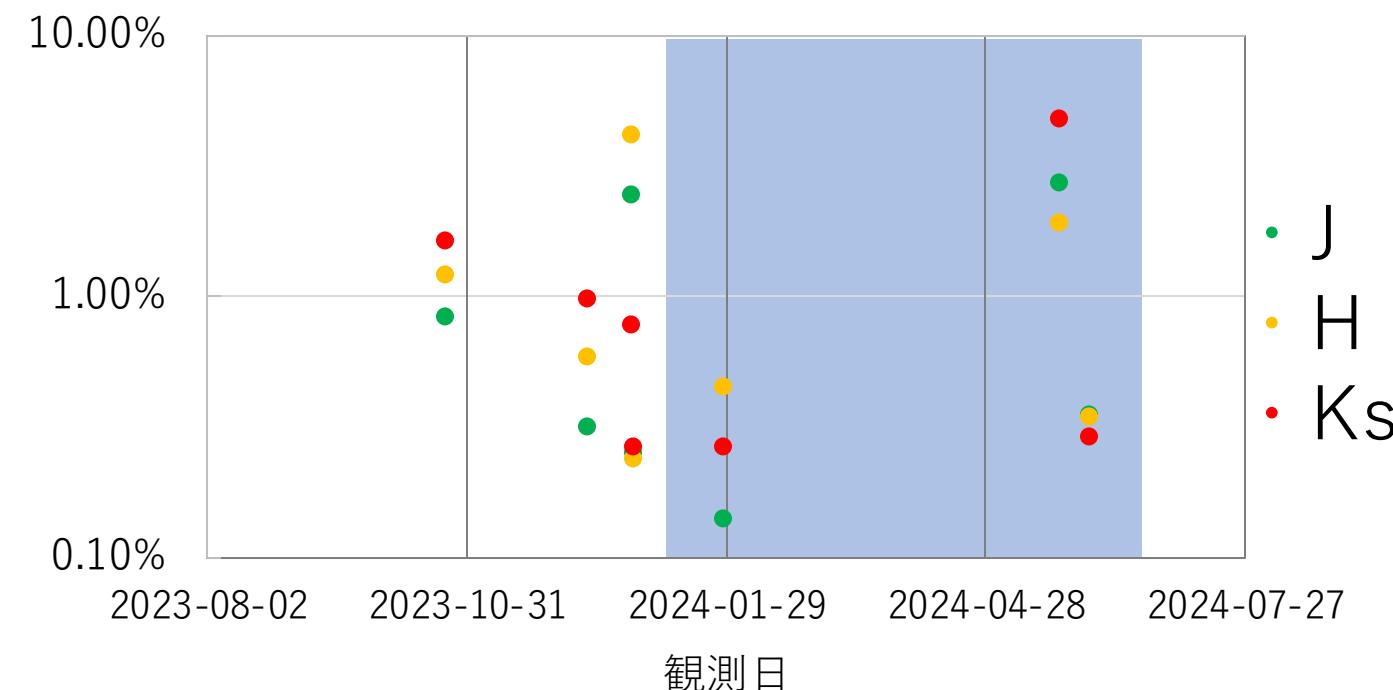
測光安定性

観測日と安定性を比較

JHKs

冬付近が最も安定

相対Fluxの標準偏差



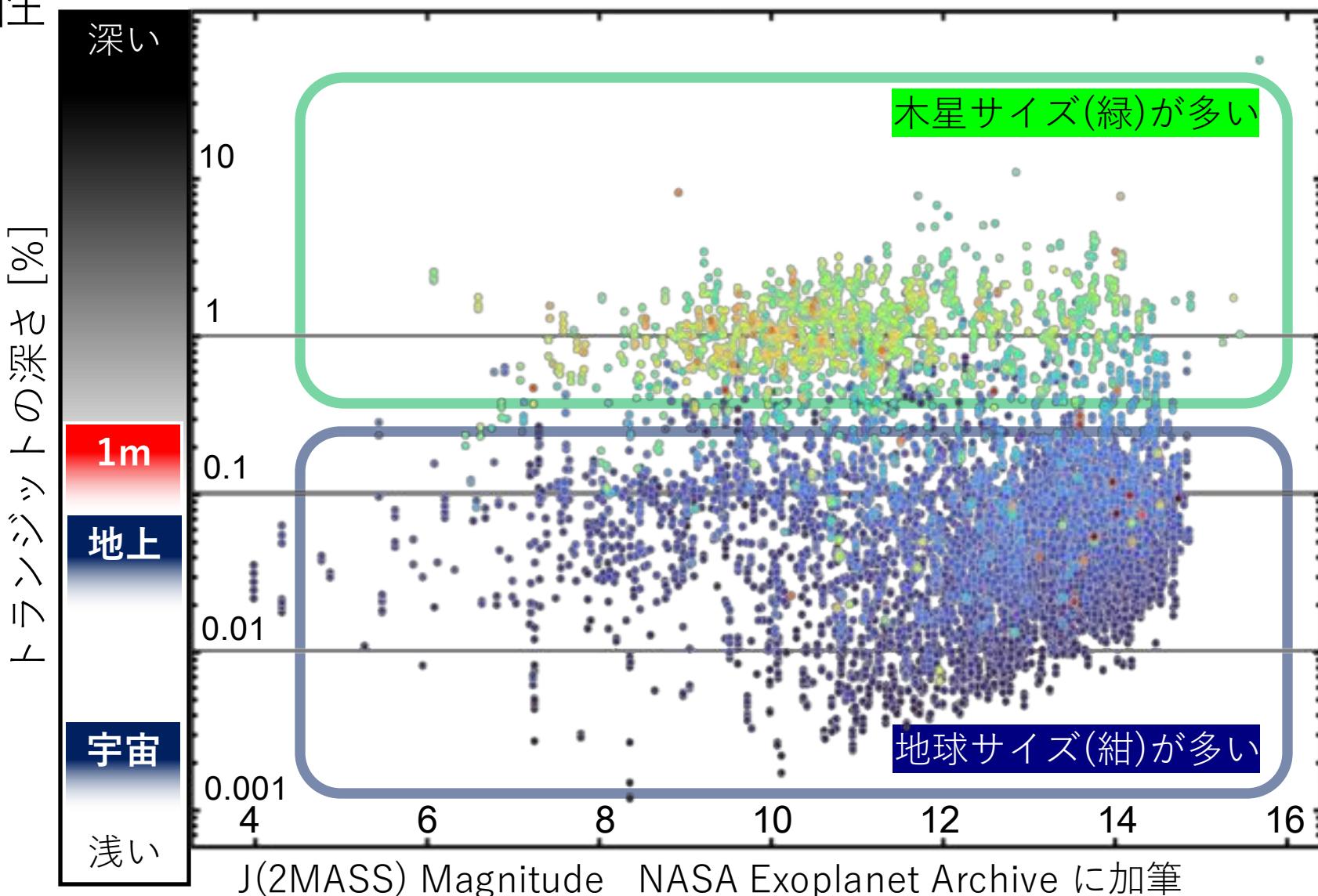
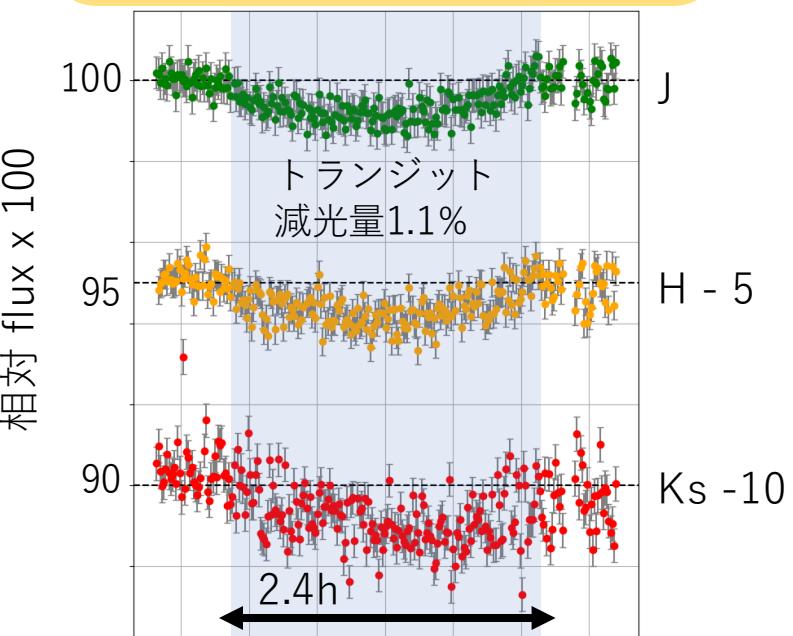
考えられる要因

- ① 気温によってバックグラウンドノイズが変動している可能性
- ② 一次処理に使用したフラット→2024の1～6月を1枚に合成

→ 今後も検証が必要（温度や明るさの条件を固定するなど）

# 各バンドの測光安定性

	最良	平均
<i>g'</i>	0.06 %	0.22 %
<i>i'</i>	0.04 %	0.36 %
<i>J</i>	0.14 %	1.01 %
<i>H</i>	0.24 %	1.28 %
<i>Ks</i>	0.26 %	1.29 %



## まとめ

鹿児島大学1m望遠鏡にトランジット観測スクリプトを導入  
相対Fluxの標準偏差より求めた、検出可能なトランジットの深さ  
可視カメラ                   $g'$  : 0.22%                   $i'$  : 0.36%  
kSIRIUS                       $J$  : 1.01%                   $H$  : 1.28%                   $Ks$  : 1.29%

## 考察

### kSIRIUSのJHKsについて

気温や一次処理のフラットによって測光安定性が変わる可能性  
大気や天体の明るさなどの条件を固定しての検証が必要