

# 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

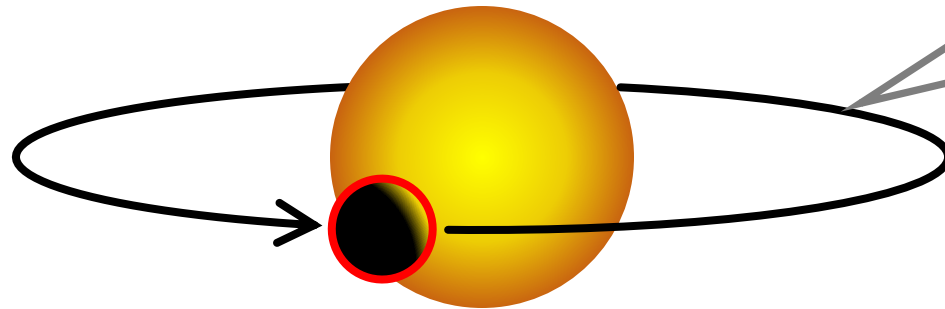
最初の発見 Peg51b (Mayor and Queloz, 1995)

約6000個を発見

- トランジット

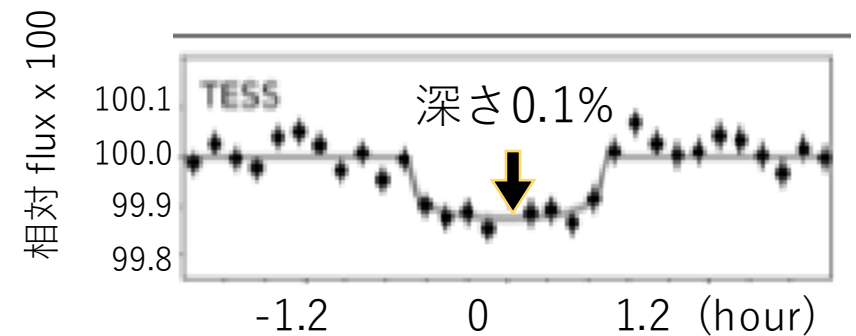
惑星が主星の前を通過し

全体の明るさが変わる現象



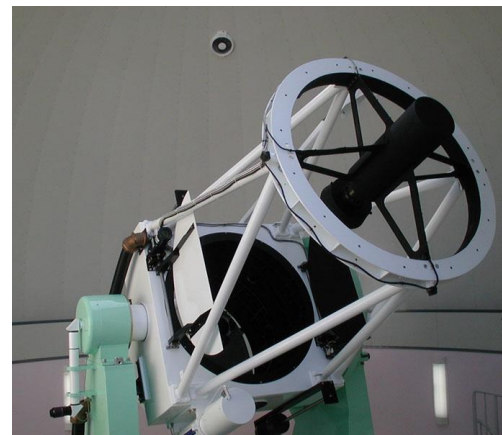
GJ12bのトランジット

Kuzuhara et al. 2023 に加筆



- 鹿児島大学1m光赤外望遠鏡

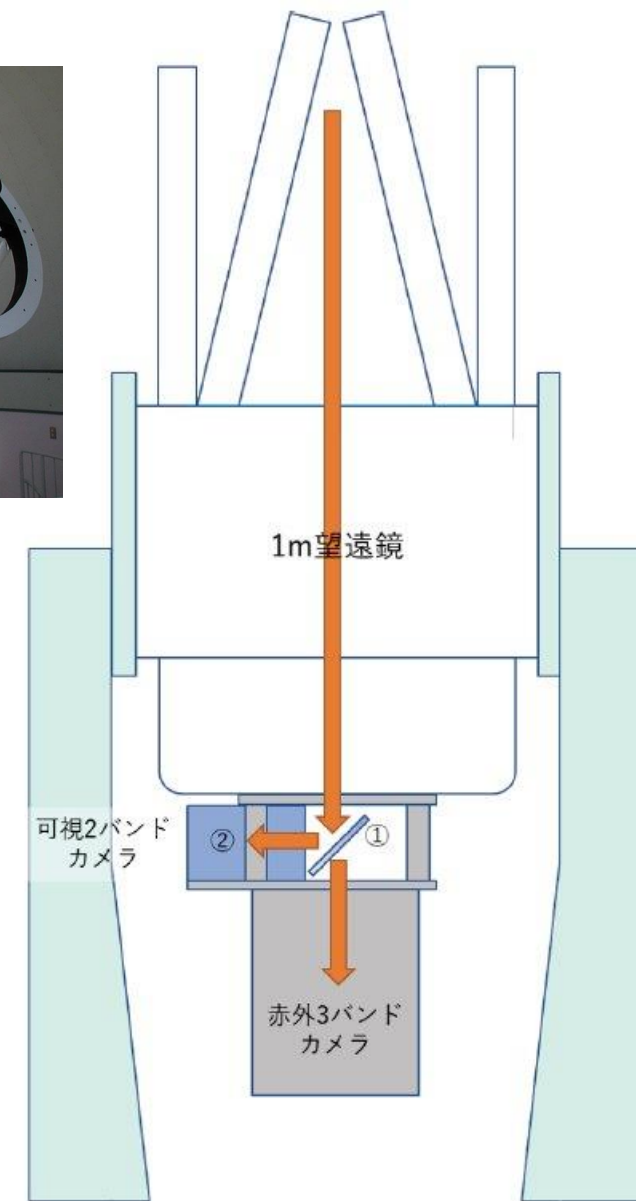
可視-赤外線5バンド同時観測による  
高い時間分解能 + 色の情報



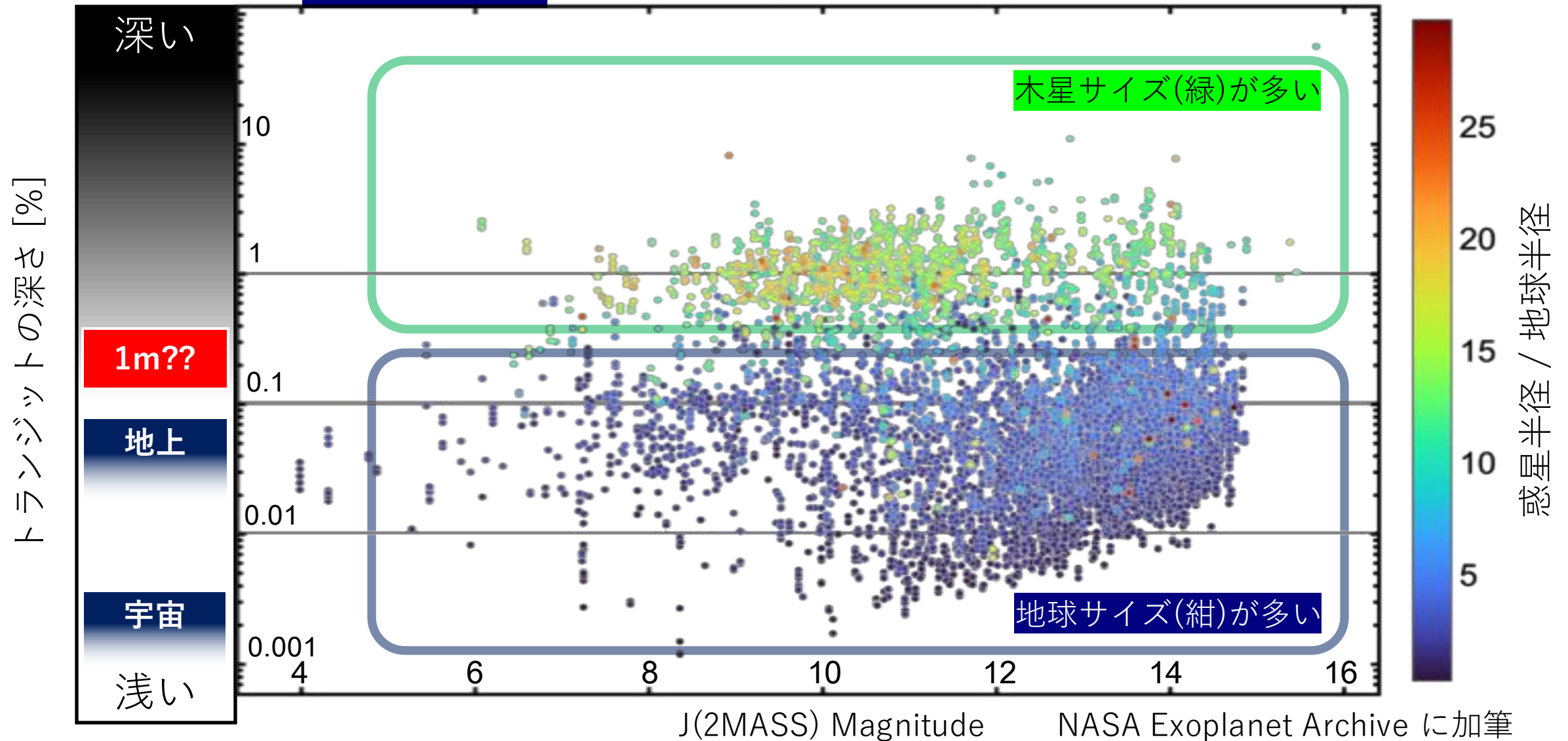
効率的なトランジット観測が可能！  
系外惑星の大気やトランジット時刻の決定

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？



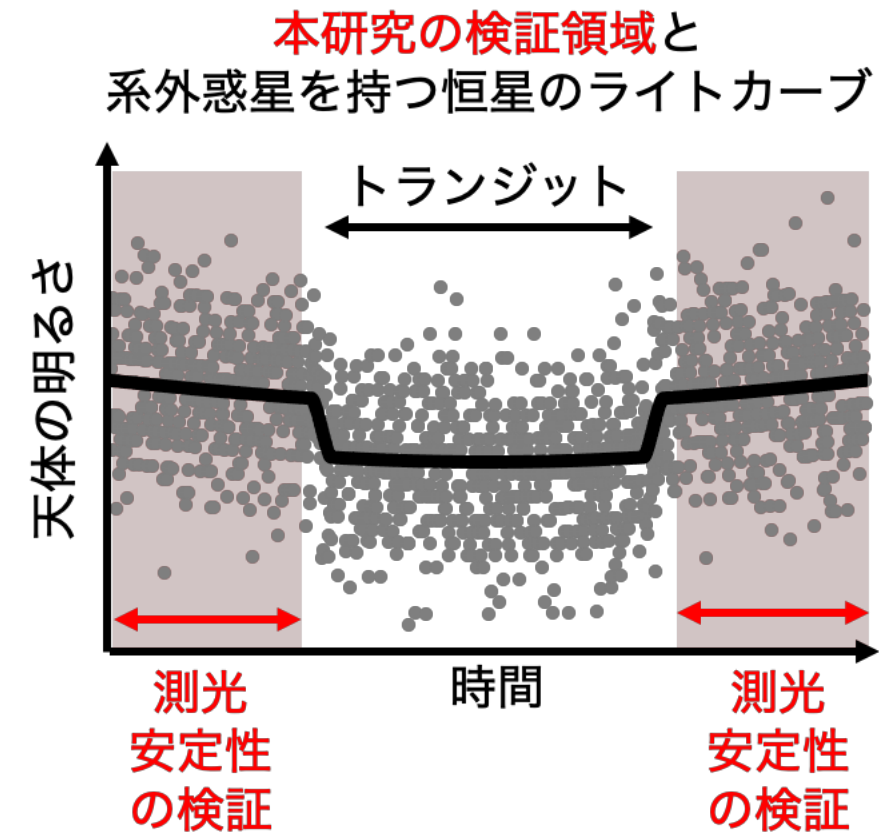


## 研究目的

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？



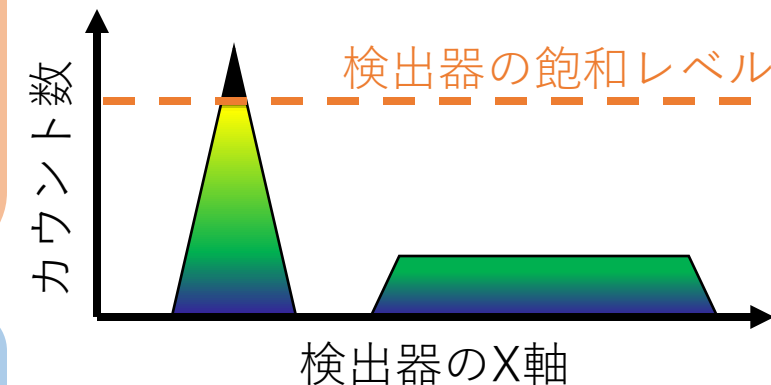
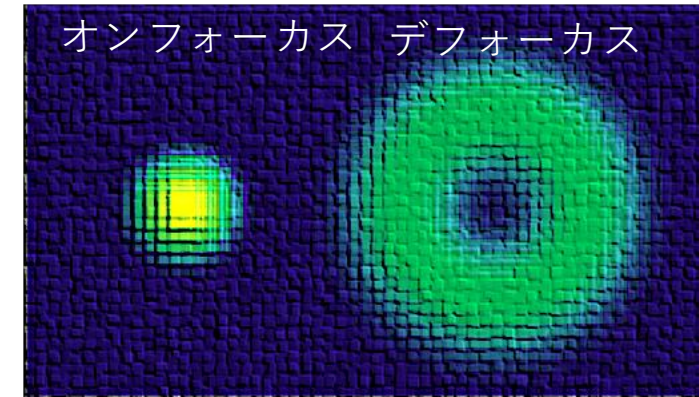
デフォーカス(像をぼかす) → 高い測光精度の実現

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

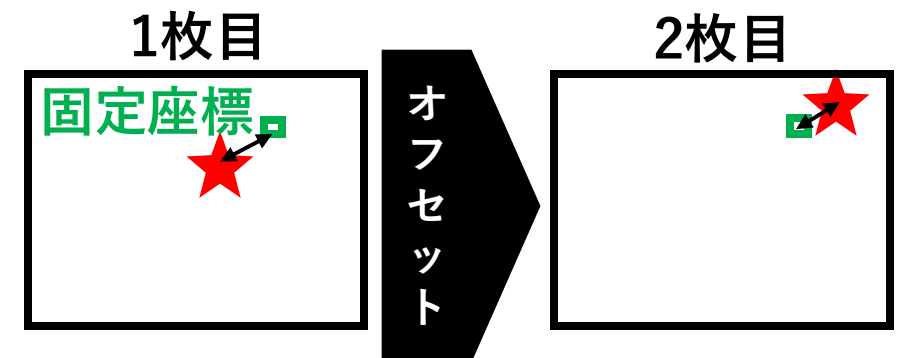
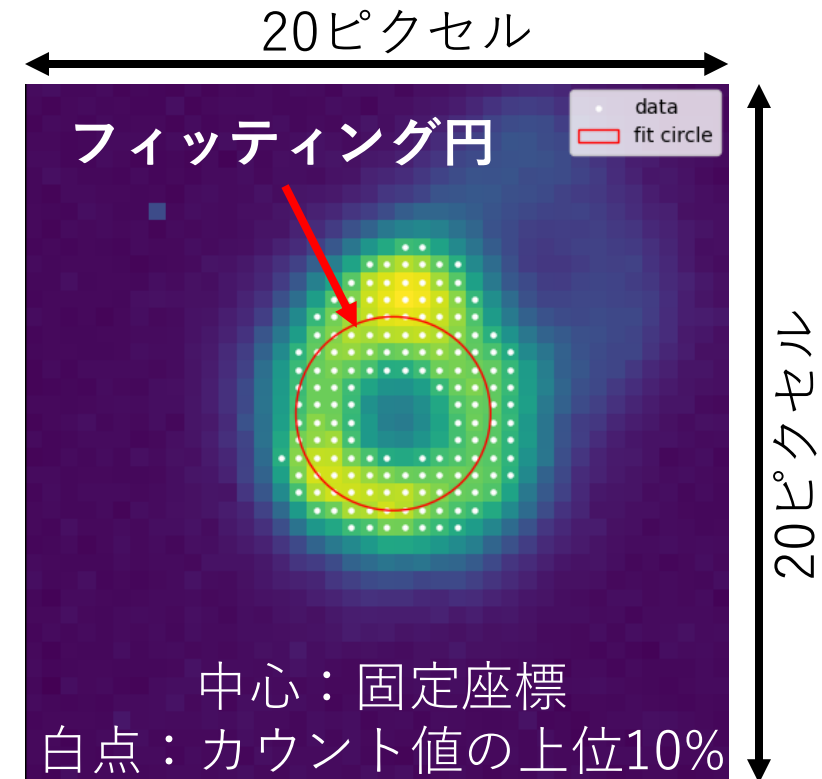


1回撮像で同じ積分時間  
カウントの地形を横から見た図

スクリプト→天体を同じ位置に写しつつける  
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

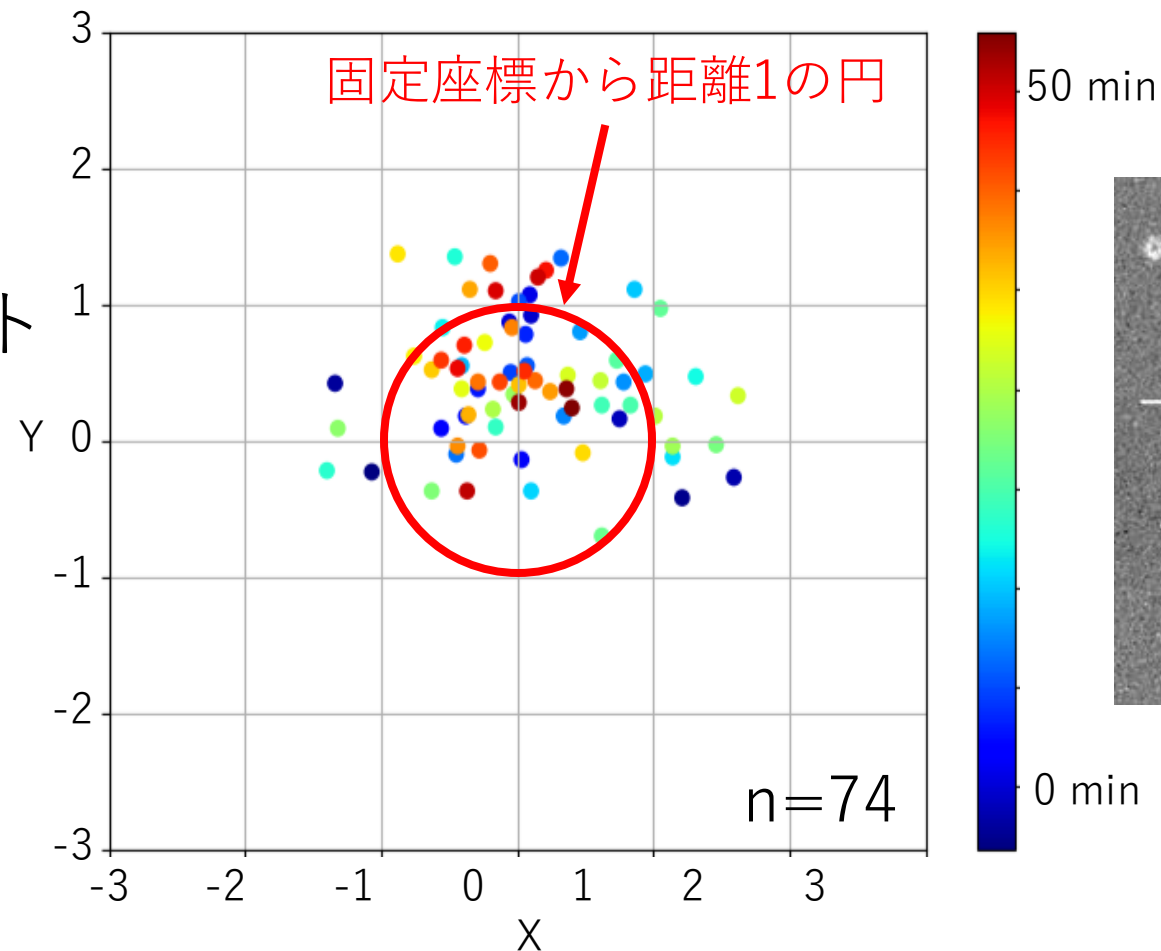
- ① 最小二乗法で真円をフィッティング
- ②  $d = (\text{円中心のXY座標}) - (\text{固定座標})$
- ③  $1\text{ピクセル} < d$  で望遠鏡オフセット



- 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



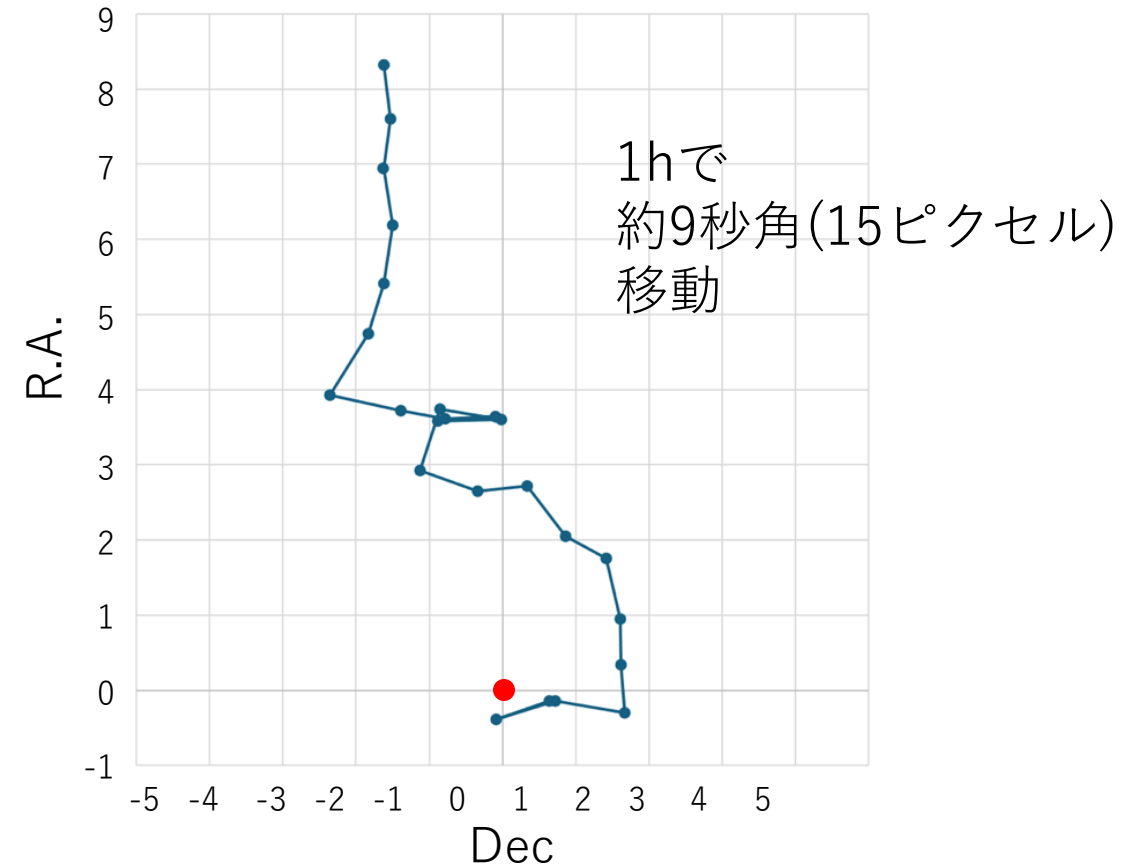
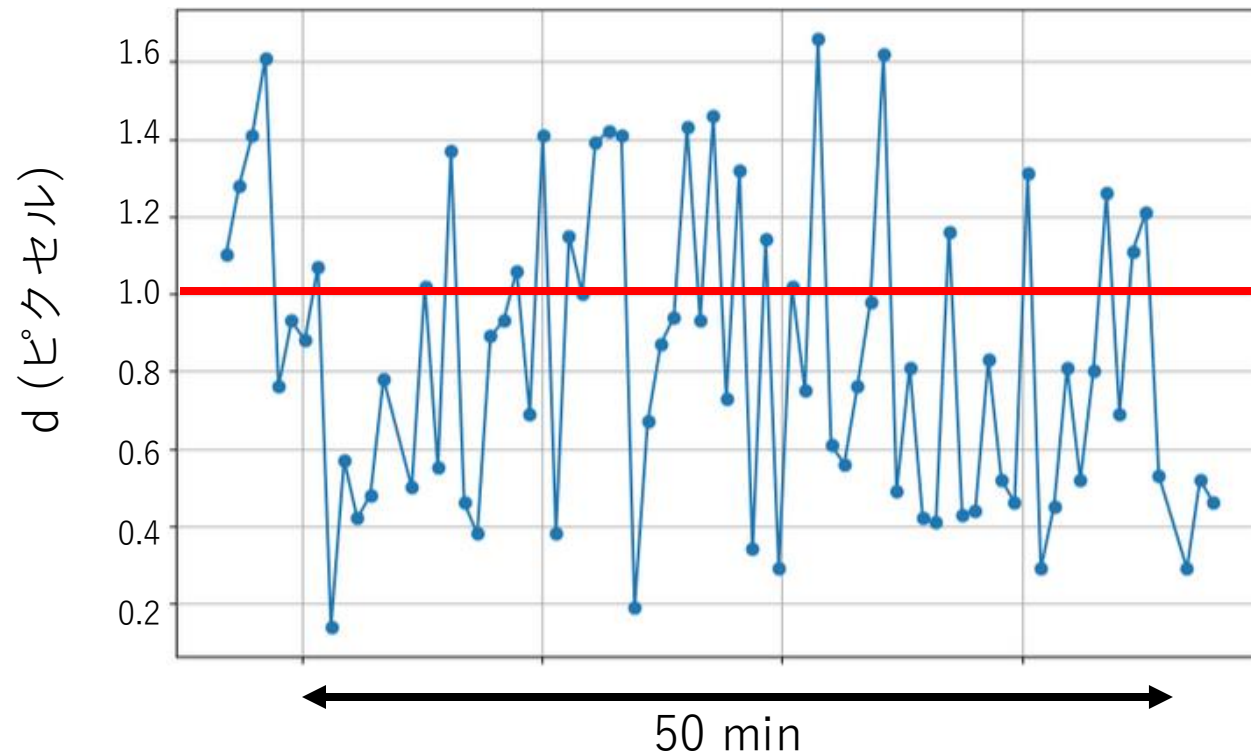
固定座標を原点にした、像の位置の推移  
(ピクセル)



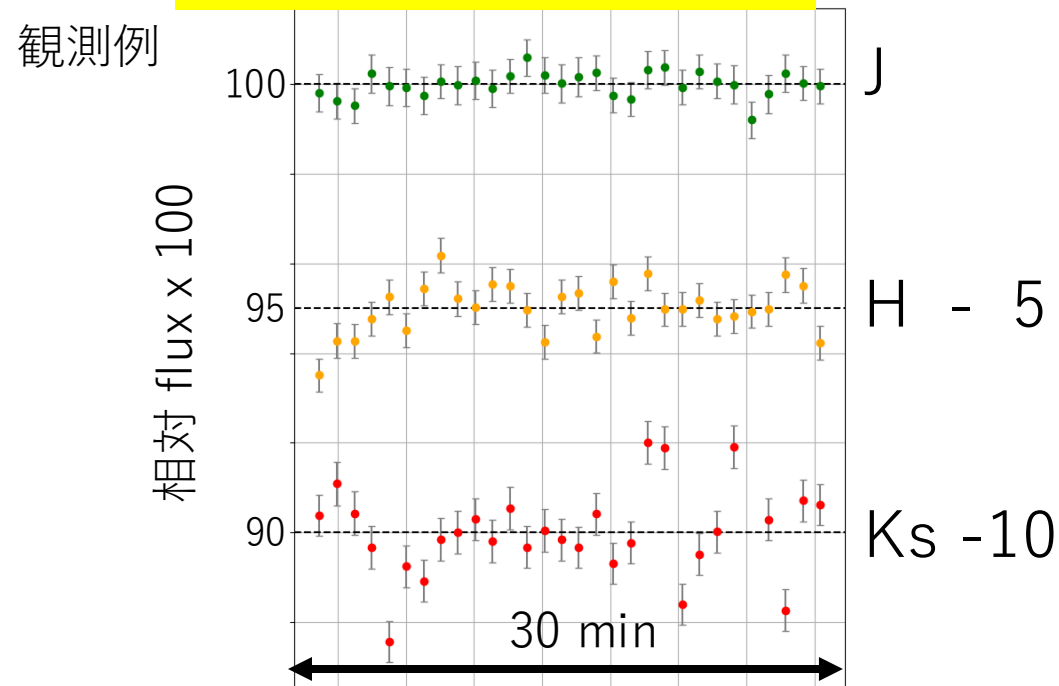
## スクリプトによるフィードバックの有効性

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

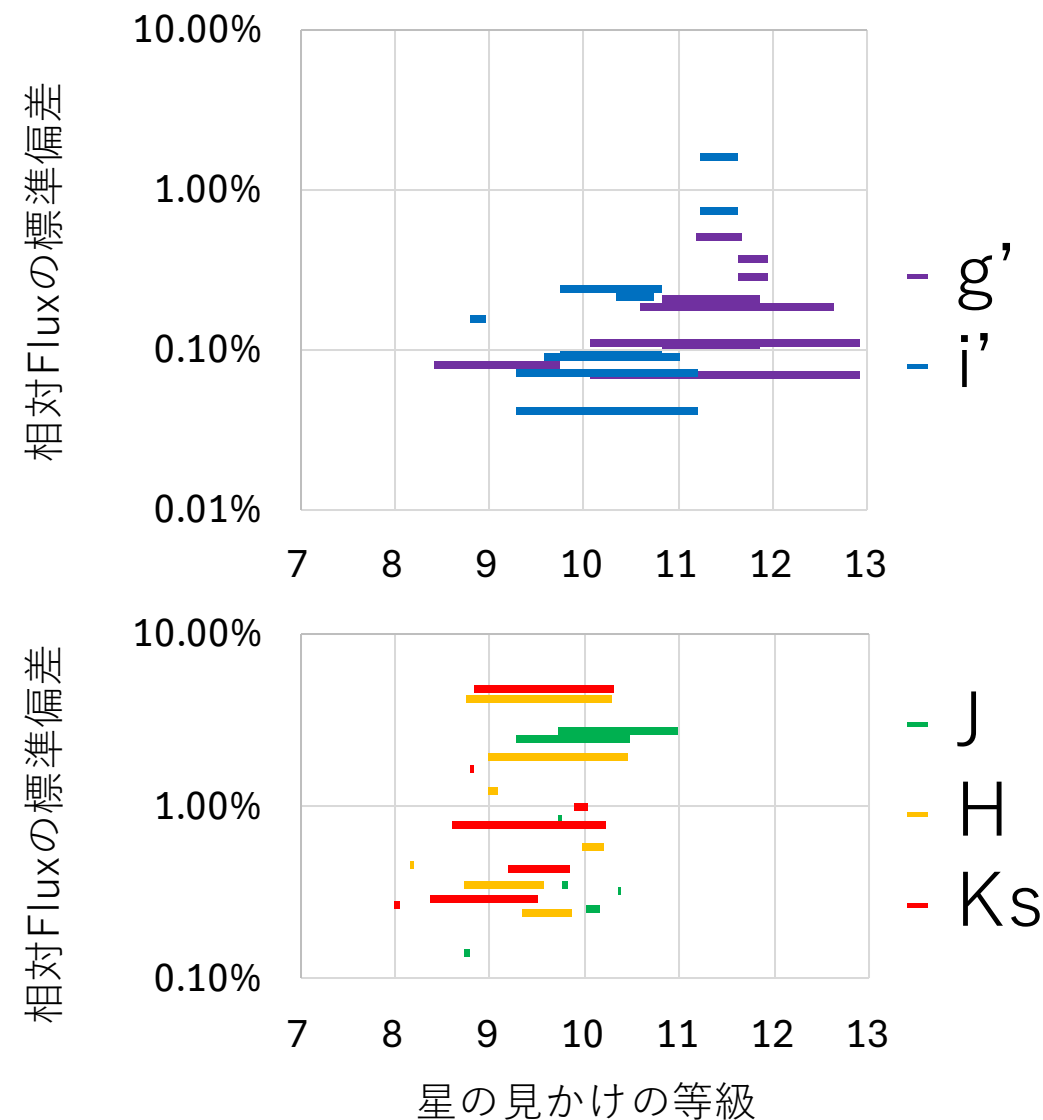
可視  $g'$   $i'$ 

明るいほど安定する場合が多い→○

近赤外 J H Ks

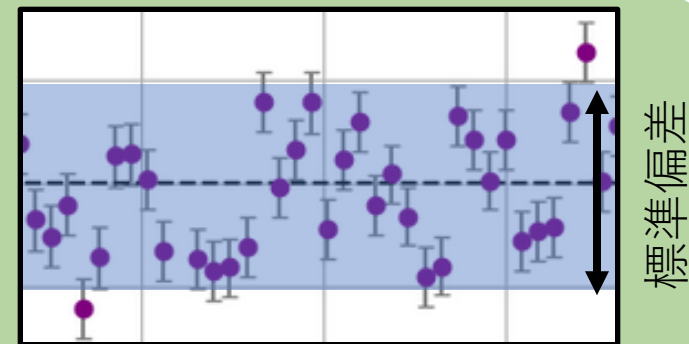
明るさに関係なく不安定→△

→JHKsの△の原因を調査していく

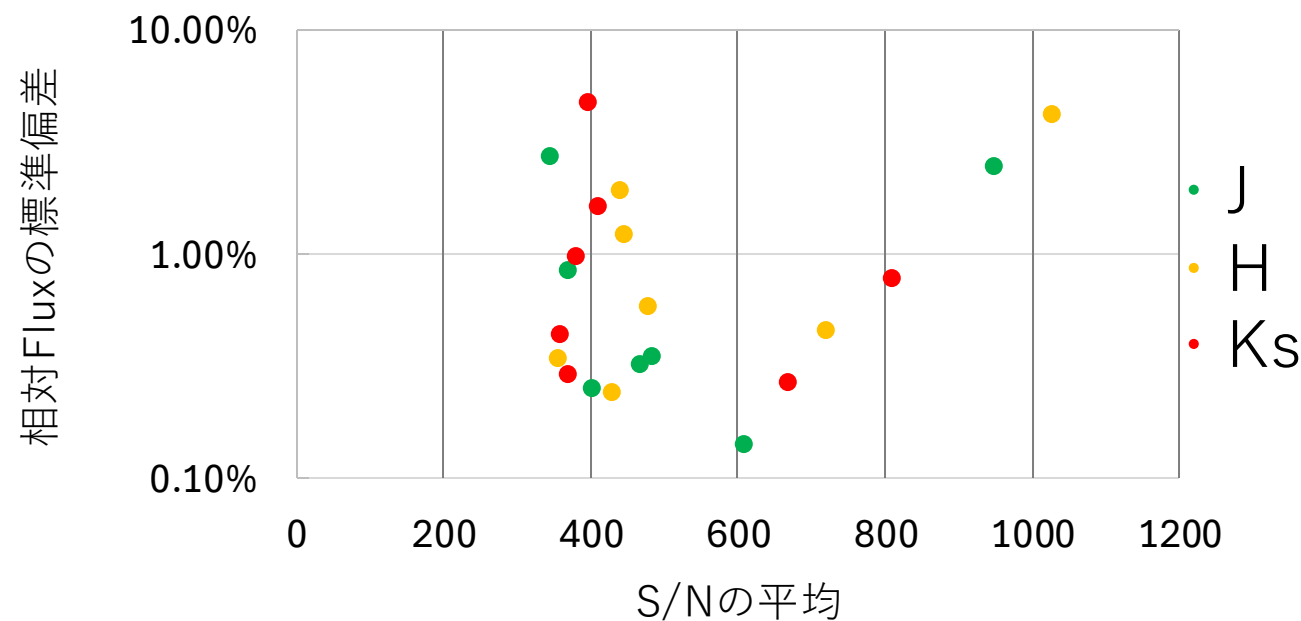


## 測光安定性

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  
安定性は向上しない

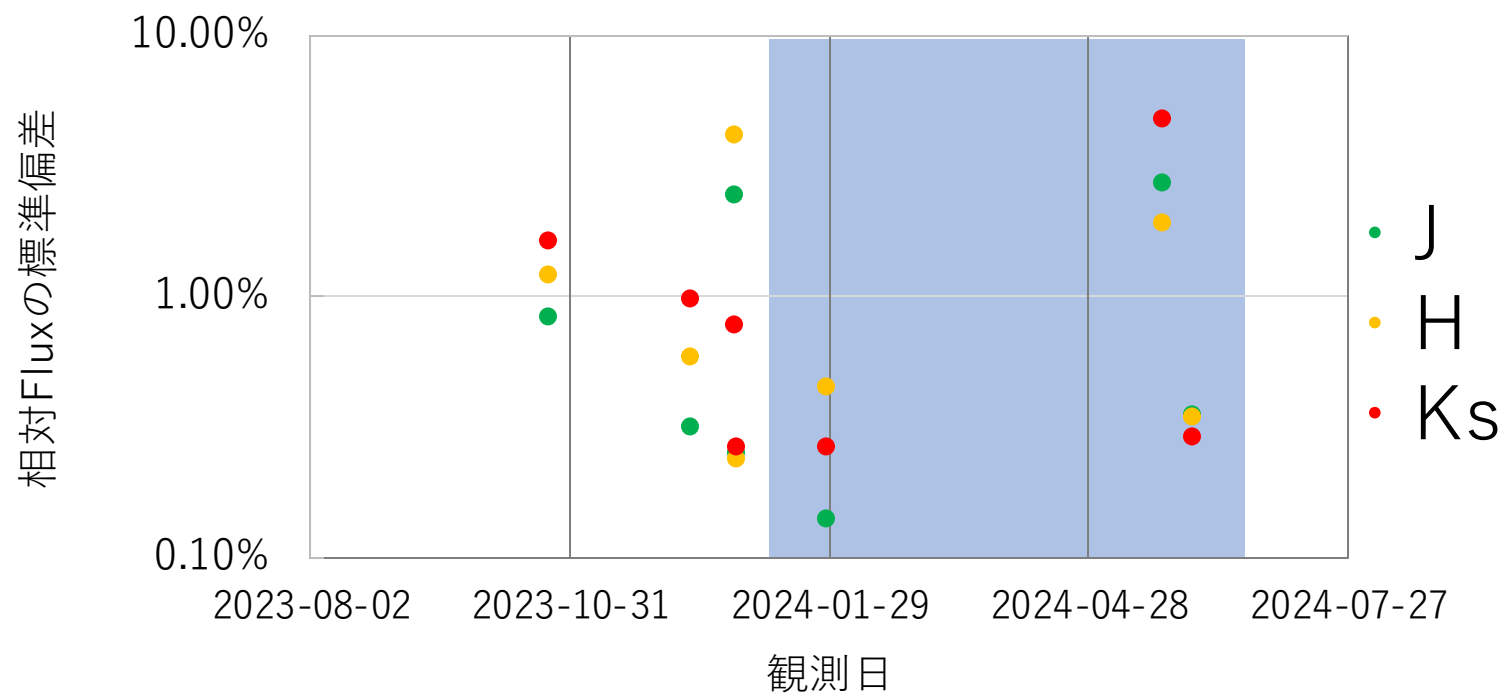


## 測光安定性

観測日と安定性を比較

JHKs

冬付近が最も安定



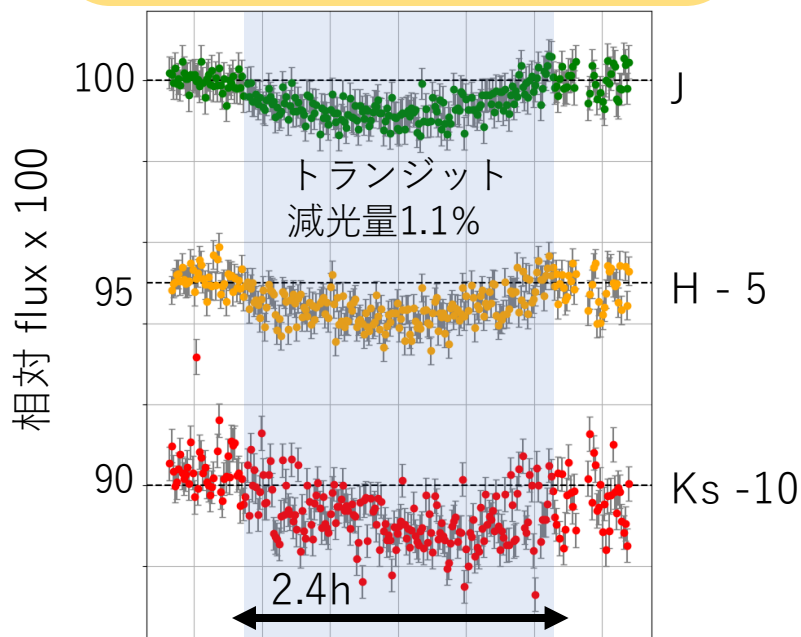
## 考えられる要因

- 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)

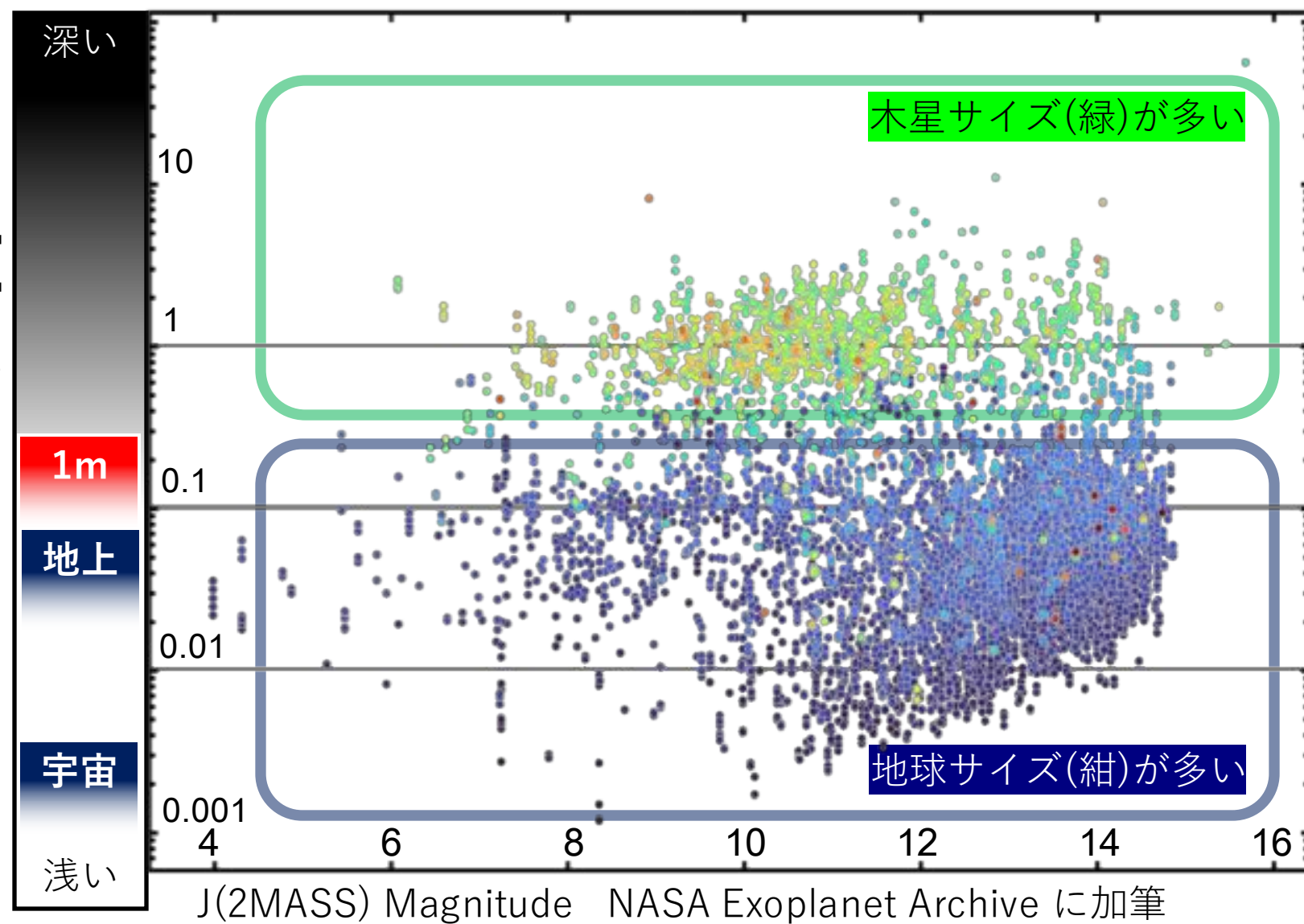


## 各バンドの測光安定性

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



トランジットの深さ [%]



## 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