

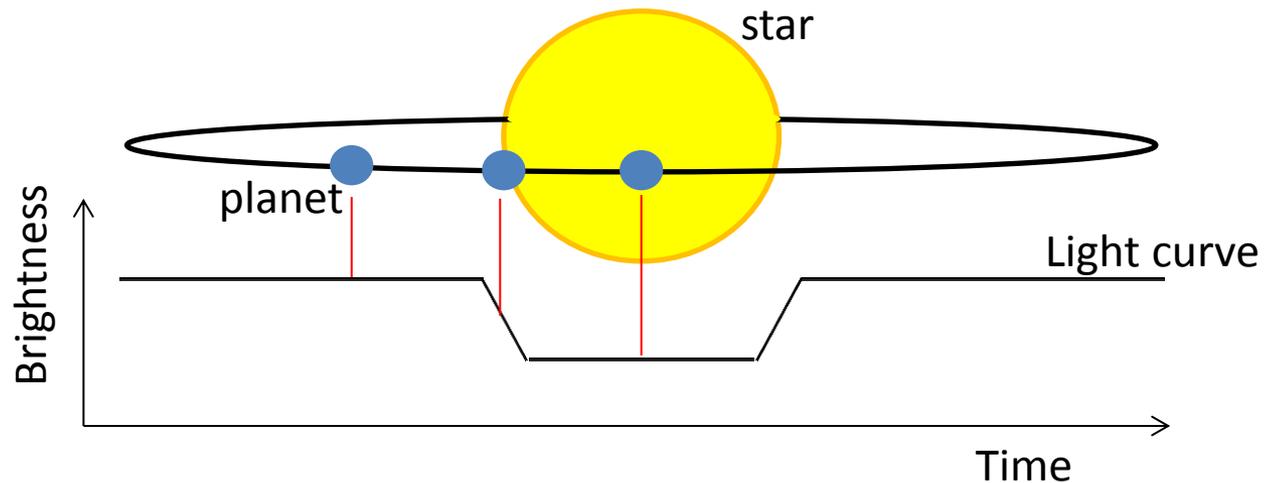
# 3.8m望遠鏡とトランジット観測の ための測光器の提案

160130

栗田光樹夫

# トランジット観測の意義

- 惑星の大きさ
- 透過光の分光による大気組成
- TESSの観測が開始され、明るい候補星が増加する見込み

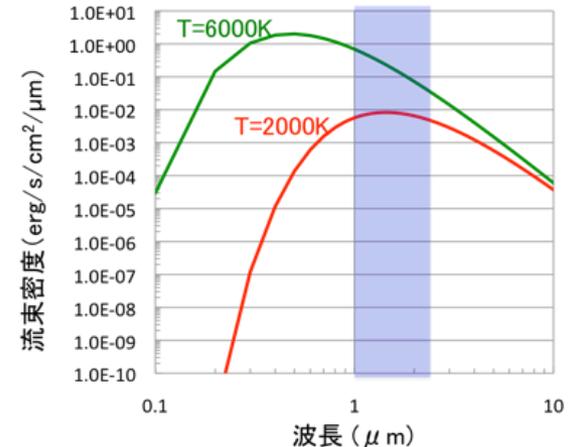


トランジット観測＝精密測光

# 近赤外線の意味と課題

- 意義

- 星が小さく、低温なのでトランジットが深く、高精度な観測が可能
- 惑星大気の子の解明



- 課題

- 検出器が高価
- 多バンドを同時観測するには数億円の装置となる

# 精密測光の課題

- 明るい星では、1)バックグラウンド、2)読み出し、3)ショットノイズ、は効かない
- 2次元アレイであれば瞳測光ではなく、焦点面測光が可能
- 主な誤差要因は検出器感度ムラとシンチレーション。共に星の明るさと関係のない誤差要因
  - 感度ムラはピンボケによる平均化で改善を図る
  - シンチレーションが最終的に消せない誤差要因
- この他に、少しでも実効的な露出を稼ぐにはウエルが深い方がよい(明るい星でのサチレーションの問題)

$$\text{シンチレーションノイズ } \sigma_s \propto \left( \frac{\lambda}{550} \right)^{-\frac{7}{12}} D^{-\frac{2}{3}} e^{-\frac{h}{8000}}$$

# 岡山での近赤外精密測光の相性

現状との比較

$$\sigma_s = \left(\frac{2000}{550}\right)^{-\frac{7}{12}} \left(\frac{3.8}{1.9}\right)^{-\frac{2}{3}} \frac{e^{-\frac{400}{8000}}}{e^{-\frac{4000}{8000}}}$$
$$0.47 \times 0.6 \times 1.57 = 0.44$$



あえて  
マウナ  
ケア

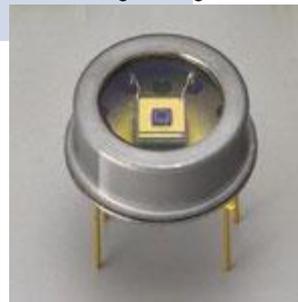
サイトのクオリティはさほど効かず、岡山3.8mで近赤外の精密測光は良いデータが取れそう。

鏡面精度は不問で10秒角程度にボケていてかまわない。

# 2次元と単素子のTrade-off Study

	2次元アレイ	単素子
視野(参照星)	フォーマットサイズの制限	無制限(近接には制限)
ウェル	浅い。 明るい星はデフォーカスすることでスカイノイズ増加	深い。
感度(QE)	~80%	~80%
ピクセルサイズ	小さい。~50 um 追尾誤差が測光誤差を生ずる一方、スカイノイズ小	大きい。~0.3 mm 追尾誤差の影響を受けないがスカイノイズ大
読み出し回路	複雑	単純
取り扱い	要注意	平易
価格	~1000万円	~1万円

~10 mm



# 検出器

パッケージ	メタル	
パッケージの特徴	TO-8	
	1段電子冷却	
受光面サイズ	φ 0.3 mm	
感度波長範囲	0.9~1.87 μm	
感度波長	1.75 μm	
感度 at λ <sub>p</sub>	1.1 A/W	QE~80%
暗電流 Max.	30 nA	
遮断周波数	100 MHz	
端子間容量	8 pF	
測定条件	指定のない場合はTyp. Ta=25 °C	

## J

パッケージ	メタル	
パッケージの特徴	TO-8	
	2段電子冷却	
受光面サイズ	φ 0.3 mm	
感度波長範囲	0.9~2.05 μm	
感度波長	1.95 μm	
感度 at λ <sub>p</sub>	1.2 A/W	QE~78%
暗電流 Max.	30 nA	
遮断周波数	100 MHz	
端子間容量	8 pF	
測定条件	指定のない場合はTyp. Ta=25 °C	

## H

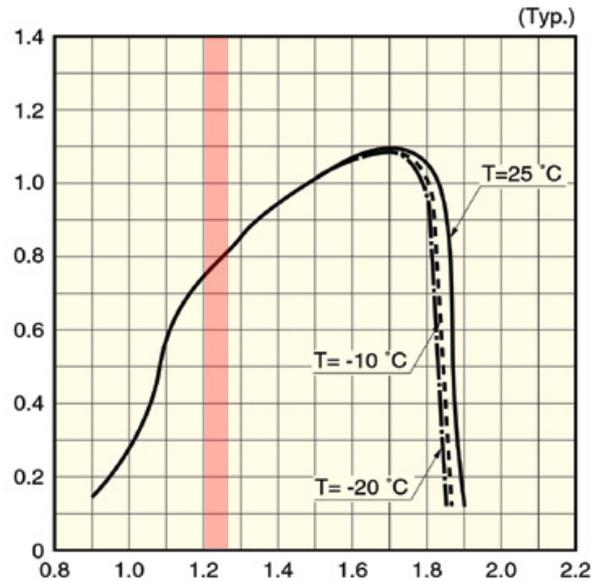
パッケージ	メタル	
パッケージの特徴	TO-8	
冷却	2段電子冷却	
受光面サイズ	φ 0.3 mm	
感度波長範囲	1.2~2.55 μm	
最大感度波長	2.3 μm	
受光感度 at λ <sub>p</sub>	1.3 A/W	QE~73%
暗電流 Max.	1000 nA	
遮断周波数	60 MHz	
端子間容量	40 pF	
備考		
測定条件	指定のない場合はTyp. Ta=25 °C	

## K

## ハマホト [G5851-103](#)

特性図

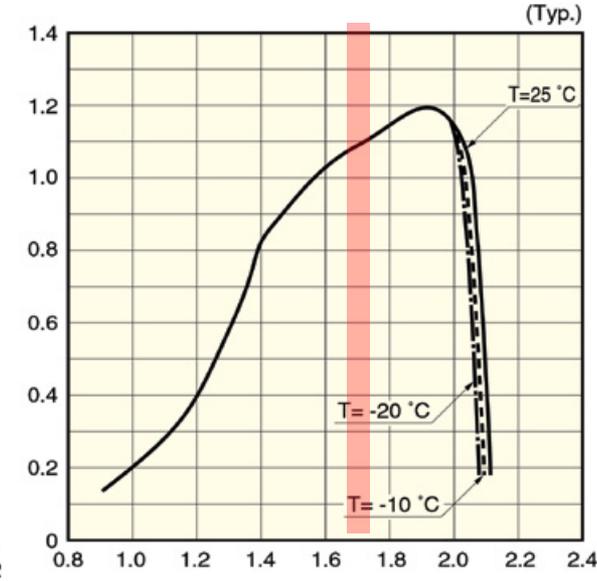
感度特性



## ハマホト [G5852-203](#)

特性図

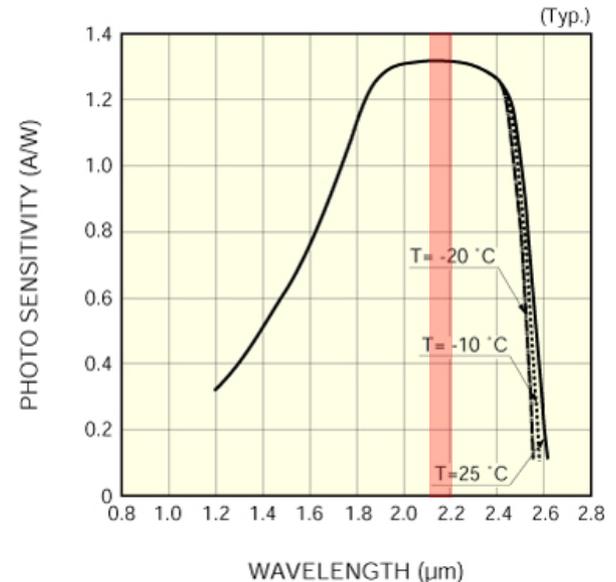
感度特性



## ハマホト [G5853-203](#)

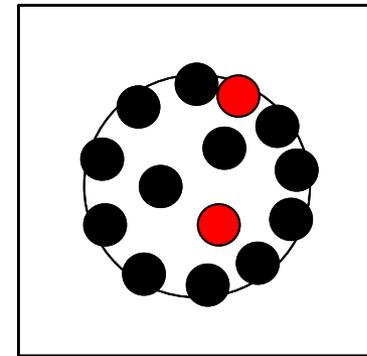
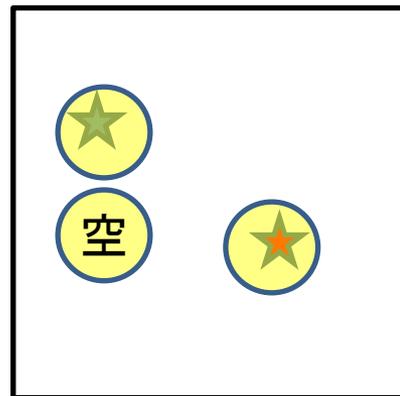
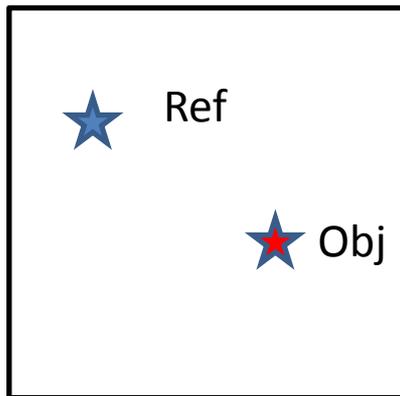
外形・特性図

分光感度特性



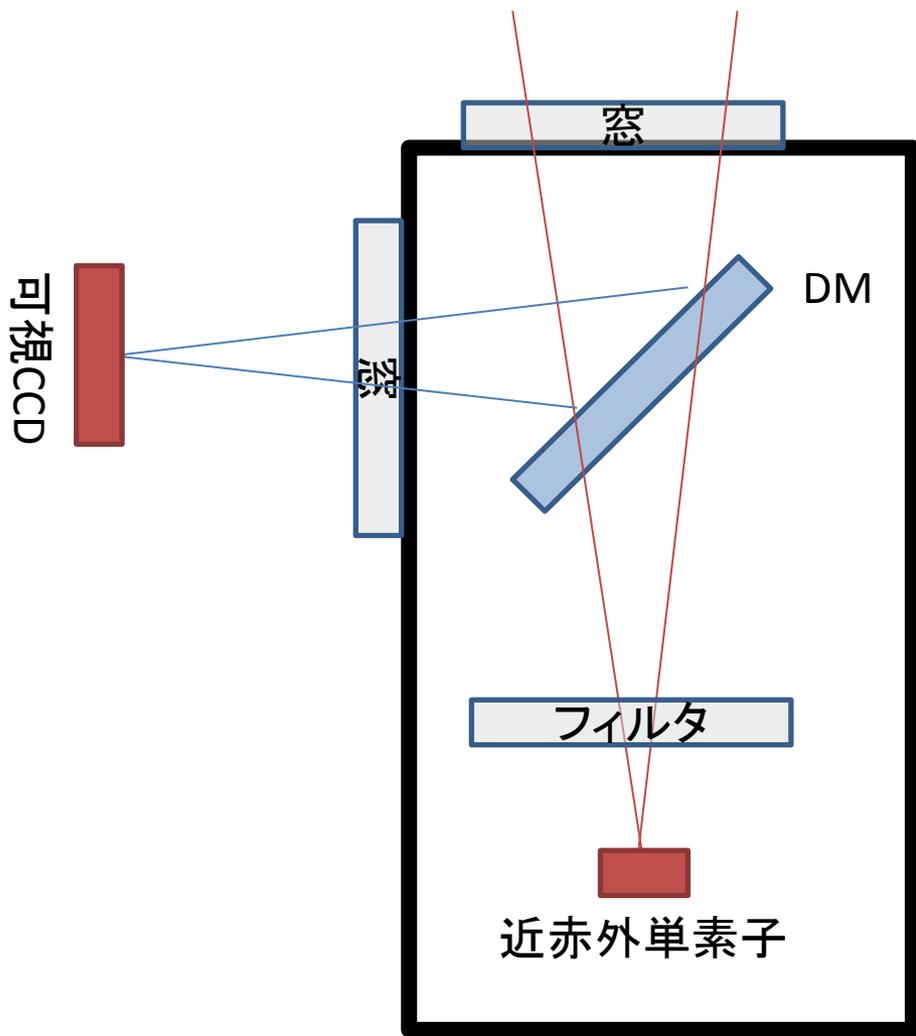
# 観測方法(例)

- 最適な参照星を選択
- オブジェクトと参照星のペアで観測
  - スカイ用の素子も用意
- 検出器をプレートに固定



複数の単素子をnon redundantに並べる。  
装置の視野回転と望遠鏡の指向で2つの素子を天体に向ける。

# 光学系概念図



CCDで装置の視野を確認し、  
オートガイド

多色化も可能

素子とCCDの位置関係は液  
晶を使って確認

# 精度の見積 (Hバンド)

測光誤差 (パーセント)

等級	8	10	12
20秒露出	0.026	0.04	0.2

8等: シンチレーションリミット

10等以上: バックグランドリミット

項目	
口径	3.8 m
F	5
受光面サイズ/素子	0.3 × 0.3 mm
視野/素子	10"
観測視野	1度

# まとめ

- 近赤外での惑星大気の研究は重要。
- 近赤外でのトランジットは可視に比べて深い。
- TESSの観測により明るい惑星系候補が増える見通し
- 精密測光は光バケツでも良いので、望遠鏡立ち上げ時でも取り掛かりやすい
- 精度はシンチレーションでリミットされるが、岡山でも十分な精度が見込める
- しかし2次元素子が高価なこともあり困難。
- 単素子測光器であれば視野を十分に取れ、低コストに開発できる

ともかく、全体的に見てバランスの良い計画である。