

# MuSCATの運用状況と1年目の観測成果

成田憲保 (東大/ABC/国立天文台)

ほかMuSCAT開発チーム & ユーザー

# 目次

- MuSCATの仕様
- 2015-2016年の運用状況
- 論文出版状況と今後の成果の見通し
- 2015年度の観測成果紹介
  - Hirano et al. (2016)
  - Narita et al. in prep.

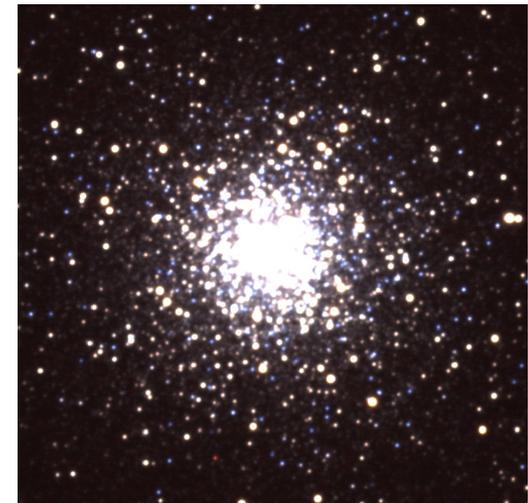
# 新しい多色撮像カメラMuSCAT



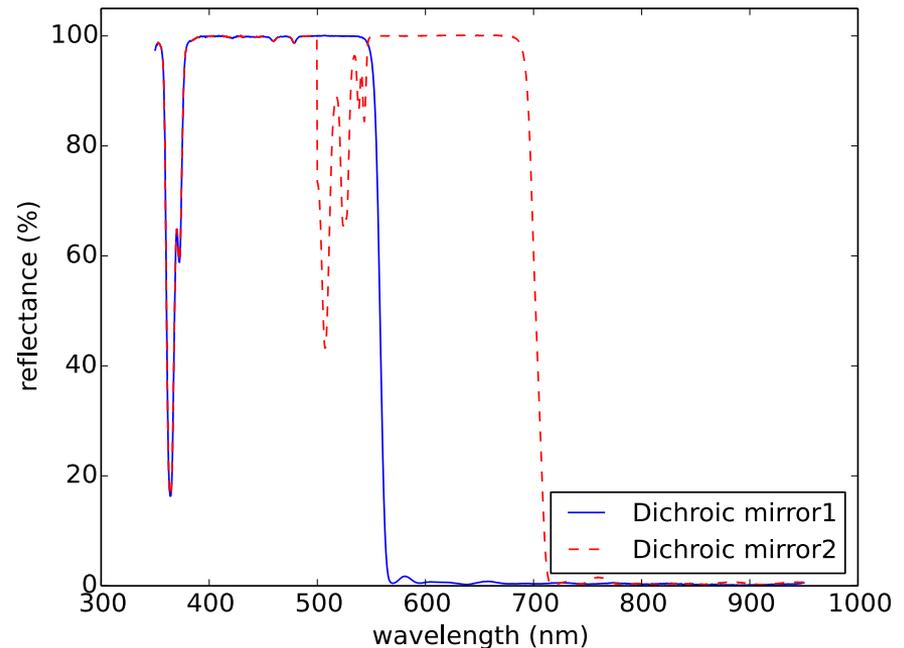
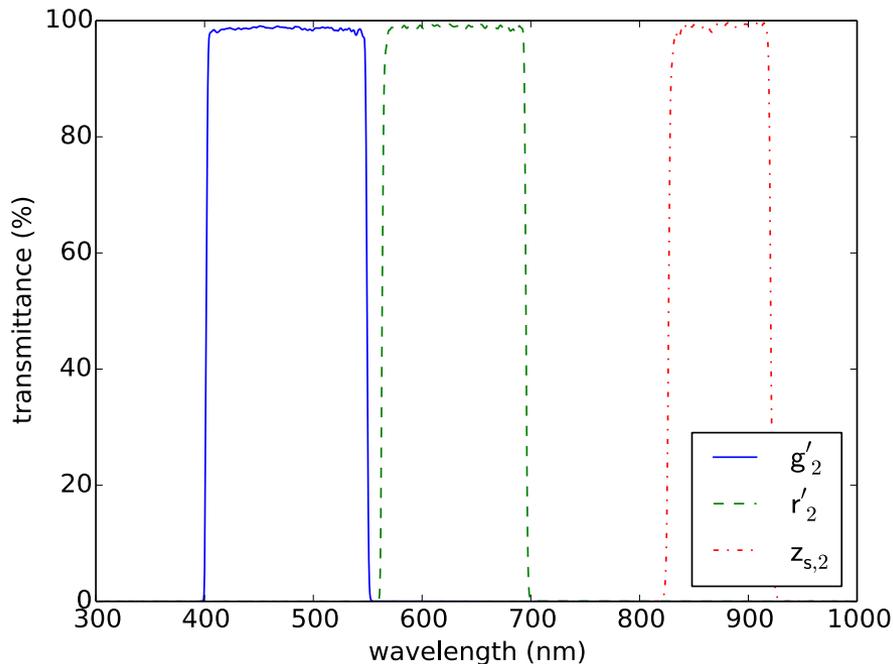
2015年3月3日撮影

- 2013年度に科研費を獲得し製作を開始、2014年12月24日にFL
- 2015年4月までに試験観測完了
- $g'_2$ (400-550nm)、 $r'_2$ (550-700nm)、 $z_s$ (820-920nm)の3色を同時撮像
- 視野6.1分角、ピクセルスケール  
0.36秒/pix
- 3台のCCDを  
独立制御

ファーストライトの  
球状星団M3



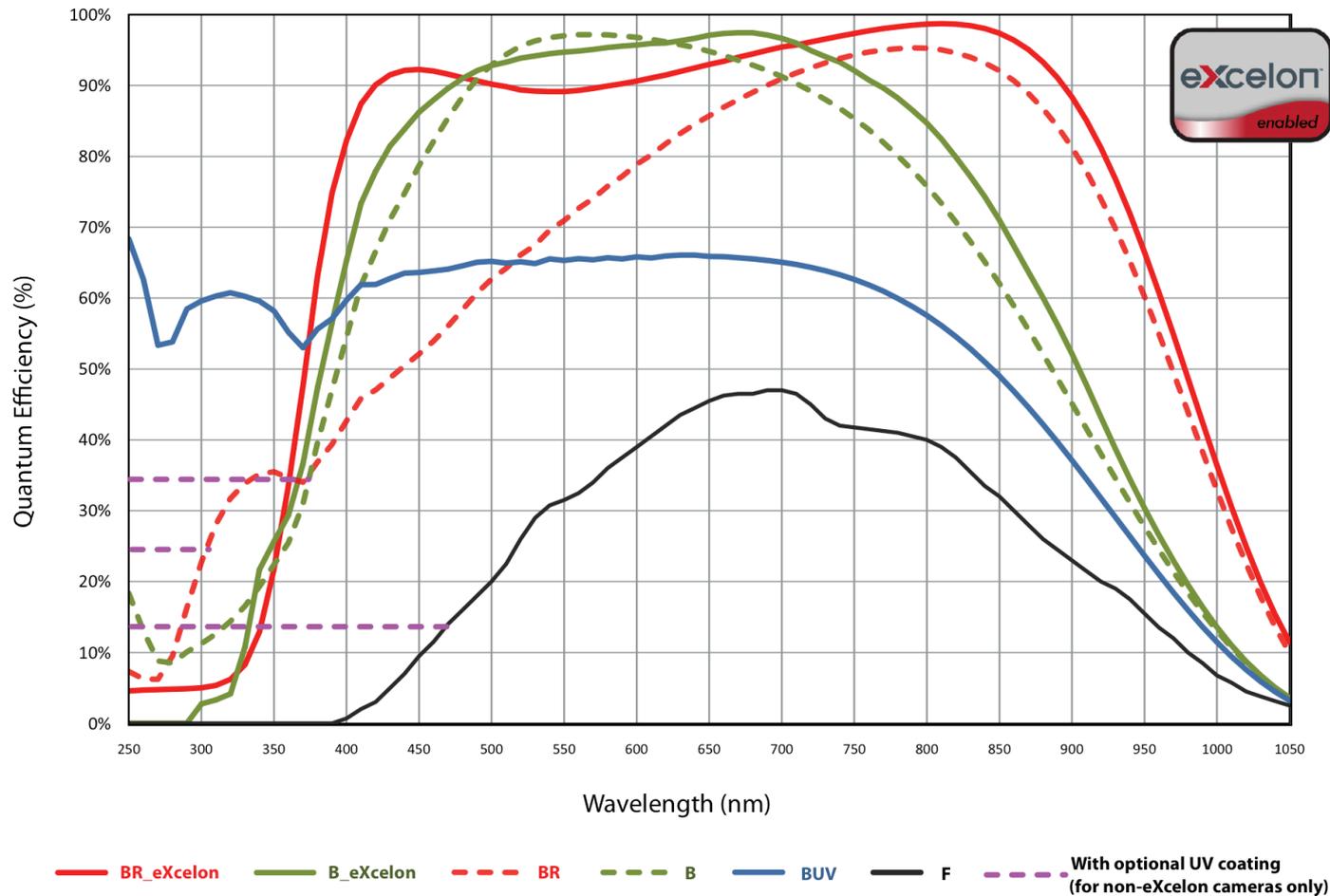
# フィルターとダイクロイックミラー



$g'_2, r'_2, z_s$  の3枚のフィルターを搭載(手動着脱可能)

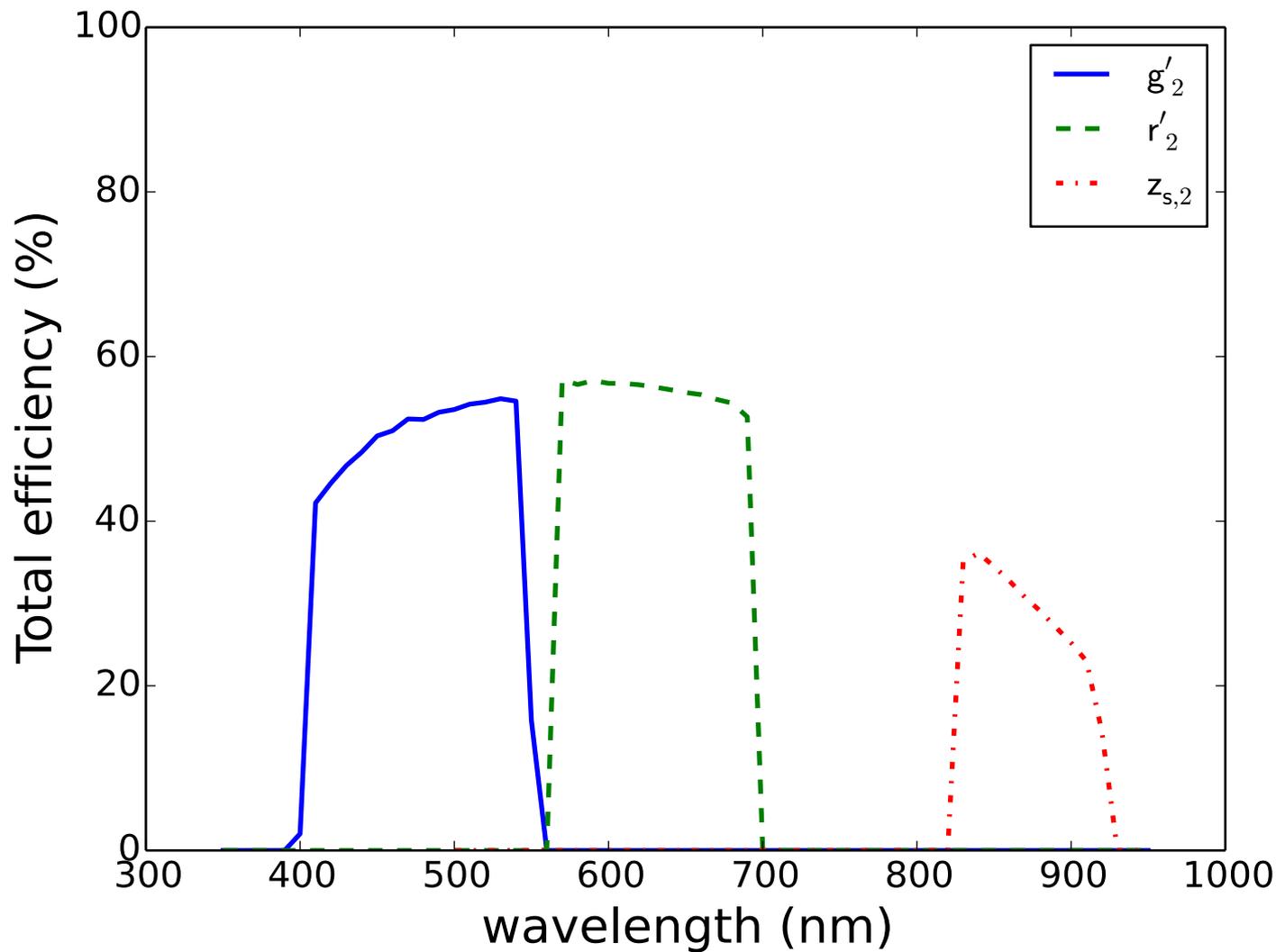
$g'_2$ と $l'_2$ 、 $l'_2$ と $r'_2$ の間で波長を分ける特注ダイクロイックミラー 4

# CCDカメラ: Princeton Instruments PIXIS 1024



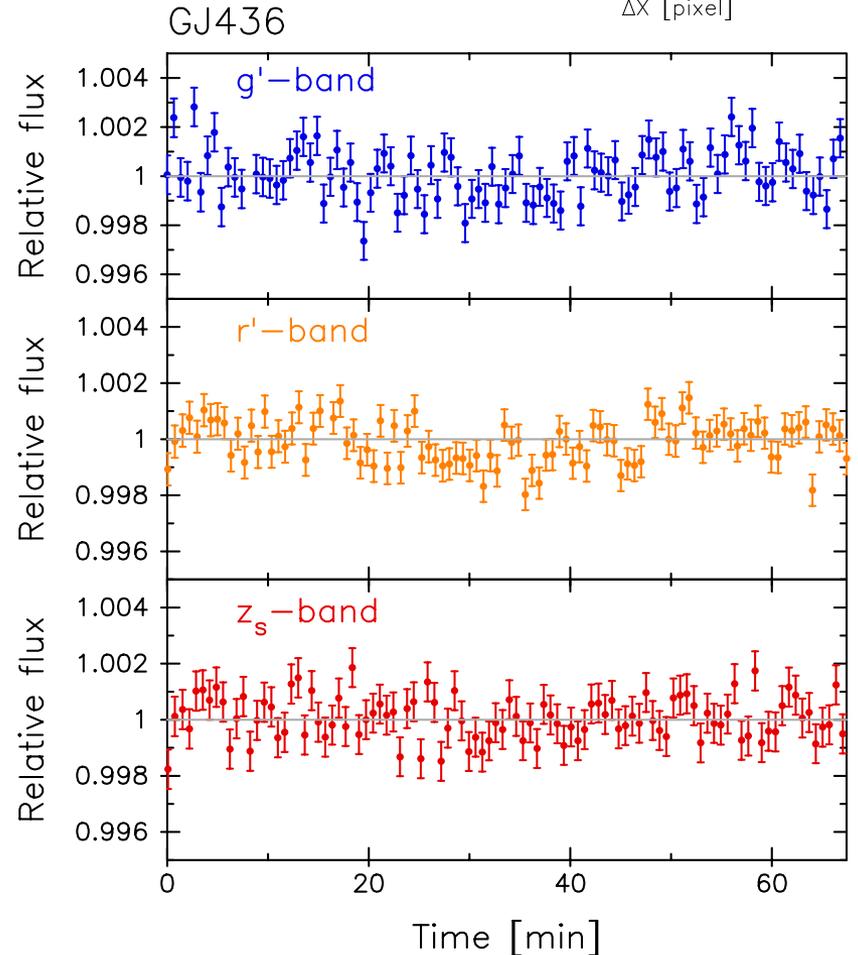
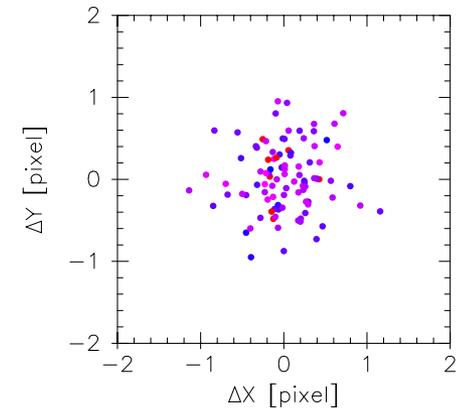
CCDは裏面照射型のフリッジ対策あり(B\_eXcelon)を2台  
フリッジ対策なし(B)を1台

# 装置全体のスループット



# 試験観測の結果

- 自己オートガイドモード(右上)
  - 0.4ピクセルのrmsを達成
- GJ436 (V=10.6, R=9.6, I=8.2)で  
トランジット外の30秒露光で  
測光精度の試験(右図)
  - $g'_2$ : 0.10%
  - $r'_2$ : 0.074%
  - $z_{s,2}$ : 0.076%
- 0.1%以下の測光精度が達成  
できることを確認



# MuSCATの装置性能のまとめ

- $g'2, r'2, z_s$ の3色で独立制御の高精度測光観測が可能
  - 各波長で最適な露光時間を設定可能
  - 短い読み出し時間(高速: 0.58秒、低速: 10秒程度)
- 自己オートガイドにより1ピクセル以下の星像位置固定が可能
  - 検出器の感度ムラによる系統誤差を低減
- およそ10等以下のターゲットで0.1%(1mmag)以下の測光精度
  - 10等のターゲットで、60秒積分換算で0.05%の精度
  - 明るい天体でもゴースト、フリッジは見られない
  - 世界の2m級望遠鏡の多色撮像カメラでトップクラスの測光性能

# 1年目の運用状況まとめ

- 2014年12月24日 ファーストライト
- 2015年前期
  - 試験観測・エンジニアリング観測 8夜 (晴天夜 2夜)
  - 論文として出版された成果 3本 (昨年のUMで発表済み)
    - Narita et al. 2015a, JATIS, 1, 045001: MuSCATの装置論文
    - Narita et al. 2015b, ApJ, 815, 47: K2-19bのTTV測定の論文
    - Fukui et al. 2016, ApJ, 819, 27: MuSCATの精度評価論文
- 2015年後期
  - PI型持ち込み装置(開発チームのみ公開)として運用
  - 3つのプロポーザルが採択 10夜+観測所時間
  - 論文として出版された成果 1本
    - Hirano et al. 2016, ApJ, 820, 41: 新たなスーパーアースK2-28bの発見論文

# 2年目の運用状況まとめ

- 2016年前期
  - 3つのプロポーザルが採択 24夜+観測所時間
  - 装置交換の手間を減らすため、おもりやインターフェースの改善
- 2016年後期
  - PI型共同利用装置として全ユーザーに公開
  - ユーザーマニュアル等の整備
  - 3つのプロポーザルが採択 15夜+観測時間+エンジニアリング時間
  - 1つのToOプロポーザルが採択 (整備期間中)
  - 観測実施中

# 論文出版状況と今後の見通し

- 2015年度に4本出版
- 現在解析実施中・論文準備中
  - 福井ほか -> この後の発表参照
  - 宮川ほか -> この後の発表参照
  - 鬼塚ほか -> この後の発表参照
  - 成田ほか: K2/ESPRINTによる新しいホットネプチューンの発見確認
  - Gaudiほか: A型星まわりのホットジュピターの発見
- 担当割り当て待ちのデータが5天体程度
- 比較的高い論文生産率

# ESPRINT-JP



## Okayama Astrophysical Observatory 188cm telescope

- Optical 3-band photometry
- Near-infrared photometry

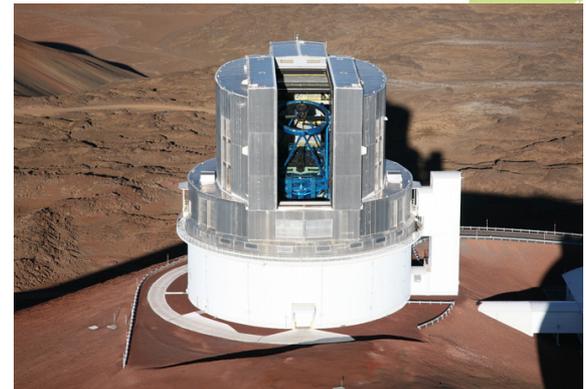


## South African Astronomical Observatory 1.4m IRSF

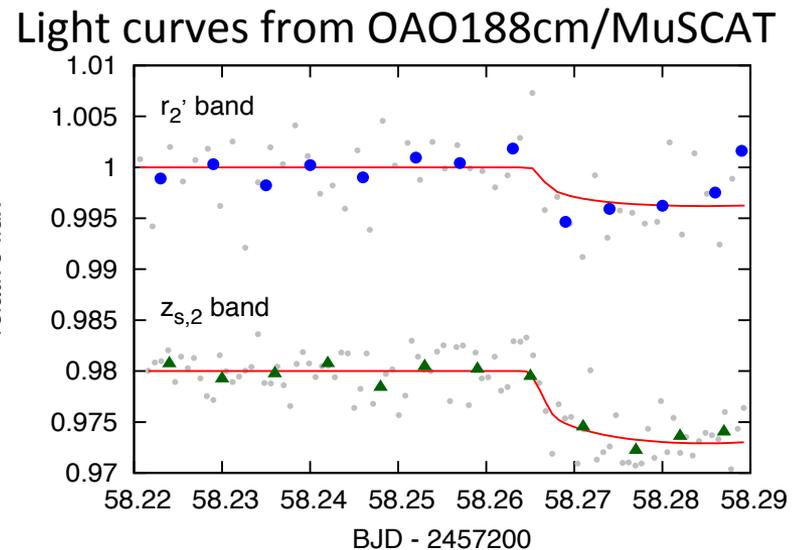
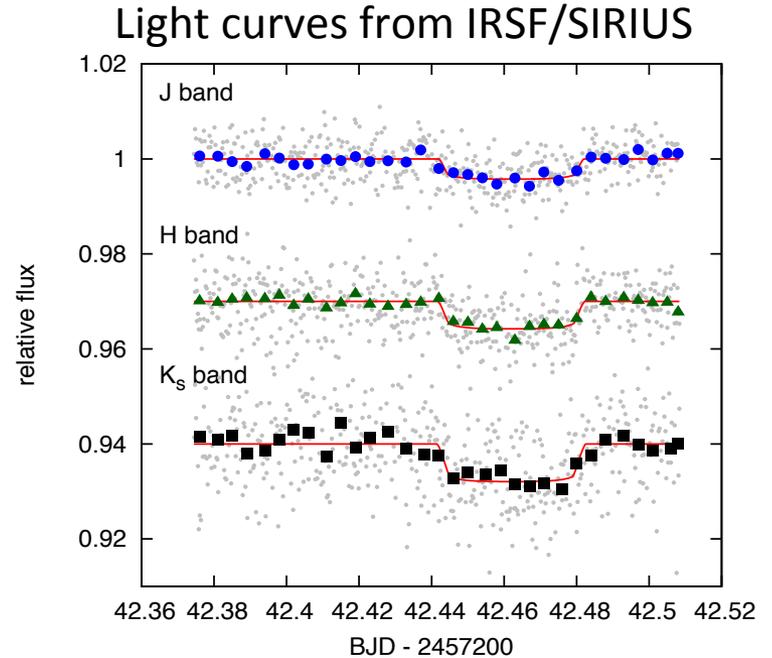
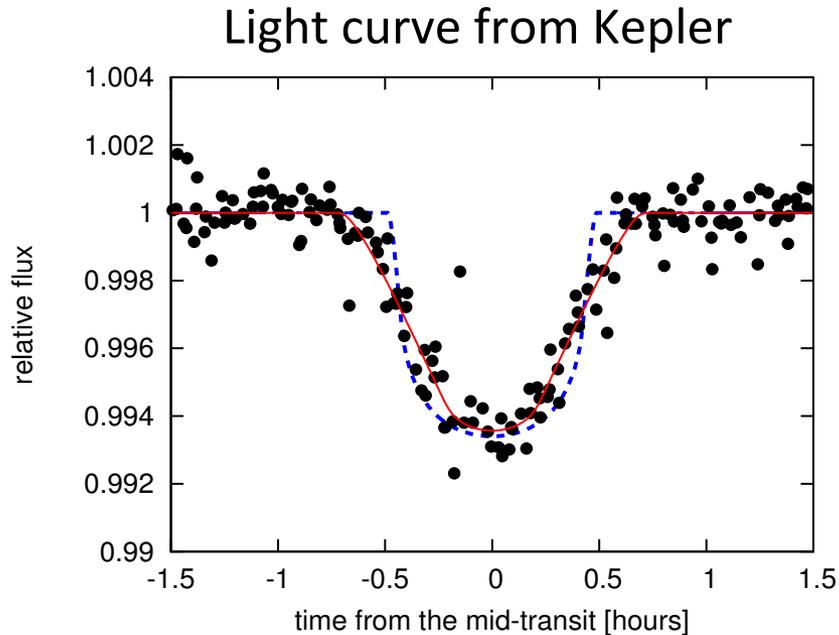
- Near-infrared 3-band photometry (J, H, Ks)

## Mauna Kea Observatory 8.2m Subaru telescope

- AO imaging
- High-resolution spectroscopy

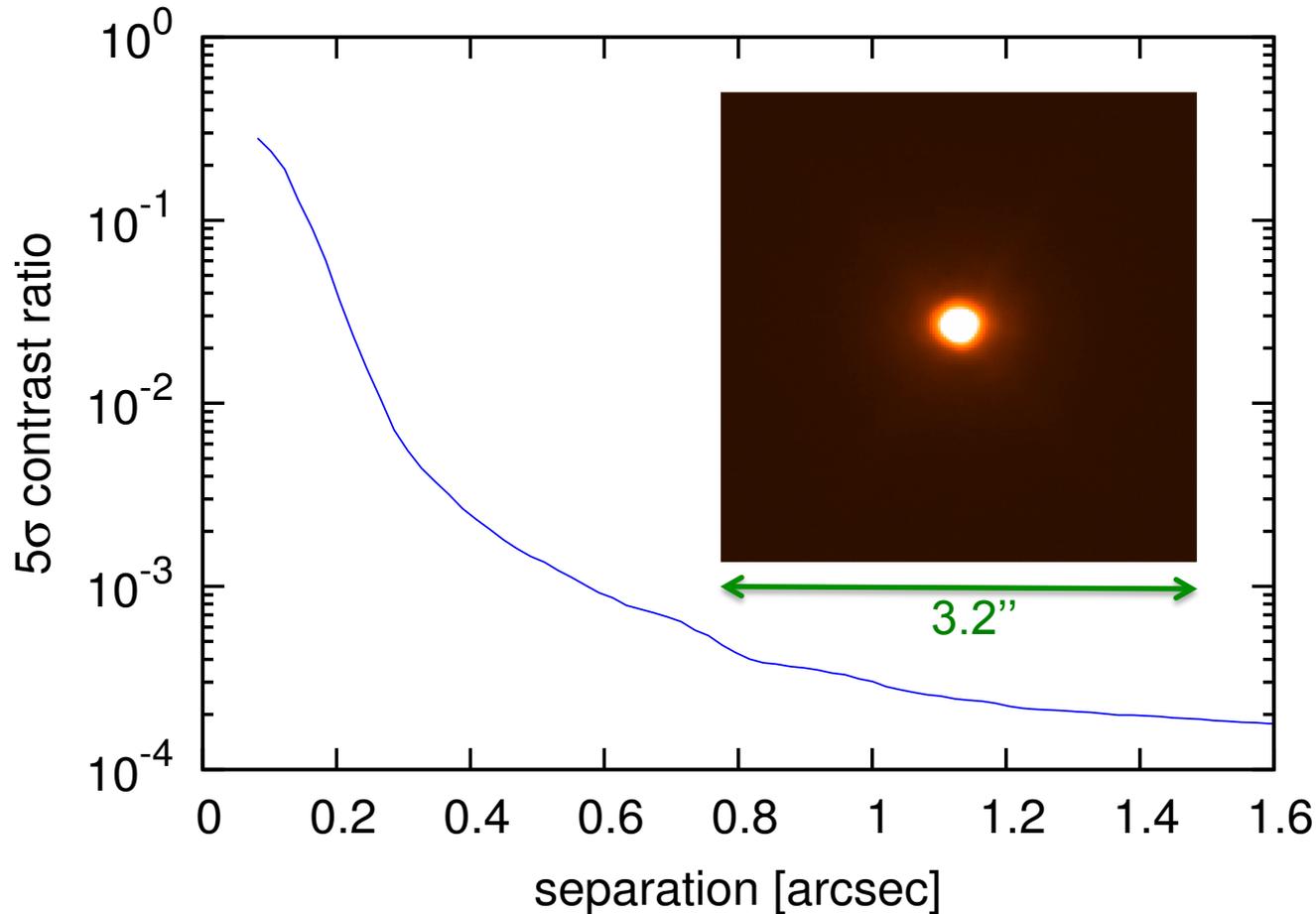


# K2-28b: a super-Earth around a Low-temperature Star



Stellar mass:  $0.3 M_{\text{sun}}$   
Stellar temperature: 3,200 K  
Planetary radius:  $2.3 R_{\text{Earth}}$   
Orbital period: 2.3 days  
Planetary temperature:  $\sim 500$  K

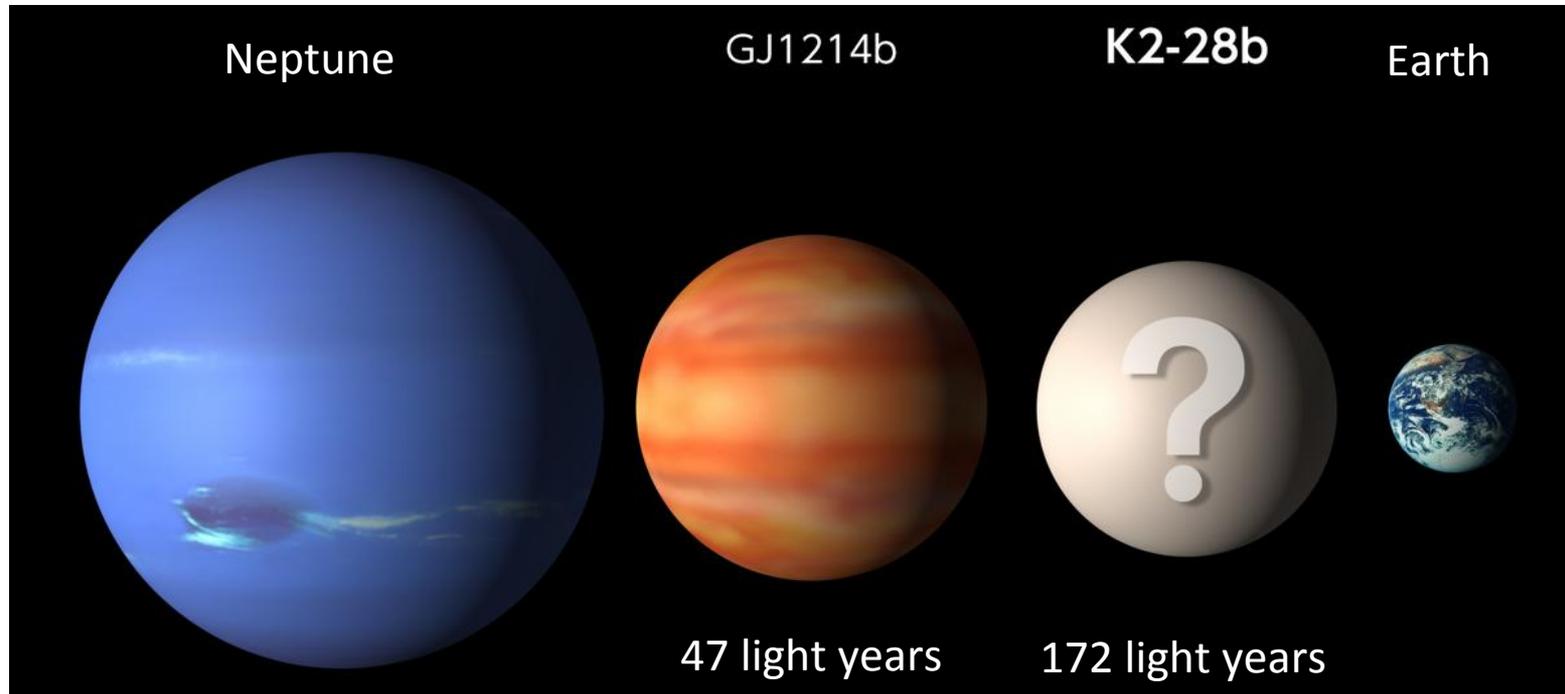
# High-resolution Imaging with Subaru/AO188+IRCS



Based on this contrast curve, we computed the probability that the observed transit of K2-28b is caused by a background eclipsing binary using a stellar population model.

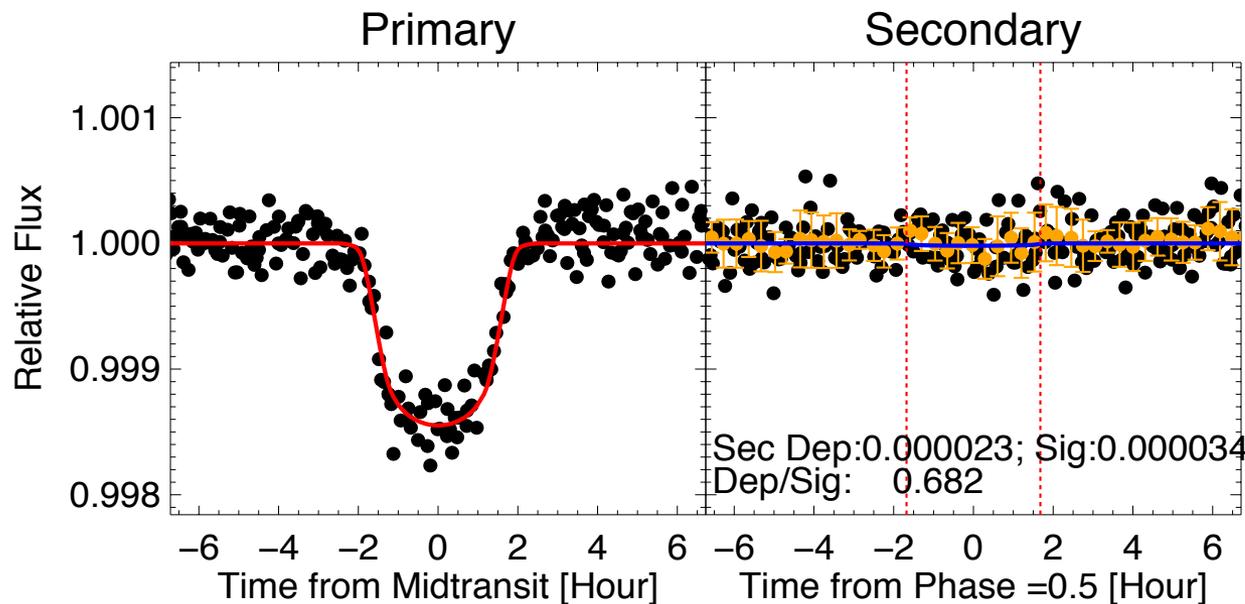
→ FPP <  $2 \times 10^{-5}$

# A “Twin” of the Well-known Super-Earth

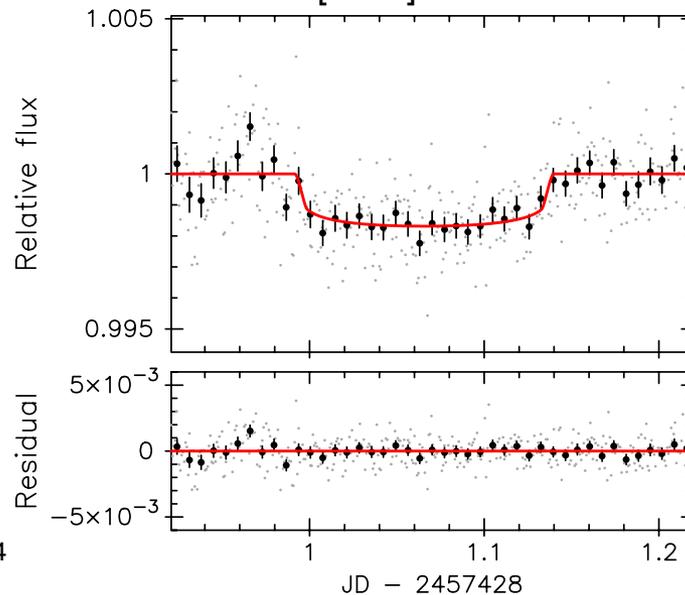
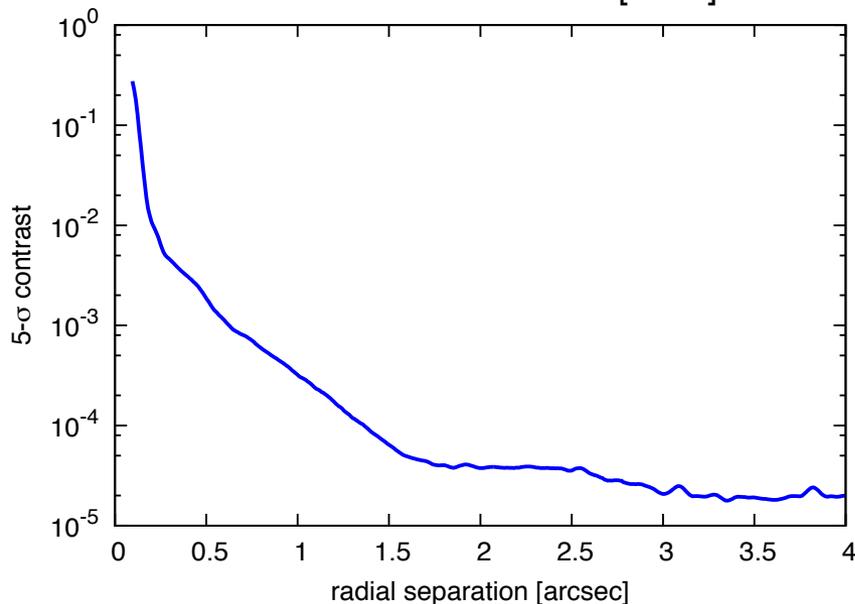


- The size and temperature of K2-28b are similar to those of **GJ1214b**, the best studied super-Earth
  - GJ1214b is most likely be covered by **thick clouds**
  - **K2-28b is a favorable target for a comparative study**

# 新しいホットネプチューンEPIC21???????



- 左: EPRINTによる周期で位相を折りたたんだトランジットとセカンダリ
- 左下: すばるHiCIAOによる $5\sigma$ のコントラストカーブ
- 右下: MuSCATのzバンドライトカーブ



# まとめ

- 新しい3色同時撮像カメラMuSCATが稼働中
  - 2015BからPI型装置として岡山観測所で運用を開始
  - 世界的に見ても高い測光精度を3色同時に達成可能
- 2015年の観測で得られたデータで4本の論文が出版済み
  - 当初の目標である新しい惑星発見(K2-28b)なども達成
  - ほかに5本準備中、継続的に質の高いデータを取得している
- K2/TESS/PLATO時代のトランジット惑星観測に高い威力を発揮できる