

新観測装置MuSCATの性能と目指すサイエンス

(Narita et al. 2015, JATIS in press)

成田憲保 (ABC/国立天文台)

福井暁彦, 日下部展彦, 鬼塚昌宏, 笠嗣瑠, 泉浦秀行,
柳澤顕史 (国立天文台), 田村元秀(東大)、
山室智康 (オプトクラフト)

目次

- MuSCATの仕様
- 試験観測の主な結果
- MuSCATで目指すサイエンス

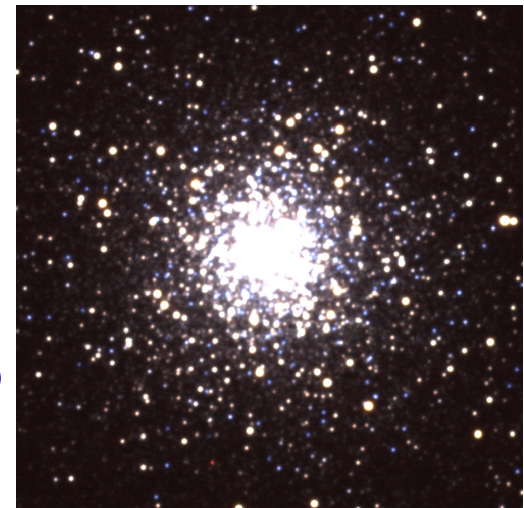
新しい多色撮像カメラMuSCAT



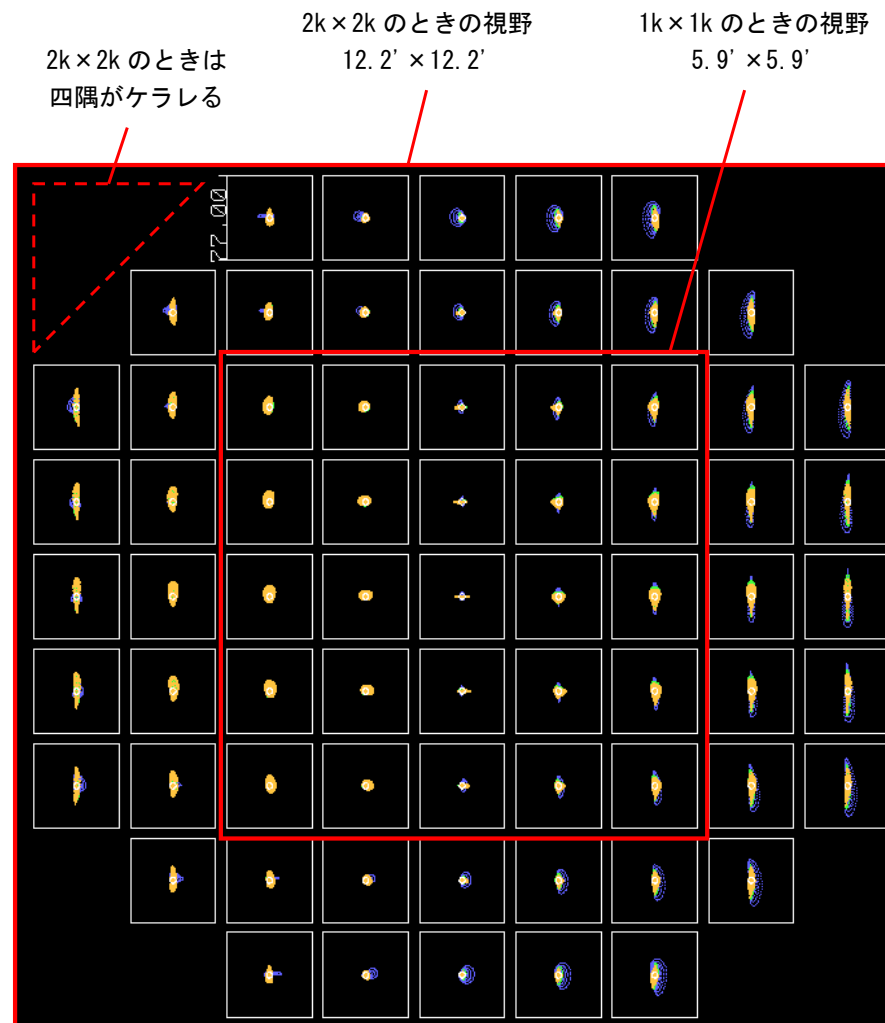
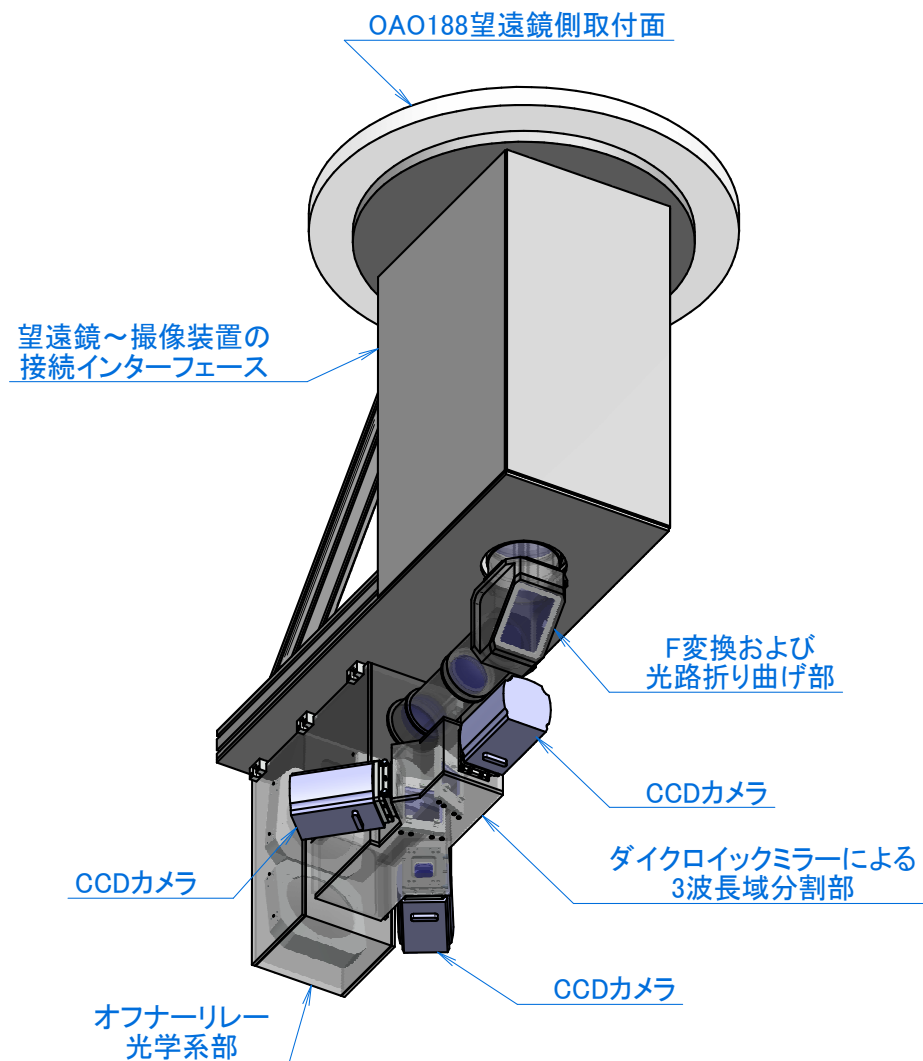
2015年3月3日撮影

- 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 (800-920nm)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



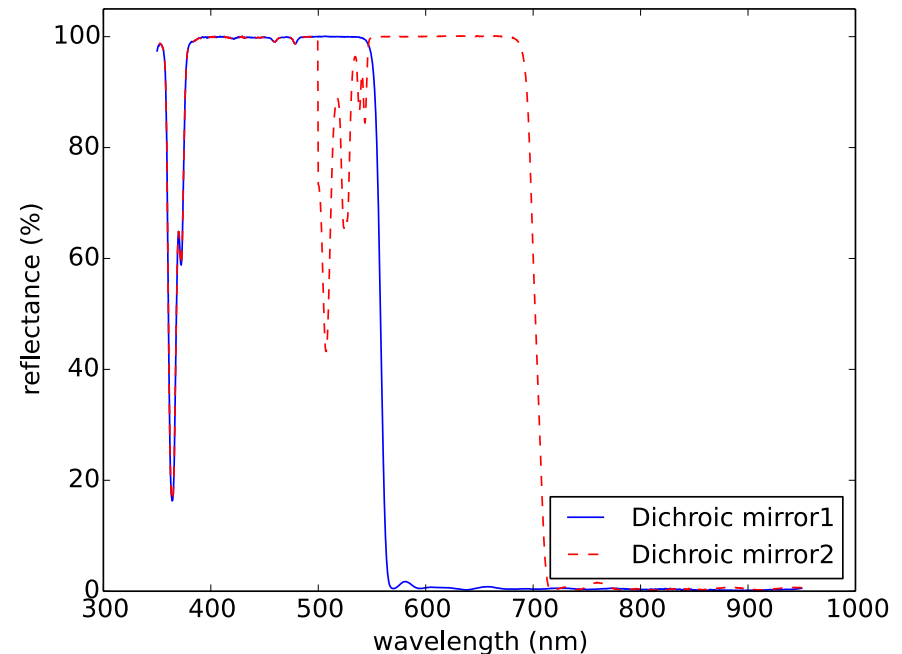
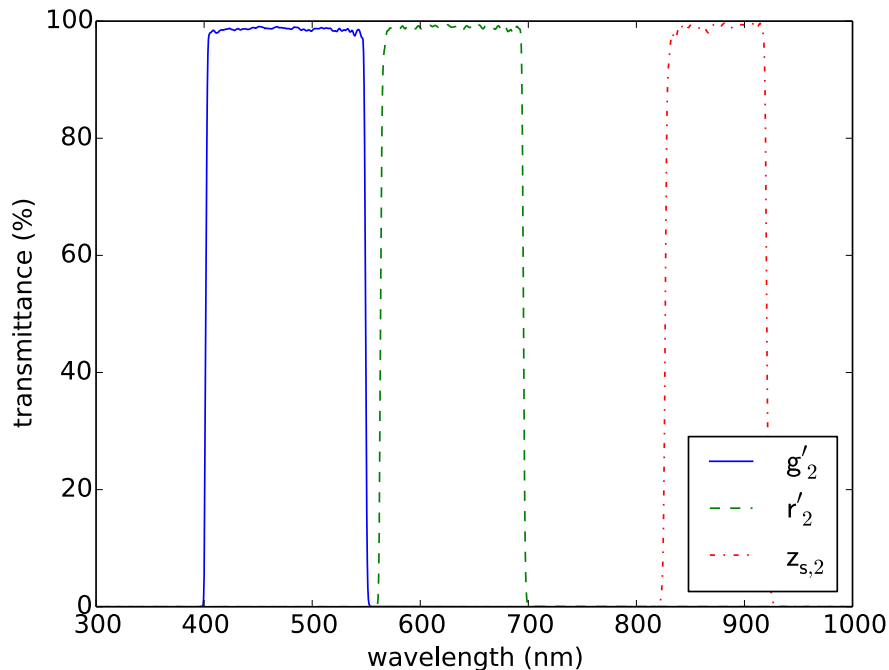
装置構造とスポットダイアグラム



g' 光路のスポットダイアグラム

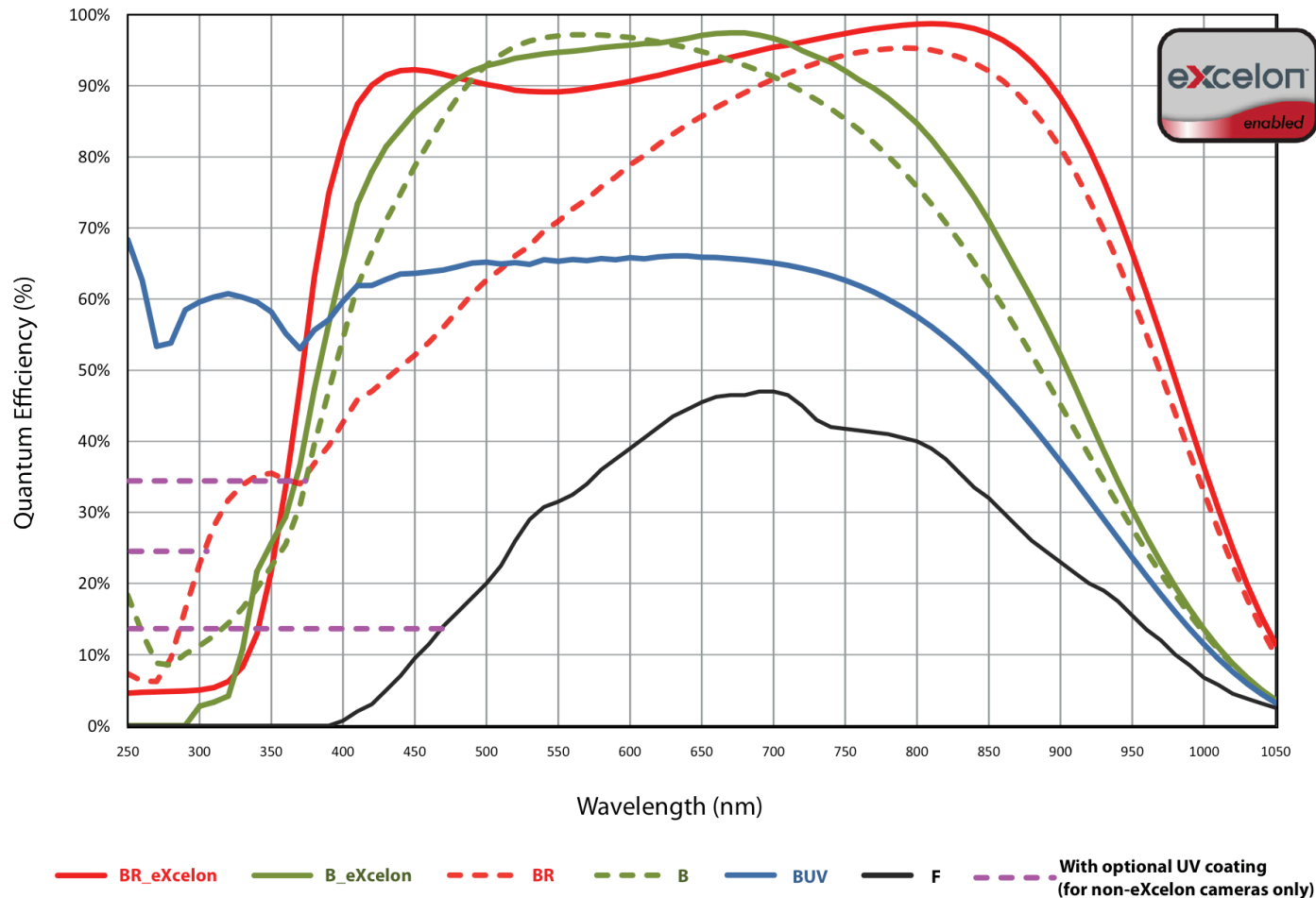
スケール：各正方形が $77\mu\text{m}=2\text{arcsec}$
 波長： $0.4\mu\text{m}$ (紫)、 $0.45\mu\text{m}$ (青)、 $0.5\mu\text{m}$ (緑)

フィルターとダイクロイックミラー



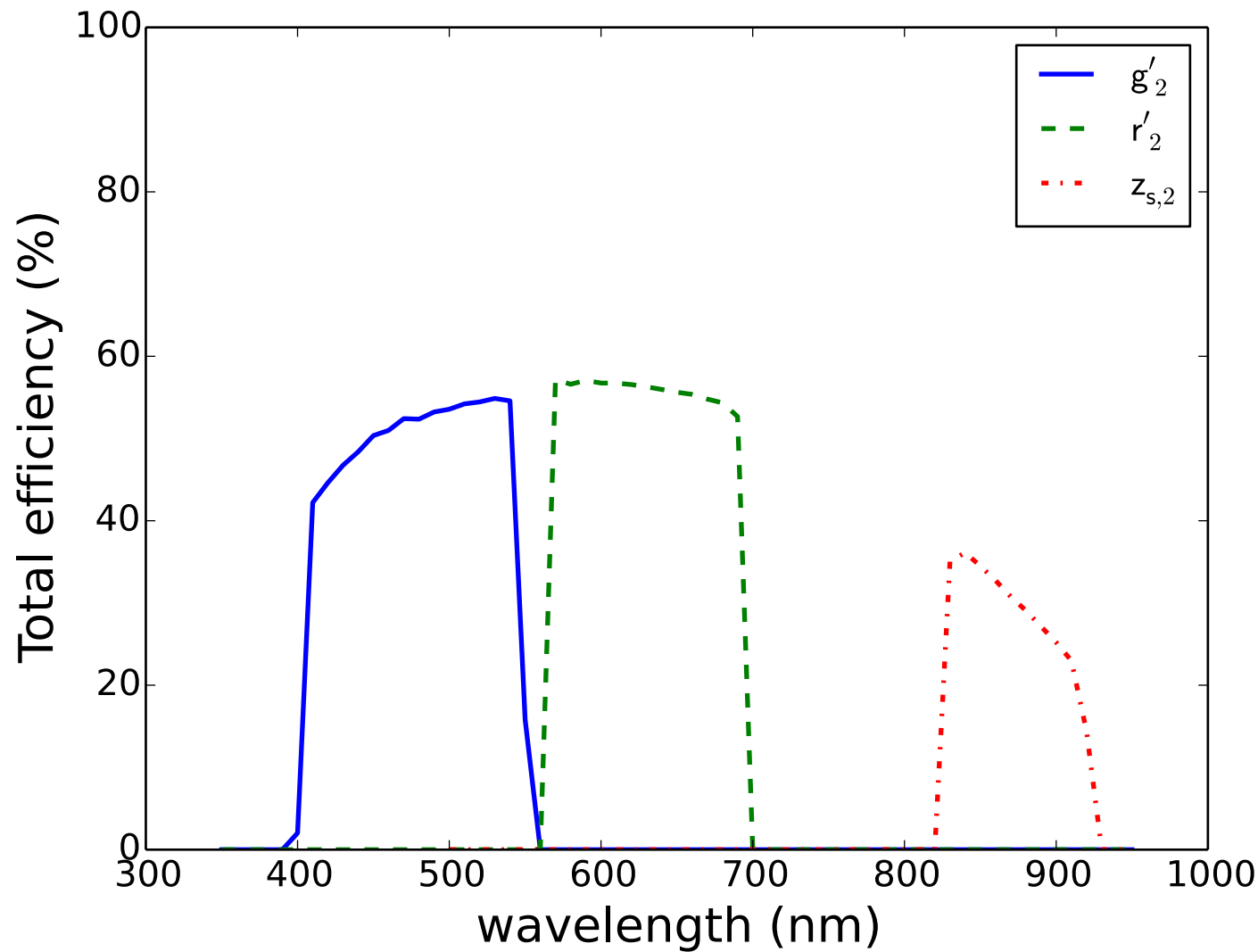
g'_2, r'_2, z_s の3枚のフィルターを搭載(手動着脱可能)
 g'_2 と l'_2 、 l'_2 と r'_2 の間で波長を分けるダイクロイックミラー

CCDカメラ: Princeton Instruments PIXIS 1024



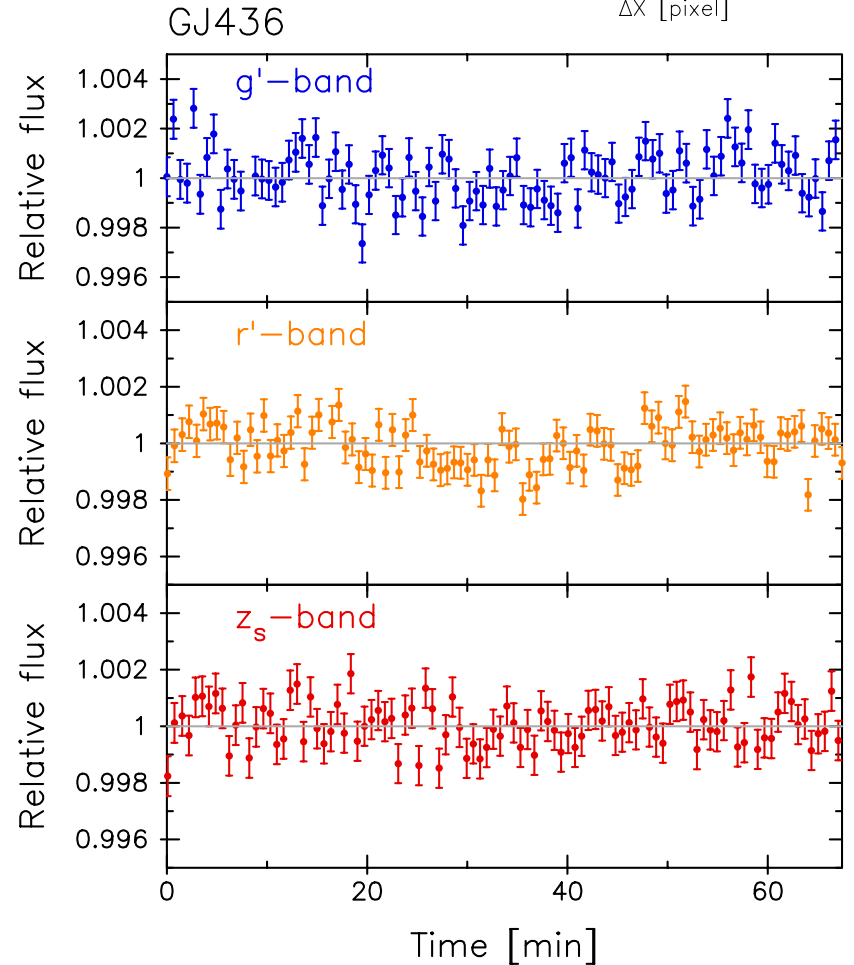
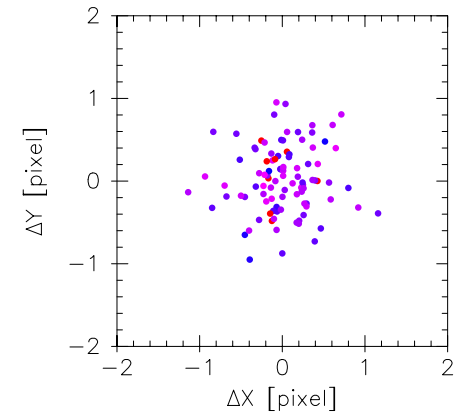
CCDは裏面照射型のフリッジ対策あり(B_eXcelon)を2台
フリッジ対策なし(B)を1台

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' : 0.10%
 - r' : 0.074%
 - z_s : 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、フリンジは見られない
 - 早期M型星まわりのスーパーアース、晩期M型星まわりの地球サイズの惑星のトランジットを観測可能

MuSCATを使って何をするか？

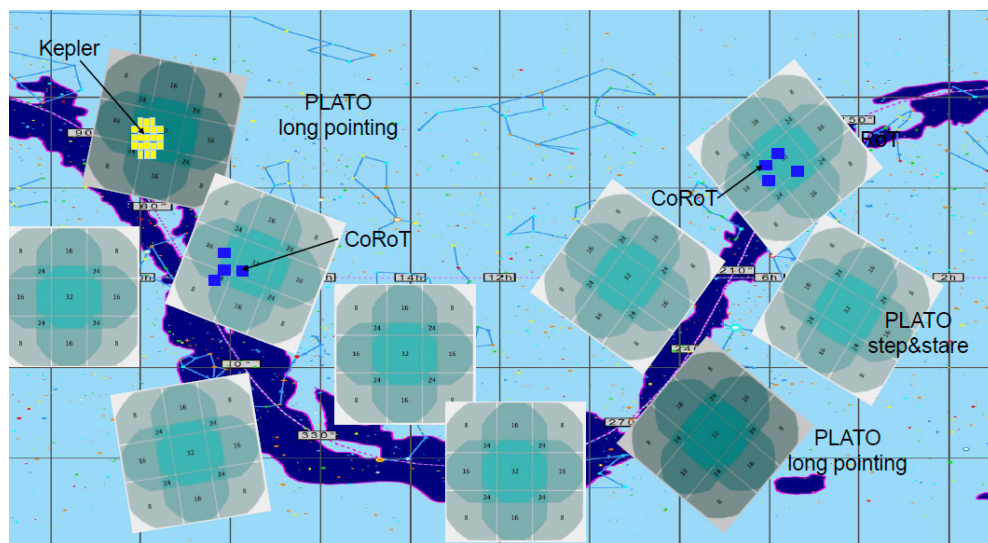
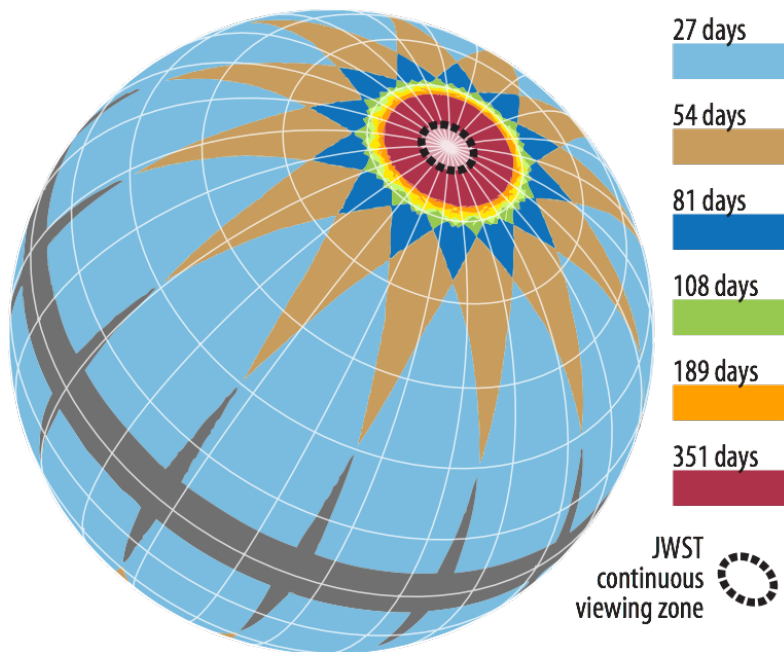
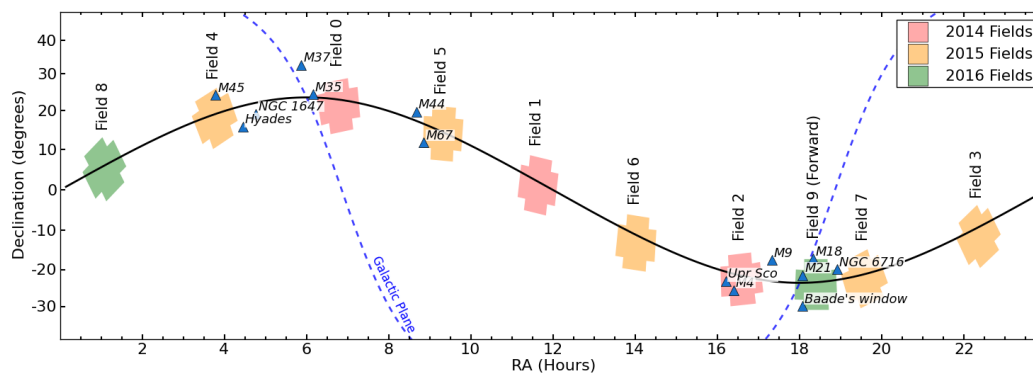
1. トランジット惑星の発見確認観測 (validation)

- トランジットサーベイで発見された惑星候補をいち早く選別
- すばるなどの大型望遠鏡の観測へとつなげる

2. 惑星大気のレイリー・ミー散乱特性の観測 (characterization)

- スーパーアースの主要大気組成の解明
- ガス惑星の空模様(晴れ、曇り、ヘイズ)の調査

今後のトランジット惑星大量発見の時代



TESS Overview

- 2017年8月に打ち上げ予定
- 太陽系近傍の約500,000個の恒星をターゲットとしたほぼ全天のトランジットサーベイ
- 直径10cmの4台の超広視野 ($24^\circ \times 24^\circ$)カメラ
- 2年間のサーベイ
- I等級 <13 の明るいターゲット
- 明るい恒星まわりで、さまざまな特徴付けが可能な惑星が多数発見される見込み

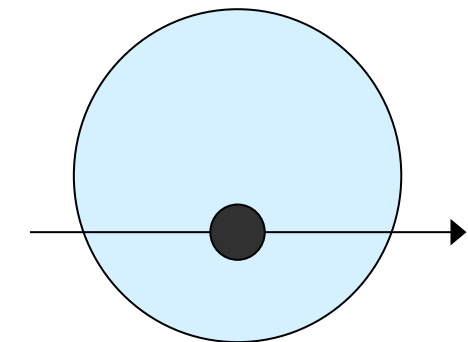


TESSの惑星発見数の見積り (Sullivan+2015)

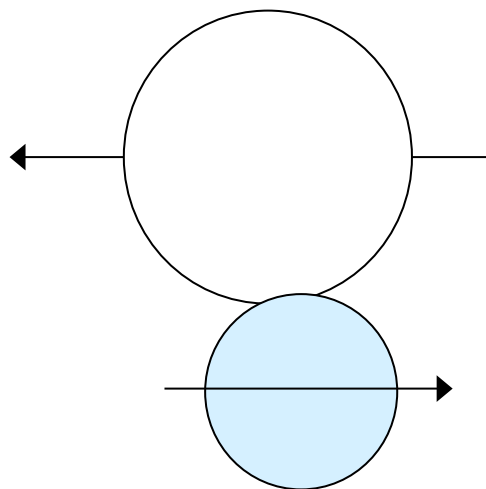
- 2地球半径以下の”地球型惑星”を約300個
 - そのうち~165個がM型星まわり
 - さらに~100個は $k < 10$ の明るい主星を持つ
 - 約20個は生命居住可能領域の周辺にある
- 2-4地球半径の”スーパーアース/ミニネプチューン”を約650個
 - スーパーアースとミニネプチューンの境界付近
 - 太陽系には存在しない、惑星科学の重要なターゲット
- TESSはトランジット発見型のプロジェクト → その惑星の性質を調べるフォローアップ観測が重要
 - ✓ 面白い惑星を中小口径望遠鏡で選別し、大口径望遠鏡の観測へ

トランジット惑星と偽検出

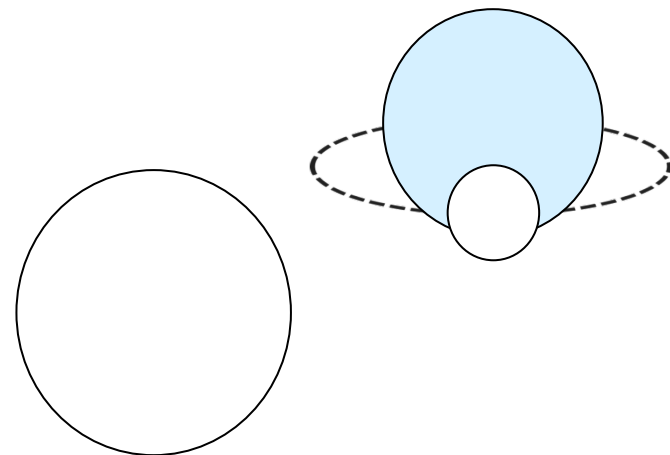
トランジットサーベイで発見される減光は惑星ではない場合がある



通常のトランジット惑星



グレージング型の食連星



伴星/背景星が食連星

惑星は可視で光を発しないため、減光にほとんど波長依存性がない

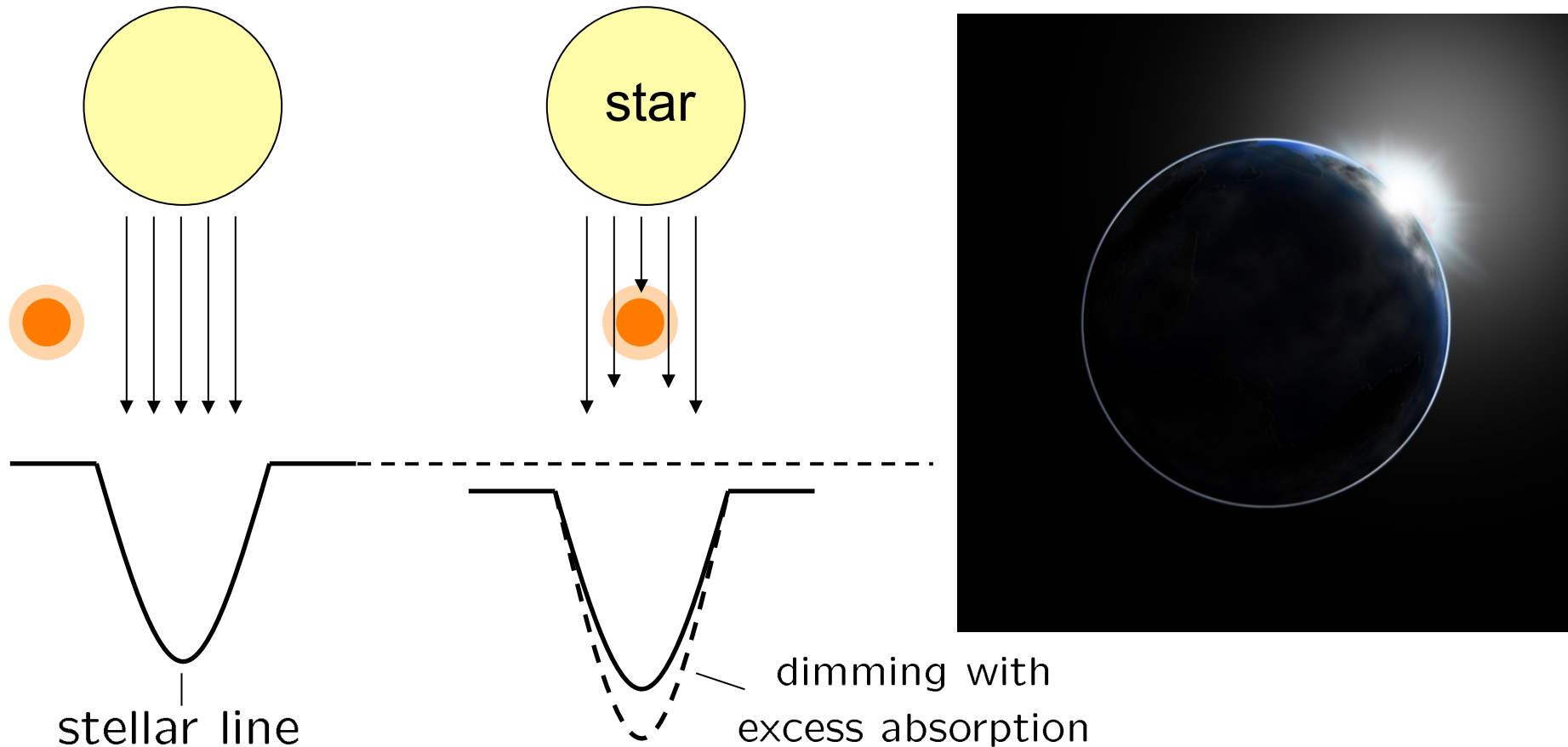
食連星は隠す恒星も光っているため、減光時にその光が残る

→ 減光の深さに大きな波長依存性がある

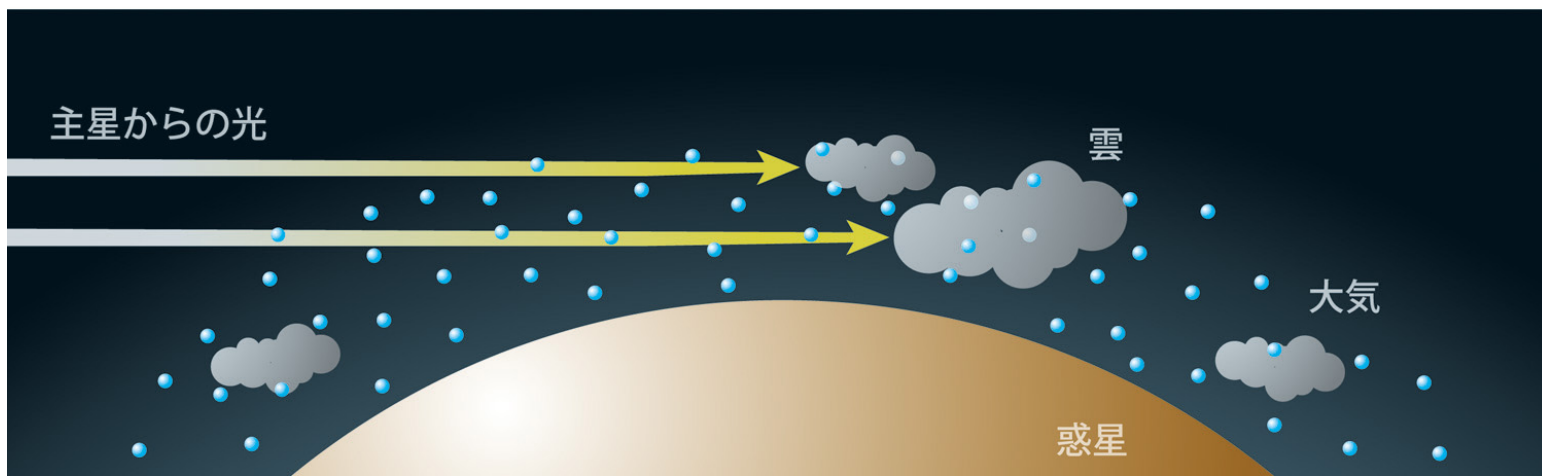
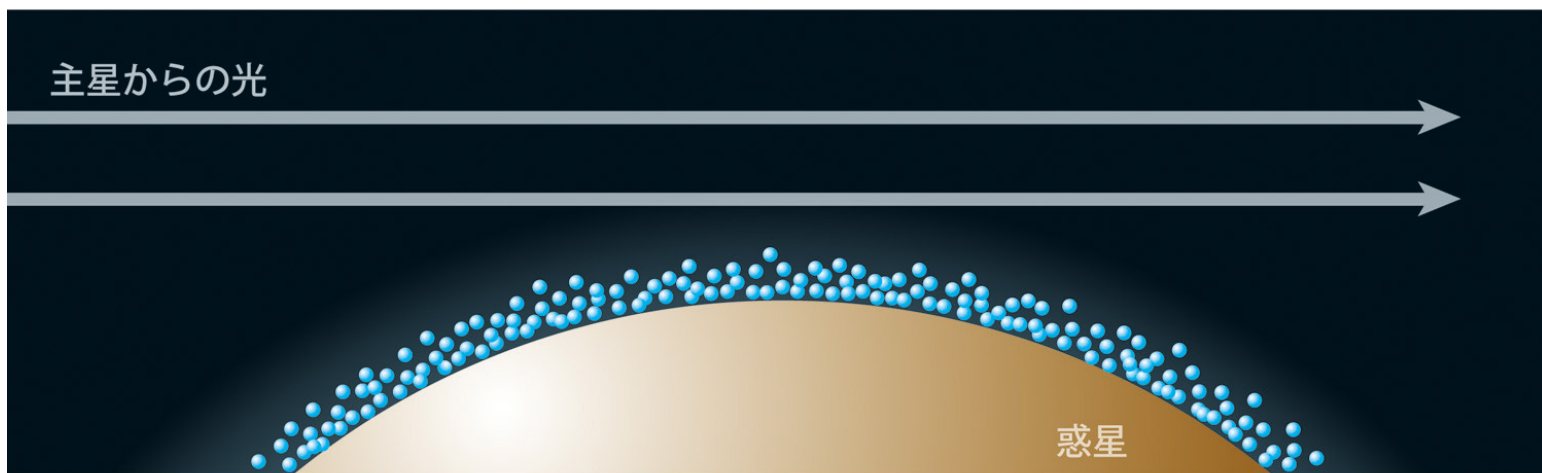
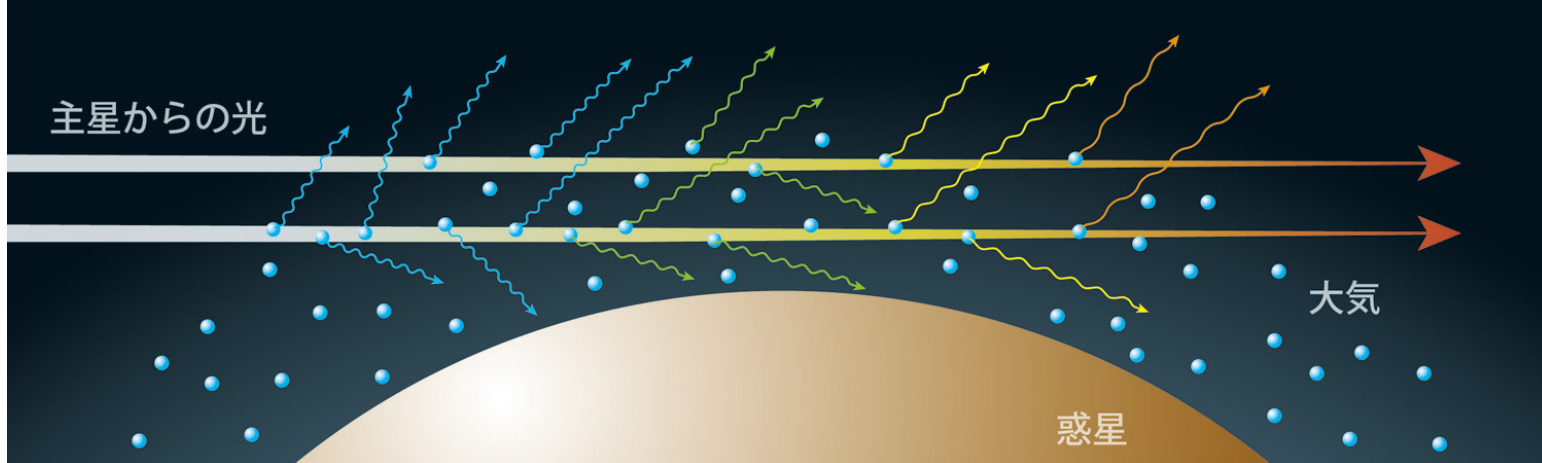
高精度な多色測光観測で判別可能

トランジット惑星の大気の観測

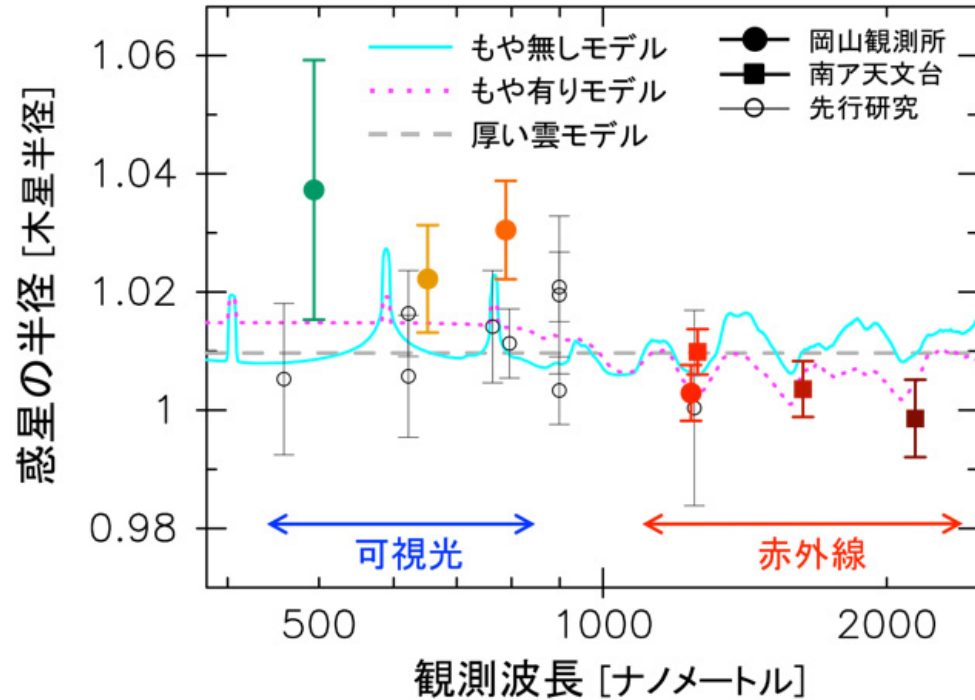
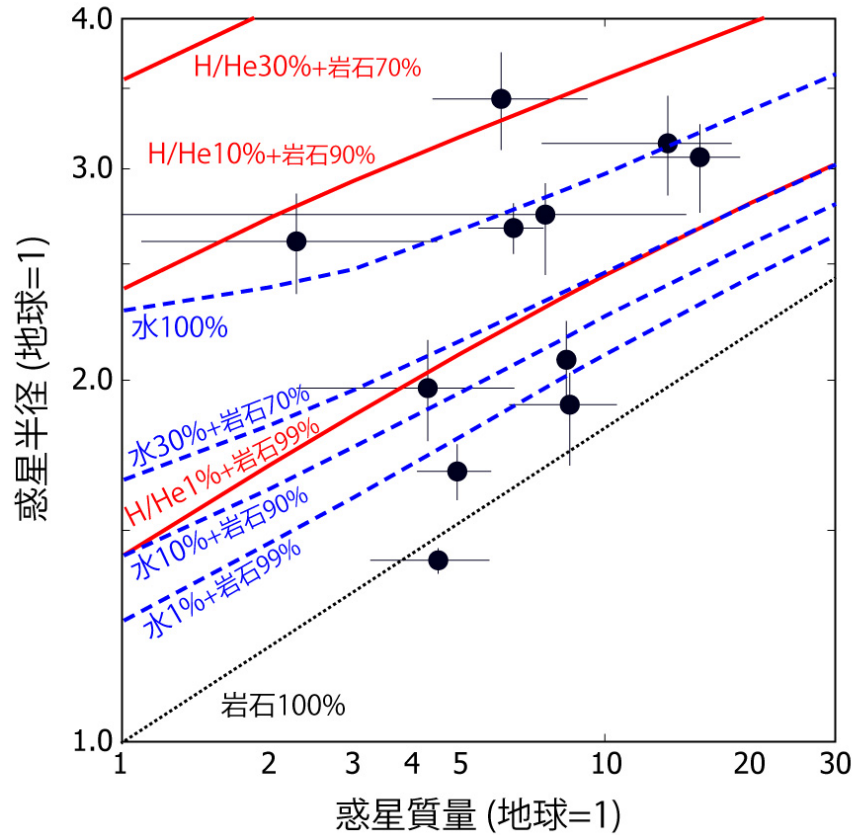
トランジットを利用した透過分光・測光観測



トランジットの減光の深さは惑星大気の組成を反映して、
波長(吸収線や観測バンド)ごとに異なる



惑星大気の性質調査



スーパーアースの主要大気成分

岩石惑星とガス惑星の境界半径

ガス惑星の空模様の多様性

ヘイズ粒子の特性

まとめ

- 新しい3色同時撮像カメラMuSCATが完成した
 - 2015BからPI型装置として岡山観測所で利用を開始
 - 世界的に見ても高い測光精度を3色同時に達成可能
- 2015Aの観測所時間で得られたデータで2本の論文を準備中
 - 既知のトランジット惑星の高精度測光観測 (Fukui et al.)
 - K2で発見された3:2共鳴惑星のフォローアップ観測 (Narita et al.)
- K2/TESS/PLATO時代の系外惑星観測に高い威力を発揮できる
 - 系外惑星以外のモニタリング観測(変光天体、恒星の自転周期、突発現象など)にも有用