

MuSCATの初期成果： K2で発見された惑星のTTVの確認および ホットジュピターの高精度測光観測

福井暁彦

国立天文台岡山天体物理観測所

MuSCAチーム：成田憲保、日下部展彦、鬼塚昌宏、
笠嗣瑠、柳澤顕史、泉浦秀行

ESPRINTチーム：平野照幸、R. Sanchis-Ojeda、J. Winn

PEaCHチーム：川島由依、堀安範、生駒大洋

2015年8月18日

2015年度岡山(光赤外)ユーザズミーティング @三鷹

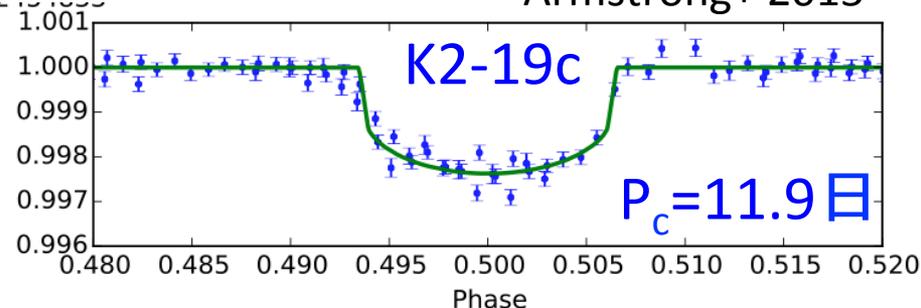
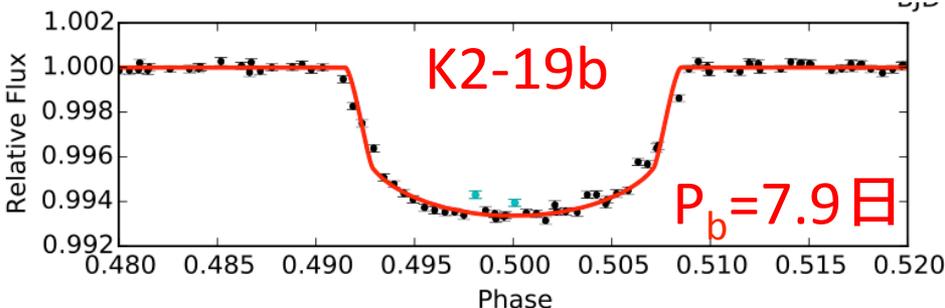
MuSCAT: トランジット観測を目的とした新多色撮像カメラ

- g'_2 (400-550nm)、 r'_2 (550-700nm)、 $z_{s,2}$ (800-920nm) の3色を同時撮像
- 1k CCD x 3台、視野6.1分角
- 主目的: 太陽系近傍トランジット惑星の発見確認および大気の調査
- 2013年度より設計・製作を開始、2014年12月にファーストライト
- 2015年4月25日に最初のサイエンス観測を実施
 - K2-19b (K2で発見された海王星型惑星)
 - HAT-P-14b (明るい主星まわりのホットジュピター)



K2-19b

Armstrong+ 2015



- K2のField1で発見された、3:2共鳴にあるスーパー海王星と海王星サイズの惑星ペア (Armstrong+ 2015)

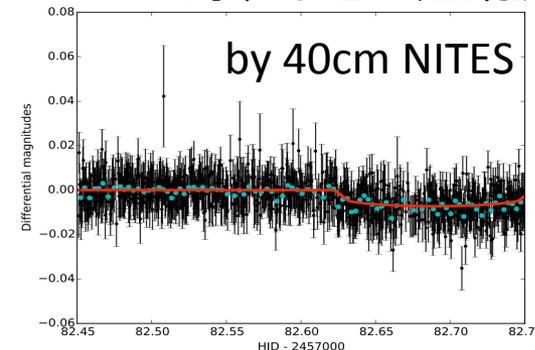
- ESPRINTでも独立に検出

- 地上観測によって、内側惑星(b)の公転周期の変動(TTV)が観測される

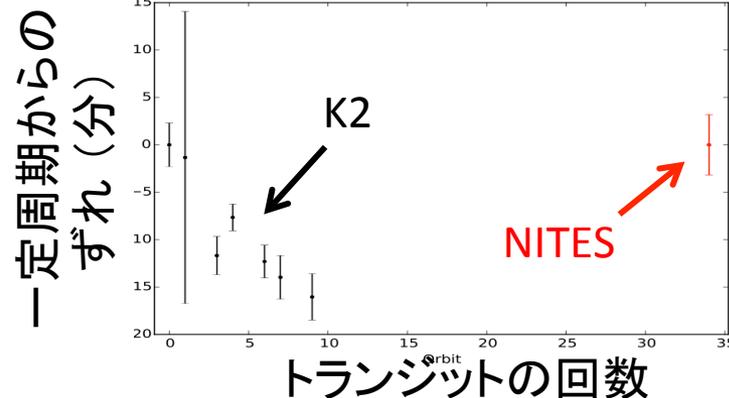
- 地上望遠鏡による初のTTV検出

- 更なる追加観測から、外側惑星(c)の質量を決定可能

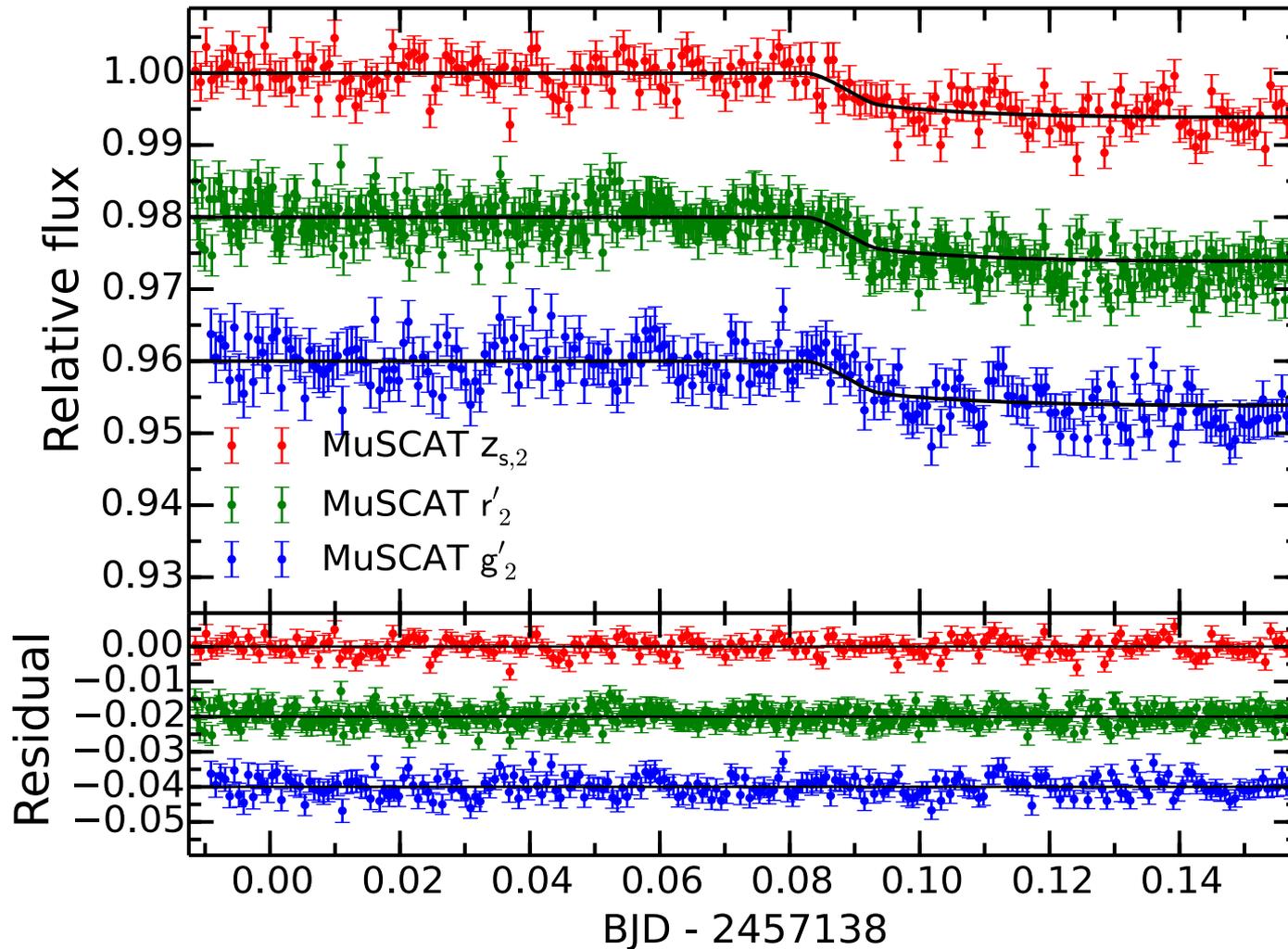
K2-19bに対する地上追観測



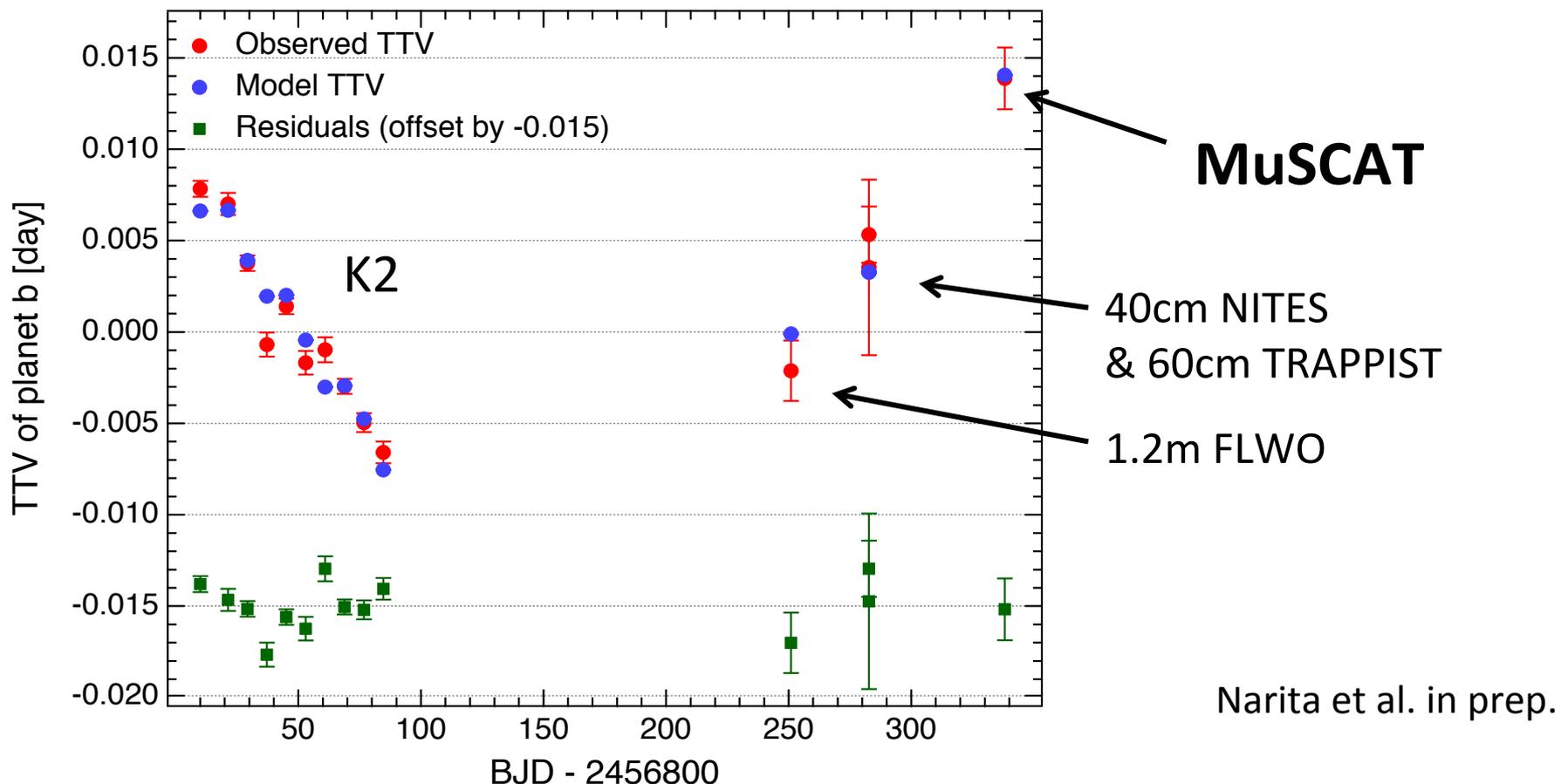
K2-19bに観測されたTTV



MuSCATによるK2-19bのトランジット観測

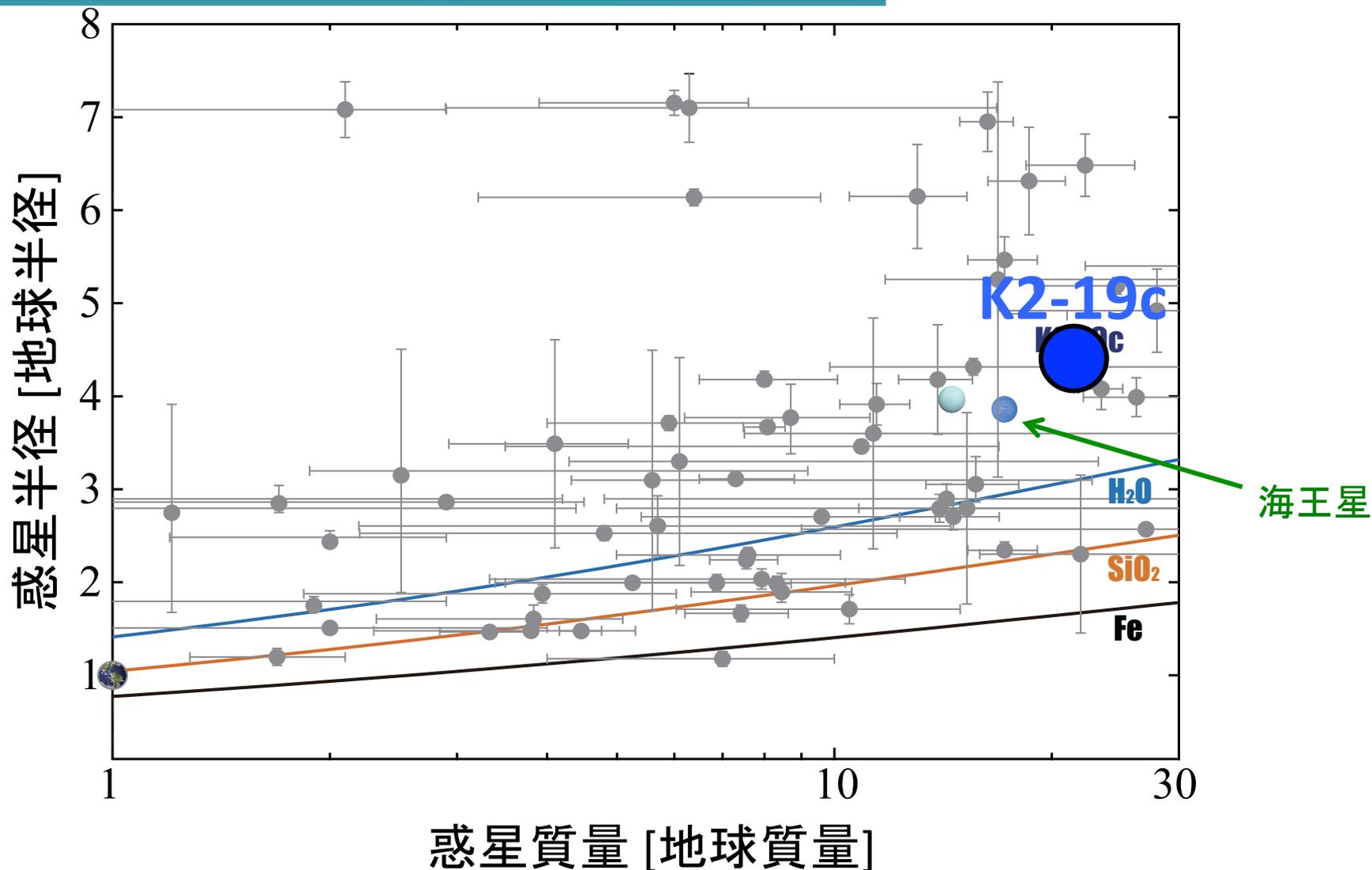


Best-fit TTV Model for K2-19b



- 海外チームとのコラボレーションにより、さらに2回の地上トランジット観測データを入手
- 計13回のトランジットの時刻に対してTTVモデルフィット
- ⇒ 外側惑星(K2-19c)の質量を決定: $M_c = 23.9 \pm 0.9 M_{\text{Earth}}$
- 地上観測からTTV法で惑星の質量を決定した初の例

K2-19cの質量と半径

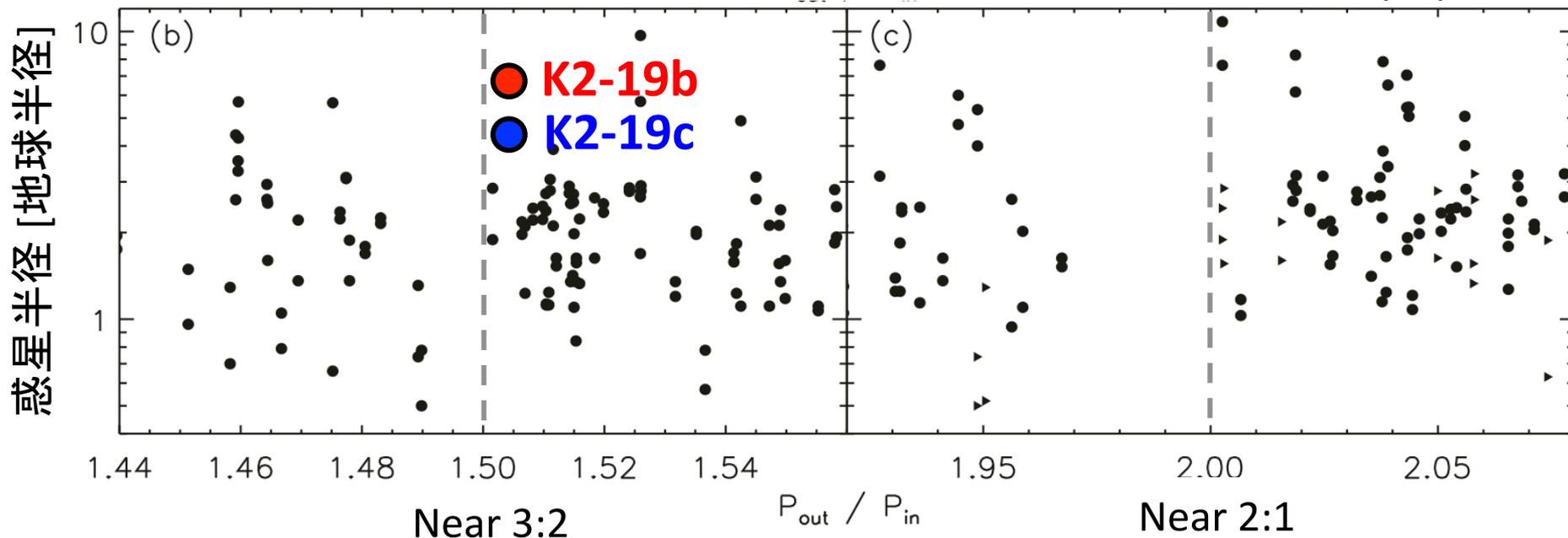


K2-19cは海王星より質量と半径がやや大きなガス惑星

K2-19b,cの特徴と今後の展望

Kepler (第一期)で発見された複数惑星系の周期比分布

Fabrycky+ 2014



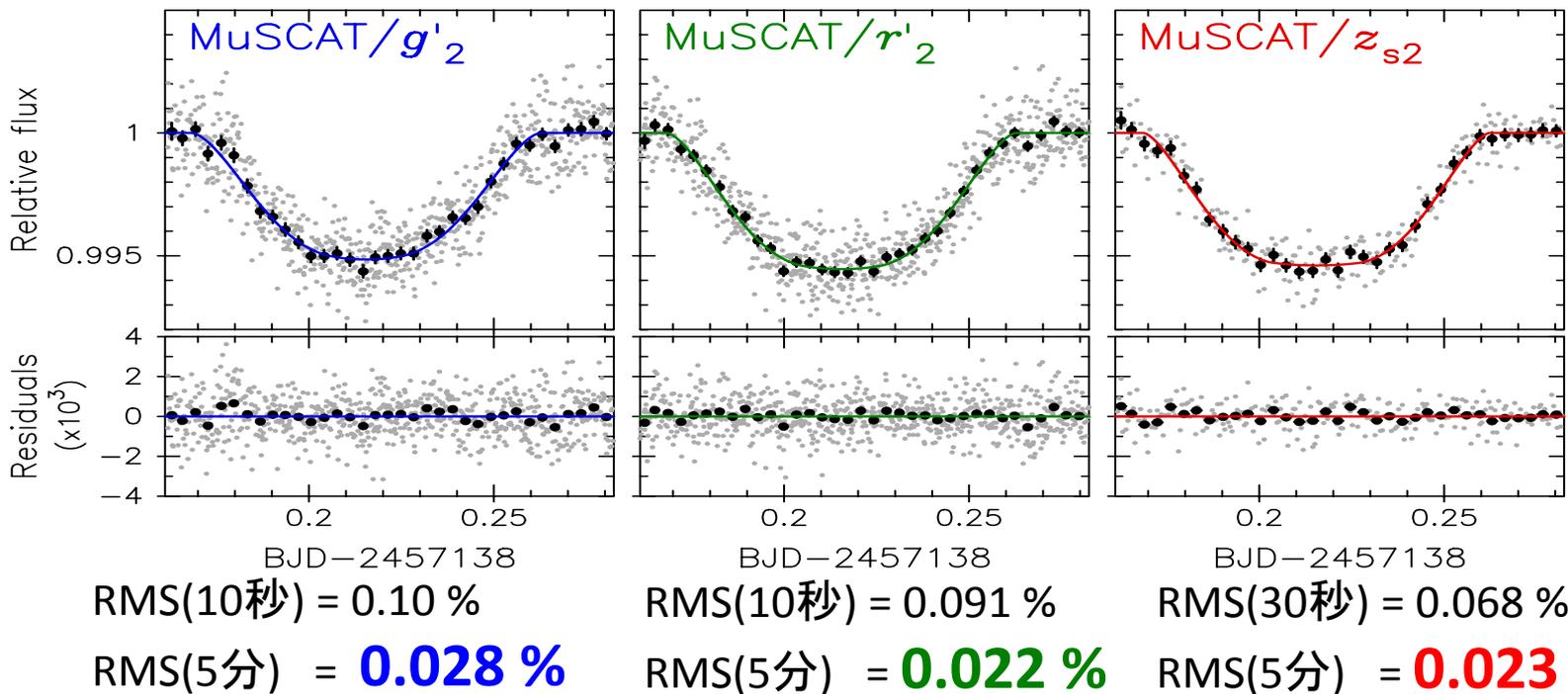
- 周期比が3:2に極めて近いスーパー海王星-海王星ペア
 - 強い共鳴状態にある巨大惑星ペアは稀
 - 形成機構を探る上で非常に興味深い惑星系
- 今後の展望
 - K2-19cのTTV観測によるK2-19bの質量測定
 - 大型望遠鏡を用いた多波長観測による惑星大気の組成調査

HAT-P-14b

- 明るい($V=10$)F型星まわりのホットジュピター
 - 2011年に地上サーベイチーム(HATNet)が発見
 - 逆行軌道($\lambda=189^\circ$)をもつホットジュピター($2.2M_{\text{jup}}$ 、 $1.2R_{\text{jup}}$ 、 $P=4.6$ 日)

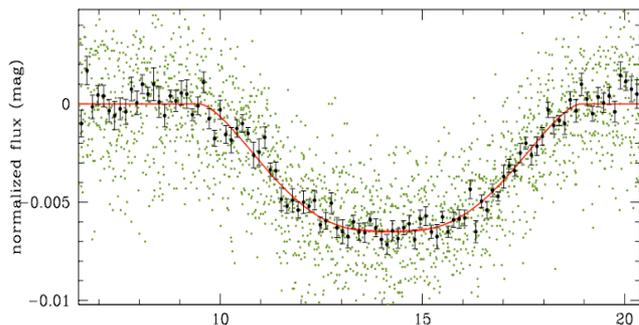
- MuSCATの性能評価に最適なターゲット
 - MuSCAT視野内に同等の明るさの参照星
 - 今後K2やTESSにより、 $V<10$ の明るい星のまわりで多数の小型惑星の発見が期待

HAT-P-14bのトランジット光度曲線



フォトンノイズ+シンチレーションノイズリミットの測光精度を達成

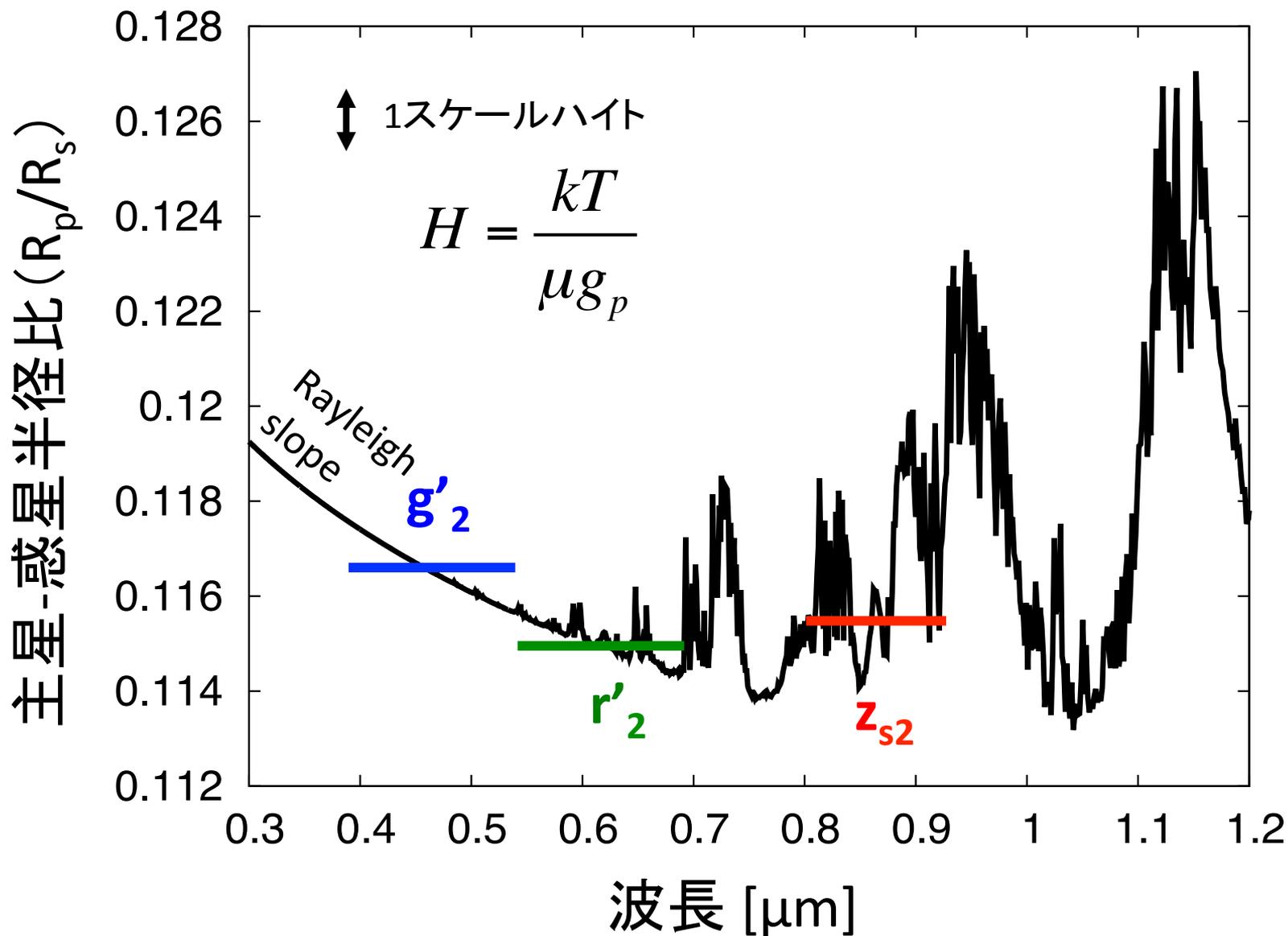
HAT-P-14, 2010 Mar 12th, Asiago 1.82m



Asiago1.82mによるRバンドの観測 (Nascimbeni+ 2011)

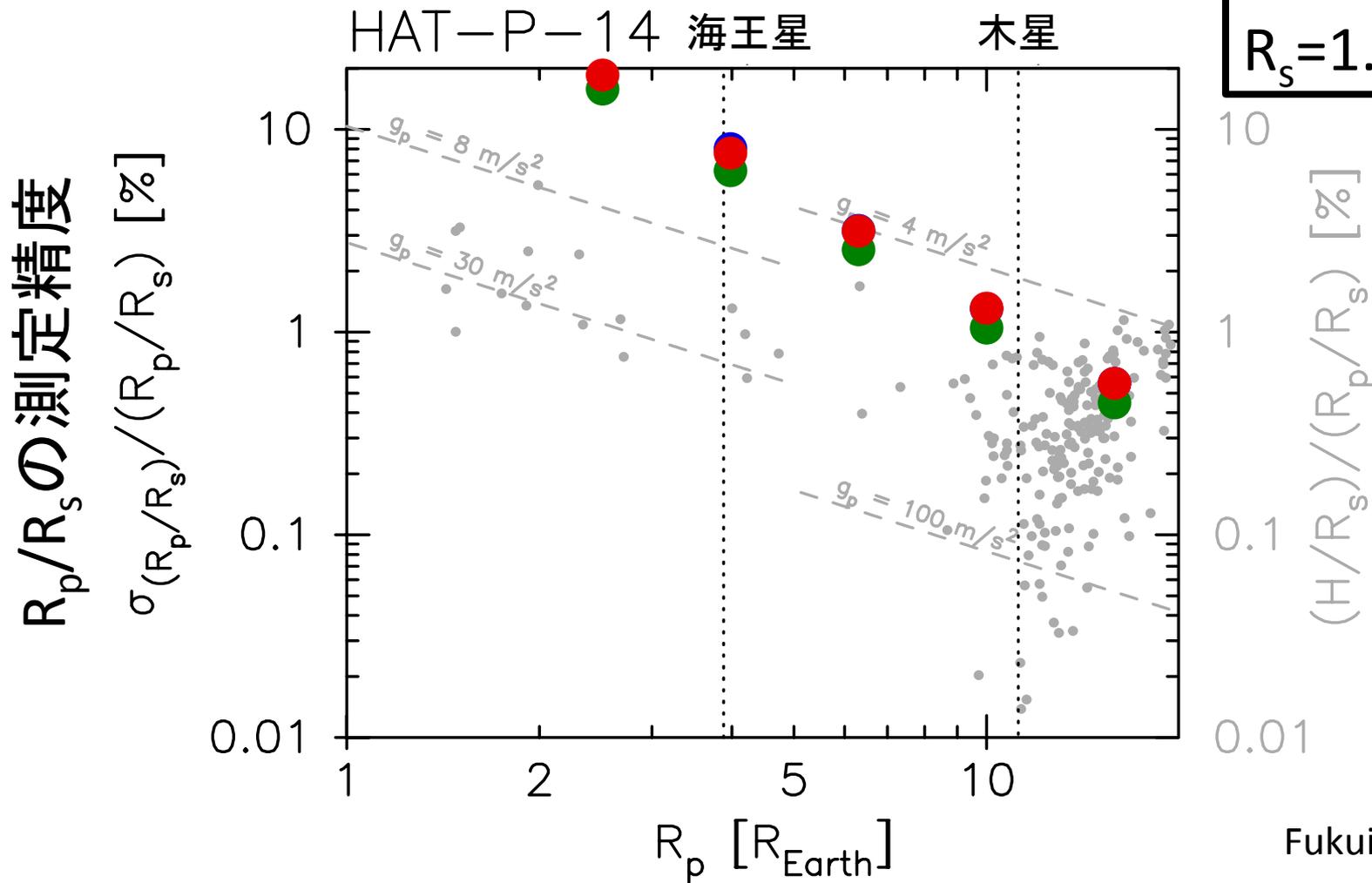
⇒ RMS(5分) = **0.032%**

MuSCATで探る惑星の大気の特徴



R_p/R_s の測定精度シミュレーション

HAT-P-14
F型星@200pc
 $R_s = 1.5R_{\text{sun}}$



Fukui et al. in prep.

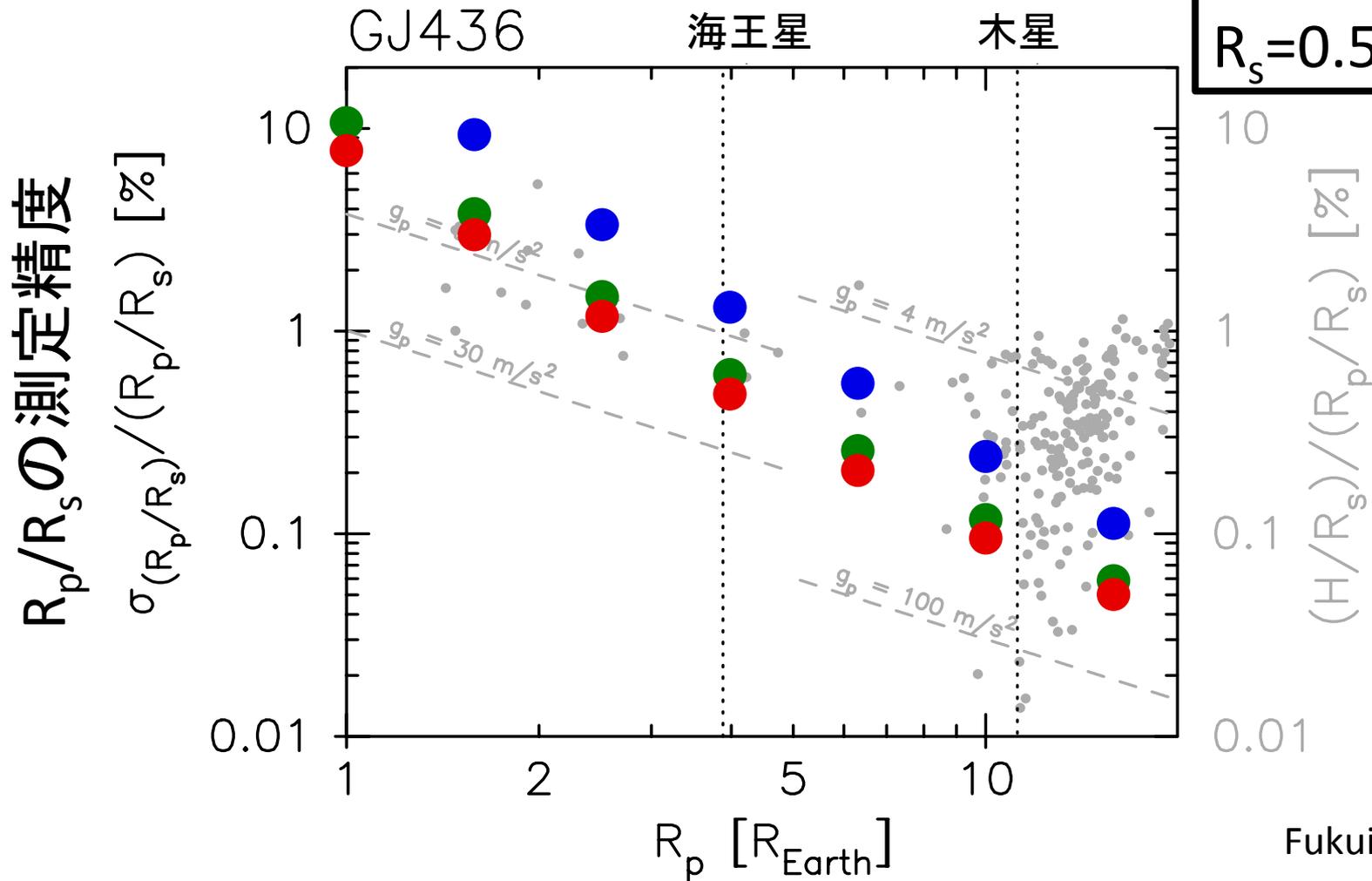
(表面重力の小さい) 巨大ガス惑星 ($>6R_{\text{Earth}}$) の大気を3色で調査可能

R_p/R_s の測定精度シミュレーション

GJ436

M2型星@10pc

$R_s = 0.5 R_{\text{sun}}$



Fukui et al. in prep.

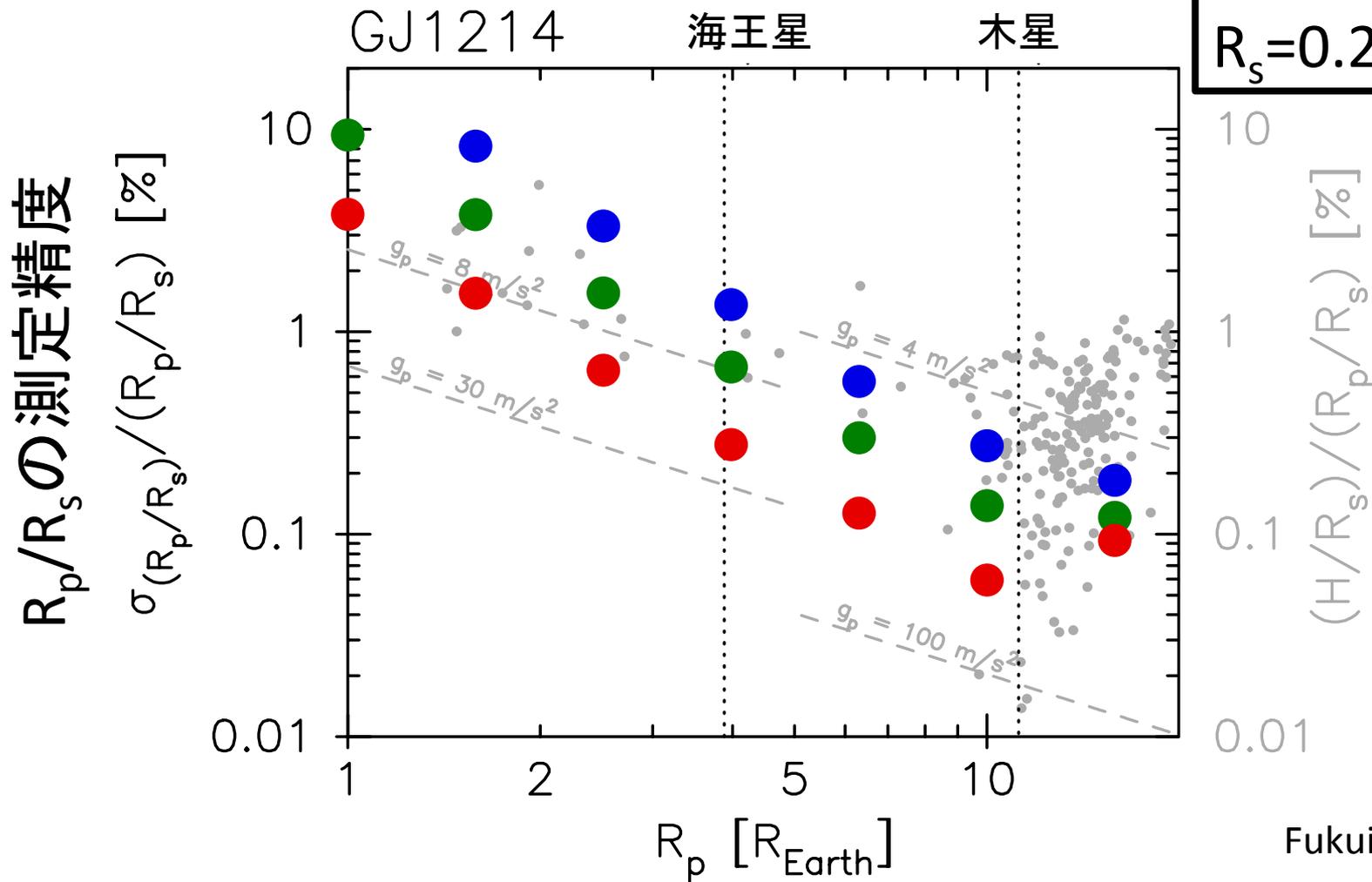
r,zでミニネプチューン ($2.5 R_{\text{Earth}}$) の大気まで調査可能

R_p/R_s の測定精度シミュレーション

GJ1214

M5型星@13pc

$R_s = 0.2 R_{\text{sun}}$



Fukui et al. in prep.

z でスーパーアース ($1.5 R_{\text{Earth}}$) の大気まで調査可能

まとめ

- 2015年4月にMuSCATの最初のサイエンス観測を実施
- **K2-19b** (3:2共鳴軌道にあるスーパー海王星)
 - K2とMuSCATを含めた地上観測によるTTVデータから**外側惑星 (K2-19c) の質量を測定: 約 $24M_{\text{Earth}}$ ⇒ 海王星大の惑星**
- **HAT-P-14b** (明るいF型星まわりのホットジュピター)
 - 3バンドそれぞれで0.02~0.03%/5分の**限界測光精度を達成**
 - R_p/R_s の測定シミュレーション
 - F型星では**巨大惑星**の大気を3色で調査可能
 - 近傍早期M型星では**r, zバンド**で**ミニネプチューン**の大気を調査可能
 - 近傍晩期M型星では**zバンド**で**スーパーアース**の大気を調査可能