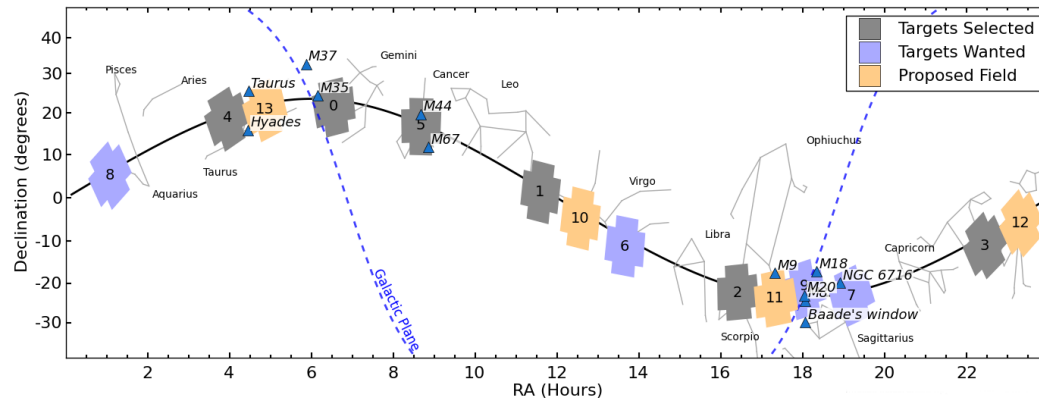


MuSCATによる
TESSトランジット惑星候補の観測

成田憲保 (東大/ABC/NAOJ)

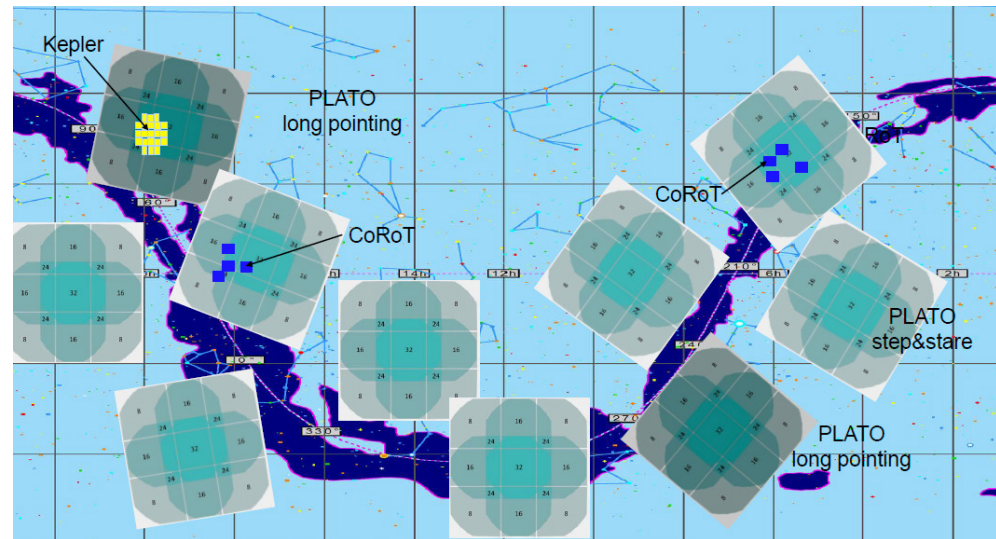
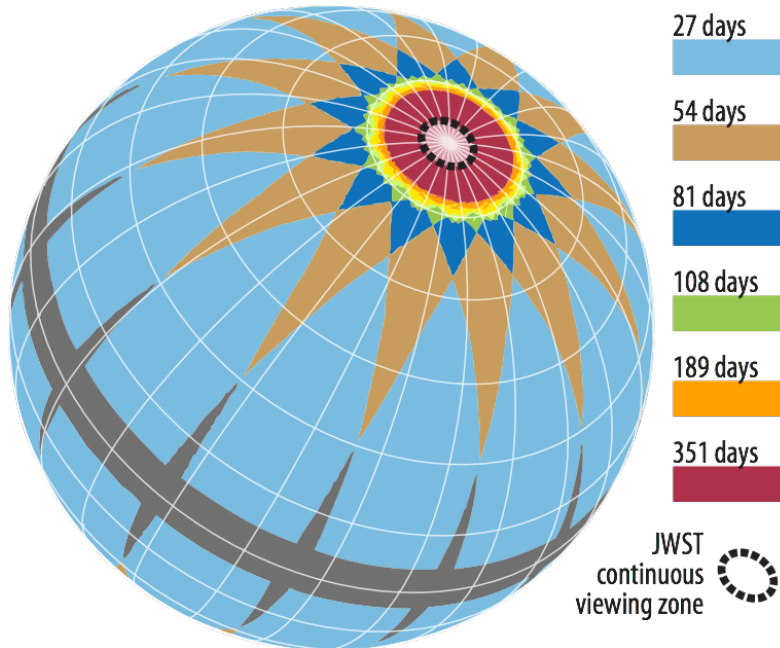
これからの全天トランジットサーベイ



K2 (2014-2018): 黄道面

TESS (2018-2020): ~80% of sky

PLATO (2024-2030): ~25% of sky

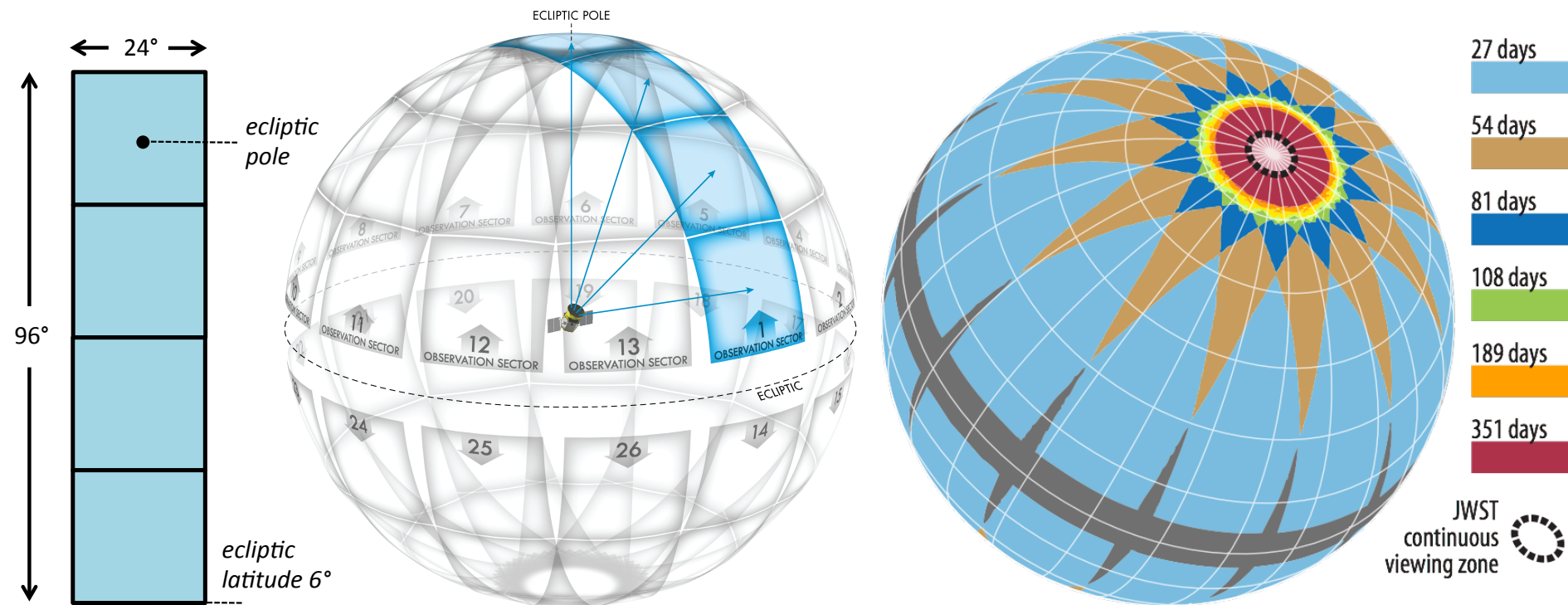


TESSの概要

- TESSはKeplerの後継機として2017年12月に打ち上げ予定の系外惑星探査衛星(惑星発見型計画)
- 黄道面以外の全天を掃天観測し約500,000個の星の光度変化をモニターする
- 視野 $24^\circ \times 24^\circ$ のカメラ4台で当初2年間の観測
- 予算次第で観測を継続
- 太陽系に近い恒星のまわりで多数のトランジット惑星を発見、詳細なフォローアップターゲットを提供



TESSの観測する場所

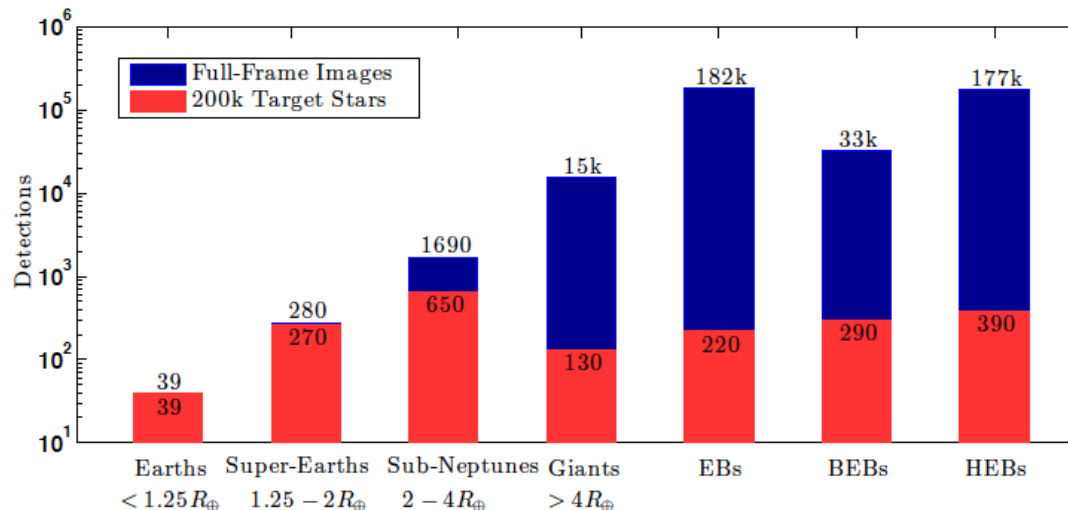


Ricker et al. 2015

空の24度 x 96度の領域を1度に観測
2年間かけてほぼ全天のトランジット惑星を探す

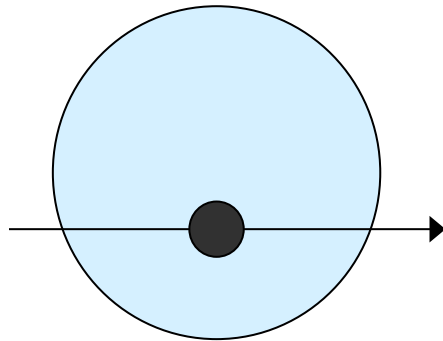
TESSの惑星発見数の見積り (Sullivan+2015)

- 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 $I < 10$ 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
 - 惑星科学の重要なターゲット

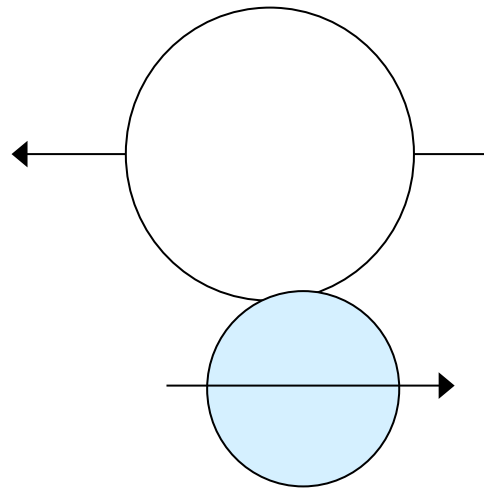


トランジット惑星と偽検出

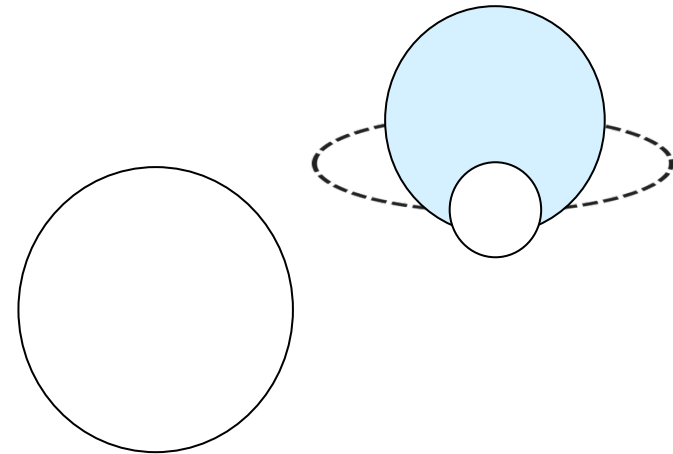
食連星はトランジットと似たような減光を起こす



transiting planet



grazing eclipsing binary



background/hierarchical
eclipsing binary

惑星の発見確認方法

多色トランジット測光でトランジットの深さの波長依存性を見る

AO撮像で背景星のコンタミとその程度を調べる

恒星のパラメータを決定し、視線速度で質量を決める

TESS時代のMuSCATの役割

- 大量に発見される惑星候補の中から本物の惑星を選び出す
惑星発見確認のサイエンス
 - 特にM型星まわりの低質量惑星に注目している
 - 観測期間が短いTESSの惑星の公転周期とトランジット予報の精度向上も重要
- 3.8m望遠鏡に高分散分光器が搭載された場合、分光・測光同時観測による連携
- カナリア諸島1.5m望遠鏡に開発中のMuSCAT2との連携観測

TESSで見つかる惑星の予想(Sullivan+2015)

- シミュレーションに使ったモデル

- stellar population: TRILEGAL (Girardi+2005), Dartmouth (Dotter+2008)
- 連星率: Duchêne & Kraus (2013)
- 惑星存在頻度: Kepler (Fressin+2013, Dressing & Charbonneau 2015)
- ターゲット200,000 星に対する100回のモンテカルロシミュレーション

- シミュレーションに基づいたTESSの惑星発見リスト

- 1984個の惑星系 (Table 6 in Sullivan et al. 2015)
- 星の座標、等級、有効温度、半径、距離など
- 惑星の周期、半径、地球に対する入射フラックス比など
- これをもとに岡山から観測可能なTESSの惑星候補を調べた

岡山から観測できる惑星の個数見積り

- 岡山からある程度の高度(およそ40度以上)で観測できること
 - $-15^\circ < \text{Dec.} < +85^\circ \rightarrow 1096$ 個
- 1日に平均 10 ± 10 個のトランジットがある
 - 時期を選べば毎日ターゲットがある
 - 装置交換の頻度は減らせる

3.8m望遠鏡との連携の可能性

- 3.8m望遠鏡の可視高分散分光器が2019年までにできた場合
 - 3.8m望遠鏡の分光で惑星の発見確認ができる個数を推定
- 1. 惑星候補の主星のパラメータを決定できること
 - Cf. 装置の効率 $V=13$, 1時間積分で $SNR=50$ (野上さんより)
 - $V < 12$
- 2. 惑星候補の主星の視線速度を測定(制限)できること
 - $V < 10$ (15分積分で $SNR=100$ 程度), $T_{eff} < 6200$ K
- 3. Doppler tomographyによる惑星の発見確認ができること
 - $V < 8$, $T_{eff} > 7000$ K

考えられるTESS/MuSCAT/3.8m望遠鏡の連携

1. 惑星候補の主星の恒星パラメータの決定

- $V < 12$: ターゲット数 約400個
- より暗い場合($12 < V < 15$)はすばるなどで

2. 惑星発見確認のための視線速度の制限

- $V < 10, T_{\text{eff}} < 6200 \text{ K}$: ターゲット数 約90個
- より高精度な惑星質量の決定はすばるなどで

3. AB型星まわりの短周期惑星の発見確認

- $V < 8, T_{\text{eff}} > 7000 \text{ K}$: ターゲット数 約10個
- 特に面白そうなものをMuSCATと3.8m望遠鏡で発見確認？
- 特に明るいものは188cmのHIDES&MuSCATで発見確認？

その場合に必要なこと

- V=10より明るいような星は現在のMuSCATの視野(6.1分角、ローテータを使って対角線で8.5分)では良い参照星があまり入らない
- 現在のMuSCATは予算不足で1k CCDカメラを使っているが、そのまま2k CCDカメラに交換して12.7分角にアップグレードすることができる
 - 12.7分角になると2m級望遠鏡の多色撮像カメラではおそらく世界最大視野
 - 12.7分角あればほぼ確実に同等以上の明るさの参照星が入る
 - 必要予算は~2500万円
- CCDのアップグレードが無理な場合、できるターゲットやM型星まわりの惑星候補などを観測

まとめ

- TESSで発見される惑星候補は岡山から観測できるものも1000個程度ある
 - 3.8m望遠鏡&188cm望遠鏡でも100個くらい発見確認できる
- 時期を選んでMuSCATを搭載できれば、期間中毎日トランジットがあり、装置交換を頻繁に行う必要はない
- すばる望遠鏡や3.8m望遠鏡、時差9時間のカナリア諸島に設置するMuSCAT2との連携が考えられ、成果も見込める
- 2018年度以降も利用したい