

可視・近赤外広視野多色カメラの開発

成田憲保(国立天文台)、福井暁彦(岡山観測所)

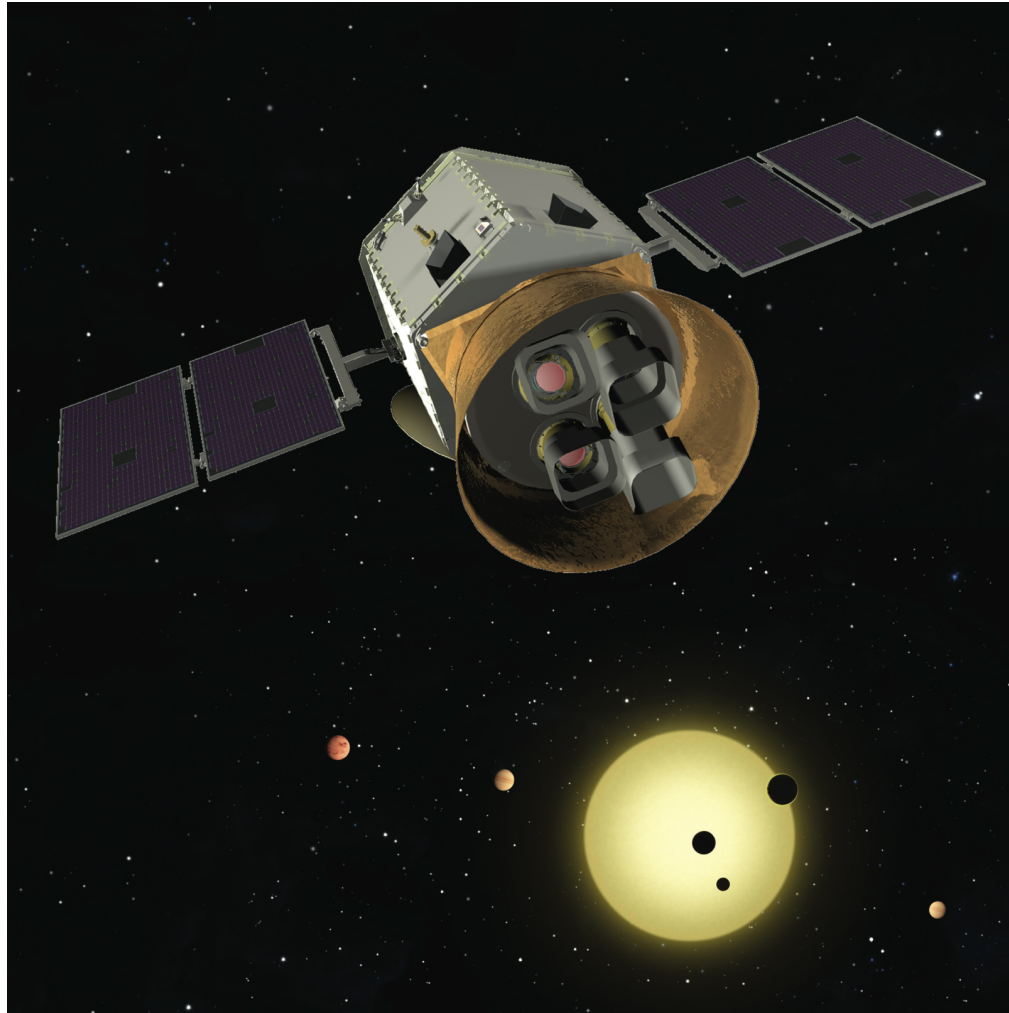
共同研究体制(科研費・基盤A)

- 研究代表者
 - 成田憲保・国立天文台特任助教(研究総括)
- 研究分担者
 - 生駒大洋・東京大学准教授(理論研究統括)
 - 泉浦秀行・岡山観測所所長(188cm望遠鏡への装置受入)
- 連携研究者
 - 関根康人・東京大学講師(理論研究)
 - 玄田英典・東京大学特任助教(理論研究)
 - 福井暁彦・岡山観測所研究員(観測・解析)
 - 佐藤文衛・東京工業大学准教授(観測・解析)
 - 柳澤顕史・岡山観測所助教(装置開発)
 - 永山貴宏・名古屋大学特任助教(装置開発)
 - 塩谷圭吾・宇宙科学研究所助教(装置開発)
 - 田村元秀・国立天文台准教授(装置開発)
 - 栗田光樹夫・京都大学准教授(装置開発)

目次

- サイエンスの背景
- 要求仕様
- 基礎設計結果
- 予算状況
- 将来計画

All-Sky Transit Survey: TESS (by MIT/NASA)



2017年に全天トランジットサーベイ計画TESSがスタート

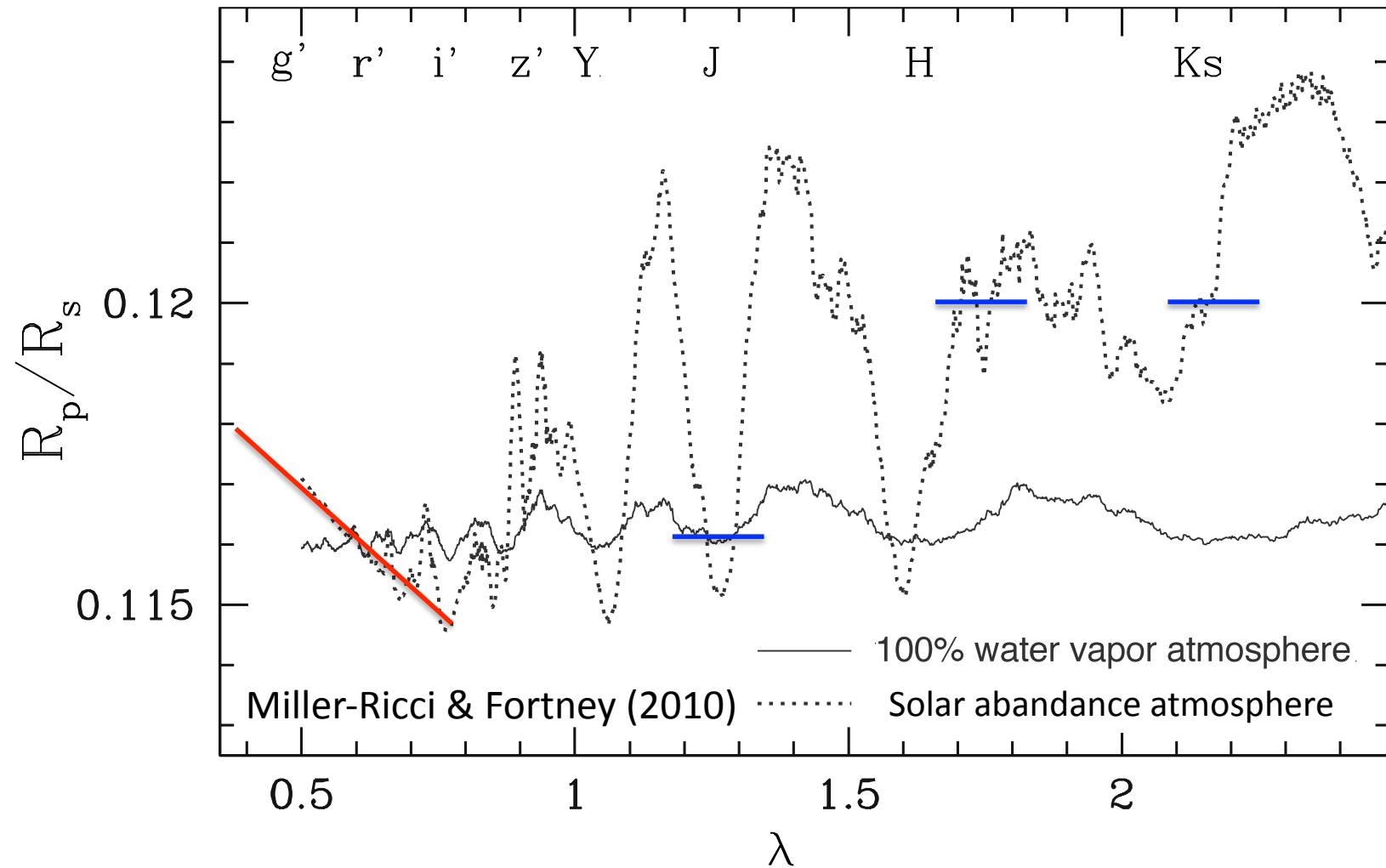
TESSで発見が期待される惑星

- 太陽系近傍の明るい恒星の惑星 (I等級 4-13 mag, FGKM型)
- 検出可能な惑星の周期
 - 1領域の観測は30日程度なので、主に10日以下
 - 特定の領域では60日以下の惑星まで発見可能
 - 周期が10 (60) 日の惑星はmid (early) M型星のハビタブルゾーン内
 - 期待されるスーパーアース発見数は500個以上(全恒星型の合計)、
そのうちM型星で 5 ± 2 個のハビタブル惑星発見を期待
- TESSはサーベイ(発見)型のプロジェクト → フォローアップの研究が重要

惑星科学からの問題提起

- 今後多数のトランジット・スーパーアースの発見が期待されているが、まだ我々はスーパーアースの性質をほとんど知らない
- スーパーアース(低質量惑星)の組成は何か？
 - 岩石＋水素大気 or 岩石＋水蒸気大気 の2大組成
 - しかし、2つの組成は惑星のMass-Radius図上で縮退する
- どうやって惑星の組成を判別するか？
 - 惑星のMass-Radius関係の統計をより増やす
 - 縮退を解くには個々の惑星に対して大気組成の決定を行う
- これらを観測的に解き明かすことで、低質量惑星の惑星形成と惑星大気のサイエンスを切り拓くことができる

スーパーアースはどんな大気を持つか？



近赤外の深さの違いと、レイリー散乱が水素大気の特徴となる

多色同時撮像カメラのサイエンス

- 豊富な観測時間の地上中小口径望遠鏡で何ができるか？
 - 多色トランジット観測によって惑星の半径と大気組成を決める
 - 主なターゲットはlate K-M型星
 - 質量や軌道を決めるには大口径望遠鏡の高分散分光器が必要
- 同時性が重要
 - 恒星に黒点がある場合、その割合によって恒星の明るさが変わるため、トランジットごとにトランジットの深さ(見かけの惑星サイズ)が変わる
 - M型星は特に黒点の影響が大きい
 - 大気モデルの正確な推定には多色同時のトランジット観測がベスト

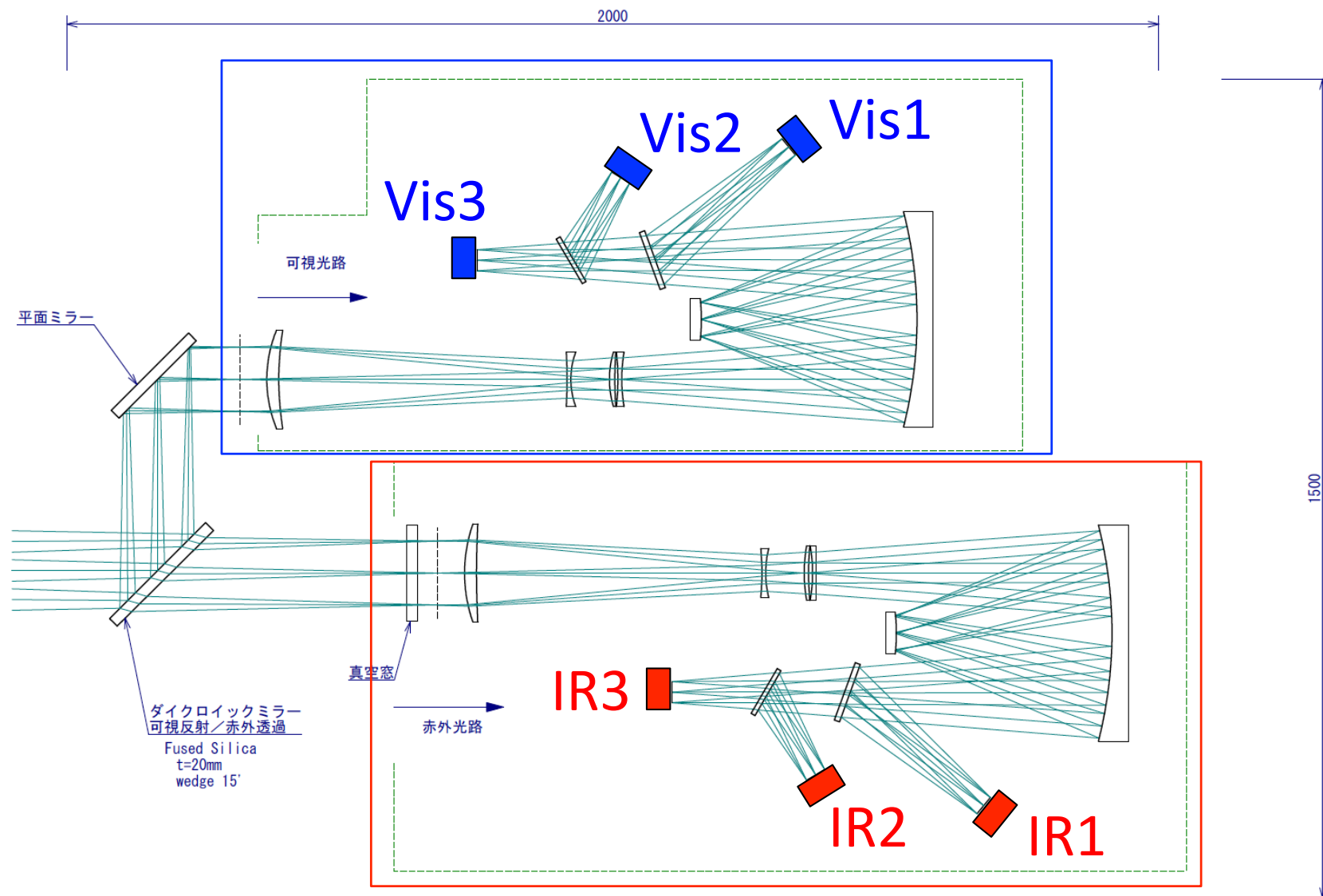
新しい装置の仕様要求

- トランジットを高精度で相対測光観測するには良い比較星が必要→**広視野**
 - $J < 10$ の参照星がほぼ確実に1つ以上入る視野 → 約10分角以上
- 惑星大気のモデルを判別するにはさまざまな波長の観測が必要→**多色**
- 恒星の黒点(cf: GJ1214)などによる変光の影響を受けないようにすることが重要→**同時**
- 本研究には**広視野多色同時撮像カメラ**が特に望ましい
- 岡山188cm望遠鏡用の**広視野多色同時撮像カメラ**を提案

要求仕様案

- オプトラフトの山室氏に188cm望遠鏡での基礎設計を依頼
- 視野: 12分角 (188cm望遠鏡のF値の場合)
- 観測波長:
 - 基礎設計のフルスペックは最大で可視3色、近赤外3色同時の6色
 - 科学的要求を満たすには可視2色と近赤外2色の4色以上が望ましい
- 結像性能: 6色全てのスポットダイアグラムで視野内で1"以下
- HIDESとの装置交換を不要にする: インターフェースの導入
- F値変換レンズの交換で他の望遠鏡への移転を可能にする

6色同時撮像カメラの基礎設計



オプトクラフト・山室氏による設計

スポットダイアグラム例

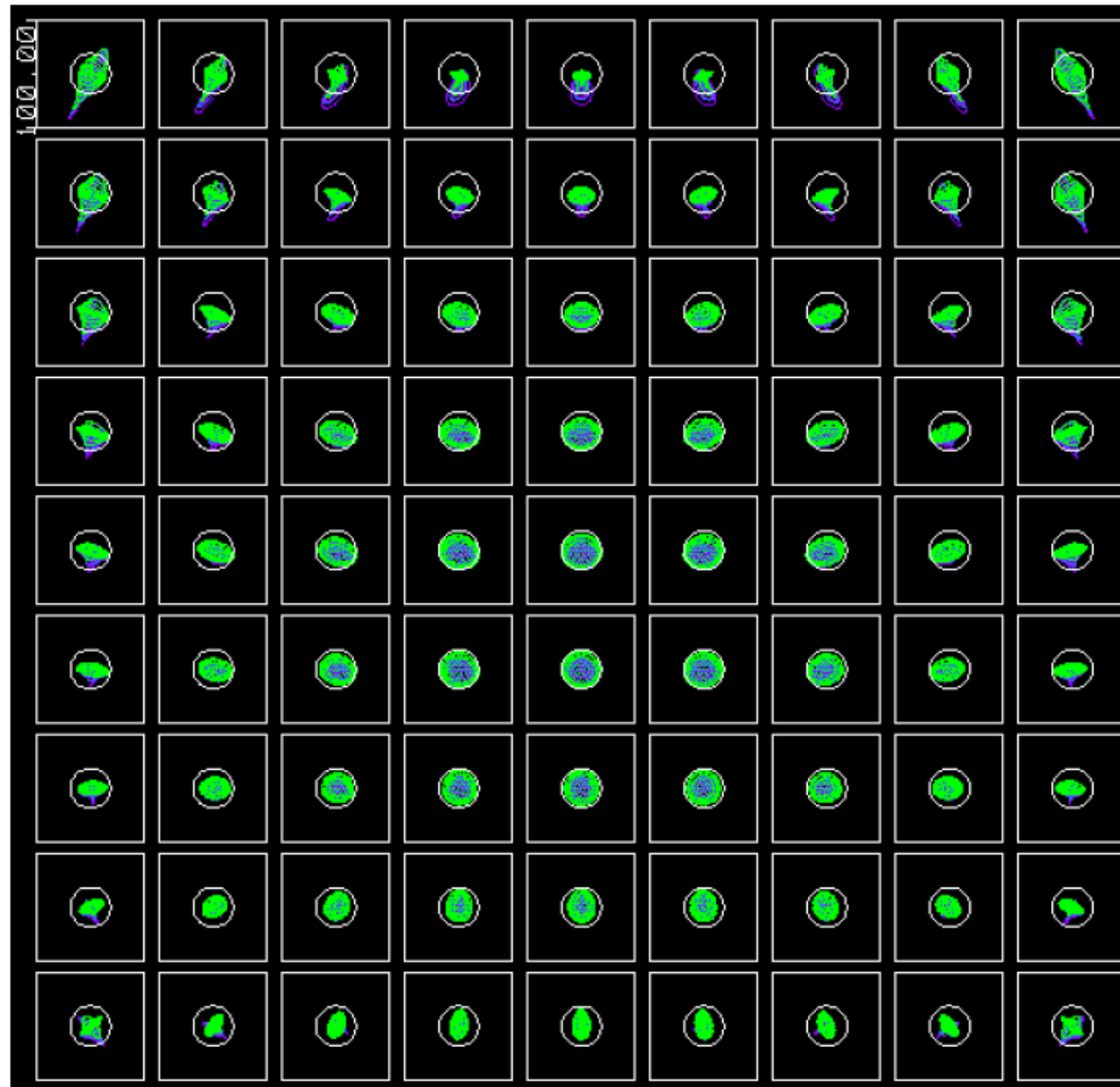


図 6. K-band 付近のスポットダイアグラム
(赤外の 2 段のダイクロイックミラーを透過する光路)

基礎設計の結果と改善点

- 岡山188cm望遠鏡で視野12分角と1"以下の結像性能を満たす設計は完了した
- 基礎設計の課題は装置の大きさ(基礎設計では2m x 1.5m)
 - なるべく小型化するべく現在詳細設計を検討中
- 次の課題は予算の獲得

予算状況・計画

- 基盤研究A(平成25年度～平成28年度)
 - 人件費などを除き装置に使えるのは約2400万円
 - 予算不足のため現時点では2色以上は不可
 - まずは広視野の1色(1バンドを想定)から開発を開始
- 予算を獲得して1色ずつ追加していく
 - アップグレードを想定した詳細設計を発注
 - 追加の予算獲得に向けて助成金に応募(成田・福井)
 - TESS本格稼働(2017年)までに装置を準備することが目標

まとめ

- 岡山188cm望遠鏡向けに可視・近赤外広視野多色カメラを開発予定
- 全天トランジットサーベイに合わせて大規模なフォローアップ観測でスーパーアースの性質の解明を目指す
- 現時点では予算が不足しているが、予算の追加獲得により色を追加できるように詳細設計を準備中