



ANIRによるM型星まわりの
トランジット地球型惑星の観測

国立天文台
成田憲保

提案のポイント

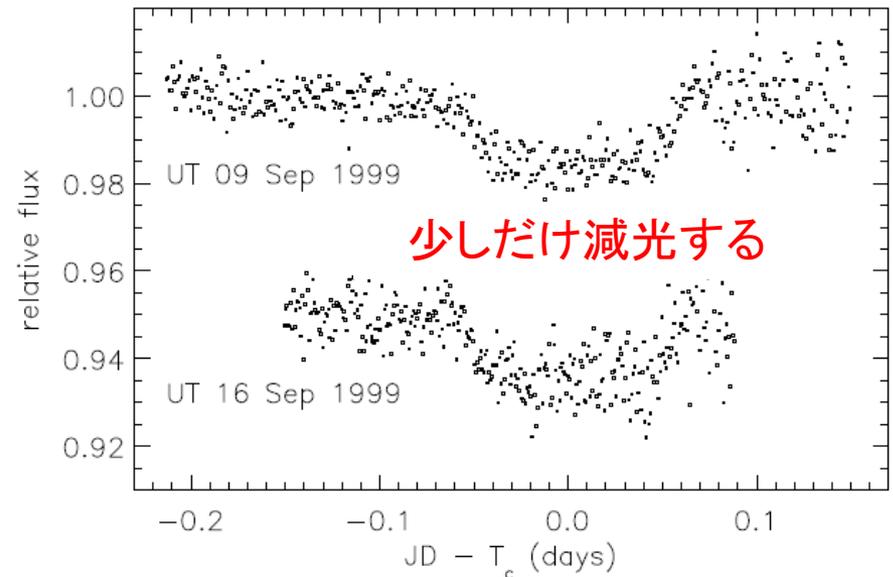
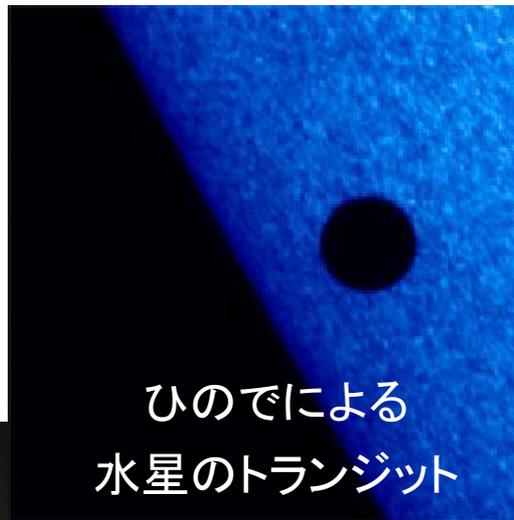
- なぜM型星まわりの地球型惑星か？
 - M型星は小さいので、地球型惑星のトランジットも地上から検出可能(減光率 1%オーダー)
 - 可視では暗いが、近赤外では5等以上明るくなる
 - 数十日以内に複数の地球型惑星があることが多い
- ANIRを使って何ができるか？
 - 可視のトランジットサーベイで発見された地球型惑星の高精度フォローアップ観測
 - 別の惑星の存在によって起こるトランジット周期の変動の探索(赤外ドップラーと相補的な惑星探索)

目次

- M型星のトランジット測光観測のサイエンス
 - 決定できる物理量
 - M型星の特徴
 - さまざまな「地球質量惑星」
 - Transit Timing Variationによる追加の惑星探し
- 赤外トランジット測光観測の方法
 - OAO/ISLEの試験観測と実際の観測結果
 - ANIRへの要望と期待

系外惑星のトランジット(食)

系外惑星の軌道が太陽系から見てたまたま主星の前を通過する場合、
惑星の公転周期に同期した主星の減光が観測される。



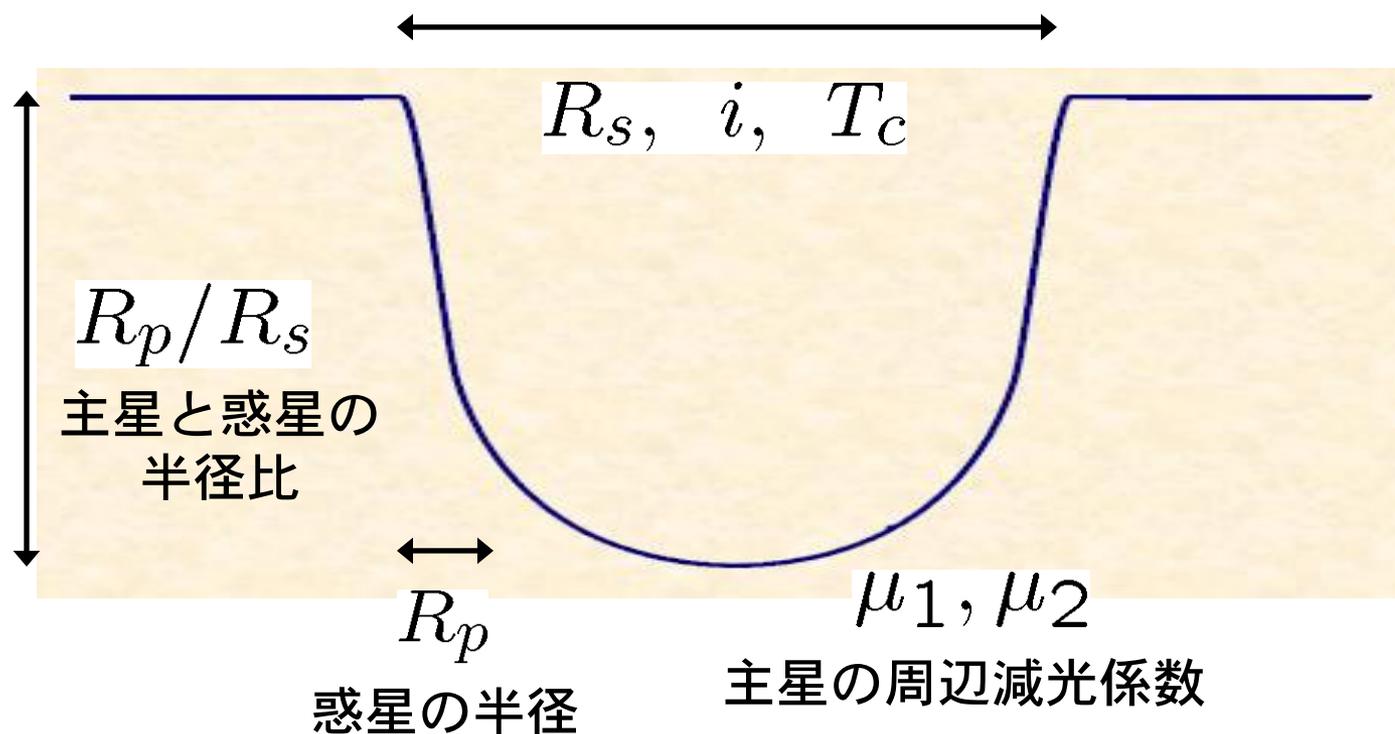
系外惑星のトランジット
(空間的には分解できない)

月のトランジット

太陽系での食現象

トランジット光度曲線からわかること

主星の半径, 軌道傾斜角, トランジット中心時刻



Mandel & Agol (2002), Gimenez (2006), Ohta et al. (2009)

視線速度と合わせてわかる物理量

視線速度観測から

- ◆ minimum mass: $M_p \sin i$

トランジット観測から

- planetary radius: R_p
- orbital inclination: i

合わせた情報から

- planetary mass: M_p
- planetary density: ρ

惑星に関する多くの情報を決定できる

提案の背景1:M型星の特徴

- 主星が小さい(太陽の ~ 0.1 倍)
- 軽くて比較的短周期の惑星を複数持つものが多い
 - 地球の大きさは太陽の ~ 0.01 倍
 - 減光率は1%オーダーになる
 - c.f., G型星では0.01%オーダーになって地上では厳しい
- 可視では暗いが、近赤外では100倍以上明るくなる

M型星まわりの地球型惑星のトランジット観測は近赤外が有利!

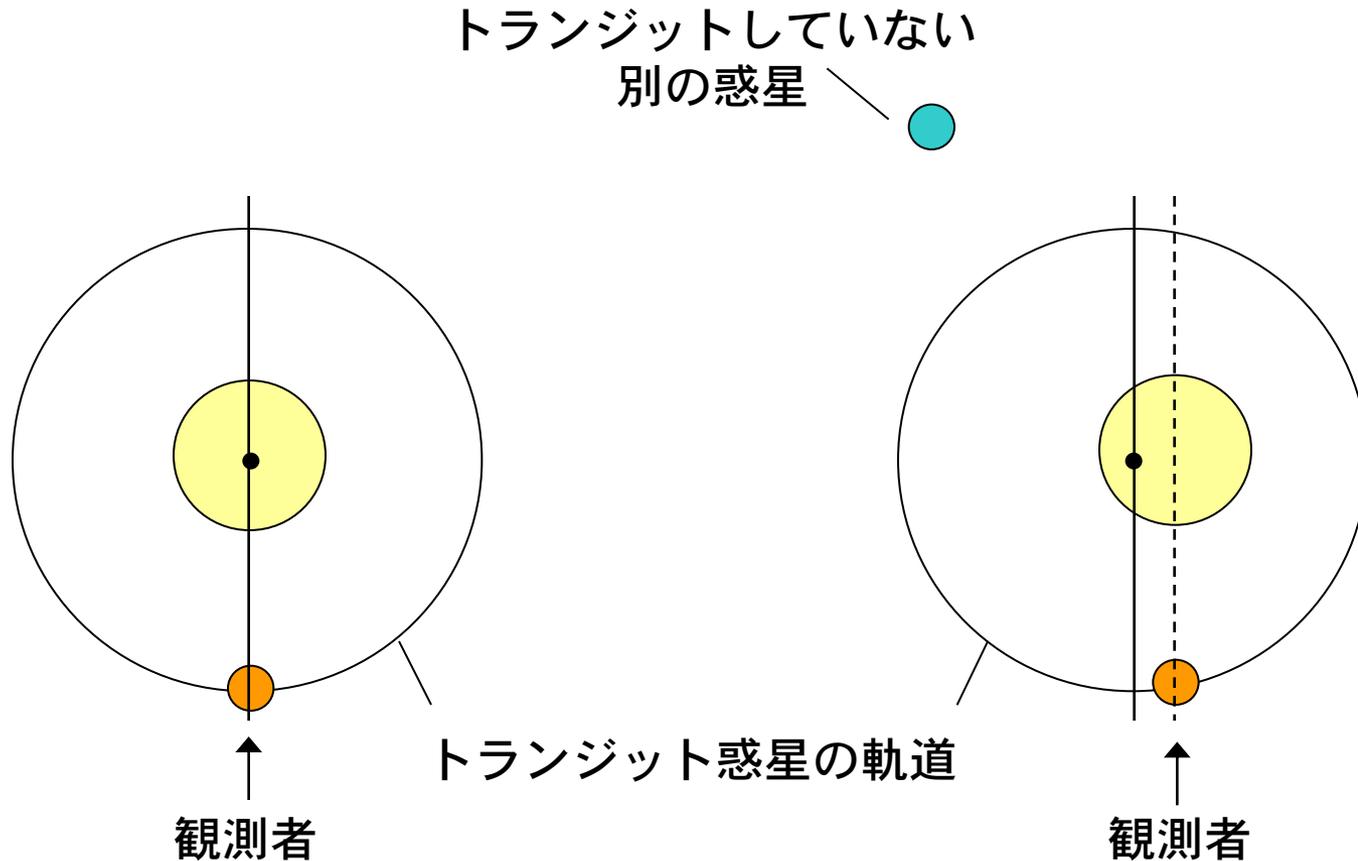
提案の背景2: さまざまな「地球質量惑星」

地球質量程度の惑星があっても地球っぽいとは限らない！

- ありえるさまざまな惑星の姿
 - mini-Neptune (主成分: H, He)
 - Earth (主成分: シリケート)
 - super-Mercury(?) (主成分: 鉄)
 - ocean planet (水が多い)

惑星の密度と半径を正確に知ることによって初めて判別が可能！

提案の背景3: Transit Timing Variation



別の惑星があるとトランジット時刻の間隔が一定ではなくなる
トランジット時刻の決定精度が重要

ANIRでできるサイエンス

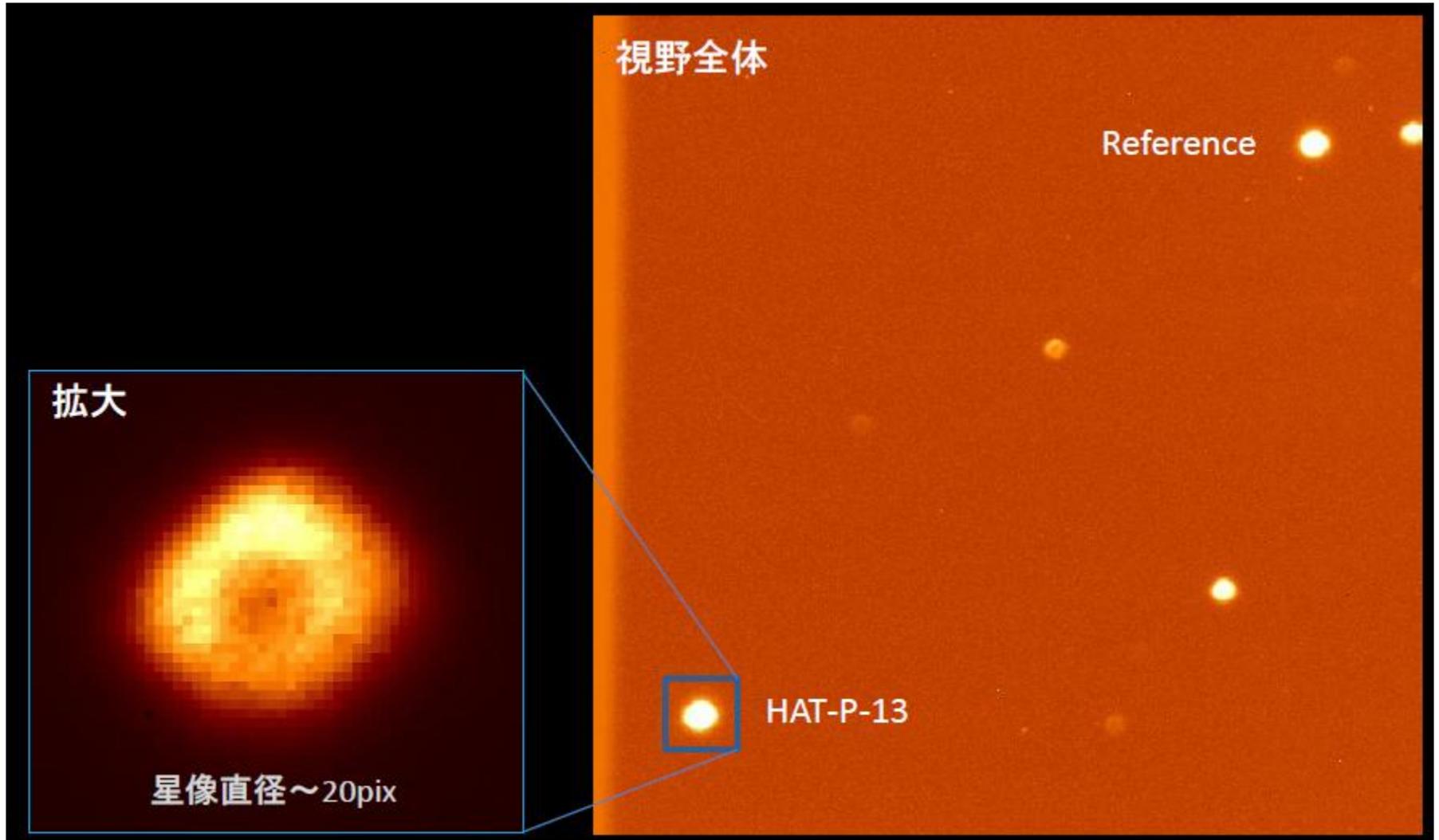
M型星まわりのトランジット地球型惑星の観測

- 可視の地上サーベイで発見された惑星のフォローアップ観測
- TTVを用いたトランジット惑星まわりの新たな惑星探索
- 1mmag程度の測光精度が達成できればかなり有望
 - ✓ 大気透過率の良い地上の中では絶好のサイト
 - ✓ 1 mという適度な口径
- JWSTがあがるまでは非常に有力な装置になりうる

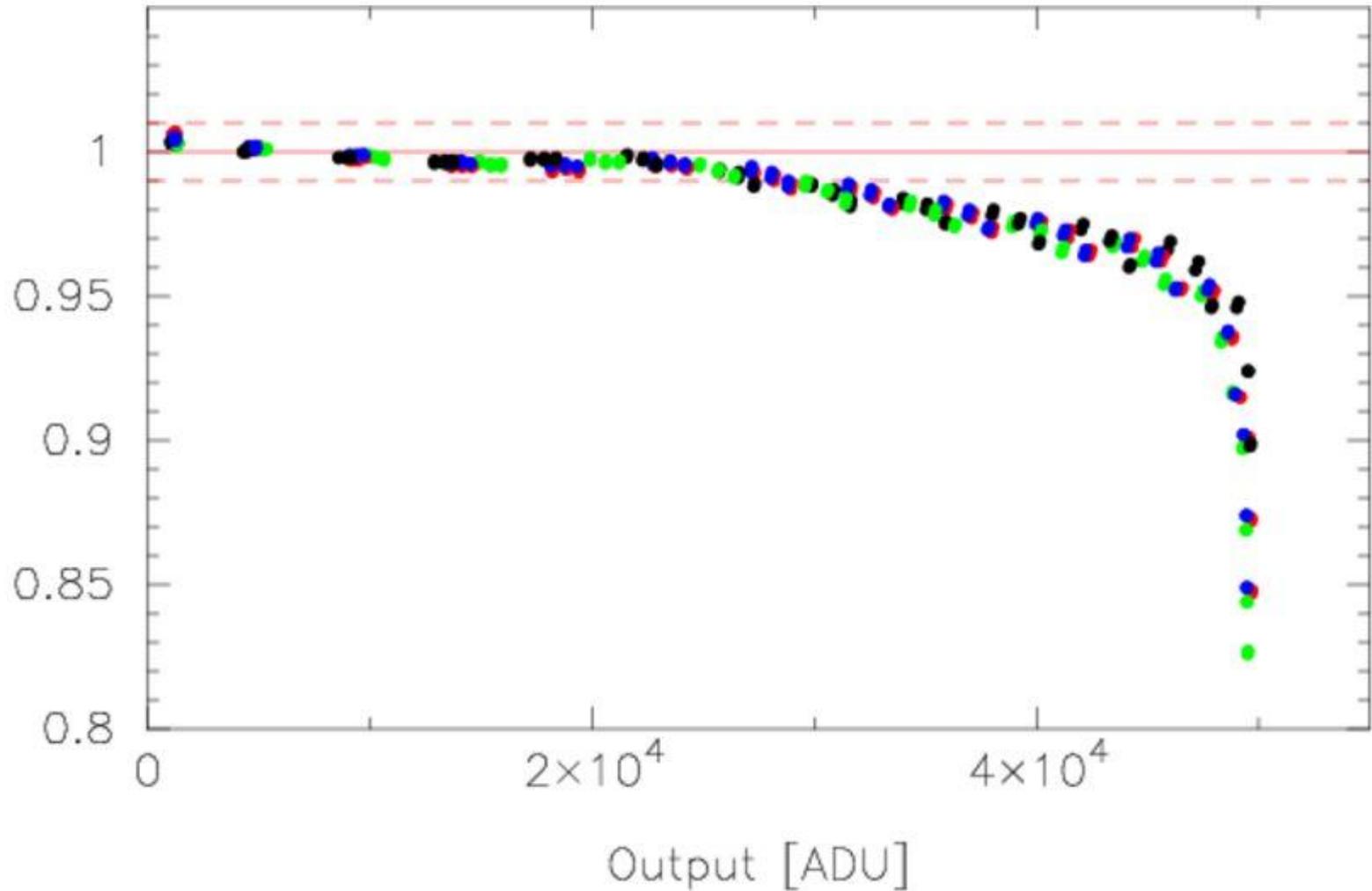
高精度測光観測に必要な準備

- バッドピクセル位置の把握
- トラッキング精度の把握
- 検出器特性の把握
 - ✓ SNR～数千のフラット特性
 - ✓ 非線形性
 - ✓ 残光効果
- 最適な露光時間の調整

デフォーカスしたPSF



非線形性



高精度測光観測の覚え書き

- バッドピクセルから天体を離す
- デフォーカスしてPSFを大きくする
- 天体の位置が検出器上で動かないようにする
- 検出器の特性に応じて補正をする

TAOへの期待

- 地上で圧倒的に良い赤外の観測サイト！
- 南天への重要なアクセス
- TAOができればsecondary eclipseの観測も？
- サイトを活かした中間赤外の観測など