非常に若い星CVSO30を回る ホットジュピターのトランジット観測

鬼塚昌宏(総合研究大学院大学・M2)

成田憲保、福井暁彦(国立天文台)、 高橋安大(東大)、平野照幸、大貫裕史、 川内紀代恵(東工大)

岡山ユーザーズミーティング 2013/8/2

Introduction

これまでに発見された系外惑星~900個 ホットジュピター:主星のすぐ近く(~0.05AU)を回る 巨大ガス惑星 などの多様な惑星の発見

→我々の大目標惑星形成過程の解明

原始惑星系円盤の寿命は5-10Myrで、その期間に惑星が 形成する

⇒数Myrの年齢の若い惑星を観測することが重要

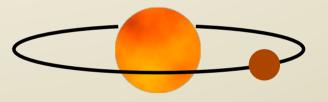
ただし、観測例が少ない・・・

Introduction

➤ CVSO30b 年齢~2.6Myrの弱輝線Tタウリ型星 数Myrの年齢の星のまわりにおいて、トランジット惑星が 発見された貴重な例 (van Eyken et al. 2012)

トランジット惑星

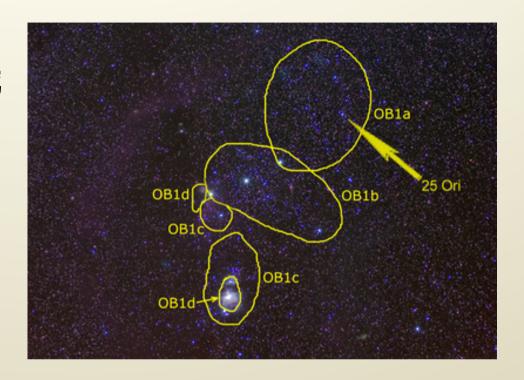
主星と惑星の半径比や軌道傾斜角を求めることが可能



質量・軌道離心率などを求めることができる視線速度測定と2つを組み合わせることによって、より多くの情報を得ることができる

主星 (CVSO30)

- ▶Orion OB1a星形成領域
- >V=16.26 mag
- >2MASS J=12.232 mag
- >半径: 1.39R_{Sun}
- >質量: 0.44M_{Sun}
- >年龄: 2.63 Myr
- >スペクトル: M3

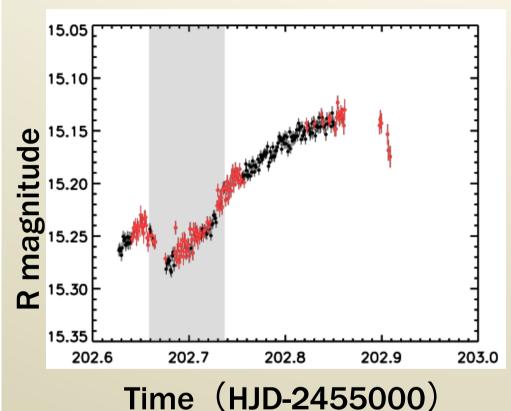


通常のホットジュピター

 \sim 0.05 AU

惑星

- ▶周期: 0.448413±0.000040 days
- ▶軌道長半径: 0.00838±0.00072 AU
- ▶軌道長半径/主星の半径比 a/R_s = 1.685±0.064
- ▶半径: 1.91±0.21R_{Jup}
- ▶質量 < 5.5±1.4M_{Jup} (黒点の影響により、厳密に求まっていない)



赤点:天候/コンタミのために信頼

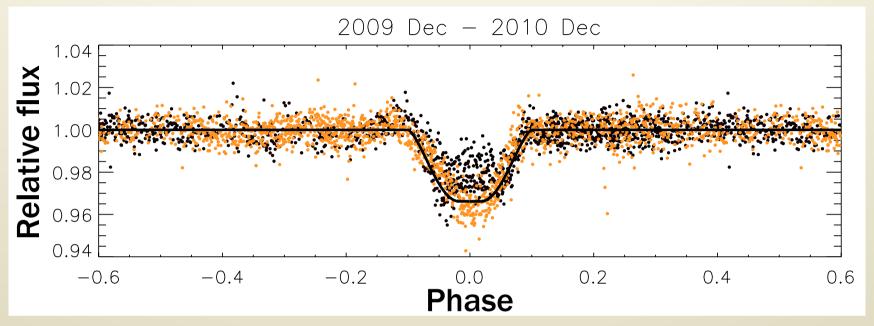
性が低いデータ点

灰色の帯:トランジット期間

星自体の変光の除去

- 3次のスプラインでライトカーブ をフィッティング
- トランジットのタイムスケール より大きな変動は取り除ける
- 短いタイムスケールの変動は除 去できない (hot spots, flares, etc...)

CVSO30のトランジットライトカーブの例 van Eyken et al. (2012)

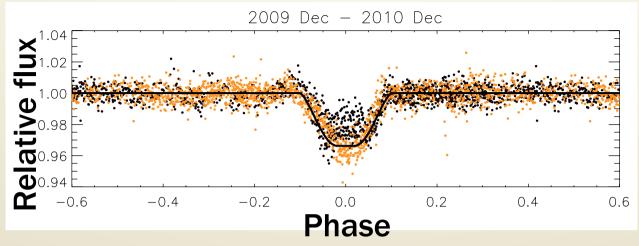


補正後、位相で重ね合わせたトランジットライトカーブ van Eyken et al. (2012)

黒点:1年目のデータ4つの重ね合わせ

橙点:2年目のデータ3つの重ね合わせ

観測時期によってトランジットの形状が異なる



黒点:1年目

橙点:2年目

- ▶なぜ1年目と2年目でトランジット形状が違うのか?
 - ・ 主星の大きさ自体が変化したとは考えにくい
 - ・ 黒点や白班の存在により主星の見かけの大きさが変わった?
 - ・黒点・白班の前を惑星が通過した?
 - ・ 歳差運動によりinclinationが変わった?



Observation

先行研究の問題点

- ▶観測が可視光(Rバンド)で行われており、黒点などの 主星の変動に大きく影響を受ける
- ➤最後の観測が2010年と古く、短い公転周期(0.448日) もあり誤差の蓄積からトランジット予報精度が約2時間 と悪くなっている

我々の解決策

- ▶赤外領域で観測することにより、黒点による変動の影響を最小限におさえる
- ▶最新の観測点を追加し、先行観測と合わせることによって公転周期の精度を上げ、トランジット予報精度の向上をはかる

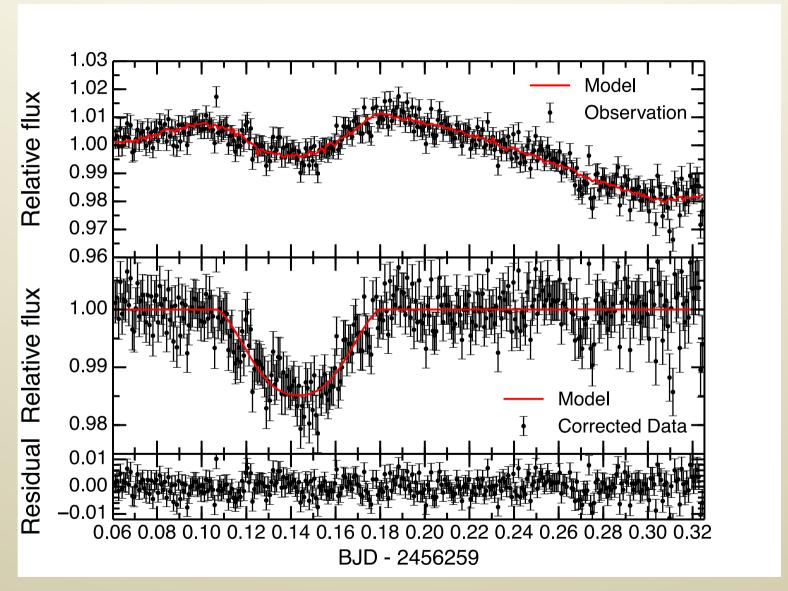
Observation

岡山188cm望遠鏡/ISLE

- >Jバンドで比較星と相対測光
- → バッドピクセルを避け、フラットの非均一性に起因する変動を抑えるため
 検出器が飽和するまでに受け取れるフォトンの総数も多くなる

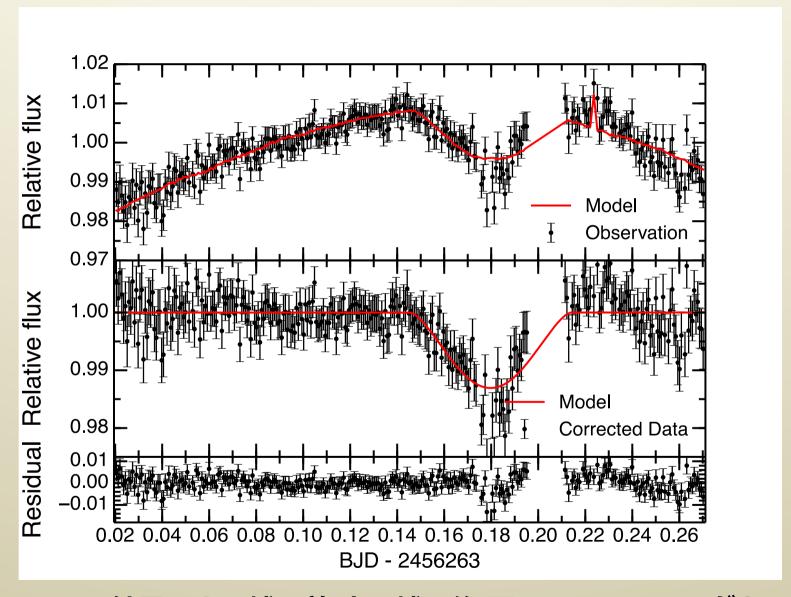
2012/11/27と2012/12/1の2回観測

Result



2012/11/27の結果 上:補正前中:補正後下:フィッティングとの残差

Result



2012/12/01の結果 上:補正前中:補正後下:フィッティングとの残差

Result

フィッティングによって得られた値 (2012/11/27観測分) 惑星/主星の半径比 $R_p/R_s = 0.126^{+0.081}$ -0.093 軌道傾斜角 i = 59.4 $^{+30.6}$ -48.1 [deg]

軌道長半径/主星の半径比 a/R_s = 1.6 +1.3 _{-1.3}

改善の余地あり パラメータ設定の最適化 複数のライトカーブの重ね合わせ

- > 周期の精度を1桁向上
- 0.44841±0.00004 days (van Eyken et al., 2012)
- 0.448419±0.000002 days

これにより、トランジット中心時刻の予報精度が2時間から7分に向上

Discussion

周期的なトランジットの存在を確認した。 しかし質量が未確定であるため、惑星に分類できるかど うかは未だ不明。

また、周期の精度を1桁向上させることに成功した。 これによりトランジット中心時刻の予報精度が2時間から 7分に向上したため、観測計画を立てる上で大きなメリットとなる。

さらに、主星自転軸と惑星公転軸の傾きを調べるため、 ロシター・マクローリン効果を測定する際にもトラン ジット中心時刻の決定精度は重要である。

Future work

- > 惑星であることを確認するためには質量の測定が必須 視線速度法
- 表面温度やアルベドの測定
 secondary eclipseの観測
 トランジットとは逆に、主星に惑星が隠される現象
 赤外領域でなら観測可能な見積もり
- ▶ 主星自転軸と惑星公転軸の傾きの測定 ロシター・マクローリン効果 トランジット中に主星の一部が隠されることで、主星の 自転による見かけ上の視線速度変化が発生する
- ヌ星大気散逸の観測
 トランジットの多天体分光により水素スペクトル線でのトランジット深さを測定