

修士論文要旨

小口径望遠鏡を用いた系外惑星のトランジット周期ずれ検出による未知系外惑星の探索

真鍋 翔

(指導教員：岡野 章一 教授)

平成 21 年

[Mayor et al., 1995] によって、初めて他の恒星の周りを公転する太陽系外惑星が発見されてから、約 15 年が経過した。その後、観測手法が確立されたことや、観測の精度が向上したことにより、現在までに 400 個以上の系外惑星が発見されている。ところが、それらの惑星はほとんどが 1 つの主星を 1 つの惑星が周る単一惑星系であり、複数惑星系の発見数は約 1 割に留まっている。その理由として考えられるのは、以下のことである。

- 宇宙には単数惑星系が多く、複数惑星系は特別な存在である。
- 現在の観測技術では、検出精度による観測バイアスがかかっており、単に発見されていない。

2 つ目の補足を行う。現在までに発見された系外惑星の約 9 割はドップラーシフト法による観測によって見つかったものである。ドップラーシフト法は、主星が惑星との共通重心を周ることに起因する、主星の視線方向の速度変化を分光観測により検出する方法である。現在の最も良い検出精度は、ESO の High Accuracy Radial velocity Planet Searcher による 1[m/s] となっている [Mayor et al., 2009]。その精度で太陽系を系外から観測すれば、木星と土星を発見することができる。しかし、地球を含めたその他の惑星の発見による主星の速度変化は、検出限界を下回り、発見されないと考えられる。よって、ドップラーシフト法による観測バイアスを除去し、これらの惑星を発見できる手法による観測が重要となる。

ドップラーシフト法による観測バイアスを除去できる可能性のある手法として、TTV 法というものがある。TTV とは Transit Timing Variation の略であり、トランジット惑星が発見されている系に、第 2 の惑星が存在すれば、トランジットによる減光のタイミングがずれることが考えられる。また、ずれの大きさは [Agol et al., 2005] によって近似式が見積もられており、惑星の軌道長半径や質量にもよるが、10 分程度で起こる可能性がある。TTV が起こるメカニズムは [Agol et al., 2005] によっていくつか考えられているが、第 2 の惑星が存在すれば確実に起こると考えられるのは、主星が共通重心を周る際的位置の変化に起因するものである。ドップラーシフト法は主星の位置の変化に伴う速度変化を

見る手法であるが、TTV法は主星の位置の変化を間接的に見る手法である。主星の速度変化量は、惑星の軌道長半径が長くなれば小さくなるので、ドップラーシフト法による観測は主星から遠くに存在する惑星ほど発見が難しくなる。一方、主星の位置の変化量は惑星の軌道長半径が長くなれば大きくなるので、TTV法は軌道長半径が長い惑星に有利であると言える。また、口径の大きな望遠鏡と分光器を必要とするドップラーシフト法に対して、TTV法は比較的口径の小さな望遠鏡でも観測を行うことができる。

そこで本研究は神戸大学屋上にて口径30cmの望遠鏡を用いたTTV観測を行った。観測は2009年5月から2010年1月までの期間である。小口径望遠鏡を用いる最大のメリットは、マシンタイムを自由に使えることであり、連日の観測を行うことで、多くのターゲットを観測することができる。また、1つのターゲットに対しても繰り返し観測を行うことで、TTVの変動を説明するための観測点を増やすことができる。本研究は、小口径望遠鏡によるTTV観測が可能であるか検証を行うことを目的として観測を行った。

観測は既知のトランジット惑星を持つ天体をターゲットに行い、トランジットが起ると予報されている時刻に観測を行う。複数回の減光を検出することで、それぞれの減光過程におけるトランジット中心時刻を求め、周期から予測される時刻とのずれを見ることで、TTVの検出を行う。本観測では未知の惑星として、数日から数百日で公転する木星質量の惑星を想定した。そのような惑星によるTTVは数分程度で起こると考えられる。また、数分程度で起こるTTVを検出するためには、0.1%程度の測光精度が必要であると見積もり、この精度が達成できれば、小口径望遠鏡によるTTV観測は可能であると考えた。

結果は、観測期間中に観測した合計21天体のうち減光を検出できたものは、 $V=11$ [mag.]よりも明るい4天体のみであった。これは既知のトランジット天体約60個のうち、約3割である。また、減光を検出した際の測光精度もおおよそ0.4~1.0%であり、目標とする測光精度は達成できないことが分かった。その最大の原因は、観測地である神戸の夜空の背景光が明るく、ノイズが大きいことであった。この結果は、マシンタイムを自由に使える小口径望遠鏡のメリットを生かしているとは言えず、観測戦略として問題があることが分かった。そこで、目標とする測光精度を達成するためには、どのような観測が必要であるかを考察した。

一方、XO-3bに対しては合計6回の減光を検出することに成功し、TTVの解析まで行うことができた。その結果、1つの観測点のエラーバーが基準線から外れ、有意なTTVとして検出された(10分程度の大きさ)。そこで検出されたTTVが本当に惑星起因のものであるかの考察をおこなった。しかし、TTVの観測点が少ないために、惑星起因のものであるという可能性と、測光精度に起因するエラーの可能性の両方が残された。よって、XO-3bについては観測点を増やす必要があり、今後の観測結果から再度考察を行うことを考えている。