

論文審査の結果の要旨

氏名 成田 憲 保

本論文は、太陽系外の惑星の研究において、トランジット惑星系（惑星の公転軌道面が我々から恒星へ視線とほぼ一致し、惑星による主星の食が起こる系）を対象とした方法を2つ研究し、今まで行われてきた研究よりも多くの惑星系にまで、これらの手法が適用可能であることを実証したものである。

本論文は6章から構成される。

まず、1章において、研究の動機が紹介されている。

続いて2章において、系外惑星系研究の様々な方法のレビューが行われている。本論文では、そのうちの2つの方法を用いる。一つは”Transmission Spectroscopy”すなわちトランジット中のスペクトルのわずかな変化から惑星大気の組成を探る方法である。もう一つの方法は、”Rossiter-McLaughlin 効果”（以下、ロシター効果）、すなわち自転する主星の前を惑星が通過する際に、主星のみかけの視線速度が変化する効果を用いる方法であり、恒星の自転軸と惑星の公転軸のなす角度 i を決めることができる。

続く3章と4章において、本論文における実際の観測研究の議論を行っている。

まず3章において、Transmission Spectroscopy の研究が議論されている。惑星大気モデルの研究者らは、トランジット惑星系において、惑星大気中のナトリウム・カリウムなどのアルカリ金属の吸収線で $\sim 0.15\%$ 以上の追加吸収が期待できることを予言していた。しかしその後行われたハッブル宇宙望遠鏡の観測では、トランジット惑星系HD 209458 のナトリウム線において、惑星大気による追加吸収は観測されたものの、その値は $0.0232\% \pm 0.0057\%$ とモデル大気の子測よりもはるかに小さなものであった。そこで本論文では、この結果を追試・検証することを目指して、すばる望遠鏡HDS でHD 209458の Transmission Spectroscopyの観測を行った。この結果、惑星大気中のナトリウムによる追加吸収は 0.12% 以下(3σ) という制限を得た。この制限は、1晩の地上観測で得られたものとしては最も強い制限であると同時に、先のハッブル宇宙望遠鏡の結果とも一致する。

続いて、4章において、ロシター効果の測定が議論されている。今までにもロシター効果は系外惑星系において測定例はあるが、これらは主星が明るい(V 等級 ~ 7.7 等) 2例のみである。そこで、観測対象を増やすため、本研究では、主星がやや暗い (V 等級 ~ 11.8 等) トランジット惑星系TrES-1 のロシター効果の検出を目指した。2006年にすばる望遠鏡とMAGNUM望遠鏡を用いた同時分光測光観測を行った。その結果、TrES-1 のロシター効果の検出に成功するとともに、この系の i に対して $i = 30^\circ \pm 21^\circ$ という制限をつけた。この制限から、この系では惑星が順行して公転していることが確認され

た。

これらの結果を受け、第5章において観測結果の意味を議論している。まず、Transmission Spectroscopy については、得られた追加吸収の量が、初期のモデル計算で予言されていた値よりも少ないことが明らかになり、惑星大気モデルの再考を促す結果となっている。特に本研究では、現存の地上望遠鏡でも、Transmission Spectroscopy 研究が可能であることを実証した意義が大きい。続いて、ロシター効果の結果では、恒星の自転軸と惑星の公転軸のなす角度 i が小さいことが分かった。現在の標準的な惑星形成理論では、主星の近くに発見される巨大な系外惑星（いわゆるホットジュピター）は主星から離れた場所で誕生し、そこから主星近傍の軌道へ移動してきたと考えられている。移動には、2つのメカニズムが考えられるが、それぞれ異なる i 分布を予言している。今回の測定もふくめても、 i の測定例は数が少なく、未だ両モデルの決着をつけるにはいたっていない。ただし、本研究において、主星がやや暗い（V 等級~12 等）暗いトランジット惑星系でもロシター効果の測定が可能であることが初めて示された。このことの意義は大きく、本研究に基づき、今後、多くのトランジット惑星系においてロシター効果が測定され、ホットジュピターの成因に迫れるものと期待される。

最後に6章において、全体のまとめを行っている。

このように、本研究では、トランジット惑星系の研究に対して、ターゲットの数を飛躍的に増やしていく方法論を提示し、それを実証したものであり、系外惑星系研究に新たな道を開いたものとして、高い価値を持っている。

なお、本論文は多くの研究者との共同研究であるが、論文提出者が主体となって、観測の提案、観測の実行、データの解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（論文）の学位を授与できるものと認める。