

論文審査の結果の要旨

氏名 太田泰弘

太陽系外に初めて惑星系が発見されたのは1995年であるが、この発見以来、精力的な探査によりすでに250個以上の太陽系外惑星が見つまっている。今日、系外惑星の探査は「宇宙において生命は存在するのか」という疑問に答える可能性をもつ研究として、広く興味をもたれている。

これまでに最も多くの系外惑星の観測に使われてきた方法は、惑星の重力によって生ずる主星のふらつきによるドップラー効果を分光観測し、間接的に惑星を観測する視線速度法である。これにより、惑星の質量、公転周期、公転軌道の離心率などを知ることができる。またこれまでに発見された系外惑星の中には、地球から見て主星の手前を惑星が横切るトランジットという現象がある。この間、主星が放射する光を惑星が遮るため主星の明るさが暗くなる。この明るさの変化を測光観測する手法はトランジット法と呼ばれているが、これを用いるとさらに惑星の半径や公転周期、天球面に対する公転軌道の傾斜角などを知ることができる。さらにトランジット惑星系は、分光観測することで、さらなる情報を得ることができる。惑星が主星の一部分を隠している時、主星は自転しているため、主星のスペクトル線は、観測者から見て近付いている部分から放射された青方偏移した成分と遠ざかっている部分から放射された赤方偏移した成分の足し合わせになっている。そのため、惑星が近付いている部分を隠すと、青方偏移した成分が少なくなり、スペクトル線全体は見かけ上赤方偏移して見える。逆に、惑星が主星の遠ざかっている部分を隠すと、赤方偏移した成分が少なくなり、スペクトル線全体は青方偏移して見える。この効果はロシター効果と呼ばれているが、このロシター効果に起因するスペクトル線の視線速度のずれを時間的に観測すれば、主星の自転方向と惑星の公転方向が揃っているのか逆向きであるのかを知ることができる。より細かい観測を行えば、天球面上に射影した主星の自転軸と惑星の公転軸のなす角を測定することができる。

ロシター効果の観測データを解析する時には、惑星系のパラメータからロシター効果の大きさを計算するテンプレートが必要になる。ロシター効果による視線速度のずれを求めるためには数値積分を含んだ式を計算しなければならない。また数値計算では惑星系のパラメータがどのようにロシター効果に影響するか解析しにくく、強く解析的表式が求められてきた。

このような動機のもとに、本論文では、惑星の半径は主星に比べて小さいた

め摂動展開を行なえることに着目し、ロシター効果による視線速度の偏移を求める近似表式を導いている。この解析的計算はかなり複雑なもので、この導出に成功したことは申請者の解析能力の高さを示しているといえよう。さらに太陽系外トランジット惑星系の1つである HD 209458 をモデルとして、この近似表式と数値積分を用いて求めた場合とで比較し、誤差が 1m/s 程度に収まることを示している。この1m/s という精度は、現在最も精度のよい望遠鏡の観測精度と同程度であり、近似式は十分有効である。

また、本論文では分光及び測光観測による惑星リングの検出可能性について議論している。現在まで系外惑星の周りにはあるリングは見つかっていないが、太陽系の巨大惑星には大なり小なりリングがあることから、リングを持つ系外惑星は存在する可能性は十分あると考えられる。リングを持つ惑星のトランジットでは、リングのない惑星に比べて明るさの変化やロシター効果による視線速度のずれは大きくなり、また、トランジットの始めと終りで光度曲線と視線速度曲線に凹凸が現れる。本論文はこれらを利用してリングを検出する可能性を評価している。その結果、光学的に厚く幅が大きいリングを持つ木星程度の大きさの惑星の場合、リングが視線方向に対してある程度の角度をなしていれば、現在の観測精度で検出が可能であるという興味深い結果を見いだしている。

この様に、申請者は系外トランジット惑星系のロシター効果を極めて緻密に解析し、視線速度の解析的近似式を導いた。申請者は系外惑星の観測にも参加しているが、この結果はそれらの観測の解析に用いられ有効性を発揮している。またこの結果は現在活躍している系外惑星探査衛星や、今後打ち上げが予定されている探査衛星からのデータの解析において、大きく寄与することが期待されている。今後のロシター効果の系統的観測の端緒を拓いたものとして高く評価することができる。

この論文は、須藤 靖氏と 樽家 篤史氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって複雑な解析的計算、解析をおこなったもので、論文提出者の寄与は十分おおきかったものと判断した。

したがって博士（理学）の学位を授与できると認める。