

論文審査の結果の要旨

氏名 高橋安大

本論文は7章と付録からなる。第1章は序章であり、研究の背景と目的が示されている。惑星系形成シナリオとして、円盤不安定モデルと核集積モデルが紹介され、さらに惑星移動機構として、I/II型移動、惑星散乱、古在機構、潮汐散逸が説明されている。そして、惑星移動機構に制約を与えるために、既知の系外惑星系で伴星探査を行うことが目的であることが示される。具体的には、近赤外線高コントラスト直接撮像によって、大離心率惑星もしくは軌道傾斜惑星の単独惑星系で伴星の有無を調べることで連星率を求め、太陽近傍星の一般連星率と惑星保有星の連星率と比較することで、古在機構の有効性を明らかにする。

第2章では系外惑星観測の間接的方法について概説している。視線速度法、トランジット法、重力マイクロレンズ法、アストロメトリ法、パルサータイミング法について、その原理を紹介している。

第3章では系外惑星観測の直接的方法である直接撮像法についてまとめている。直接撮像法によって発見された惑星の例を紹介し、視野回転を利用して主星近傍の点源を抽出するADI観測法および、取得されたデータ解析方法としてのADI法とLOCI法の原理を説明している。また、発見された伴星候補天体について、伴星かどうかを判断する共通固有運動試験、光度と年齢から質量を見積もるのに使用する大気モデルについても説明している。

第4章ではすばる望遠鏡とHiCIAO/AO188を用いた観測の例として、HAT-P-7系の観測結果を紹介している。HAT-P-7には軌道傾斜惑星が発見されている。これまでの観測で2個の伴星候補天体が発見されているが、今回の観測結果と合わせて共通固有運動試験をし、そのうち1天体がM型の伴星であることを確認した。この系での惑星移動機構として、この伴星と視線速度法から存在が示唆されている第2惑星による連続古在機構を提案している。

第5章は伴星探査観測の結果である。まず、観測対象として選定した大離心率惑星($e > 0.7$)もしくは軌道傾斜惑星が存在する単独惑星系の惑星と主星の特徴が紹介される。それぞれの天体数は8と15である。個々の系について、Hバンド画像、コントラスト曲線が示される。伴星候補が発見された天体については、可能なものは共通固有運動試験を行い、質量の見積りが示されている。今回の探査によって、大離心率惑星系では2系に伴星を、軌道傾斜惑星系には最小4系最大

12系に伴星候補天体を新たに発見している。これらの結果は今後の系外惑星系での伴星探査の基礎となる。

第6章では観測結果から大離心率惑星系と軌道傾斜惑星系の連星率を計算し、太陽近傍星の一般連星率(46%)と惑星保有星の連星率(12%)と比較している。連星率は大離心率惑星系では2/8-3/8、軌道傾斜惑星系では4/15-12/15となった。比較には二項検定を用いる。天体数が少なく確定的なことは言えないが、軌道傾斜惑星系の連星率は惑星保有星の連星率より高い傾向が見られる。また、今後の展望として、統計の精度を上げるために天体数を増やす方法について議論を行っている。

第7章では全体のまとめと今後の展望が述べられている。

付録Aではベイズ統計を用いた連星率の議論、付録BではKOI-94系での伴星候補天体発見とそのKOI-94系光度曲線への影響についての議論を追加している。

以上、本論文は、これまでにない近赤外線による高コントラスト直接撮像による大離心率及び軌道傾斜惑星系での系統的伴星探査観測の成果であり、連星率から惑星移動機構に制約を与えようという先駆的な取り組みである。系外惑星系の構造の起源を探る上でその重要性は大きく、高く評価できる。

なお、本論文の観測はSEEDS計画(田村元秀他54名の共著者)の成果であり、さらに4章は平野照幸と長澤真樹子、付録Bは平野照幸との共同研究でもあるが、論文提出者が主体となって観測天体の選定、観測及び結果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(理学)の学位を授与できると認める。