

論文審査の結果の要旨

氏名 藤井友香

本論文は8章からなり、1章ではこの論文の目的である太陽系外惑星、特に生命の可能性のある地球の類型、液体の水をもつ固体惑星を遠方からの観測で探す試みが示される。2章で惑星表面と大気の輻射輸送の定式化、3章では地球の反射光をモデル化して観測データと比較し、4章では逆に観測データから成分比を求める試みを行う。5章では惑星の公転と自転を組み合わせたトモグラフィによる系外惑星2次元マッピングの手法を示し、6章では分光観測による水、酸素、二酸化炭素の垂直分布検知について、7章では将来の観測可能性について吟味し、8章では結論が述べられる。

太陽系外惑星の発見から20年がたち、その数は急速に増えている。本論文では、惑星というだけでなく、生命の可能性のあるような地球型の惑星、すなわち液体の水をたたえる海と陸をもち、陸には植生があり、大気には二酸化炭素を含むような惑星を遠方からの観測によって検知する手法について、地球の反射光のモデル化により具体的な検討を行っている。ここで遠方からの観測とは、直接撮像ではなく、主星から分離された惑星光強度のみにより遠隔測定する手法を指す。まず地球表面を海、雲、雪、土、植生の5分類として反射率を仮定し、輻射輸送にもとづき赤外光での測光データと日変動も含めた比較を行い、単純化した標準モデルでも5%程度の再現性をもつことを示した。次に、それぞれの成分の表面積を未知として観測データから逆問題として求めることを試みる。逆問題を解くには、モデルの妥当性のみならず観測データの精度も要求されるが、上記の単純化モデルと $S/N > 30$ のデータの組み合わせであれば数10%の精度で海、雲などの割合を知ることができる。また大気厚さを2倍にしたモデルは統計的に否定されるなどの検定能力をもつ。さらに、惑星の公転と自転を組み合わせたトモグラフィにより、惑星表面上での各成分の2次元分布を求める新たな手法が提案される。公転一周期分の測光データをから、赤道傾斜角を含む惑星の軌道要素、各波長での反射率の2次元分布が求められる。反射率がどの波長でもほぼ一定な「雲」の分布が日々変化することが、最も大きなノイズ源となるが、地球を遠方から $S/N > 20$ 程度の観測をしたと仮定した場合、反射率の比を用いることで、「赤い土」や「青い海」の分布を推定できることが例示される。地球観測衛星で実際に行われているような赤外分光データでの水、酸素、二酸化炭素の吸収線構造の日変化をモデルと比較した場合、雲の覆う面積が変動パターンを支配し、水と酸素・二酸化炭素の変動の違いから、大気中の水の分布の非一様性すなわち水の循環過程を示唆することができる。最後に、以上のような手法を実現するための将来の観測可能性につい

て、観測におけるバックグラウンド源を考慮しつつ考察され、直径 6–8m 級の宇宙望遠鏡であれば 5pc の距離にある系外惑星の分光データ取得が可能であることが示される。

本論文による系外惑星の表面状態の観測可能性の提案は具体的な手法を示しており、今後の観測における意義は大きい。

なお、本論文は共同研究であるが、論文提出者が主体となって計算・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。