

研 究 主 論 文 抄 録

論文題目

A search for auroral radio emission from exoplanets

太陽系外惑星のオーロラ電波の探査

熊本大学大学院自然科学教育部 理学専攻 物理科学コース

(主任指導 高橋 慶太郎 教授)

論文提出者 潮平 雄太

主論文要旨

「惑星はどのように生まれ、進化したのか？」この問いに対する探究心は 5000 個以上の太陽系外惑星(以下、系外惑星)の発見に繋がり、惑星の存在の普遍性を明らかにした。同時に系外惑星の特異な性質も明らかになり、惑星の形成・進化の理論を修正することが要請された。現在の系外惑星科学では、より一般的な惑星形成論の再構築のために、惑星それぞれの固有性を明白にし、比較することが最重要課題となっている。この課題に対する一つの研究として、惑星磁場の検出が試みられている。惑星磁場は、惑星内部の構造・組成や大気散逸、生命の居住可能性の制限もしくは推察につながる重要な手がかりである。

太陽系内のいくつかの惑星に目を向けると、地球、木星等のいくつかの惑星は固有の磁場を持ち、太陽風や衛星との相互作用から数十 MHz の低周波電波(オーロラ電波)を放射することが知られている。今日までの多様な系外惑星系の発見を考慮すると、磁場を持ち、オーロラ電波を放射する系外惑星の存在を容易に考えることができる。この系外惑星からのオーロラ電波、ひいては磁場の検出を目指す。先行する研究の多くは、数ある系外惑星の中でも主星の近傍を周回する巨大惑星であるホットジュピターに注目している。それが磁場を有するとき、主星から磁気圏へのエネルギーの流入が多いため、木星よりも強力な電波を放射するだろうと推測されるからである。しかし現在までに明確な検出は報告されていない。

本論文はこのような背景に基づき、以下の 2 つの研究を行った。

1. 長周期系外惑星のオーロラ電波の観測

上述の通り、これまでに主星近傍を周回する系外惑星から放射されるオーロラ電波は検出されていない。一方で、木星と類似する天体である褐色矮星から放射されるオーロラ電波は検出に成功しており、この結果は、恒星との相互作用がほとんどない長周期系外惑星も同様の機構でオーロラ電波を放射する可能性を示唆している。

そこで本研究では、系外惑星の中で最もその物理的性質が調べられている長周期巨大惑星である β Pictoris b に注目した。 β Pic b から放射されるオーロラ電波の最大周波数、放射

密度を推定し、実際に電波干渉計 upgrade Giant Metrewave Radio Telescope による観測 (帯域: 250-500 MHz) を実施した。結果として、検出には至らなかったが、オーロラ電波の放射密度の上限値として 0.18 mJy (3 σ) を設定した。また、この上下値を Hill 電流系による放射であると仮定して、電離圏と磁気圏のパラメータに対する制約に置き換えた。

2. 重力マイクロレンズ法を応用したオーロラ電波放射の検出手法

本研究では、重力マイクロレンズ法を応用した新たな手法を考えた。一般的な重力マイクロレンズ法による観測は可視・赤外で行われている。また、恒星を光源とし、レンズ星を周回する惑星を検出するために用いられる手法である。それに対して、我々は電波領域で主星よりも明るいただろうと予測されているホットジュピターを光源とし、増幅された放射の検出を考えた。この場合、光源となる惑星は公転運動をしながら主星と共にレンズ星の背後を通過していくため、サイクロイド曲線に似た軌跡で通過する。この軌跡における惑星の電波放射の増幅についてのシミュレーションを行うと、惑星の放射は、公転運動による光源-レンズ星間の角度の周期的な変化を誘因とする複数のピークを持つ増光を示した。この結果は、惑星電波放射を検出したかどうかを判断するための一つの指標になるということを示した。さらに、ホットジュピターの軌道長半径の分布を基にしたシミュレーションから、電波放射の強度を推定し、LOFAR、SKA といった電波望遠鏡を想定した検出可能性を求めた。