

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 田 中 佑 希

論 文 題 目

Magnetohydrodynamical Mechanisms for Outflows from Hot Jupiters

(巨大灼熱惑星の磁気流体力学的質量放出機構)

論文審査担当者

主査 名古屋大学大学院理学研究科 教授 博士(理学) 犬塚修一郎

委員 名古屋大学宇宙地球環境研究所 教授 理学博士 草野 完也

委員 名古屋大学大学院理学研究科 教授 博士(理学) 渡邊 智彦

委員 名古屋大学大学院理学研究科 准教授 博士(理学) 鈴木 建

委員 名古屋大学大学院理学研究科 准教授 博士(理学) 前川 展祐

## 論文審査の結果の要旨

別紙 1 - 2

近年様々な観測手法によって多数の太陽系外惑星が発見されており、惑星半径や質量、軌道長半径などは多様性に富むことが分かっている。その中には木星と同程度の質量と半径を持ち、極めて短い軌道長半径で中心星の周りを公転する惑星も多く発見されている。このような惑星は中心星からの強い輻射を受けて高温になっており、ホットジュピターと呼ばれる。

ホットジュピターは大量の質量放出を起こしており、その兆候は紫外線領域での惑星のトランジット法によって観測されている。散逸する大気は 100 km/s にも及ぶ超音速に加速され、さらに流れ出る大気中には水素原子だけではなく重元素を含むことが示されている。従ってホットジュピターからは流体力学的な大気の流出が起きている。理論的には、中心星からの X 線と極端紫外線の放射による高層大気の加熱が大気散逸を駆動することが既に提案されている。しかし、質量放出率の時間変動性が観測されている天体もあり、変動の起源は未解決問題として残されている。また、磁場を考慮した質量放出現象については研究されていなかった。

ホットジュピターが磁場を持ち、大気に乱流が存在する場合は、磁気流体波動が励起される。この波が磁力線にそって上空へ伝播して散逸することによって、高層大気を加熱し質量放出を加速することが出来る。まず申請者は 1 次元の磁気流体力学シミュレーションを行うことによってこのシナリオが実現されることを確認し、観測されている質量放出率や大気の視線速度と整合的な結果が得られることを示した。申請者は次に、弱電離環境にある大気中でのオーム散逸を考慮した計算も行い、非理想効果は惑星大気の加熱や質量放出に大きな影響を与えることを示した。また、大気中における磁気流体波動の伝播、反射、散逸の複雑な振る舞いについての解析も行った。さらに、大気中での輻射輸送を効率良く解くことによって磁気流体計算に用いている輻射冷却率を改善し、輻射冷却率の詳細な取り扱いが結果に大きな影響を与え得ることを示した。また、質量放出率は惑星表面での速度擾乱の大きさ、惑星大気の圧カスケールハイトに強く依存することを明らかにした。さらに、この磁気流体波動による質量放出のモデルを、高温の海王星質量の惑星である GJ 436b に適用し、従来の大気散逸駆動モデルでは説明出来なかった、質量放出率と散逸する大気の視線速度の両方を説明することを示した。

申請者が提案している惑星大気中での磁気流体波動の散逸が駆動する質量放出現象のモデルでは、観測されている系外惑星からの質量放出率と整合的な値が得られることが分かった。また散逸する大気も ~100 km/s 程度と超音速にまで加速されることが示された。そのためこのモデルはホットジュピターからの質量放出現象の特性を説明することが可能である。また惑星の形成過程や長期進化にも示唆を与えられる。

以上のように申請者は、ガス惑星大気の構造と進化に影響を与える新しい大気散逸プロセスを提案し、定量的な解析を行うことで観測結果を説明するような新しい描像を提案した。以上の理由により、申請者は博士(理学)の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。