

## 別紙 4

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

## 主 論 文 の 要 旨

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)

氏 名 田中 佑希

## 論 文 内 容 の 要 旨

現在までに多数の太陽系外惑星が発見されており、また木星と同程度の質量を持ち、軌道長半径が極めて小さい惑星も数多く発見されている。これらいわゆるホットジュピターと呼ばれる系外惑星は大量の大気散逸を起こしており、その兆候は紫外線領域での惑星のトランジット観測によって観測されている。観測からは、散逸していく大気の視線方向の速度は音速を超えていること、また散逸大気中には重い元素も含まれていることが分かっている。そのため、ホットジュピターではハイドロダイナミックエスケープが起きていることが示唆されている。理論的な研究からは、中心星からの強い X 線と極端紫外線による高層大気の加熱がハイドロダイナミックエスケープを駆動し、観測から見積もられている質量放出率を説明出来ると考えられている。しかし、惑星が持つ磁場が大気散逸に及ぼす影響については、これまで詳細には考えられてこなかった。ホットジュピターが強い磁場を持ち、また大気中に乱流が存在する場合、惑星の表面で磁気流体波動が励起される。磁気流体波動は磁力線に沿って上空へ伝播し、散逸することによって大気を加熱して質量放出を駆動する。我々はこのシナリオをホットジュピターの大気の 1 次元磁気流体力学シミュレーションを行うことによって検証した。その結果、観測から得られている値と整合的な大きな質量放出率が得られることが分かり、また散逸する大気は 100 km/s に達することも示した。次に、我々は弱電離大気中における磁気流体波動のオーム散逸の効果について検証を行い、非理想効果は大気構造と大気散逸に大きな影響を及ぼす事が判明した。この計算から、大気中での磁気流体波動の伝播、反射、減衰の複雑な性質を明らかにした。さらに、計算で用いていた輻射冷却・加熱の取り扱いを、大気中での輻射輸送を解くことによって改善した。その結果、質量放出率と大気構造は輻射冷却率と加熱率の詳細な取り扱いによって影響を受けることが分かった。我々は様々な物理的特徴をシミュレーション上でパラメータとして取り扱い、質量放出率は惑星表面での大気速度分散や、大気のスケールハイトに強く依存している事を明らかにした。最後に、我々はこのモデルをホットネプチューン GJ 436b からの大気散逸に適用した。その結果、質量放出率と、観測的特徴を説明するために必要な散逸大気の動径方向の速度の双方がこのモデルによって説明できることを示した。

我々が提案している大気散逸の機構、磁気流体波動駆動の質量放出は、惑星からの質量放出現象を理解するために重要であると考えられる。また、惑星の長期進化においても重要な役目を果たす可能性がある。