

学位申請論文公開講演会

日時 : 2月8日(月) 15:00~
申請者: 田中佑希 (TA研)
場所 : ES035 講義室
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)

主論文の要旨

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。これらの観測からは、散逸する大気は 100 km s^{-1} 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も検出されている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ことが示唆される。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提案されており、これらの数値計算結果には観測結果と整合的な質量放出率が得られる場合もある。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、その変動の起源は未解決の問題として残されている。また、ホットジュピターが持つ磁場の影響を考慮した質量放出現象についてはこれまで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、磁力線に磁気流体波動が励起される。この波が磁力線に沿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。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の改善を遂行し、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。また申請者は様々なパラメータでの計算を行い、質量放出率は惑星表面での速度擾乱の大きさと、惑星大気の圧力スケールハイトに強く依存することが判明した。

最後に申請者は、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 に適用した計算を遂行した。その結果、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満足するパラメータ領域が存在することを示した。

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 $\sim 100 \text{ km s}^{-1}$ 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惑星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、ガス惑星の構造と進化に影響を与えるプロセスを提案し、定量的な解析を行うことで観測結果を説明するような描像を提案した。