

地球型惑星における遅進流体力学的散逸のDSMC シミュレーション

DSMC simulation of slow hydrodynamic escape from terrestrial planets

寺田 香織¹、*寺田 直樹¹、藤原 均²

Kaori Terada¹, *Naoki Terada¹, Hitoshi Fujiwara²

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 成蹊大学理工学部

1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Faculty of Science and Technology, Seikei University

大気獲得直後の地球型惑星の大気組成進化を理解するために、流体力学的散逸からジーンズ散逸へと変遷する期間における遅進流体力学的散逸による大気散逸率を DSMC シミュレーションにより求めた。

形成間もない恒星は、強い極端紫外線を放射する。例えば、45 億年前の太陽の極端紫外線は、現在よりも 100 倍以上強かったとみられる。原始惑星系円盤から形成された惑星は、円盤ガスの捕獲や衝突脱ガスにより大気を獲得するが、その大気は中心星からの強い極端紫外線に照射されることにより加熱され、宇宙空間に大量に流出する。

大気の散逸率には限界があり、どれだけ強い極端紫外線に曝されても、エネルギー律速で決まる散逸率以上の大気の散逸は起こらない。このエネルギー律速で決まる散逸率での大気散逸が起こっている状態は流体力学的散逸の一状態である。やがて、時間の経過とともに中心星の極端紫外線の強度は弱まり、惑星の大気は現在の地球のような静水圧平衡状態に落ち着く。静水圧平衡状態で起こるジーンズ散逸の散逸率と流体力学的散逸率の研究は進んでいるが、その間の期間の遅進流体力学的散逸の散逸率は理解が進んでいない部分が多い。

大気の散逸率は大気組成によっても左右される。先行研究により、地球のような大気組成の惑星は、現在の太陽の 20 倍の強さの極端紫外線に曝されると、その大気が 10000 K を超えるまで加熱され、流体力学的散逸が起こることが明らかになっている。一方、CO₂ が大量に存在する火星のような惑星では、CO₂ の赤外放射による冷却効果があるため、地球ほどの大気の温度上昇は起こらない。それでも、現在の 20 倍の強さの極端紫外線の下での火星大気の温度が約 2500 K に達し、静水圧平衡が成立していないことが先行研究の流体シミュレーションによって示唆されている。

我々は、異なる強さの極端紫外線強度のもとに DSMC シミュレーションを行い、地球のような惑星、火星のような惑星からの大気散逸率を求めた。粒子シミュレーションモデルを使うことにより散逸率を自己無撞着に解くことを可能にした。大気獲得直後の惑星大気組成進化を理解するために、本発表では流体力学的散逸から遅進流体力学的散逸を経てジーンズ散逸へと変遷する期間の分子種ごとの散逸率を示す。

キーワード：大気散逸、地球型惑星、DSMC シミュレーション

Keywords: Atmospheric escape, Terrestrial planets, DSMC simulation