

学位申請論文公開講演会

日時：2026年1月27日(火) 9:00~

申請者：宮山 隆志 (Ta 研)

場所：物理会議室 (C207)及びハイブリッド(問い合わせ: hkobayas@nagoya-u.jp)

題目：隕石降着による惑星大気の形成と進化

主論文の要旨

大気は惑星における生命存在可能性を決定する鍵となる要素である。現在、観測技術の飛躍的な発展により、太陽系外惑星の存在だけでなく惑星が持つ大気の情報まで得ることができるようになっている。そのため惑星大気の起源、その形成過程は現代科学の最先端問題であるとともに、宇宙における生命の発生に直結する。

惑星大気を進化させる物理過程の中で、最も普遍的かつ著しい大気中の化学変化を起こす現象が惑星への隕石降着である。月面に無数のクレーターが残っていることから、過去の地球も数多の隕石イベントに晒されていたことが示唆される。惑星の重力に引かれ高速落下する隕石は地表および大気を加熱し、有機物生成等の大気の化学進化を駆動する。

惑星に落下する隕石は地表と高速衝突する。これにより発生した衝撃波は、固体地表すらも蒸発させるほどの著しい加熱を引き起こす。発生した高温の衝突蒸気は化学反応を伴いながら大気中に放出され、大気の形成や進化に寄与する。しかしこれら一連の過程は、現実の規模での実験は困難であるため理論的な理解が特に重要となる。本論文では数値シミュレーションを用いて、衝突過程で生じる蒸気の生成量やその熱力学的状態を詳細に調査した。複雑な表式を伴う固体の状態方程式によって支配される隕石衝突蒸发现象において、状態方程式の複雑さは蒸発を決定する内部エネルギー上昇に影響しないことを示し、生成される蒸気量について解析解を与えた。月形成後の初期地球に集積した隕石の地表衝突により発生した蒸気量を導出した解析解を用いて見積もり、現在の地球大気質量を説明できることを示した。

一方、地表衝突前の大気突入過程が大気の化学組成を特徴づける。本論文では、隕石の大気突入シミュレーションを行い、その結果を反映した化学反応を解く手法を開発し、この問題を調査した。大気中を高速移動する隕石は衝撃波を発生させ大気を加熱し、大気中の化学反応を駆動する。その後の急速な膨張が引き起こす降温によって、大気中の化学反応速度も即座に低下する。そして、ある温度を下回った時点で化学反応が停止し、化学平衡から大きく離れた化学組成が実現する。本手法を有機物に富んだ大気を持つ土星の衛星・タイタンにおける大気に適用し、隕石降着の影響を調査した。隕石降着により有機物が形成され、特にタイタン中のHCN含有量は100回程度の隕石降着によって説明可能であることを示した。

本論文では惑星大気の進化に関する重要な問題である、隕石降着が引き起こす一連の過程を理論的に調査した。そして流体力学過程を詳細に調べることで、それを反映した大気の非平衡化学進化を明らかにした。本研究の手法は、タイタンに限らず種々の惑星へも適用可能である。