

原始惑星重力下における原始惑星系円盤ガスの流れと小天体の衝突率

The growth of protoplanets via the accretion of small bodies in perturbed disks

*岡村 達弥¹、小林 浩¹

*Tatsuya Okamura¹, Hiroshi Kobayashi¹

1. 名古屋大学 理学研究科

1. Department Physics, Nagoya University

近年の惑星形成理論ではkmサイズの微惑星に加えて、微惑星よりも小さいcm-mサイズ粒子(ペブル)の降着による惑星形成が盛んに議論されている。これら固体小天体は原始惑星系円盤や惑星大気中をガス抵抗を受けながら運動しており、この運動により原始惑星と小天体の衝突断面積が決まる。そのため惑星形成を議論するにあたり原始惑星系円盤ガス・原始惑星大気を考慮することが必要不可欠である。そこで本研究では、微惑星からペブルまで幅広いサイズの小天体の惑星への衝突率を求めるために流体計算と小天体の軌道計算を行った。

本研究では、まず原始惑星重力により摂動を受けた原始惑星系円盤ガスの流れを3次元流体計算で求めた。流体計算の結果、原始惑星の周りに閉じた流れができ、原始惑星は惑星大気を形成する。大気の外側の流れも原始惑星の重力を受けた特徴的な構造になる。惑星の進行方向前後には馬蹄形流が形成される。

次に、この流れ中の小天体の軌道を数値積分により求めた。ガスとの結合を表す無次元制動時間(St)は小天体のサイズに依存するため、流れの影響は小天体のサイズに応じて変わる。本研究では、 $St = 3 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{13}$ にあたるサイズの小天体の軌道計算を行った。

軌道計算の結果をもとに、 St の小天体の原始惑星への衝突率 P_{col} を求めた。サイズの大きな小天体($St > 1$)は惑星重力により超音速になる。その結果、密度の大きい惑星大気から強く影響を受け、大気がない場合に比べ衝突率は大幅に上昇する。サイズの小さな小天体($St < 1$)は原始惑星系円盤ガス流とよく結合しており惑星近傍を通過する時間と惑星に沈降する時間によって衝突断面積は決まる。さらにサイズの小さな小天体では馬蹄形流により衝突軌道が狭められる効果や、ボンディ半径あたりの外向きの流れが衝突を阻害することが見られる。

これらの効果を考慮して、小天体の原始惑星への衝突率を求めた。その結果、惑星大気の効果やペブル降着の過去の研究を包括的に理解することが可能になり、過去の研究を改善する新たな解析解を導出した。

キーワード：ペブル集積、原始惑星系円盤、惑星形成

Keywords: pebble accretion, protoplanetary disk, planet formation