

衝突・破壊をとりいれた N 体計算の開発と 地球型惑星形成後期のシミュレーション

学籍番号 261701038 磯谷和秀

太陽系の地球型惑星は、数十個の火星サイズの原始惑星が無秩序な長期軌道不安定を起こし、これらがお互いに衝突・合体を繰り返すことによって、数億年かけて形成される。これは巨大衝突ステージと呼ばれ、地球型惑星の軌道や質量などの重要な特徴が決定される。しかし、原始惑星同士が軌道交差を起こすほど軌道が歪んだ状態で衝突・合体が起きるため、最終的に形成される地球型惑星の離心率 (~ 0.1) は、現在の太陽系の地球型惑星の離心率 (~ 0.01) を説明できない。ここで地球型惑星の形成後に残存微惑星が存在するならば、力学的摩擦によって地球型惑星の離心率を下げることが可能である。一方、力学的摩擦の反作用や地球型惑星からの摂動によって残存微惑星の離心率は上がり、微惑星同士の破壊的な衝突が起きるほど相対速度が速くなる。そのため様々なサイズの微惑星同士の衝突・破壊が次々に起こり、その際に放出される破片は中心星の輻射圧により系外へ吹き飛ばされるため、残存微惑星円盤の総質量は減少していく。このように微惑星同士の破壊を考慮すると、力学的摩擦の効率が落ちてしまうと予想されるが未だ研究されていない。この問題を調べるために、無秩序な長期的軌道進化と衝突・破壊を同時に扱うシミュレーションが必要である。軌道進化を扱うには N 体計算が有効であるが、破壊によって生じる様々なサイズの微惑星は 10^{35} 個以上にもなり、純粋な N 体計算では非常に困難である。このような多数の粒子には統計力学に基づいた統計的手法が有効であるが、重力相互作用による非軸対称な面密度分布の取り扱いができない。そこで本研究では、 N 体計算と統計的手法を組み合わせ、軌道進化と破壊を同時に扱うことができるハイブリッドコードの開発を行った。そしてこのコードを用いた計算により、巨大衝突ステージにおいて残存微惑星が存在する場合に、微惑星同士の衝突・破壊現象を考慮すると、予想通りに地球型惑星と微惑星間の力学的摩擦の効率が落ちてしまうことを実際に確かめた。また力学的摩擦と破壊のタイムスケールの比較を行い、最大微惑星のサイズ依存性を導出したところ、地球型惑星の離心率を下げるためには、最大微惑星が 100km サイズ以上の残存微惑星円盤が必要であることがわかった。本講演では残存微惑星の起源についても議論する。