

P28b **原始惑星系円盤の長時間進化.I. 低数値粘性 SPH 法の開発**

今枝 佑輔 (東大理)、犬塚 修一郎 (国立天文台)

形成段階の木星型惑星が最終的にどの程度の質量にまで成長するかを知るためには、惑星による原始惑星系円盤からのガス捕獲過程を数十ケプラー時間に渡って詳細に調べる必要がある。

SPH 法は流体の運動を非構造メッシュを使ってラグランジュ的に計算する方法であるため、空間上を自由に運動する惑星が周囲からガスを捕獲してくる状況を、精度良く計算することが期待される。ところが、原始惑星系円盤のように強いシアを持って差動回転している円盤の運動を SPH 法を使って長時間積分すると、時間が進むにつれて初期の粒子配置は大きく変化し、粒子分布の局所的な等方性が失われてしまう。そのため密度の計算において大きな数値誤差を生じ、これは計算上、数値粘性が非常に大きくなる効果として現われる。この結果、1ケプラー時間を越えた時間積分では正しい計算結果を得ることができない。正しい計算結果を得るには、この密度計算における大きな数値誤差を極めて小さく押さえ込み、数値粘性を小さくする事が必要不可欠である。

これを実現する1つの方法として、我々は前回の年会において、SPH 法におけるカーネルの広がり従来からの3倍以上の大きさに取ることが有効であることを示した。しかしその代償として、計算時間の大幅な増加と空間分解能の大幅な低下を受け入れなければならなかった。

そこで今回、我々は別のアプローチを取ることによってこの問題を解決する。まず、空間の局所的な非等方性が崩れた場合においても、各物理量の微分値が正しく求められる方法を採用する。これには、ある粒子の近傍で各物理量をテーラー展開し、その重み付き和を取った式を利用する。また、従来 SPH 法では密度の時間進化が、粒子の集積度合いの時間変化から自動的に決定されていたが、ここでは連続の式の時間積分を露わに実行する。これらの改良の結果、空間分解能は従来 SPH 法と同じ平均粒子間隔の程度のまま、原始惑星系円盤の運動を長時間積分することが可能になった。

更にこの方法の正当性を調べるための簡単な1次元テスト問題として、波の伝搬と衝撃波管問題を解いた。その結果、どちらも解析解をよく再現し、正しい計算が実行できることを示す。