

課題名：GRAPE を利用した SPH モデルによる銀河進化の研究 (g02a06)

研究代表者 中里直人, 研究分担者 P.Berczik, C.Boily, & 小林千晶

我々のプロジェクトでは、Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) 法を応用したシミュレーションモデルによって、銀河の形成と進化 (銀河進化) について、国立天文台の GRAPE システムを使用した研究をおこなってきた。本報告書では、プロジェクトの一部である、GRAPE を利用した並列 SPH コードの開発と応用について報告する。

プロジェクトの研究として、SPH シミュレーションによる天の川銀河のモデル構築をおこなってきた (Nakasato & Nomoto 2003)。計算結果を詳細に調べることで、天の川銀河中心部のバルジの形成過程や、定性的な性質を再現するモデル構築が可能になったが、このシミュレーションで使用した粒子数 ($N_{\text{SPH}} \sim 30,000$) では、バルジの構造を完全に解像できてはいない。現在の MUV システムの計算機環境では、重力計算の部分は GRAPE を使うことで高速化されているので、SPH 計算の部分が現実的に使用できる粒子数を制限する要因となっている。そのため、SPH の部分を高速に計算するためには、並列計算をおこなうのが解決策のひとつである。我々の SPH コードの並列化作業は昨年度から継続してきており、本年度にはおもな部分の並列化は終了した。平行して、いくつかのテスト計算などをおこない、ほぼ実用できるところまでになった。

このコードの応用として、解像度を変えた SPH シミュレーションをおこない、結果を比較した。これまで、銀河団ガスのような暗黒ハロー内で平衡化していく、低密度高温ガスの系では、SPH シミュレーションの結果は解像度 (粒子数) にほとんど依存しないことがわかっている。このような系では、放射冷却を無視できるが、銀河進化の問題では放射冷却の効果を無視することはできない。銀河進化における、解像度の違いによる結果の変化についてはあまり調べられていないため、我々は、同じ CDM 密度揺らぎをもつ異なる粒子数の初期条件 (低解像度モデル: $N_{\text{SPH}} \sim 40,000$ 、高解像度モデル: $N_{\text{SPH}} \sim 320,000$) を設定し、放射冷却を考慮して、比較計算をおこなった。なお、低解像度モデルは逐次コードで、高解像度モデルを並列コードで計算した。赤方偏移 25 から 1.6 まで進化させると、放射冷却による散逸でガスによるディスク構造が、暗黒ハロー内に形成される。このディスクのもつ角運動量分布を、低解像度と高解像度モデルで比較してみると、1.5 倍程度、高解像度モデルのほうが多く角運動量を保持していることがわかった。さらに、高解像度モデルで、重力のソフトニングパラメーター (力の解像度に相当) を変化させて、結果を比較してみた。この場合、ディスクのもつ角運動量分布はほぼ同じ程度になったが、粒子の分布は大きく異なり、ソフトニングパラメーターが大きいモデルのほうが、粒子が滑らかな分布をしめた。これは、ソフトニングパラメーターが小さいモデルでは、ディスク内での重力不安定性が大きくなり、粒子がクラスタリングをしているためと考えられる。今後、並列 SPH コードの改良とあわせて、放射冷却を考慮した SPH モデルの解像度依存性について、さらに調べていく必要がある。

- Nakasato, N. & Nomoto, K., 2003, ApJ, in press