

研究課題名： GRAPE による階層的構造形成シミュレーション

福重俊幸 (東京大学大学院総合文化研究科)

GRAPE-5 を用いた高分解能な N 体シミュレーションによって以下の 2 つの成果が得られた。

1. 銀河団スケールにおけるダークマターハローの構造

Navarro, Frenk, White (1996, 1997) は Cold Dark Matter モデルでのダークマターハロー形成の N 体計算を行った。彼らは、計算結果が、ハローの質量、初期ゆらぎのパワースペクトラム、宇宙論モデルによらず、中心部で半径の -1 乗、外側で -3 乗に比例するプロファイル、いわゆる Universal Profile でフィッティングできると主張した。その後、彼らの Universal Profile とは内側のベギが -1.5 乗と異なるが、Universal であることを支持する結果が Fukushige, Makino (1997), Moore et al. (1998, 2000) らの SCDM model での高分解能の計算で得られている。

しかしながら、その一方で、プロファイルは宇宙論的な初期条件を残しているという主張も、LCDM model での数値計算 (Jing, Suto 2000) や解析的な仕事 (Syer, White 1998) によってなされている。

Universality の物理的な説明が得られているわけではないこともあって、議論は収束していない。

我々は、銀河団スケールでのダークマターハロー形成の N 体計算を行なった。今回は、SCDM、OCDM、LCDM の 3 model で、銀河団スケールの計 13 個のハローの構造を調べた。いわゆる re-simulation 法でハローをサンプリングし、できたハローはそれぞれ 100 万程度で表現した。その結果、我々の計算で得られたハローはすべて、内側に -1.5 乗のカスプ、外側に -3 のスロープを持つ Moore et al. (2000) のプロファイルに良く合う密度構造をもつ。また、それぞれのハローは自己相似的な成長をする。これらの結果は宇宙論モデルには依存しない。

Fukushige, T. and Makino, J., 2002, submitted to ApJ (astro-ph/0108014)

Fukushige, T. and Makino, J., 2001, ApJ, 557, 533.

2. 宇宙論的 N 体計算における平均特異速度場について

我々は、非線形領域での振舞いであろうと予想される Stable condition に焦点をあてて N 体計算・解析を行なった。Stable condition とは、Physical 座標でみた粒子平均距離が一定になるという条件で、 $-v_{12}/Hr = 1$ と書ける。ここで、 v_{12} は平均特異速度場、 H はハッブル定数、 r は距離である。Stable condition は、Davis, Peebles (1977) によって Stable clustering solution を導くための仮説として導入され、その後、様々な解析にも用いられている (例えば、Hamilton et al. 1991; Peacock, Dodds 1996)。宇宙論的 N 体計算によって、直接確かめるという試みもなされていて (例えば、Efstathou et al. 1988; Sugimoto et al. 1991; Jain 1997)、とくにこの条件を満たさないという主張はされていなかった。しかしながら、Caldwell ら (2001) は Jain (1997) の結果を用いて、 $-v_{12}/Hr$ に関する Universal な関数形を提唱した。その提唱された関数形では Small scale の極限では $-v_{12}/Hr$ は 1 からずれ、Stable condition を満たさないということを意味している。また、他にも Stable condition の真偽に関する議論もなされている (Kanekar 2000; Yano, Gouda 2000; Ma, Fry 2000)。

我々は新たに宇宙論的 N 体計算を行なって、small scale での特異速度場を調べた。半径 50-200Mpc の領域で宇宙論モデルをかえた 6 モデルで計算を行なった。粒子数は約 900 万である。その結果、small scale の特異速度場は時間的に大きく変動し、Jain らの計算結果から議論することには困難があることが分かった。また、時間変動は半径 200Mpc 以上の領域で空間的に平均をとるとある程度抑えられ、そこでは $-v_{12}/Hr = 1$ から系統的にずれないということが分かった。

Fukushige, T. and Suto, Y., 2001, ApJL, 557, L11.