

ハッブル体積シミュレーションにおけるダークハローのバイアスとジーナス統計

東京大学大学院理学系研究科物理学専攻宇宙理論研究室 日影 千秋

Abstract : ハッブル体積シミュレーションのハローカタログを使って、ハローバイアスの統計解析をした。特に、密度分布のトポジカルな性質を特徴づけるジーナスの統計における、ハローバイアスの非線形性と確率的要素それぞれの影響に着目した。また、ジーナスの摂動表式(松原 1994)が、ダークハローのジーナスにも適用でき、バイアスを起源とする非ガウス性をも記述できることがわかった。

Introduction : バイアス、すなわち天体分布とダークマター分布との間の統計的関係を理解することは、銀河や銀河団の大体分布から宇宙を知る上でひとつの前提条件である。そこで、我々は以前、銀河団と 1 対 1 対応の関係にあると一般に考えられる銀河団質量のダークハローの非線形バイアスモデルを使って、ダークハロー分布に関するジーナスの理論表式をはじめて導出した(日影, 橋家, 須藤 2001)。次に、ハッブルスケールの N 体シミュレーション(Virgo consortium)のデータを使って、銀河団スケールのハロー分布に関するジーナスの解析をした。銀河団は平均間隔が数十 Mpc に及ぶため、ハッブル体積シミュレーションを使って初めて信頼性のある結果を得ることができる。今回、我々は摂動面からジーナス統計における、バイアスの非線形性と確率的要素の影響について定量的に調べた。

シミュレーションの特長 : 用いたシミュレーションは、1 辺 3000Mpc の立方体データで、1 につき 2.25×10^6 の 12 乗の太陽質量をもつ 10 の 9 乗個の粒子をもつ。ダークハローは Friends-of-friends 方法で定義し、質量幅が 6.7×10^6 の 13 乗から 6.0×10^6 の 15 乗太陽質量の 1.5×10^6 の 6 乗個に及ぶ。シミュレーションの全体積を 8 つのサブ立方体に等分し、サブ立方体間での誤差をサンプリングノイズとして評価した。

結果 : 下左図は、左パネルが、シミュレーションから得たハロージーナス(最も重いサブグループ : LL、最も軽いサブグループ : SS、上から順に 30、50、100Mpc スケールのガウシアンスマージング)、右パネルが、ランダムガウス分布における解析表式との差を表す。ハロージーナスの解析表式(日影 et al. 2001)もあわせてプロットしたところ、シミュレーションの結果とよく一致した。このことは、ハロージーナスの解析表式では無視されていたバイアスの確率的要素の影響はジーナスにほとんど効かないことを意味する。一方、右図は、摂動表式とシミュレーションとのハロージーナスの比較を示した図である。摂動表式に含まれるスキューネス値として、シミュレーションのハローデータから直接計算した値と、スキューネス値をフリーパラメーターとして摂動表式をシミュレーション結果にフィットして得られた値を使った。比較の結果、少なくとも 50Mpc のスケールでは、摂動表式はシミュレーションの結果とよく一致した。この結果は、摂動表式がハローのジーナスにも適用でき、バイアスを起源とする非ガウス性をよく記述することを意味する。

