

宇宙論的 N 体シミュレーションを用いた銀河団銀河の星形成モデルの構築

大木 平 (カブリ IPMU)

利用カテゴリ XC-B

研究の背景と目的

銀河の性質は、銀河の周辺環境と強く相関していることが知られている。例えば、高密度環境では、星形成率は低く、古い赤い星で構成され、形態は楕円形である銀河の割合が高い。これらの相関は、銀河の周辺環境が、銀河の形成・進化に大きな影響を及ぼしている可能性を示唆している。これらの相関を説明するため、これまでに銀河群・銀河団といった高密度環境での銀河形成モデルの研究がなされてきたが、相関を作る主な物理過程について未だに議論が続いている。

環境が銀河の形成・進化に与える影響について理解する上で、ボトムアップ的に成長するダークマターハロー (以下 DM ハロー) 内で銀河の星形成効率がどのように変化していくかを知ることが重要である。近年、このような背景のもと、いくつかの観測事実に基づいた経験的銀河進化モデルを構築する試みがなされている。例えば、abundance matching と呼ばれる手法と簡単なモデルを組み合わせて、DM ハローと銀河の関係や銀河の星形成率について観測と矛盾のない銀河進化モデルを構築する方法がある (e.g. Wetzel et al. 2013)。このようなモデルから得られる星形成の時間変化から、星形成に関わる主要な物理過程を推定することができる。また、モデルから得られる銀河と DM ハローの関係は、宇宙の銀河分布から物質分布を知る手がかりとなるため、大規模構造を用いた宇宙論研究を行う上での基盤としても重要である。

本研究では、経験的銀河進化モデルを構築する第一歩として、宇宙論的 N 体シミュレーションを実行し、簡単なモデルを用いて各 DM ハローに銀河を分布させ銀河の統計的性質を調べた。

手法

まず、GADGET-2 コードを用いて、ボックスサイズ 1 Gpc/h, 粒子数 2048^3 の宇宙論的 N 体シミュレーションを行った。これを用いて、DM ハローの合体史 (merger tree) を構築した。DM ハローの同定には ROCKSTAR コードを用いた。そこで得られる DM ハローのカタログから、CONSISTENT TREES コードを用いて merger tree を構築した。

各 DM ハローに銀河を分布させるために、Subhalo Abundance Matching (e.g. Conroy et al. 2006) を行った。さらに、それぞれの銀河の specific star formation rate (sSFR) をモデル化し、 $\log_{10}(\text{sSFR}/[\text{yr}^{-1}]) < -11$ のものを早期型銀河、それより sSFR が大きいものを星形成銀河に分類した。ここでは、形成時期の古いハローに属する銀河ほど sSFR が小さいというシンプルなモデル化を行った。

これまでに得られた結果と今後

以下の研究ではまず、我々の銀河モデルを、公開されている DM ハローカタログ、Bolshoi simulation (Klypin et al. 2011) に適用した。ここではその結果を示す。図 1 は、モデルから得られた銀河の 2 点相関関数である。我々のモデルは非常にシンプルなものである

が、モデルの星形成銀河・早期型銀河の2点相関関数が、SDSSの観測結果 (Hearin et al. 2014) をよく再現することがわかった。

今後は、XC50を利用して得られる新たな大規模宇宙論的 N 体シミュレーションの結果から merger tree を構築し、我々のモデルを適用する。また、すばる望遠鏡に新たに搭載された超広視野主焦点カメラ Hyper Suprime-Cam (HSC) による大規模なサーベイ観測の結果と定量的な比較を行っていく。現在、HSCサーベイにより、赤方偏移 $z = 0 - 1$ の間に ~ 2000 個というこれまでにない規模の銀河団サンプルが得られている。この結果と理論モデルを定量的に比較する予定である。

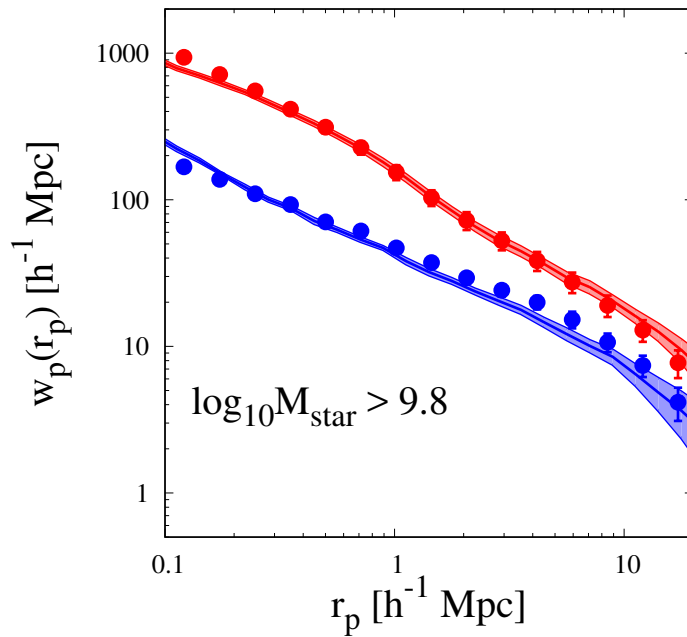


図 1: 銀河の2点相関関数。星質量が $\log_{10}(M_*/[M_\odot]) > 9.8$ の銀河をサンプルとしている。赤線が早期型銀河、青線が星形成銀河を表す。実線と色付きの範囲がモデルの結果、エラーバー付きの丸い点がSDSSの観測結果 (Hearin et al. 2014) である。