

超大規模銀河ハロー形成シミュレーション

石山 智明 (国立天文台理論研究部 / 東京大学総合文化研究科)

利用カテゴリ XT4S ・ XT4A

天文学における極めて重要な未解決問題の一つに矮小銀河問題が挙げられる。我々の銀河系において発見されている矮小銀河の数が十数個であるのに比べ、宇宙論的 N 体シミュレーションで得られる銀河ハロー内部のサブハローの個数が、数十倍と桁違いに多くなるという問題である。これまで小スケールにおけるダークマターの性質を変更して小さいサブハローの数を減らす、シミュレーションでは考慮されていないバリオンの物理により星形成が抑制されて、小さいサブハローは矮小銀河として観測されないはずであるといった解決案が提案されてきたが、未だ解決には至っていない。

従来の研究は 1 または数個のハローについての解析結果から議論されてきた。今回、我々は粒子数 40 億、領域 46.48Mpc 立方の、標準的な Λ CDM を用いた高分解能宇宙論的 N 体シミュレーションを行った。計算には国立天文台の Cray-XT4 の 512 ノード (2048CPU コア) を使用し、費やした時間はおよそ 280 時間であった (約 0.6 Million CPU hours)。そして $z = 0$ の分布から全ての $1.5 - 3 \times 10^{12} M_{\odot}$ の銀河スケールハローを 68 個、 $3 - 10 \times 10^{12} M_{\odot}$ の巨大銀河スケールハローを 57 個無バイアスに取り出し、その中のサブハロー分布を調べた。

その結果、サブハローの個数はハロー毎に大きく異なり、ハローの形成時刻に依存することがわかった。サブハローが少ないハローは中心集中度が高く、形成が早いといった特徴がある。これはハローの形成史がサブハローの数と関係しているためと考えられる。また質量の小さいハローほどサブハローの数の分布の分散が大きく、局所銀河群と比較して 2 倍程度しか多くないハローも存在した。残りの差はシミュレーションでは考慮されていないバリオンによる物理過程が、重要な役割を果たしていると考えられる。

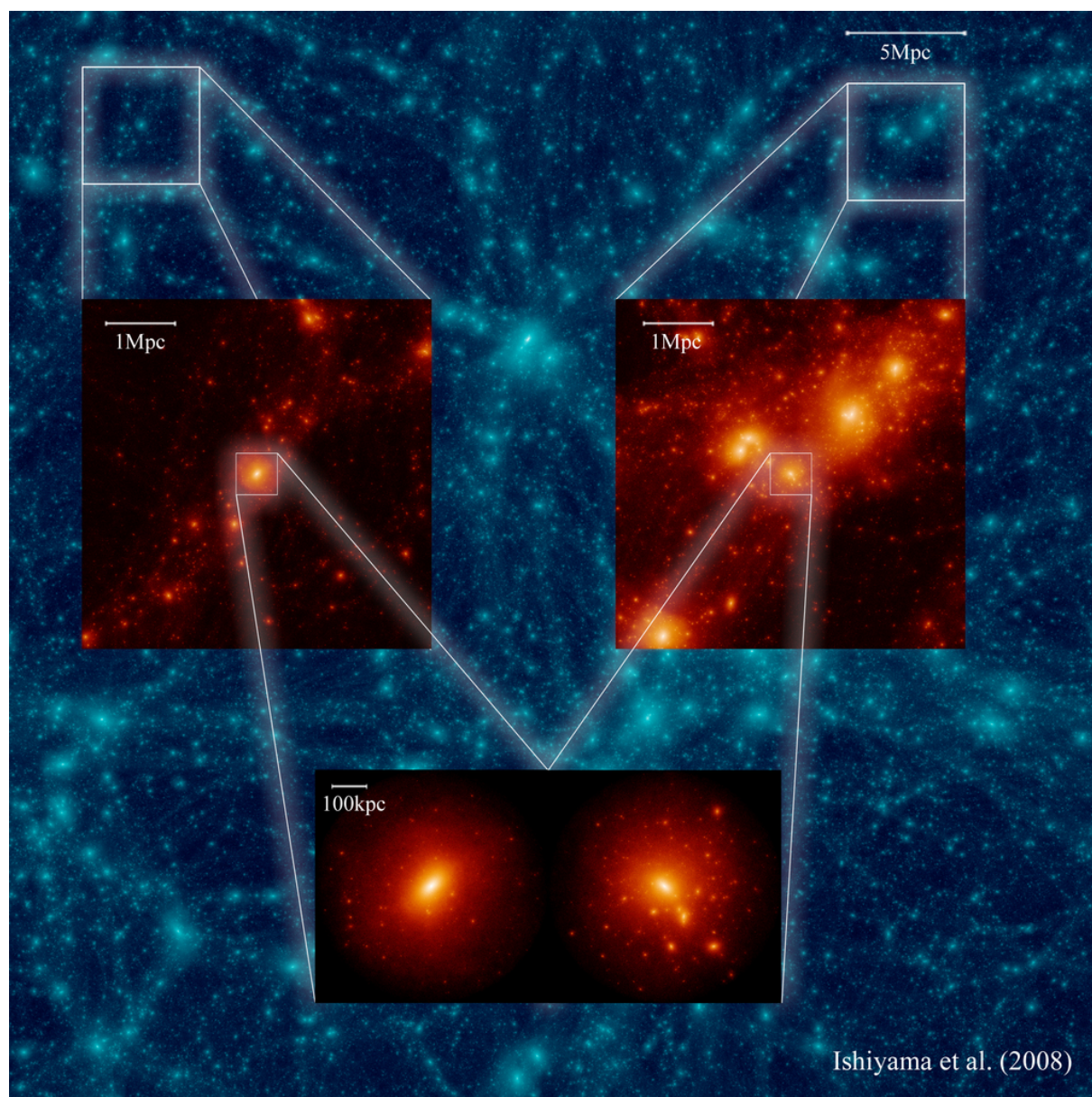


図 1: シミュレーションのスナップショット ($z=0$).

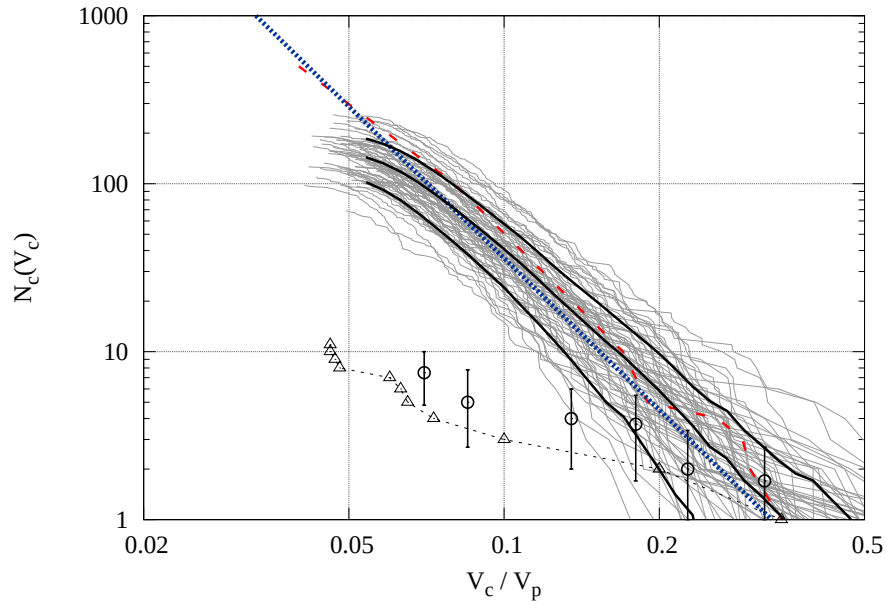


図 2: サブハローの累積個数分布. 横軸はハローの回転速度で規格化したサブハローの回転速度で, 縦軸はその累積個数である. 実線は全 68 の銀河スケールハローの分布, 3 本の太い実線はその平均と $\pm 1\sigma$, 赤線は [2] の結果を表す. 三角付き実線は銀河系に観測される矮小銀河の分布, 誤差棒付きの丸は局所銀河群の分布を表す.

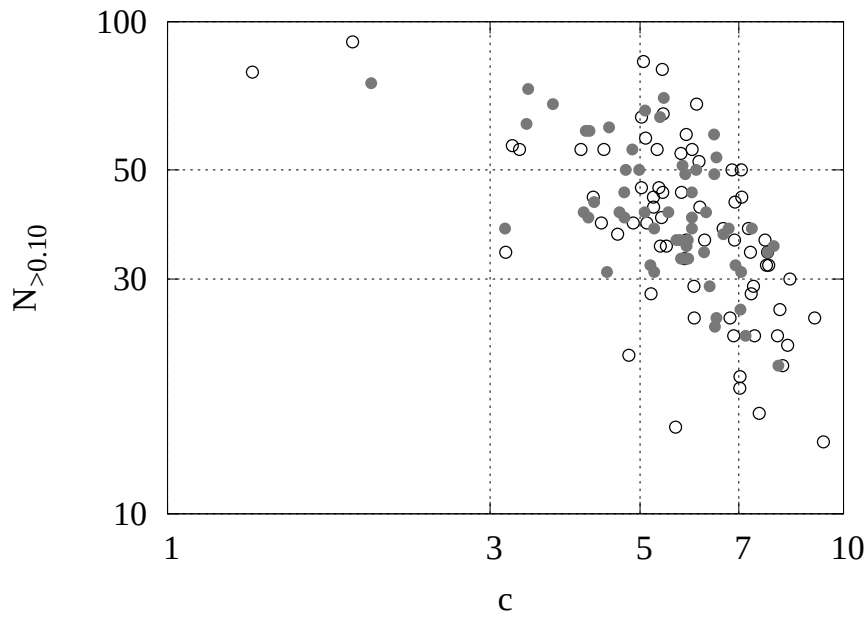


図 3: サブハローの数の中心集中度依存性. 横軸が親ハローの中心集中度, 縦軸がサブハローの個数を表す. 白丸は銀河スケールハロー, 黒丸は巨大銀河スケールハローを表す. 中心集中度が高いハローほど形成が早い.