

ダークマターモデルの違いによる宇宙大規模構造形成の変化について

市橋洋基(北海道大学院理学院宇宙物理研究室)

利用カテゴリ XC-MD

1、はじめに

宇宙において銀河やクエーサー、星間物質は無秩序に分布しているわけではなく、フィラメント状の構造を作っている。そして、フィラメント構造の交差する点に銀河団が形成され、さらに大規模な構造が形成されていく。銀河団とは銀河や銀河群が数百から数千個集まり形成されている銀河の集団であり、重力的に拘束された系としては最も大規模な構造である。銀河団の質量は $10^{14} \sim 10^{15} M_{\odot}$ 程度であり、銀河団ガスと質量の大部分を占める Dark Matter (DM) で構成されている。DM の種類に制限をつけることは現代宇宙物理学における最重要課題の一つである。また、銀河団ガスの加熱機構についても未解決問題があり、本研究ではそれをバリオンと弱く電磁氣的に相互作用する DM を導入することで解決を試みた。

2、コードについて

新たに仮定したDMモデルを宇宙流体シミュレーションコードに実装し、CDMモデルと比較して宇宙大規模構造にどのような影響が現れるのかについて計算を行った。本研究にあたり宇宙流体シミュレーションコードとしてラグランジュ法の一つであるGIZMO (Hopkins et al. 2016)を用いた。

DMとバリオンの相互作用において両者の散乱断面積は重要な役割を持っている。今回使用した計算機においては二種類の散乱断面積を仮定した。一つ目は散乱断面積がDMとバリオンの相対速度に依存しない場合であり、二つ目は散乱断面積が相対速度に依存する場合である。以下にそれぞれの散乱断面積を仮定した場合の結果を示す。また、銀河団スケールでの影響を確認するため、標的としたハローは形成されたハローの中で最も大質量のものを選択し、その質量Mは $M \sim 10^{14} M_{\odot}$ 程度であり、銀河団スケールと一致する。

2.1、DMとバリオンの散乱断面積が相対速度の-4乗に比例する場合

このような散乱断面積を持ったDMを仮定してシミュレーションを行うと、大質量のハローにおいて影響が出ていることがわかった。具体的にはハロー内の高温ガス ($T > 10^7 \text{K}$) の割合がCDMモデルに比べて有意に上昇していることがわかった。この結果は先行研究 (Leonid Chuzhoy & Adi Nusser 2006)において数値解析的に示唆されており、今後高温ガスの割合が増えたことによって星形成率等にどのような変化が及ぼされているのか研究を進めたい。また、ハローの半径もCDMモデルを仮定した時よりも小さくなっており、相互作用によりDMの速度分散が増加したことが原因であると考えられる。

2.2、DMとバリオンの散乱断面積が相対速度に依存しない場合

散乱断面積は相対速度によらず一定であるため、構造が形成され始める $z \sim 10$ 程度において相互作用の影響が顕著となった。しかし、大質量のハロー中心部において相互作用の影響で急激に温度が上昇しており、熱平衡状態が保たれていない可能性が示唆された。この熱的な不安定性は先行研究 ((Leonid Chuzhoy et.al 2002)における数値計算の結果から言及されている。

XC30使用開始後にコードの重大なミスを発見し、ミス修繕のために多くの時間を使用した。そのため当初計画していた計算までは進むことができませんでした。現在はコードを改善し、新規の計算機 (XC50)でシミュレーションを行っています。

成果の概要を記入してください。必要に応じてページを加えても構いませんが、pdf のファイルサイズの上限は2MB とします。

Write up your research report in this area. Total file size should be less than 2 MB in PDF format.