

学位審査論文公開講演会

日時：2017年1月30日(月)17:30～

申請者：浅羽 信介 (C研)

場所：物理会議室 (C-207)

題目：Impacts of Supersonic Streaming Motion between Baryons and Dark Matter in the Dark Ages
on Cosmological Structure Formation

(バリオン-ダークマター間の超音速相対運動が暗黒時代における宇宙論的構造形成に与える影響)

主論文の要旨

宇宙論において、星や銀河、銀河団などの構造がどのように形成されてきたのかを知ることは重要な研究課題である。特に近年、宇宙の晴れ上がり以後の光源が全く存在しない時代である暗黒時代の構造形成や、宇宙で最初に形成した星や銀河、宇宙の再電離の起源や時期などに関する研究が盛んに行われている。その一方で、現在計画されている大型電波干渉計によって、初代天体が形成される時期を直接観測することが出来ると期待されている。このような背景の中、将来観測の結果と比較可能な暗黒時代から宇宙再電離期にかけての構造形成の詳細な理論モデルの構築が強く望まれている。初代天体形成が起きるような宇宙初期での小スケールの構造形成の研究では、大規模構造形成の議論では無視されているようなバリオンの影響を適切に取り扱わなければならない。

申請者は、宇宙の晴れ上がり時に存在するバリオンとダークマター間の超音速相対運動が暗黒時代や宇宙再電離期初期における小スケールの構造形成に与える影響に関して研究を行った。この相対運動は、宇宙の晴れ上がり以前のバリオンはトムソン散乱によって光子と強く結合しており、ダークマターと違った速度場を持つことに起因する。また、相対運動の相関長はバリオン音響振動のスケール（およそ 100Mpc）と等しいため、初代星の形成などの議論が行われているような 1Mpc 以下の小スケールの構造形成に対してはバリオンのダークマターに対する一様背景速度と見なすことができ、高赤方偏移での構造形成に影響すると考えられている。

申請者は、N 体シミュレーションを用いて、相対速度のハローの非線形成長に与える影響の研究をおこなった。まず、シミュレーションの初期状態として粒子を一様に分布させ、その中に球対称のわずかなダークマターの高密度領域をつくり、孤立系でのハロー形成を再現した。そして、バリオン粒子に一様背景速度を加えることで、ハロー形成に相対速度が与える影響を調べた。その結果、線形理論が予想する質量スケール以下のハローの形成時刻が遅れることがわかった。さらに、崩壊時刻の遅れは球内のバリオンの質量割合の変化に強い相関があることを示した。次に、超音速相対速度が宇宙再電離期以前のハローの数密度に与える影響を見積もった。Press-Schechter 理論において、シミュレーションから見積もった崩壊時刻の変化をハロー形成の臨界密度に変換することで、ハローの質量関数の変化を計算した。そして、この相対速度の効果により、 10^8 太陽質量以下のハローの数は従来予言されていた数よりも減少し、特に 10^5 太陽質量のハローについては半減するという結果を得た。最後に、この相対速度の効果によるハローの数密度の減少がハローが形成する場所の周囲の密度にどのように依存するかを調べた。結果として、ハローの周囲の密度が大きい場合、相対速度の影響が弱まることがわかった。そして、ハローが形成される周囲の密度を考慮すると、相対速度によるハローの数密度の減少が 10% 程度抑制されることを示した。