

はじめに

現在宇宙では、銀河や、銀河団、また、それらによって構成されている大規模構造などの、物質密度の揺らぎがつくる構造が観測されている。それらの構造は、初期宇宙になんらかの原因で生じた非常に小さい一様かつランダムな物質密度揺らぎが、その重力的不安定性によって、現在までに非線型成長してできたものと考えられる。

物質の密度揺らぎの成長は、一般にそれらを流体として捉えて Poisson 方程式、連続の式、Euler 方程式の、三つの方程式によって記述される。しかし、これらの三式は、非線型な微分方程式になっておりこれを解析的に厳密に解くことは、一般的に不可能である。よってこれまでに多くの研究者によって、N 体数値計算など数値計算手法が用いられてきた。観測結果に見られる構造と、数値計算して得られたものとを比較する議論をするだけならばそれで十分かもしれない。しかし、数値計算では、結果が得られたとしてもなぜそのような結果になったのかという物理的起源は見えてこない。これらの結果が構造形成における重力的不安定性のどのような物理的性質を反映しているのかという疑問に対する議論をし、宇宙の構造形成の背景にある普遍性を本質的に非線形な自己重力系から引き出すためにはできるだけ解析的に取り扱うことが必要である。

この論文では、宇宙の構造形成のまさに過渡期であると思われる銀河や銀河団同士の重力的振る舞いを調べるために、宇宙構造の準非線形領域に注目し、宇宙の物質密度場や速度場の重力による時間発展を解析的近似法を用いて解析的に議論していく。

第一章では宇宙の物質密度揺らぎの時間発展の議論の一般的な背景をまとめる。第二章では既存のいくつかの準非線形近似法を紹介する。これらの近似法のうち Zel'dovich-type 近似法が質の良い近似法と言われているのであるが、第三章ではなぜその Zel'dovich-type 近似法が良い近似法になっているのかを一様回転楕円体モデルを用いて議論する。第四章では第三章での議論をもとにさらに質の良い独自の近似法を作り出す。そして第五章では相対縦速度・横速度の確率分布関数の時間発展を単純な近似法である一次の Zel'dovich 近似を用いて、その振る舞いを解析的に議論する。