

数値N体シミュレーションを用いた宇宙大規模構造の非線形密度揺らぎ

のパワースペクトルのフィッティング公式

高橋龍一(弘前大学・理工)

利用カテゴリ XT4B

今日信じられている宇宙構造形成のシナリオでは、宇宙初期のダークマターの密度揺らぎが重力進化を経て、現在の構造を形成したと考えられている。密度揺らぎの重力進化は、線形領域では解析的に扱うことができるが、非線形領域では通常、数値シミュレーションを用いて進められる。ダークマターの密度揺らぎのパワースペクトルは、銀河の大規模構造や弱い重力レンズ(cosmic shear)など、観測的宇宙論の基本的な物理量である。

これまでダークマターの非線形パワースペクトルを解析的に計算する際には、Halo-fit model (Smith et al. 2003) がよく使われてきた。彼らのモデルは元々ハローモデル(Seljak 2000)と呼ばれる全ての物質はハロー内に含まれているというモデルに基づいている。Smithらのモデルは当時の数値シミュレーションのパワースペクトルの結果を再現するように作られている。しかし、彼らの使っていた数値シミュレーションは今となつては解像度が悪く、最新のシミュレーション結果との不一致が報告されている。具体的には Smith らの公式では、密度揺らぎの波数 $k=1h/\text{Mpc}$ で数パーセント、 $k=10h/\text{Mpc}$ で30パーセント程度低めのパワーを予言する。

一方、近い将来、大型望遠鏡を用いた弱い重力レンズサーベイが多数計画されている(すばる望遠鏡を用いた HSC サーベイなど)。これらのサーベイでは弱い重力レンズ効果(cosmic shear)を用いて宇宙モデルに制限を与えようとしている。この際、密度揺らぎのパワースペクトルの理論モデルに対して、1%以内の精度が要求されている(系統誤差を統計誤差より下げるために)。そのため現在使われている Smith らの halo-fit model では精度が不十分である。

本研究では、WMAPから示唆される宇宙モデル(WMAP1,3,5,7yr results)に対し、最新の高解像度の数値シミュレーションを実行し、その結果に合わせて、Smith et al (2003) のフィッティング公式を修正した。具体的には、フィッティングパラメーターを再度シミュレーションの結果と一致するように合わせた。その結果、波数 $k \leq 10h/\text{Mpc}$ の範囲で相対誤差10パーセント以内で一致する公式を見つけた。