

Z106a PFS に向けた大規模シミュレーション群と機械学習を用いた精密理論予言

西道啓博、小林洋祐、高田昌広 (Kavli IPMU)

銀河赤方偏移サーベイに見られる赤方偏移歪みを用いることで、銀河の特異速度場を間接的に測定することができる。銀河の速度場は、これを駆動する重力法則と重力源である暗黒物質の密度に強い感度を持っており、バリオン音響振動などから来る宇宙膨張への制限と組み合わせることで、暗黒エネルギーと修正重力を区別できる。

従来、このテストではあらゆる非線形効果をモデル化して取り除くことで揺らぎの線形成長率パラメタを導き出し、重力法則を特徴付ける指針としていた。こうすることで、相対的に理論的理解の乏しい非線形領域に左右されないロバストなテストを行うことが、これまで主流の方法論であった。一方で、非線形領域にも宇宙論的に重要な情報が隠れている。これを取り出すには高度な解析的計算や大規模なシミュレーションが必要であり、非線形領域にどこまで迫れるかが今後の観測のポテンシャルを引き出す上での大きな鍵となる。

本講演ではこれに向けた大規模宇宙論的 N 体シミュレーションプロジェクトを紹介する。我々は 6 次元宇宙論パラメタ空間を効率よくサンプリングし、100 億体クラスの大規模数値シミュレーションを約 200 ラン実行することで、銀河をホストする重いハローのクラスターリングを宇宙論パラメタの関数として明らかにした。これを機械学習にかけることで、パラメタ空間内の任意のパラメタセットについて予言する数値コードの開発を進めている。これを用いることで、通常議論される線形成長率を介すことなく非線形領域の持つ情報まで取り入れてどのような宇宙論的制限が得られるか議論できるようになった。講演では、物質の密度パラメタ Ω_m と揺らぎの大きさを規定するパラメタ σ_8 との縮退が解け、赤方偏移歪みだけからこれらのパラメタを決定できることを実証する。今後これをさらに発展させ、PFS に向けてどのような予言が可能になるのか、見通しについて議論する。