

U18a Dark Quest II: 伝播関数による赤方偏移空間の大スケール揺らぎモデリング

西道 啓博 (京都産業大学)

現行および将来の広域・深宇宙銀河掃天観測データから正確な宇宙論的情報を引き出すには、銀河がトレースする宇宙の大規模構造の精密なモデリングが不可欠である。エミュレータは、高計算コストの数値シミュレーションを多数の宇宙論パラメータで用意し、これを機械学習にかけることで、低コストの統計モデルに置き換える技術である。これにより、数値シミュレーションの精度を保ちながら高速に予測し、数万~100万回の関数評価が必要なベイズ推定に活用できる。我々が推進する Dark Quest 計画では、銀河形成や進化の詳細には立ち入らず、 $10^{12}h^{-1}M_{\odot}$ 以上のダークマターハローの質量関数と2点相関関数、そして物質全体の密度場との相互相関関数を、宇宙論パラメータ、ハローの質量、赤方偏移の関数として学習し、解析的なハロー・銀河対応モデルを採用することで、銀河の射影相関関数と銀河・銀河レンズ効果の統合解析が可能な汎用モデルの構築を実現した。

Dark Quest 第2期では、銀河の特異速度場による赤方偏移歪みの精密なモデル化に取り組んでいる。 $10h^{-1}\text{Mpc}$ 以上の大スケールの構造には赤方偏移歪みの他、バリオン音響振動などの重要な効果が含まれている。しかるに、 $\sim \text{Gpc}^3$ ものシミュレーション体積を用意してもサンプル分散が大きく、解像度への要求と両立して解消することは難しい。そこで、摂動論の文脈で開発された伝播関数を赤方偏移空間のハローの分布に応用し、大スケールの不定性を大きく低減する手法を開発した。伝播関数は、線形揺らぎと目的とする揺らぎとの相互相関として書け、シミュレーション内でサンプル分散の影響をほとんど受けずに測定できる。伝播関数の持つ単純な波数ベクトル依存性を手掛かりに、これを単純な関数の組み合わせと多重極展開によりパラメトリックに表現した。得られたモデルは、ハローの質量や中心集中度などの特徴量に依らず、シミュレーションをよく再現することを確認した。