U31a 紫外感性を低減した宇宙の大規模構造の摂動論的格子計算手法

樽家篤史 (基礎物理学研究所), 西道啓博 (京都産業大学), 大里健 (千葉大学)

銀河サーベイをはじめとする宇宙の大規模構造観測では、密度場の情報が取得される。これらは本来ランダムな分布であり、宇宙論パラメータの推定には、パワースペクトルなどの要約統計量の測定を介して行うのが一般的である。この方法は、密度場がガウス統計に従う場合は最適だが、重力進化などによって非ガウス性が発達すると、パワースペクトルのみでは情報を十分に引き出せなくなる。こうした情報損失を補うため、バイスペクトルなどの高次の要約統計量を用いるアプローチが取られてきた。

近年では、要約統計量を用いず、密度場そのもの (field) を直接用いて宇宙論パラメータを推定する手法が注目されている。フィールドレベル推定と呼ばれるアプローチの鍵となるのが、初期条件から非線形に進化した密度場を高速に生成する順方向モデリングである。我々は、標準摂動論にもとづき、格子上で密度場を高速に計算する手法を開発した (Taruya et al. 2018)。この順方向モデリングをもとに、共分散行列の高次摂動計算 (Taruya et al. 2021) や、フィールドレベル推定に対応した新しい理論予言の提案 (Wang et al. 2023, 2024) を行ってきた。

本講演では、我々の格子計算コード GridSPT に実装した、紫外 (UV) 感性を低減する新しい取り扱いとそのパフォーマンスについて報告する。標準摂動論をベースとする計算手法では、重力非線形性に由来するモードカップリングを通じて、小スケールのゆらぎが大スケールに強く影響することが知られている。ごく最近、有効場理論とは一線を画した紫外感性を低減する手法が提案され、パワースペクトルの理論予言が劇的に改善されることが示された。本講演では、この手法を格子計算コードに組み込み、フィールドレベルでの理論予測や推定精度の向上について議論する。