U05a　宇宙の大規模構造の自律的エミュレータに向けたサンプリング法の開発

西道啓博, 田中賢（京都大学基礎物理学研究所）, 小林洋祐（アリゾナ大）, 宮武広直（名古屋大）

宇宙論的 N 体シミュレーションは、宇宙の大規模構造の形成を定量的に与える強力な手段として確立してきた。しかるに、その計算コストの大きさのために、数十万から数百万の宇宙論パラメータの組み合わせに対してこれを実行し、観測データと照らして尤もらしい宇宙論パラメータを導き出すような使い方は事実上不可能である。我々が推進するダーククエスト計画では、数百から数千程度の現実的な時間で構築可能なシミュレーションデータベースから、目標となる統計量を抽出し、その宇宙論パラメータ依存性を学習する統計モデル DarkEmulator を構築した (Nishimichi et al. 2019)。これをすばる望遠鏡 Hyper Suprime-Cam (HCS) サーベイと Sloan Digital Sky Survey (SDSS) のデータを組み合わせて行う銀河・銀河弱レンズ効果、銀河クラスタリングの統合解析に応用することで、シミュレーションに基づく統計推論を実質的に可能とした（2021 年秋季年会、U04a、宮武ら）。

本講演では、今後の観測データの更なる拡充を念頭に、考慮する宇宙モデルの拡張や、エミュレータの精度向上のためのデータベースの増強の最適化について議論する。その好例として暗黒エネルギーの状態方程式パラメータ w に着目し、これまでのダーククエスト計画ではカバーされなかったものの、既存の観測データと整合的な領域を効率良く埋める方法を紹介する。我々は、上記の統計解析（Planck 衛星の観測データもあわせて考慮）から得られた宇宙論パラメータの事後確率分布に正規化流を施すことで潜在変数に変換し、4σ 以内に相当する領域に対して Sobol' 列を生成する手法を採用した。これにより、良い空間充填性を保ったまま、必要な精度に到達するまで逐次的にシミュレーションデータを追加していくことを可能とした。この手法は、観測データに照らして調査すべきパラメータ領域を自動的に判断し、データベースを更新する「自律的エミュレータ」への第一歩と言える。