

Z224r 宇宙大規模構造の深層学習生成モデル

白崎正人 (国立天文台, 統計数理研究所)

観測される銀河の天球面上の空間分布は、ランダムでなく、規則的な網の目上の構造を持つことが知られている。この構造は、一般に宇宙大規模構造として知られ、典型的な大きさが 100 Mpc に及ぶ宇宙最大の構造物である。宇宙大規模構造の観測は、天文観測の大型化によって飛躍的な進歩を遂げている。宇宙大規模構造の多波長にまたがる精密観測は、初期宇宙、宇宙膨張、目に見えない暗黒物質の重力成長、銀河形成史などの広範な研究に役立てられる。

天文観測の大型化により、宇宙大規模構造の特徴量に関する統計誤差はパーセントレベルに突入する見込みで、観測との比較に耐えうる正確な予言が求められている。宇宙大規模構造観測の正確な予言テンプレートを準備する目的で、宇宙論的 N 体シミュレーションや銀河形成流体シミュレーションが盛んに行われ、複数の特徴量に関して、すでに 5 パーセントレベルの正確な予言を実現している。同時に、観測可能な宇宙が一つしかないことを考えると、統計誤差自体の正確な推定も応用上重要となる。精密科学としての宇宙大規模構造研究が進むにつれて、宇宙大規模構造のシミュレーションモデルがますます重要になるが、現実的な計算時間のもとで、いかにして多様な物理過程を考慮しつつ、たくさんのシミュレーション例を稼ぐかは喫緊の課題となっている。本講演では、このような背景の下で、近年注目を集める深層学習を利用した宇宙大規模構造の生成モデルについて、いくつかの先行研究を紹介する。2023 年時点では、大別すると (1) 敵対的生成ネットワーク [Generative Adversarial Network; GAN] (2) 拡散モデル [Diffusion Model] (3) 正規化流 [Normalizing Flow] という 3 つの異なる手法が用いられている。これらの手法の特徴や違いを議論し、宇宙大規模構造以外の天文学研究への応用の助けとなるように努める。