

U19a 拡散モデルを用いた重力レンズ収束場マップのノイズ除去

青山翔平 (千葉大学), 大里健 (千葉大学), 白崎正人 (国立天文台・統計数理研究所)

宇宙大規模構造の質量分布は、背景銀河の形状に弱重力レンズ効果を通じて系統的な歪みを生じさせる。この歪みを多数の銀河について観測することで、宇宙大規模構造の質量分布（質量マップ）を再構築できる。このような質量マップからは、宇宙の進化に関わるパラメータや、ダークマターハローの探査など、宇宙論的情報を得ることが可能である。しかし、観測される銀河形状には、銀河の固有の形状に起因するノイズが含まれるため、再構築された質量マップから宇宙論的情報を抽出することは困難である。したがって、情報を高精度に抽出するには、ノイズの軽減が不可欠であり、ガウシアン平滑化や Wiener フィルタなどの手法が用いられてきた。この課題に対するアプローチとして、深層学習を用いた敵対的生成ネットワーク（GAN）によるノイズ除去手法が提案された (Shirasaki et al. 2019)。この先行研究では、質量マップの1点確率密度関数（PDF）は良好に再現されたものの、パワースペクトルの再現性には改善の余地があった。そこで本研究では、画像生成タスクで GAN を凌駕する性能が報告されている拡散モデルを質量マップのノイズ除去に適用し、GAN を用いた場合との性能を比較した。具体的には、IllustrisTNG シミュレーションから得られた模擬観測質量マップと真の質量マップを用いて両モデルにノイズ除去を学習させ、生成されたマップのパワースペクトルや高次統計量を評価した。その結果、拡散モデルは GAN と比較して、より小さなスケールまでパワースペクトルを再現できることを示した。さらに、その他多くの高次統計量においても、拡散モデルは GAN を上回る性能を示した。