

U06a 深層学習による弱重力レンズ収束場生成モデル

白崎正人 (国立天文台・統計数理研究所), 池田思朗 (統計数理研究所)

宇宙大規模構造の背後にある銀河などの天体の像は、重力レンズ効果によりわずかに歪められる。この効果は一般に弱いですが、離れた2つの銀河像の間にコヒーレントな歪みを生み出す。弱重力レンズ効果として知られるこの現象は、近年の銀河撮像観測の進展により、非常に高い統計精度で検出されている。弱重力レンズ効果を生み出すソースは、収束場と呼ばれ、宇宙大規模構造を視線方向に投影した2次元マップである。収束場の統計的なモデリングは、主にパワースペクトルなどの特徴量について盛んに進められてきた。近年では、観測パイプラインの検証や統計誤差の推定などの需要により、観測データにより近いマップとしての収束場のモデリング（収束場生成モデル）に関心が高まってきている。

収束場マップは、宇宙論的構造形成シミュレーションと光伝搬法を用いて生成可能であるが、この手法は計算コストが高く、多数のマップ生成に難がある。計算コストの低い手法の代表例としては、対数正規モデルが挙げられるが、このモデルでは収束場の裾の重い分布を表現できないなどの問題がある。我々は、現在公開されている収束場のシミュレーションデータを訓練データとして学習可能な深層学習による生成モデルの構築を進めている。既存の深層学習生成モデルでは、物理的に意味のない乱数から収束場を生成することが多いのに対し、我々は、収束場パワースペクトルに従う正規乱数から収束場を生成する戦略をとる。この目的のために、教師なしスタイル変換アルゴリズムの一つである Cycle GAN を用いる。特徴量の平均以外に、パワースペクトルの分散など収束場の“個性”を学習させるには、訓練データを適当にラベル付けしてから Cycle GAN に入力する必要があることがわかった。学習済みの深層学習生成モデルの性能評価、対数正規モデルとの比較、生成モデルの応用例を議論する。