

M44a 深層学習による太陽高解像度画像の復元：補償光学を考慮した検証

福満翔, 勝川行雄 (東京大学/国立天文台), 石川遼太郎 (総研大/国立天文台), 一本潔 (京都大学)

太陽の地上観測において地球大気の揺らぎは大きな障害となり観測画像の解像度を劣化させる。一般には補償光学によって低次の波面誤差を除去し、その後 Multi-frame Blind Deconvolution (MFBD) のような後処理による画像復元を実行する。しかしながら MFBD は計算コストが高く画像復元に膨大な時間を要することから、深層学習を用いた画像復元が提案されてきた。これまでの我々の研究では、MURaM MHD シミュレーションにより計算した光球画像を用い、深層学習モデル U-net で構成した教師あり学習により画像復元を行った。口径 4m の太陽望遠鏡 DKIST による観測を想定し、フリードパラメータ r_0 の値を変化させて様々なシーイング状態による劣化画像を Kolmogorov phase screen に基づく PSF から作成して深層学習モデルで復元を行った。しかしこの方法では入力画像が $r_0 \gtrsim 35\text{cm}$ の良好な場合でない限り適切に復元を行うことができず、現実的な $r_0 \sim 10\text{-}20\text{cm}$ の画像の復元が十分ではなく実際の観測への適用は難しいという課題が残った。そこで本研究ではこの問題を解決するため、低次の波面誤差を除去する補償光学の効果を模擬した復元を試みた。 $r_0 \sim 10\text{-}30\text{cm}$ の範囲で計算した波面誤差をゼルニケ多項式でフィッティングし、低次の波面誤差を補正した PSF を作成した。これにより補償光学による波面補正を模擬した画像を深層学習モデルの入力とし、同様に U-net で構成した教師あり学習により画像復元を実行した。画像のコントラストは 7.8%(シーイング劣化) から 13%(出力) まで回復し、正解画像との相関係数 0.998, RMSE 0.012, SSIM 0.994 という数値からも画像の質が向上していることを確認した。また出力画像と正解画像の見た目の比較から明らかな人工的な構造の出現は認められなかった。この結果から現実的な r_0 の画像においても補償光学による低次波面補正を行うことで高い精度での画像復元が可能であることが示された。