

LSTMネットワークを用いた波面予測の実験

○堀口 裕介¹ 三浦 則明¹ 桑村 進¹ 上野 悟² (1.北見工業大学 2.京都大学)

地上から天体観測を行う際、大気揺らぎによって入射波面が乱され、観測像が劣化するという問題がある。この問題に対処する技術として波面補償光学(AO)が用いられている。我々は、飛騨天文台ドームレス太陽望遠鏡にAO装置を設置し、太陽観測における観測像質の向上を目指している。

AOでは、波面センサによって検出された波面乱れに基づき、可変形鏡(DM)を駆動することで、観測像の劣化を実時間で補正する。しかし、現在のAO装置では、波面センサによる波面形状の検出からDMの駆動までに生じる時間遅れに起因する誤差が残存している。シミュレーションによる解析によると、我々の装置では時間遅れによる誤差は残存誤差の半分以上を占めている。この誤差はハードウェア性能への依存度が高いため、ソフトウェア上の工夫だけでは改善が困難である。

そこで本研究では、波面センサで取得した現在の波面情報をそのまま用いるのではなく、過去の時系列情報から将来の波面を予測し、その予測結果を補正に利用する手法を検討している。回帰型ニューラルネットワーク(RNN)の一種である長短期記憶(LSTM)ネットワークを用い、波面情報の予測を行う。過去数フレームに含まれる大気揺らぎの時間的な変化を学習し、時間遅れ後に到達する波面に近い状態を推定できる可能性がある。

本研究では、太陽ナイフエッジ法を用い濃淡画像の時系列画像として取得した。観測では、太陽像面にスリットを設置し、通過した光をカメラレンズによってコリメートした上で、高速カメラにより撮影を行った。この方法で、結像される瞳共役面上には、大気揺らぎの空間周波数に対応した明暗の模様が観測される。得られた濃淡画像は、波面乱れに対応する情報を含む時系列データとして扱うことができる。

取得した画像データに対して、不要部分の除去、フラット処理、解析領域の切り出しなどの前処理を行った。その後、前処理後の時系列画像をLSTMネットワークに入力し、将来フレームの濃淡画像を予測するように学習を行った。評価では、予測画像と実測画像との誤差をRMSEにて算出し、予測を行わず直前フレームをそのまま用いた場合のフレーム間誤差と比較した。その結果、1フレーム先予測において、予測を行った場合の誤差は、直前フレームを用いた場合の誤差よりも小さくなった。このことから、LSTMを用いた波面予測がAO装置における時間遅れ誤差の軽減に有効である可能性が示された。