

レーザーモグラフィ補償光学における Tip-Tilt 成分の最適補正について

○橋山 愛乃¹ 秋山 正幸¹ 高橋 光明¹ 石川 あゆみ¹ Hayashi Takeru¹ 美濃和 陽典² 大野 良人² 寺尾 航暉² 大金 原^{2,3} (1.東北大学 2.国立天文台 3.オーストラリア国立大学)

すばる望遠鏡のレーザーモグラフィ補償光学装置 (LTAO) における Tip-Tilt 補正制御の最適化について報告する。LTAO は、4つのレーザーガイド星 (LGS) を用いて大気乱流を三次元的に再構成・補正する補償光学方式である。LGS は自然星と異なり上空に向かって直径30cm程度の細い光路を通して送信されるため、大きいジッター成分を持つ。この LGS特有のジッター成分を打ち消し、本来測定したい高次の大気揺らぎ成分のみを取り出すために、4台のLGS波面センサーそれぞれにTip-Tilt補正鏡が実装されている。このTip-Tilt補正はLGSによる波面測定の性能に直接影響する。本研究では、このTip-Tilt Mirror (TTM) の制御性能向上を目的として、システムモデルの構築と強化学習の適用を進めている。

従来のAO制御で用いられるIntegrator制御やPID制御を超える性能の実現を目指し、本研究では (1) 制御系のモデル化、(2) モデル上での強化学習の学習・評価、(3) 実機への適用、の三段階で開発を進めている。

まず、TTM、カメラ、PID 制御器およびシステム遅延を含む伝達関数モデルを構築し、実システムとの応答比較によってモデルの妥当性を評価した。

現在は、このモデルを用いて Tip-Tilt 制御系への強化学習の適用を進めている。具体的には、PID 制御器を強化学習エージェントに置き換え、TTM への電圧コマンドを直接出力することで、大気揺らぎに対する適応的な制御の実現を目指す。現在のモデルでは、PIDの最適パラメータ制御(残差率8.4%)と同程度の強化学習モデル制御(残差率9.8%)が達成された。本発表では、実験の結果を報告するとともに、強化学習モデルの構築状況と今後の実機適用に向けた課題について議論する。