

V138a ミリ波補償光学の開発 X. 副鏡制御による低次波面誤差の実時間補正手法の開発と評価

榊原大貴, 田村陽一, 三宅明伸, 萩本将都, 李建鋒, 今村千博 (名古屋大学), 軸屋一郎 (金沢大学), 谷口暁星 (北見工業大学), 武野詩音, 奥村幸子 (日本女子大学), 岡田望 (大阪公立大学)

ミリ波サブミリ波のような高い周波数で観測を行う地上の単一鏡型電波望遠鏡は、空間分解能向上と集光面積拡大のために大口径化が進んでいる。一方で、電波望遠鏡の口径が大きくなるほど、重力による静的変形と風や熱による動的変形で波面誤差が大きくなるという問題がある。静的変形は既存の技術で補正可能だが、動的変形を補正する技術はまだ確立していない。したがって、動的変形による波面誤差を実時間で補償するミリ波補償光学 (MAO) の実現は次世代大型サブミリ波望遠鏡 (LST/AtLAST) の実現に不可欠である。

我々は野辺山 45 m 電波望遠鏡で MAO の実証に向けた研究を進めている。本望遠鏡における MAO は、波面センサーで主鏡面-受信機間の超過経路長 (EPL) を実時間で計測、指向誤差と焦点ずれ由来の成分を抽出し、これらを副鏡の並進移動で補正することで稼働する。波面センサーでの指向誤差の検出成功 (岩上 2025, 修士論文) に加え、制御アルゴリズムも既に定式化しており、フィードバック制御が安定に動作し、低次の波面誤差が抑制できることをシミュレーションで示した (Jikuya & Tamura in prep.)。そこで、2025 年 10 月に野辺山 45 m 電波望遠鏡で実験を行い、制御が効いた状態で EPL に意図的に外乱を加えてシステムの応答を評価した。その結果、外乱に対して副鏡駆動量や状態変数が有界、すなわちフィードバック制御が安定に動作することを確認し、世界初の電波望遠鏡の補償光学に成功した。また、指向誤差を模擬した外乱に対しては外乱を打ち消すように制御が働き、補正不可能な外乱には制御が働かないことも確認した。指向誤差の抑制効果に関する解析結果も併せて報告する。