

V123a ミリ波補償光学の開発 VII. アンテナ鏡面-受信機間の超過経路長の測定による鏡面変形の評価

中野覚矢, 田村陽一, 谷口暁星, 萩本将都, 今村千博 (名古屋大学), 中村友子, 奥村幸子 (日本女子大学), 岡田望 (茨城大学), 川邊良平 (国立天文台), 深作悠平 (筑波大学), 他 MAO 開発チーム

電波望遠鏡の感度・分解能は口径に依存し, より暗く小さい天体を検出するには巨大なアンテナの建設が不可欠である. しかし, 数十 m に及ぶアンテナは風や重力によって大きく変形し, 電波望遠鏡の性能低下をもたらす. 特に, 風変形は変動が速く予測も困難であり, 現在のサブミリ波単一開口望遠鏡の感度を支配している. そのため, 望遠鏡の変形を補正する補償光学の電波望遠鏡への適用: ミリ波補償光学 (MAO) の実現が求められている.

補償光学は可視光/近赤外線望遠鏡において実用化されている技術であるが, 電波望遠鏡の 10 μm オーダーの変形をリアルタイムで検出する技術は確立されていない. そこで, 本研究では野辺山 45 m 望遠鏡における, アンテナ鏡面-受信機間の超過経路長測定による鏡面変形検出の実証実験の結果を報告する. 実験では, 鏡面中央-受信機間と鏡面端-受信機間の光路長を 20 Hz 間隔で交互に測定し, 両者の差を取ることで超過経路長を得た. 超過経路長のパワースペクトル密度 (PSD) からアンテナの変形成分を分類すると, 低周波数領域で卓越する $1/f^n$ に比例する成分, 特定周波数にピークを持つ振動成分, 白色雑音の 3 つに分けられた. PSD の白色雑音から得られる超過経路長の RMS は $\sim 8 \mu\text{m}$ であり, 本実験の要求精度 40 μm を上回る精度を達成している. また, 強風時に白色雑音に対する $1/f^n$ 成分・振動成分の強度が増加するため, これらは風変形に由来する成分だと考えられる. そして, 変形には $1/f^n$ 成分の寄与が支配的であり, PSD を周波数積分した際のパワーは 0.3 Hz 以下が全体の 99% を占める. 従って, 野辺山 45 m 望遠鏡では 1 Hz 未満の周波数成分が鏡面変形を支配していると判明した.