

将来の宇宙冷却赤外線望遠鏡のための自由曲面光学系アラインメント手法の開発

○谷内 逸華¹ 金田 英宏¹ 國生 拓摩¹ 小野 菖平¹ 井之上 結衣¹ 岡山 愛佳¹ 鈴木 仁研² 和田 武彦³ (1.名古屋大学 2.宇宙航空研究開発機構 3.国立天文台)

将来の宇宙望遠鏡の搭載装置には、重量や体積の制限のもとで高い結像性能を達成するため自由曲面鏡が必要である。しかし、自由曲面鏡を搭載装置に必要な精度でアラインメントする手法は未確立であり、PRIMAやGREX-PLUSなど宇宙赤外線観測に必要な極低温環境への適用はさらに困難である。そこで本研究では、近年の金属加工技術の向上に着目し、自由曲面と参照平面を一体加工した鏡を開発した。この鏡の自由曲面と参照平面は相対関係が高精度に保証されており、参照平面部で反射する光を用いることで自由曲面部のアラインメントを実現する。さらに、Computer Generated Hologram (CGH) を用いた汎用性の高いアラインメント手法を新たに提案し、赤外線観測に必要な極低温環境への適用を目指す。

一体加工鏡2枚からなる自由曲面光学系に対し、常温環境下でレーザー干渉計を用いた光学アラインメントを行なった。はじめに自由曲面部の焦点像を評価し、レーザー干渉計と自由曲面部の光軸を一致させた。次に参照平面部を通る光を用いて折り返し平面鏡を高精度に設置し、オートコリメーション法により自由曲面部の透過波面誤差を取得した。この波面誤差マップをもとに鏡をアラインメントした結果、最終的な波面誤差マップから回転3秒角の精度を達成し、宇宙赤外線観測装置の要求精度6秒角を達成していることを確認した。さらに、任意の自由曲面光学系に応用できる、より汎用性の高いCGHを用いたアラインメント手法を提案した。本手法では、理想アラインメント下で最小となる焦点像をCGHで複数つくり、この焦点像の位置・形状を解析することで、鏡のミスアラインメントを補正する。前述の実験で扱った自由曲面光学系を対象に光学シミュレーションで本手法の有効性を検証したところ、回転5秒角の精度を達成することを確認した。今後は、前述の一体加工鏡によるアラインメント結果をリファレンスとして、常温環境下で本手法の実証実験を行う予定である。