

V205a 最小非球面量の自由曲面を用いた超広視野軸外し光学系の設計

橋ヶ谷武志 (京都大学), 栗田光樹夫 (京都大学)

自由曲面を用いた軸外し光学系はかつてない広視野を達成するため、サーベイ・モニター観測用の宇宙望遠鏡として活躍が期待される。しかし、自由曲面は球面からのズレ (非球面量) が大きいため、計測、加工、光学調整が困難である。先行研究 (Bauer+2018) では、F3、口径 20cm、視野 16 平方度において 589nm の回折限界を達成する 3 枚鏡の光学系が設計され、各鏡の非球面量は主鏡: $122\mu\text{m}$ 、副鏡: $15\mu\text{m}$ 、第三鏡: $240\mu\text{m}$ であった。なお、この自由曲面はゼルニケ多項式で表され、最適化によって各項の係数が決定された。この設計例は非球面量が主鏡と第三鏡に集中している。非球面量を副鏡にも配分すれば、3つの鏡を通した非球面量の最大値を小さくできる。

そこで我々は、ゼルニケ多項式の各項の係数を解析的に決定し、3つの鏡に非球面量を等分配することを目指した。この際、軸外し光学系で卓越する収差 (一様コマ収差、一様非点収差、共役線形非点収差) の解消に有効な Z_5, Z_8 のみに注目した。3つの収差を同時に 0 にするために必要な各鏡面の Z_5, Z_8 の係数を与える方程式を導出し、一般解を得た。この解空間の中から、各鏡面に非球面量を等分配する解を探索することで、各係数を決定した。この手法で先行研究と同スペックの光学系を設計したところ、各鏡の非球面量は主鏡: $96\mu\text{m}$ 、副鏡: $100\mu\text{m}$ 、第三鏡: $100\mu\text{m}$ となった。この手法は解析的に自由曲面の形状を決定するため、非球面量の最小性を理論的に保証する。また、この手法で Euclid, Roman, GREX-PLUS と同じ口径・波長で光学設計を行ったところ、それぞれの光学系の 8 倍、7 倍、30 倍の視野を達成した。