

論文審査の結果の要旨

専攻名 システム創成工学専攻

氏名 富永 修一

本論文は、3次元形状を有する対象の撮影もしくは投影において鮮明な映像を瞬時に得ることは困難であった課題を解決するための新しい光学系を提案する。提案光学系の特徴は、物体の共役面に3次元形状を有する非平面ミラーを配置する点である。

本論文においては、まず、結像光学系の基本原理が示され、被写体もしくは投影面が3次元形状を有する場合に生じる課題について光学シミュレーションで示される。次に、この課題を克服する手段として、撮像素子もしくは空間光変調素子と対象物体の間に一次結像面を設け、この物体共役面に3次元形状を有する非平面ミラーを設置することで3次元物体の表面を平面に変換する原理が示される。

物体共役面に非平面ミラーを設置する光学系の有効性について代表的な場合について検討がなされた。対象が軸対称性を有する場合として球面形状を有する対象物体に関する光学系が議論され、対象が軸対称ではない場合として、光軸に対して傾きを有する円筒面を平面に変換する光学系が議論される。対象が球面形状である場合には、非平面ミラーとして球面ミラーを用いる光学系が設計され、光学シミュレーションによる結像性能の評価ならびに球体へのプロジェクション実験により有効性が示された。対象が傾きを有する円筒面の場合については、シャインプルーフの原理に基づいて設置された円筒ミラーを用いる光学系の有効性が光学シミュレーションならびに円筒物体の撮影実験により示された。

さらに、本論文で提案する物体共役面に非平面ミラーを配置する光学系の有望な用途として地上望遠鏡に応用する利点と課題について議論がなされた。湾岸で海上を監視するような地上望遠鏡においては、大気揺らぎなどの外乱による像質劣化が生じる。特に大気揺らぎは地上付近に存在するため、天体観測用の望遠鏡においては揺らぎが瞳面近傍にのみ存在するのに対して、地上望遠鏡では被写体近傍にも揺らぎが存在する。地表付近の大気揺らぎのサイズは被写体近傍と瞳近傍で差はなく、望遠鏡開口付近の揺らぎは瞳径全体に対して影響を与える一方で、被写体近傍の揺らぎは画角ごとに揺らぎが影響を与えて像の局所歪みとしての影響を及ぼす。この局所歪みに対して、物体共役面に可変面鏡を設置する手法の有効性が可変面鏡を利用した実験により示された。

本論文の特筆事項の1つは、独創的な光学系を提案してその有効性を示したことである。大気のゆらぎなどによる擾乱を補正する補償光学系は、すばる望遠鏡をはじめとする天体観測用望遠鏡に実装され、観測に用いられている。地上に設置された天体観測用望遠鏡においては、望遠鏡近傍での大気擾乱をレンズの瞳面に設置された可変面鏡で補正しているのに対して、本論文で提案される光学系は対象物体の共役面に非平面ミラーを配置する点で大きく異なる。物体共役面

に設けられた補正ミラーにより，対象物体の表面形状に応じた像面湾曲が実現される．

本論文については，令和4年2月11日に審査委員ならびに関連分野の研究者等の出席のもとで，オンラインで公聴会が開催され，研究成果の発表および質疑応答が行われた．公聴会終了後に，審査員全員による学位審査委員会において，本論文の内容を詳細に検討した．その結果，対象物体の共役面に，対象物体の形状に像面を湾曲させる非平面ミラーを設ける光学系の新規性と，軸対称性を持たない3次元表面を鮮明に撮影する応用への有効性が認められた．つまり，本研究によって得られた成果は工学的な価値が高く，研究内容の学術レベル，研究としての独創性・実用性において優れたものと判断した．

以上により，本論文は博士（工学）の学位論文に値するものと認める．