

宇宙光通信用小型デュプリケート光学系の汎用化に向けた検討

General Purpose of Compact Optical Duplicate System for Satellite-Ground Laser Communications

○中山 朋子¹、高山 佳久²、藤川 知栄美¹、小舘 香椎子³

(1. 東海大工、2. 情報通信研究機構、3. 電通大)

○Tomoko Nakayama¹, Yoshihisa Takayama², Chiemi Fujikawa¹, Kashiko Kodate³

(1.Tokai Univ., 2.NICT, 3.UEC)

E-mail: tomoko.nakayama0102@gmail.com

1. はじめに

空間的に離れた人工衛星-地上局間の情報の伝送には通常電波が用いられているが、近年のデータ量の増加により、レーザー光を用いた宇宙光通信が将来の大容量伝送の技術候補として注目されている。衛星-地上局間光通信におけるデータ伝送の品質向上には、大気ゆらぎによって生じる受信信号の強度変化の変動を解決する必要がある。著者らは異なる大気ゆらぎの影響を受けた複数ビームを重ね合わせた光強度の平均化効果を利用する方法に注目した。そこで、単一のレーザー光源によるビームを空間的に複数に分け平行に送信する複数ビーム生成デバイスとして、デュプリケート光学系を宇宙光通信に利用することを提案した^[1]。デュプリケート光学系は2つのアレイレンズと2つのレンズにより構成される光学系で、宇宙光通信において、従来のものと比べ小型・軽量、ビーム分岐生成数に自由度があるという優れた特徴を持っている。また、大気中の中距離伝送実験において得られたビーム光強度分布を示す画像を用い、デュプリケート光学系によって生成される4ビームによる空間的な平均化効果の有効性を実証し、4ビームを生成する宇宙光通信用小型デュプリケート光学系の設計を行い、その有効性を確認した^{[2],[3]}。宇宙光通信の実証実験用光学系の作製に向け、作製誤差とアライメント誤差の許容量を検討し、また、屋外光無線システムへ適応するため、更なる小型化の検討を行ったので報告する。

2. デュプリケート光学系の作製誤差とアライメント誤差の許容量の検討

デュプリケート光学系に作製誤差あるいはアライメント誤差が生じた場合、分岐・生成されたビームの重なり具合および面積が変化する。そこで、4ビームの重なるパターンおよび重なる面積によって、平均化効果がどの程度得られるか、大気中での中距離伝送実験において得られたビーム光強度分布を示す画像を用いた数値計算により検討した。4ビームの重ね合わせのパターンとして、Fig. 1 (a)の(A)~(D)の4つを取り上げた。ビームの大きさはすべて同じ大きさ、また、位置ずれの際は同じ割合(A%)のずれが生じると仮定した。大気ゆらぎが時間的・空間的に変化することを考慮し、それぞれ異なる時間において取得した4枚の光強度分布画像から異なる4つの部分を切り出し、4枚を数値計算により重ね合わせた。重ね合わせた各ピクセルごとの光強度を平均値で規格化し規格化強度の標準偏差を算出した。ここで、4ビームが完全に重なる場合に得られる標準偏差の値を1とし、「1から規格化強度の標準偏差を引いた値」を、平均化効果を示す指標として導入した。その結果、(A)~(D)のどの場合においても、4ビームの重ね合わせの面積の割合が80%以上であれば、85%以上の平均化効果を得ることができることを確かめた(Fig.1 (b))。

3. デュプリケート光学系の小型化の検討

大気中の光通信である“屋外光無線”は光の持つ高速性と無線の簡便性、電波のように帯域制限がないことから、離れたオフィス間、庁舎間などの回線として用いられている。大気ゆらぎの影響の除去により、ビームの光強度の均一性向上による通信品質の劣化の抑制が期待できる。そこで、デュプリケート光学系の屋外光無線への利用を提案し、宇宙光通信用デュプリケート光学系の小型化を試みた。まず、宇宙光通信用の光軸方向のサイズを1/2に小型設計した(8.49×8.49×252.8mm³)。宇宙光通信と同様に、光源波長1.55μm、直径8.49mmの円形ビームの入射により、4つの1.5mm×1.5mmの矩形ビームを3mmの間隔で出力する。光学設計ソフトによる検討から、焦点距離を短くしたためレンズの収差の影響が大きくなり、分岐ビームが平行光とは言い難く、デュプリケート光学系の機能を果たさない。この課題の解決のため、デュプリケート光学系の最適化の実施、あるいは構成素子としてレンズに代わる回折光学素子の使用があげられる。

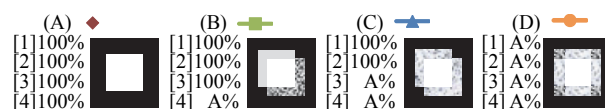
4. まとめ

宇宙光通信用デュプリケート光学系の実証実験に向け、デュプリケート光学系の作製誤差とアライメント誤差の許容量を数値計算により検討し、また、デュプリケート光学系の汎用応用に向け、小型化の検討を試みた。今後は設計した1/2サイズの系を基に、レンズの収差を低減し、更なる小型化を目指し、小型化の限界の検討を行う。

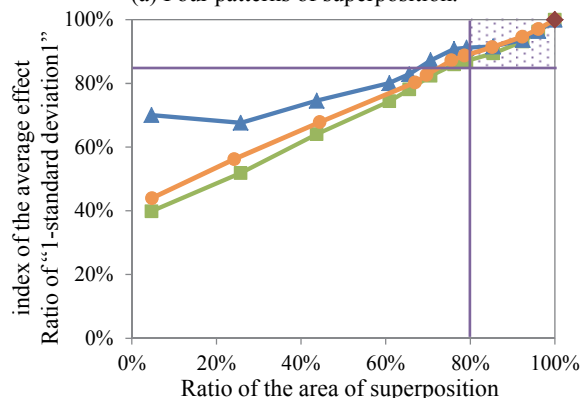
[1] 中山朋子 他, 第73回応用物理学会学術講演会 講演予稿集, 03-031 (2012).

[2] T. Nakayama et al., Optical Review, 21, 5, 659-667 (2014).

[3] T. Nakayama et al., Proc. ICSOS 2014, P-9 (2014).



(a) Four patterns of superposition.



(b) Relationship of index of the averaging effect and the area of the superposition.

Fig.1 Consideration of allowance of fabrication and alignment errors of optical duplicate system.