ラゲールガウスモード多重におけるホログラムを用いたクロストークの評価

Evaluation of crosstalk using hologram in Laguerre-Gaussian mode multiplexing

日本女子大理　○坂元 彩乃, 齊藤 彩, 小川 賀代

Japan Women's Univ., ○Ayano Sakamoto, Aya Saito, Kayo Ogawa

E-mail: m1316037sa@ug.jwu.ac.jp

1.はじめに

近年、通信トラフィックの急激な増加に伴い、新たな多重伝送方式が期待されている。そこでラゲールガウス(LG)ビームが有する、動径方向の量子数n(ラジアル次数)と方位方向の量子数m(アジマス次数)から決定されるモード間の直交性を活かした、モード多重が注目を集めている。これまでにモード多重ではOAM(Orbital Angular Momentum)と呼ばれる$n=0, m=0,1,2\ldots$であるLG ビームを用いた多重方式の検討が行われており、モード次数の組み合わせの最適化によるクロストークの軽減が報告されている[1)]。一方、高次のnをもつLG ビームは大気乱流の影響を受けにくく[2)]、$n \neq 0$のLGビームをモード多重に適用することで、通信品質の向上と大容量化を同時に達成することができると考えられる。そこで本研究では、nを考慮したモード多重の基礎検討として、モード分離フィルタを用いた際に生じるクロストークが小さな LG ビームの多重の組み合わせの検討を行う。

2.シミュレーション方法

本検討では真空中を想定し、入力するLGビームと、分離フィルタとして用いたホログラムの相互相関によりクロストークの評価を行う。LG(0,1)を検出するホログラムは、LG(0,1)の複素振幅E_{LG}と、式(1)で示される角度θで入射するガウスビームの複素振幅E_Gが作る干渉縞である。干渉強度Iは(2)式で与えられる。このときkは波数、$\theta = 60°$、TEM_{00}はガウスビームの複素振幅である。

$$E_G(x,y) = TEM_{00}\exp(-i\,k\theta x) \quad (1)$$

$$I = |E_{LG}|^2 + |E_G|^2 + E_{LG}E_G^* + E_{LG}^*E_G \quad (2)$$

ホログラムに検出対象であるモードが入力されると自己相関が、他のモードが入力されると相互相関が一次回折光として得られる。

3.シミュレーション結果

$n, m = 0,1,\cdots,10$をそれぞれ組み合わせた121 種類の LG(n,m)モードを、LG(0,1)を検出するホログラムに入力し、クロストークの検討を行った。Fig.1(a)は LG(0,1)、Fig.1 (b)は LG(5,8)を入力したときの強度分布であり、それぞれのモードに対する相関を示している。Fig.1 の緑の枠内に示す 10×10pixels の領域を、相関の検出範囲とした。Fig.2 は入力した各モードの相関の評価結果である。このとき自己相関の強度を 1 で規格化した。Fig.2 より、検出対象である LG(0,1)だけでなく、近傍のモードの相関も比較的高くなっていた。従って検出対象と近い次数のモードは、クロストークが大きく、多重する際の組み合わせには適切でないことが分かった。近傍のモードの中でもmの次数変化に比べ、nの次数変化の方が、クロストークが小さいことが分かった。

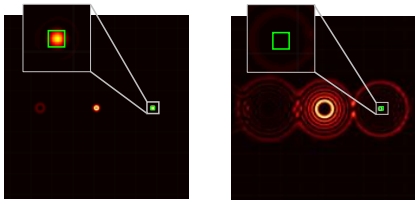
5.まとめ

モード多重における基礎検討として、単一ビームを用いたホログラムとの相互相関によりクロストークの評価を行った。検討結果から、モード多重通信において適切なモードの組み合わせの傾向を確認した。

参考文献

1) J.A.Anguita, et.al., Appl. Opt. 47(13), 2414-2429(2008)

2) A.Saito, et.al., MOC'16, 13C-17(2016)



(a) LG(0,1)　(b) LG(5,8)

Fig.1. Correlation results after passing through the hologram

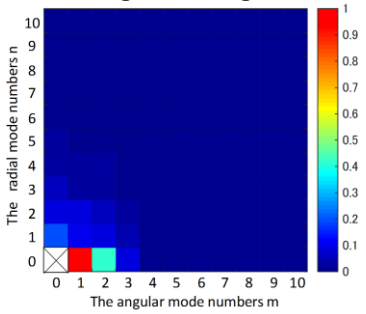


Fig.2. Evaluation results of correlation