

円錐鏡とフレネルロムを用いた可視光領域における光渦の生成

橋本 佳生 小林 弘和

(高知工科大学 システム工学群 電子工学専攻)

1. まえがき

光渦とは等位相面が螺旋状で、空間的な位相を制御されたビームであり、その空間モードを基底とした自由空間モード多重通信などの応用が期待される。我々の研究室では入射波長依存性の少ない光渦生成法として円錐鏡を用いた手法を提案している。これまでに円錐鏡自体の入射波長依存性は少ないことが確認されたが、1/4波長板で円偏光を生成していたため、波長板による入射波長制限があった。そこで本研究では1/4波長板より広い波長域で動作が可能なフレネルロム波長板を使用し、波長依存性の少ない光渦生成が可能であることを実験的に確認する。

2. 光渦の原理

通常の光($\ell=0$)は断面内の位相差がなく、強度分布が円型である[図1(a)参照]。一方、光渦は位相のねじれ(一重螺旋、二重螺旋...) [図1(b)参照]に対応して多数の空間モード(モード番号 $\ell=\pm 1, \pm 2, \dots$)を持つ。 ℓ 次のモードの光渦の場合、光ビームの断面内における位相差が $2\pi\ell$ ($\ell=\pm 1, \pm 2, \dots$)だけ変化する。光渦は、等位相面がねじれており、強度分布はドーナツ型である。円錐鏡を用いることで広い波長域で $\ell=+2$ の左回り円偏光と $\ell=-2$ の右回り円偏光の光渦が生成できる。

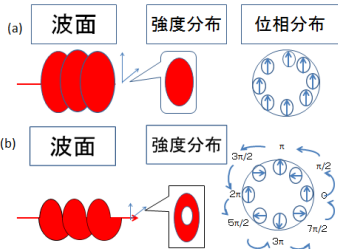


図1 平面波と光渦の強度分布と位相分布 (a)平面波の等位相面($\ell=0$)と(b)光渦の等位相面($\ell=+2$)と位相分布

3. 実験構成

光渦の生成を確認するための実験系を図2に示す。波長633nmのレーザーをシングルモードファイバーに通して、基本ガウシアンモード($\ell=0$)を生成後、偏光板で垂直または水平偏光にした。そのあとビームスプリッタ(BS)で光を1:1の強度で二つに分け、円錐鏡の手前ではフレネルロム波長板を使い左回り、または右回りの円偏光に変換する。さらに、円錐鏡で反射した光を再度フレネルロム波長板で元の偏光に戻す。その後、BSにおいて、通常の鏡から返ってきた光($\ell=0$)と合成し、干渉縞をCCDカメラで観測する。

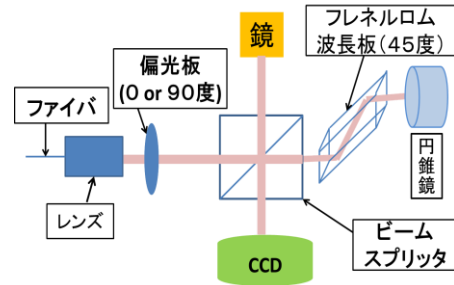


図2 円錐鏡を用いて生成した光渦と通常の光の干渉計

4. 実験結果

実験結果を図4(a)(b)に示す2つの光を干渉させた結果、螺旋状の干渉縞ができた。図4(a)の干渉縞は偏光板を0度にしたときで左回転、図4(b)の干渉縞は偏光板を90度にしたときで右回転となった。以上のことより、0度、または90度の偏光板を通して、円錐鏡からの光と、鏡から返って来た光を干渉させることによって光渦($\ell=\pm 2$)が生成出来ることがわかった。また、図5に干渉縞の間隔をグラフに表した。

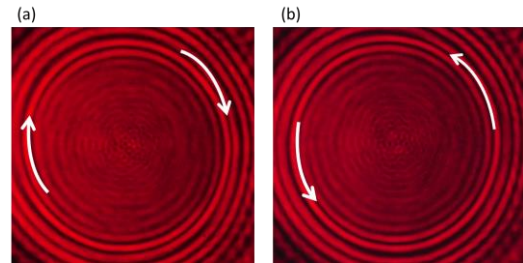


図4 (a) 偏光板0度(左回転) (b) 偏光板90度(右回転)

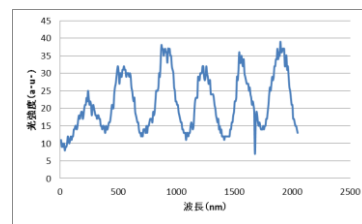


図5 干渉縞の間隔

5. まとめ

本研究では広い波長域で光渦を生成できる円錐鏡とフレネルロム波長板を用いて波長633nmの光渦を生成することに成功した。今後は、さらに円錐鏡に光を複数回反射させ現在の空間モードよりも位相差の大きな光渦を生成していく。