

# 円錐鏡を用いた光渦のモード抽出

1180037 岡本 大 (光制御・ネットワーク研究室)  
(指導教員 小林 弘和 准教授)

## 1. まえがき

現在よりもさらなる高速大容量光通信を行う手法として、光渦ビームを利用した同一波長での通信多重化を実現する空間分割多重通信が研究されている。通常の光ビームは図 1(a)のようにガウシアン型の強度分布を持つ。一方、光渦は図 1(b)のようにビーム断面内でドーナツ型の強度分布と螺旋状等位相面をもつ光ビームである。光渦は位相のねじれ(1重螺旋、2重螺旋...)や反時計回り時計回りといった螺旋の数や回転の向きで多数区別できる空間モード(モード番号  $l = \pm 1, \pm 2, \dots$ )を持つ。 $l$  次のモード光渦の場合、光ビームの断面内における位相差が  $2\pi l$  ( $l = \pm 1, \pm 2, \dots$ ) だけ変化する。このとき  $l$  は整数であり、 $l$  の符号は光ビーム断面内において時計回りに位相差が変化するときには正、反時計回りに位相差が変化する場合に負とする。図 1(c)に  $l = 2$  の光渦ビームにおける布位相分布を示す。複数のモードの光渦に異なるデータを載せることで同一波長の光通信多重化が可能となる[1]。

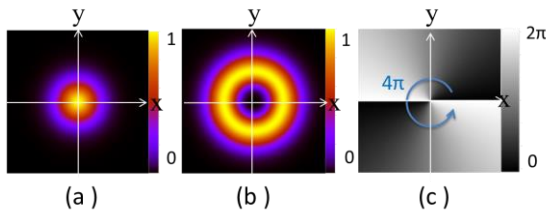


図 1. (a)通常の光ビームにおける強度分布(b)  $l = 2$  の光渦ビームにおける強度分布(c)  $l = 2$  の光渦ビームにおける布位相分布

空間モード多重を実現するには、複数のモードの光渦を合波した後にモード毎に分離し、抽出する必要がある。本研究では、予め生成した  $l = 0, \pm 1, \pm 2$  の光渦に対して円錐鏡を用いてモード変換を行い、光渦のモード抽出を行った。

## 2. 円錐鏡を用いた空間モード分割多重

図 2 に円錐鏡を用いた空間モード分割多重通信の実験構成イメージ図を示す。モード( $l$ )が異なる複数の同一波長の光渦にそれぞれ異なるデータを載せる。複数の光渦を同時に伝送し合波する。その後円錐鏡で反射させることで、 $l = -2$  を付加しモード変換を行う。そしてモード変換した光渦をレンズで絞りと、測定器で中心強度を測定する。光渦は中心強度が 0 なので、円錐鏡の反射によりモード変換した  $l = 0$  のビームのみ抽出し、データ 2 のみ受信することができる。本実験では、光渦を生成し、円錐鏡でモード変換したのちに中心強度抽出まで、赤いラインで囲んだ箇所の実証実験を行った。

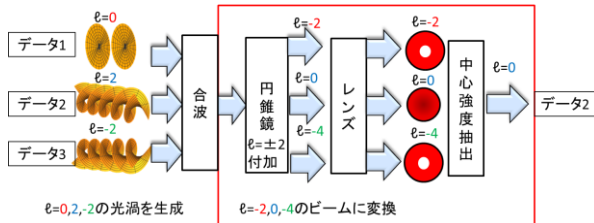


図 2. 円錐鏡を用いた空間モード分割多重通信

## 3. 実験構成

図 3 に実験構成を示す。赤い点線部分は光渦生成の実験構成、青い点線部分は光渦のモード変換、光渦抽出の実験構成である。光渦生成の実験構成では、光源の基本ガウシアンビームを偏光板に通すことで水平偏光にし、1/4波長板で時計回り、反時計回りの円偏光に変換した。その後、光渦リターダと呼ばれる素子で  $l = 0, \pm 1, \pm 2$  の光渦を生成した。光渦抽出の

実験構成では生成した光渦を  $45^\circ$  の偏光板に通すことで  $45^\circ$  の偏光にした。広帯域波長板は広帯域波長の光源にも対応した 1/4 波長板で  $45^\circ$  直線偏光を円偏光に変換する。そして、円錐鏡で反射させ光渦のモード変換を行った。偏光板の角度が  $45^\circ$  の場合、円錐鏡の反射で  $l = -2$  を付加する。モード変換した光渦をレンズで絞り、CCD カメラで中心強度を抽出した。

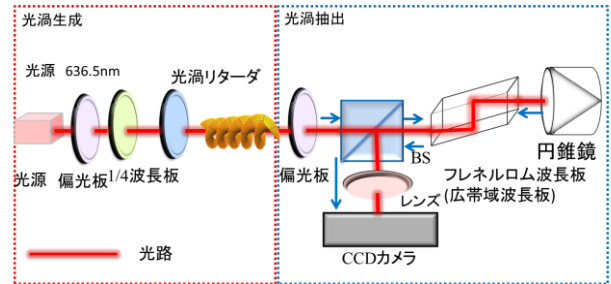


図 3. 円錐鏡を用いた光渦のモード抽出

## 4. 実験結果

図 4 に生成した光渦に円錐鏡の反射で  $l = -2$  付加しモード変換した光渦を示す。図の左から入射モード  $l = 2, l = 1, l = 0, l = -1, l = -2$  の光渦である。図 4 から入射モード  $l = 2$  のみ光が中心に絞られていること判断できる。また他の入射モードは光が中心に絞られず、ドーナツ型の強度分布と読み取れる。

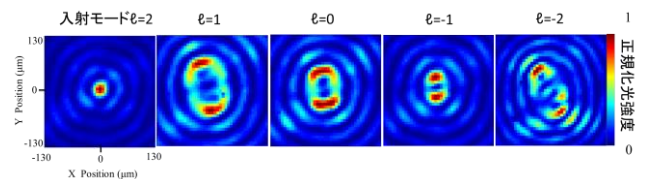


図 4. 光渦に円錐鏡の反射で  $l = -2$  付加しモード変換

図 5 に図 4 の中心光強度を抽出し平均光強度のグラフを示す。図 5 では、入射モード  $l = 2$  を基準としているため、入射モード  $l = 2$  の光強度は 1 である。他の入射モードと入射モード  $l = 2$  を比べると、中心光強度は 1/10 以下であり、約 93% 光強度が低下している。

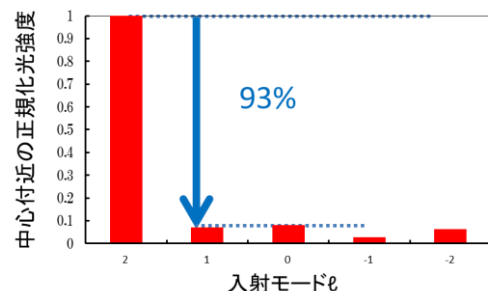


図 5. 光渦に  $l = -2$  付加した光渦の中心強度抽出グラフ

## 5. まとめ

円錐鏡を用いて光渦の生成、光渦のモード変換を行い、入射モード  $l = 2$  の光渦を抽出することができた。今後はさらに精度の高いモード抽出を行いたいと考えている。

## 6. 参考文献

[1] Kobayashi, Hirokazu, Koji Nonaka, and Masao Kitano. "Helical mode conversion using conical reflector." Optics express 20.13 (2012): 14064-14074.