光複素振幅の幾何学変換による光の軌道角運動量の逓倍操作

Multiplication of Optical Angular Momentum by Geometric Transformation of Optical Complex Amplitude

高知工大 [1]　○小林 弘和 [1]、(M2) 高嶋 悟 [1]、岩下 克 [1]
Kochi Univ. Tech.[1], ○Hirokazu Kobayashi[1], Satoru Takashima[1], Katsushi Iwashita[1]
E-mail: kobayashi.hirokazu@kochi-tech.ac.jp

光渦は図 1 のように円環状の強度分布と方位角方向に $2\pi l$ (l は整数) の位相勾配をもつ光ビームである (図 1 は彩度が強度、色相が位相を示す)。多数の空間モード (モード番号 $l = 0, \pm1, \pm2, \cdots$) を有するこの光ビームは 1 光子当たり $l\hbar$ の軌道角運動量 (OAM) を持ち、OAM を利用した多重化通信や光計測、量子計算などへの応用が期待されている。いずれの応用でも OAM の変換技術が重要となるが、OAM の加算操作については既存の手法で効率的に行なうことができるものの、逓倍操作については高効率かつ高精度に実装する技術は未だに確立されていない。本研究では位相ホログラムを用いた光複素振幅の幾何学変換を利用して OAM の逓倍を実現する手法を提案する。

光渦の OAM 逓倍操作を実現するために、ビーム断面の光複素振幅を入射面の極座標 (r, θ) から出射面 (ρ, ϕ) に幾何学変換することを考える。光複素振幅の幾何学変換は、空間位相変調器 (SLM) を用いて入射光に特定の位相分布を与え、レンズでフーリエ変換することで実現できる。ここで変換後の (ρ, ϕ) 座標が a、b を任意定数として $(\rho, \phi) = (r, a\theta + b)$ で表される幾何学変換を行なう。例として、$(a, b) = (1/2, 0)$ の変換に必要な位相分布と $l = 1$ の光渦に対する変換の概念図を図 2 に示す。このとき、幾何学変換後の (ρ, ϕ) での強度分布は半円環となり、位相分布は元の位相勾配を保持している。さらに任意定数である b を π とすることで半円環の方位角分布を π ずらしたものが得られる。したがって、入射ビームに対して $b = 0, \pi$ の二つの幾何学変換を同時に行うことができれば、方位角 ϕ の位相勾配が 4π となり、入射ビームの 2 倍である光渦 $l = +2$ が得られる。

講演では提案手法の詳細と SLM を用いた実験結果も含めて説明する。

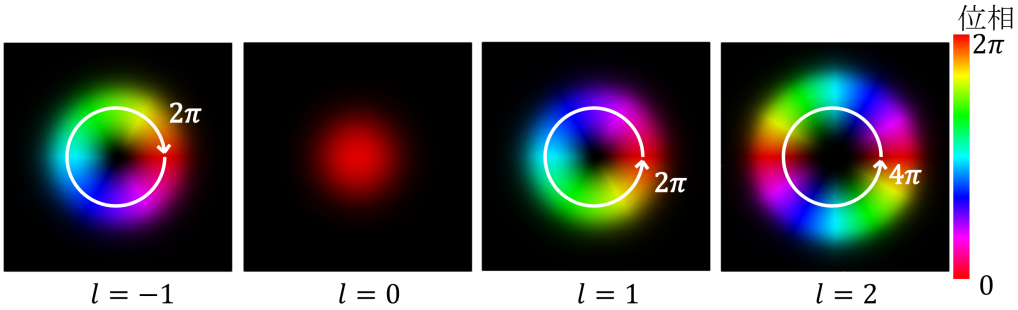

図 1: 光渦の複素振幅分布

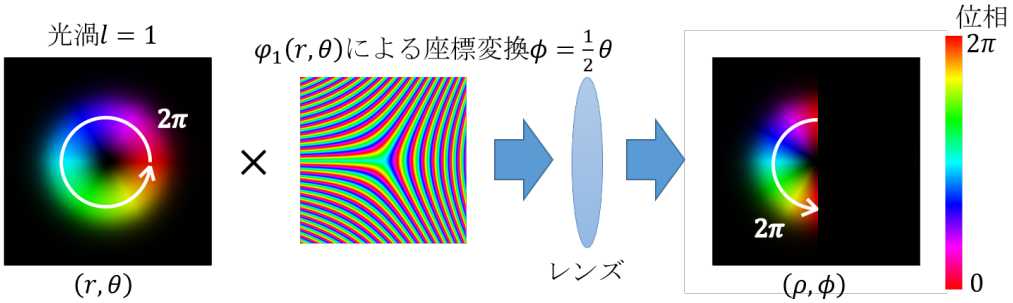

図 2: 位相ホログラムによる光渦の幾何学変換

© 2019年 応用物理学会