

マイクロミラーデバイスを用いた振幅ホログラムによる光渦生成 Optical Vortex Generation by Amplitude Hologram using Micromirror Device

1190135 原田 龍一 (光制御ネットワーク研究室)
(指導教員 小林 弘和 准教授)

1. 背景

光渦は、図1のようにビーム断面において円環状の強度分布と $2\pi l$ (整数 l は空間モードの番号)の方位角位相をもつ光ビームである。異なる l の光渦に個別データを載ることで同一波長での通信多重化が可能となり、通信の大容量化への応用が期待される。本研究では文献[1]を参考にデジタルマイクロミラーデバイス(DMD)と呼ばれる数十万個の微小鏡を用い振幅ホログラムを作成し、光渦を生成した。

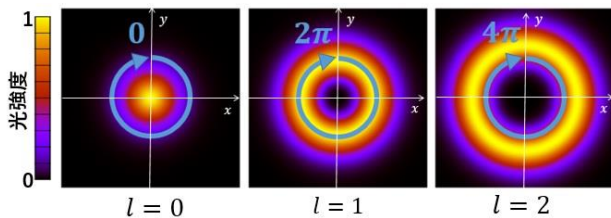


図1. モード l の光渦の強度分布と方位角位相

2. 光渦を生成する振幅ホログラムの生成

光渦を生成するのに必要な振幅ホログラムを作成する方法として、図2のように通常のガウシアンビーム($l=0$)と、モード l の光渦を角度 θ で合波することで干渉縞を計算した。この振幅ホログラムを2値化してDMDに入力することで、DMDの各ピクセルの反射方向が2値に応じて決定される。 $l=0$ の光ビームをDMDに垂直入射すると、仮定した角度 2θ の方向にモード l の光渦が反射光として生成される。

この手法は他の光渦の生成手法と比較すると効率は低いものの、DMDは鏡面反射を利用するため波長依存性が小さく、高速なモード切替が可能という長所がある。

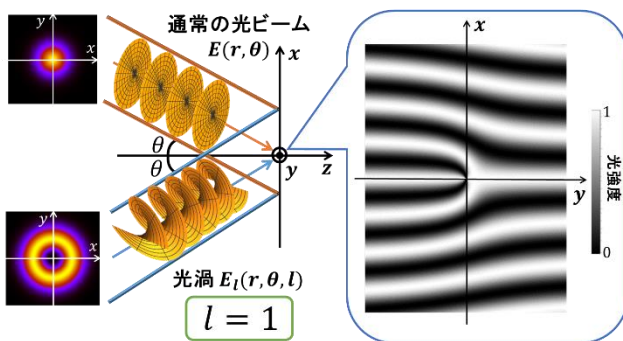


図2. xy 平面に入射する光渦ビーム($l=1$)で生じる干渉

3. 実験構成・結果

図3に実験系を示す。今回はTEXAS INSTRUMENTS社製の全体608×684pixで1pixが $10.8\mu\text{m} \times 5.4\mu\text{m}$ のDMDを使用した。光源に633nmのレーザを用いて、基本ガウシアンビーム($l=0$)を生成後、作成した振幅ホログラム($\theta =$

0.15°)を表示したDMD表面に垂直で入射した。

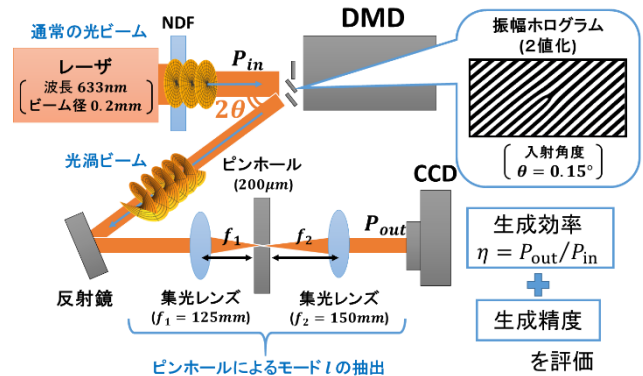


図3. 実験系と表示する振幅ホログラム

反射光を集光レンズ(焦点距離125mm)で集光した後、生成された光渦 l のみを焦点においてピンホール(直径 $200\mu\text{m}$)で通過させ、再び集光レンズ(焦点距離150mm)で拡大した後、CCDカメラで観測した結果を図4に示す。このとき図4(a)と(b)は、モード $l=1$ と $l=2$ の光渦の強度分布を示し、図4(c)と(d)は強度分布の中心座標で x 軸方向に断面を取ったときの強度グラフである。

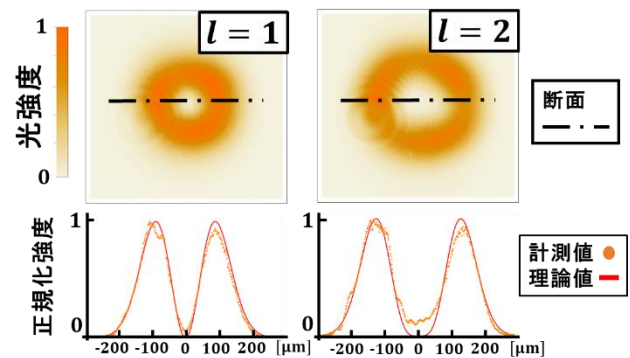


図4. 実験結果 (a) $l=1$ の強度分布 (b) $l=2$ の強度分布、
(c) (a)の点線部の断面強度 (d) (b)の点線部の断面強度

このとき、理論値と計測値を比較することで生成精度を計算すると98.2%($l=1$)、92.8%($l=2$)であった。また、光渦の生成効率率は2.88%($l=1$)、2.43%($l=2$)であった。

4. まとめ

DMDに入力した振幅ホログラムによって任意のモード l の光渦を生成できることが分かった。今後はDMDを用いた入射する光渦のモード分布の測定、光渦と参照光の干渉実験が必要であると考えられる。

参考文献

[1] V. Lerner, *et al.*, Opt. Lett. **37**, 4826 (2012).