

波動性を利用した局所光照射システムの開発

岐阜工業高等専門学校 先端融合開発専攻 野田陽太, 久芳友宏, 河野託也
豊橋技術科学大学 機械工学系 永井萌土

1. 研究目的

ドラッグデリバリーや並列計算には、自律動作するマイクロロボットが求められ、走光性藻類のミドリムシが使用可能である。従来よりも繊細なミドリムシの運動制御の実現には、光照射パターンの緻密な制御が必要となる。そのためには光を光線として扱わず、波動性を考慮した制御が必要不可欠である。そこで本研究では、マイクロミラーデバイスを制御し、波動性を考慮した緻密な 2 次元光像を照射できるシステムの開発を行う。応用先の一つはミドリムシ群の走光性を生かした効率的な多点運動制御技術の確立である。ミドリムシ群を工学システム内に組み込み、小型・並列システムの実現を目指す。

2. 研究成果

2.1 実験装置

図 1 は、デジタルマイクロミラーデバイス(DMD:TI 社製 DLPDLR2000EVM)の波動光学素子の動作評価実験装置である。DMD は、回折格子および 2 次元ホログラム素子として動作させる。DMD に表示する画像データや 2D 計算機ホログラムの画像データは、Python を利用し生成する。生成されたデータは DMD 制御マイコン(BEAGLEBONE BLACK WIRELESS)に転送され PC からコントロールユニットを制御することで DMD 上に画像が表示される。その表示面に対して、光ファイバに導入し平行光に調整された波長 650 nm のレーザーが照射される。DMD 上の画像パターンにより回折した光はレンズによってスクリーン上に結像(再生像)される。表示された再生像は固定したカメラで撮影され、そのデータを用いて DMD の波動光学素子の動作評価を行う。

2.2 DMD を用いた回折格子の動作評価

縦縞の白黒画像を DMD 上に表示することで反射型回折格子を生成した。DMD を用いることで、白線と黒線の幅をリアルタイムに変更設定でき、格子定数と開口数を変更した実験が 1 つの素子で実現した。2 つのパラメータを変更し、それぞれの回折光の強度分布について理論と比較し動作評価を行った。格子定数を増加させると回折光間の距離が短くなり、開口数を大きくすると、回折光の見える次数が変化した。強度分布の理論と一致した結果が得られた。DMD を波動光

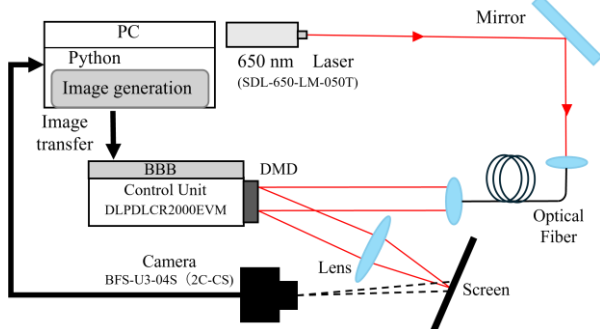


図 1 DMD 動作評価の実験装置

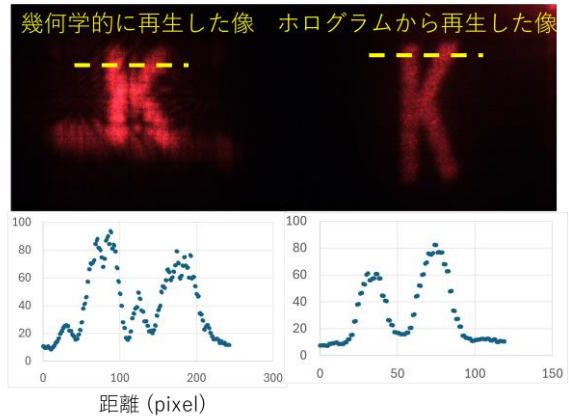


図 2 幾何光学とホログラムによって再生した再生像

学素子として利用可能であることを確認した¹⁾。

2.3 2次元ホログラムの動作評価

DMD を用いて任意の 2 次元反射型ホログラムを以下の処理で生成した。再生したい像の画像(640pixel×360)を用意する。元画像をバイナリ変換し白黒画像とし、各ピクセルにランダムに位相を加える。この処理により、元画像からの光を拡散することで、ホログラムを生成した際に情報の偏りが起こりにくくし、情報の損失を抑えられる。このデータを 2 次元フーリエ変換し、振幅と位相を得る。得られた強度と位相より、強度ホログラムを生成した。得られた強度ホログラムを二値化しデータが DMD に表示される。

ホログラムによる再生像と DMD とスクリーン間のレンズを外し幾何光学的に再生した像との比較を行った。図 2 の上段に再生像、下段に点線部の強度分布を示す。幾何光学的に再生した像は輪郭部がぼやけているのに対し、ホログラムで再生した像の輪郭は明確である。輝度グラフからも分かるように、ホログラムで再生された像の方が、コントラストが高い。ホログラムを用いて再生した像は、幾何光学的に再生した像より、精細な像を再生できることを確認した。

3. 今後の課題と展望

DMD の特性を活かした波動光学素子としての利用が考えられる。たとえば、複数のホログラムデータを準備し、DMD を用いて利用するホログラムを時間的にスイッチすることで、走光性藻類の運動制御に応用できる。これにより、DMD の幾何光学的な利用では得られない繊細な運動制御を実現できる可能性がある。他には、高精細に像を生成できるため光造形的光照射システムへの応用も考えられる。

参考文献

- 1) 野田陽太, 河野託也, デジタルマイクロミラーデバイスを用いた光波面制御の検証, SICE 中部支部若手研究発表会 2023, 2023.11.29 (ポスター発表 優秀発表賞受賞)