

# 空間光変調器の入力輝度値による回折効率の制御に関する研究

1113059 宮本研究室 北谷 拓磨

## 1 目的

本研究では、浜松ホトニクス社の空間光変調器 (spatial light modulator ; SLM)(X10468-01) について、入力ホログラムパターンの輝度値の変調幅と 1 次回折光の回折効率の関係を明らかにすることを目的とする。

## 2 背景

将来、ソフトウェアで作製したホログラムを使用して、ホログラム面内の位置によって回折効率の異なるホログラムを実現するための基礎データとする予定である。本研究の最終目的は、位相特異点を付加し、中心に行くほど回折効率が小さくなるようなホログラムを作製することである。

## 3 作成するホログラム用の位相変調パターン

本研究では、ソフトウェア MATLAB を使用して位相特異点を付加するホログラム用の位相変調パターンの作成を行う。位相変調パターンを作成し、SLM に干渉縞の画像を入力することで、SLM をホログラムとして用いる。SLM をホログラムとして用いることで位相変調を容易にすることができる。 $m$  を方位角モード指数、 $\phi$  を方位角、 $\Lambda$  をホログラムのピッチ、 $t$  を位相変調幅と定義すると、ホログラム用の位相変調のパターンの式は以下である。

$$\Phi_{\text{blaze}} = \{(m\phi - \frac{2\pi}{\Lambda}x) \bmod 2\pi\} \cdot \frac{t}{2\pi} \quad (1)$$

## 4 空間光変調器

空間光変調器 (spatial light modulator ; SLM) は、光の振幅や位相や偏光状態を空間的に変調する素子である。

本研究で使用する SLM は、浜松ホトニクス社の X10468-01 であり、液晶を用いた反射型の LCOS-SLM(Liquid Crystal on Silicone-Spatial Light Modulator) である。LCOS-SLM は、アドレス部に CMOS 技術を応用して液晶を直接電圧制御することにより、高精度と高速応答を実現した反射型電気アドレス空間光変調器である。最適な光学設計により高い回折効率と光利用効率を実現している。本 LCOS-SLM に 0~255 の輝度値で画像データを入力すると、その画像データに対応した電圧が各画素に印加されて、それによって入射光が変調される [1]。本研究で使用する LCOS-SLM の仕様を表 1 に示す。

表 1: X10468-01

変調部の大きさ	サイズ
画素数	800(H) × 600(V) pixels
1画素の大きさ	20 $\mu$ m × 20 $\mu$ m
開効率	95 %
アドレス	8bit
リフレッシュレート	60 Hz

## 5 ソフトウェアによる位相変調パターン

ソフトウェア MATLAB を用いて輝度値変調幅 23、47、70、97、123、147、167、183 のホログラムパターンを作成する。これは、波長 632.8nm の光に対して位相変調幅  $0.25\pi$ 、 $0.5\pi$ 、 $0.75\pi$ 、 $\pi$ 、 $1.25\pi$ 、 $1.5\pi$ 、 $1.75\pi$ 、 $2\pi$  に相当する [2]。1画素の大きさ  $20\mu\text{m}$ 、ホログラムのピッチ  $60\mu\text{m}$  を採用した。本実験で使用したホログラム用の位相変調パターンの式を以下に示す。

$$\Phi = \left\{ m \arg(x + iy) - \frac{2\pi}{\Lambda} x \right\} \bmod 2\pi \quad (2)$$

また、以下の式を用いて輝度値を計算した。

$$\Phi \times \frac{(\text{輝度値変調幅})}{2\pi} \quad (3)$$

作成したパターンの中で位相変調幅  $0.5\pi$ 、 $\pi$ 、 $1.5\pi$ 、 $2\pi$  のときの結果を図 1～4 に示す。設計した通り位相変調幅が大きくなるにつれ輝度値の変調幅も大きくなった。

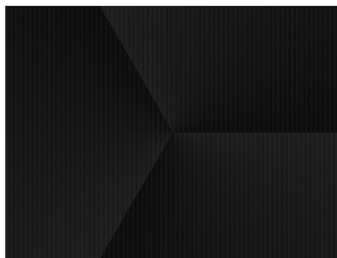


図 1: 位相変調幅  $0.5\pi$  の位相変調パターン

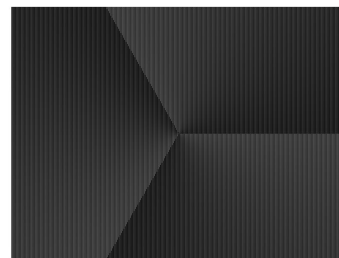


図 2: 位相変調幅  $\pi$  の位相変調パターン

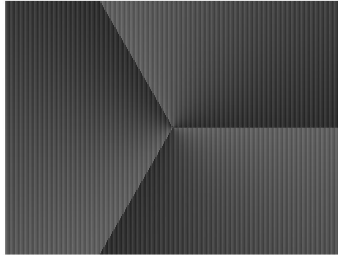


図 3: 位相変調幅  $1.5\pi$  の位相変調パターン

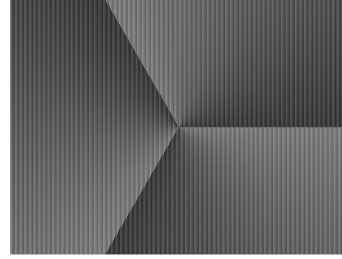


図 4: 位相変調幅  $2\pi$  の位相変調パターン

## 6 回折効率の理論値

ブレード状位相ホログラムをブレード状回折格子に近似して回折効率を求める。1次回折光の回折効率  $\eta_1$  と位相変調幅  $t$  との関係は以下ようになる。

$$\eta_1 = \text{sinc}^2\left(1 - \frac{t}{2\pi}\right) \quad (4)$$

計算結果を以下の図 5 に示す。図 5 より位相変調幅が大きくなるにつれ回折効率も大きくなる。

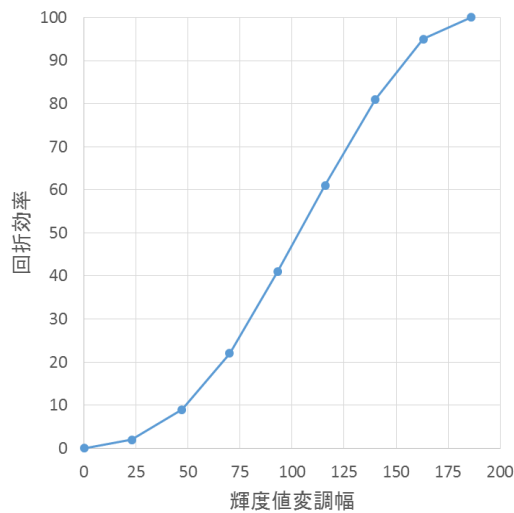


図 5: 輝度値変調幅と回折効率の関係

## 7 SLM の入力輝度値による回折効率測定

回折効率の測定のため、図 6 の光学系で実験を行った。SLM に広範囲にビームが当たるようにするためにビーム径を 5mm に設定した。

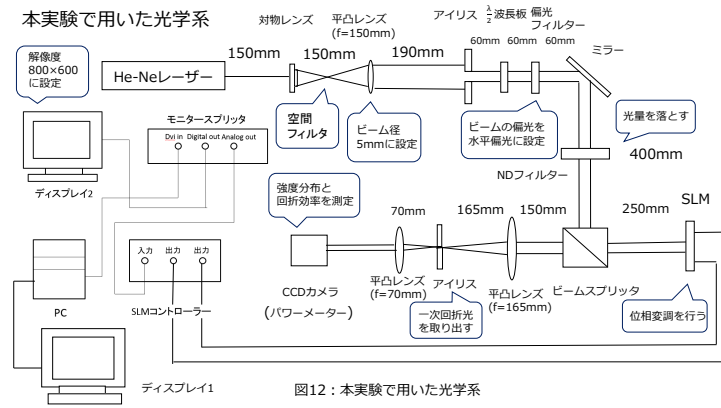


図 6: 回折効率の測定に用いる光学系

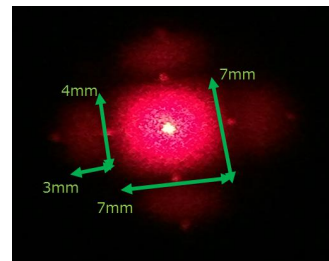
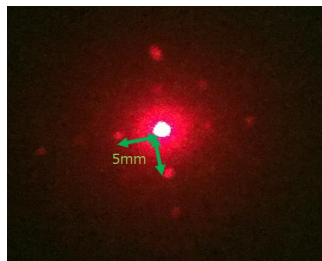


図 7: スクリーンで観察された回折パターン (SLM 電源 OFF 時) 図 8: スクリーンで観察された回折パターン (SLM 電源 ON 時)

光学系を組んで回折効率の測定に着手したが、途中から回折光が得られなくなり、原因究明を行っている。SLM 出力側アイリス位置に設置したスクリーンには矩形開口による回折光パターンのような強度分布が観測された。SLM にホログラムのパターンが表示されていないと推測しており、パターンが表示され回折光が得られ次第、回折効率を測定する。

## 8 まとめと今後の課題

本研究では、ソフトウェア MATLAB を使用して、ホログラム用の位相変調パターンを作成した。また、回折効率の理論値を計算して求めた。今後パワーメーターで SLM に入射する前の光のパワーと 1 次回折光のパワーを測定して回折効率を実測し、理論値との比較を行う予定である。

## 参考文献

- [1] 浜松ホトニクス, "空間光変調器 LCOS-SLM 第 12 章".
- [2] 鳥生 太雅, 「空間光変調器を用いた干渉計の安定化」 電気通信大学修士論文, (2010).

