

# 光源スイッチングによる時分割多重化ホログラフィックディスプレイ

## Time-Division Multiplex Holographic Display by Light-Source Switching

○西川凌, 土岡智旭, 松島恭治

○Ryo Nishikawa, Tomoaki Tsuchioka and Kyoji Matsushima

関西大学システム理工学部電気電子情報工学科

Department of Electrical and Electronic Engineering, Kansai University

E-mail: nishikawa@laser.ee.kansai-u.ac.jp

To reduce the problem of insufficient space-band product in full-parallax holographic display, time-division multiplexing technique is proposed using light-source switching. The problem of higher-order diffraction images, which drops 3D image quality, is suppressed using polarized light sources and a polarizer mask. Reconstructed images multiplexed to  $4 \times 2$  or more is reported to verify the principle and define their problems.

### 1. はじめに

全方向視差ホログラフィックディスプレイは、人の立体感の生理的要因をすべて満たすため、究極の三次元立体映像技術と考えられている。ホログラフィックディスプレイは空間光変調器(Spatial Light Modulator, 以下 SLM)で実現されるが、一般に SLM の解像度は光学ホログラムの解像度と比べて著しく低い。そのため、スクリーンサイズと視域角の積に相当する空間バンド積が光学ホログラムや高解像度計算機合成ホログラム(Computer-Generated Hologram, 以下 CGH)に比べて著しく低いという問題がある[1]。そのため単一の SLM を用いて広視域かつ大きな再生像を得ることは不可能であり、多重化の技術が不可欠である。

我々が提案している光源スイッチング方式は、複数の光源を高速で順次点灯させ再生像を時分割で多重化する[2]。この方式の利点として、ガルバノミラー等の機械的可動部がないことや、走査速度を上げやすく高フレームレート SLM を用いるとフリッカーを抑制できることがあげられる。一方、高次回折像の影響により再生像が劣化する問題点があるが、これは偏光光源と偏光マスクの組み合わせにより低減が可能である[3,4]。現時点では再生像は単色のみであるが最近ではカラー化に向けた研究もおこなわれている[5]。本稿では  $4 \times 2$  以上での多重化について報告する。

### 2. 光源スイッチング時分割多重化ホログラフィックディスプレイ

Fig.1 は多重化数  $M \times N = 4 \times 2$  として CGH の再生を行う場合の光学系の模式図である。光源には高速スイッチング可能なピグテイル型レーザーダイオード(以下 LD)と偏波面保存光ファイバを用いている。光ファイバ端面から出射される球面波を焦点距離  $f_c$  のコリメータレンズにより平行光にし、SLM に照射する。本研究では DMD(Digital Mirror Device)を高フレームレート SLM として用いている。SLM に入射した光は変調を受け、フーリエレンズ 1 で光学的にフーリエ変換されるが、この時、点灯する光源の位置によってフーリエ変換像の位置が変化する。このフーリエ変換像を隙間なく配置できるように光源の配置を決定し

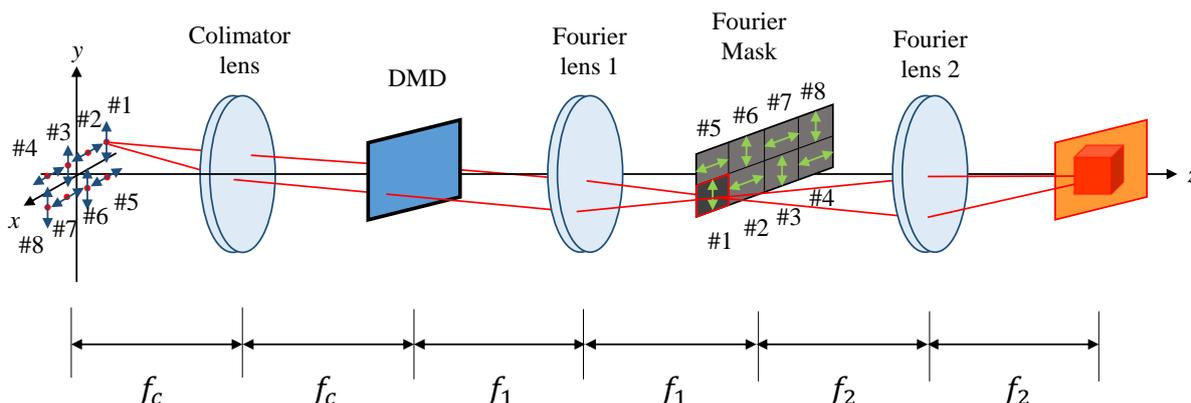


Fig.1 Schematic illustration of the principle of the light-source switching holographic display and reduction of higher-order images ( $M \times N = 4 \times 2$ ) [6].

[2], 点灯する光源位置に対応した干渉縞画像を同期して SLM に表示する. これによって  $M \times N$  個の光源によって, 見かけ上, SLM 解像度の  $M \times N$  倍の像を表示することが可能である. また, フーリエレンズ 2 を用いて  $4f$  光学系とすることで,  $f_1$  と  $f_2$  の比によって像面でのサンプリング間隔を変更することが可能である.  $f_1 = f_2$  の場合には, サンプリング間隔を  $1/M \times 1/N$  倍に縮小したことに等価になり, 最大回折角を  $M \times N$  倍に拡大することができる.

フーリエ面には, 本来再生したい像である一次回折光のほかにも高次回折像が発生する. そのため, LD をスイッチングしたときこれらが重なり合い再生像が劣化する. これを低減するために, 隣接した直線偏光光源が直交した偏光面を持つように光源を配置する. また, 各 LD の一次回折光を透過するような偏光板アレイ(偏光マスク)をフーリエ面に配置する. これにより, 一次回折像に隣接した高次像を遮蔽することが可能となる. 二次や四次などの高次の回折光は透過してしまうが, これらは一次回折光に比べて十分暗いので再生像への影響が少ない.

### 3. 光学再生像

Table1 に今回使用した光学系のパラメータ, Fig.2 に 3D シーンを示す.  $M \times N = 4 \times 4$  に多重化した再生結果を Fig.3 に示す.

### 4. まとめ

$4 \times 4$  の多重化による再生像を確認した. 以前より多重化数を増加させたことで個々の LD の点灯時間が少なくなり再生像が暗くなる問題があることが分かった. 更なる空間バンド積の向上には, より高輝度の LD を導入するか, より解像度の高い SLM を導入する必要があると考えられる.

### 謝辞

本研究は, 日本学術振興会の科研費(15K00512), および文部科学省私立大学戦略基盤研究形成支援事業(平成 25 年~平成 29 年)の助成を受けたものである.

### 参考文献

- [1] K. Matsushima, S. Nakahara: Appl. Opt. **48**, H54-H63 (2009).
- [2] 松田篤史, 松島恭治: 信学論 D, **J96-D**, 381-388 (2013).
- [3] 東野好伸, 土岡智旭, 松島恭治: 3 次元画像コンファレンス 2016, 6-1 (2016).
- [4] Y. Higashino, T. Tsuchioka, K. Matsushima: OSA DH2016, Heidelberg, DM4E.1 (2016).
- [5] 西川凌, 土岡智旭, 松島恭治: 3 次元画像コンファレンス 2017, P-1 (2017).
- [6] 土岡智旭, 西川凌, 松島恭治: 3 次元画像コンファレンス 2017, P-4 (2017).

Table 1 Parameters used for optical reconstruction.

Display system	
No. of pixels of DMD	1920 × 1080
Pixel pitches of DMD	10.8 μm × 10.8 μm
Wavelength	637 nm
Focal distance ( $f_c$ )	300 mm
Focal distance ( $f_1, f_2$ )	200 mm
Reconstructed CGH	
No. of pixels in image plane	7680 × 2160
Pixel pitches in image plane	2.7 μm × 5.4 μm
Size of image plane	20.7 × 11.7mm <sup>2</sup>

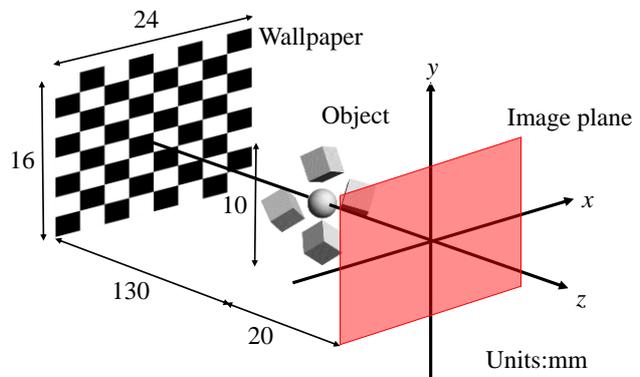
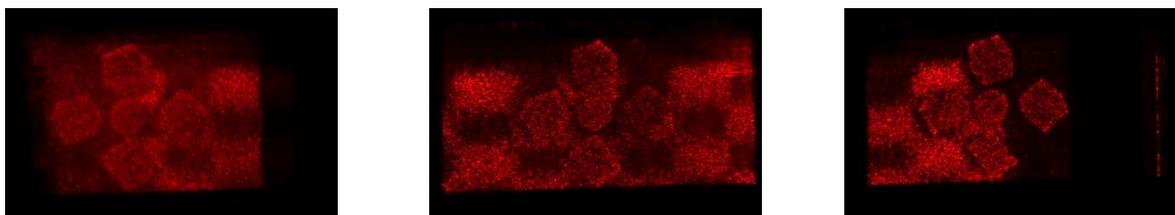


Fig.3 Reconstructed 3D scene.



(a) Left

(b) Center

(c) Right

Fig.3 Reconstructed images. Pictures are taken from different angles.