水平走査型カラーホログラフィーに適した誤差拡散法

Optimization of Error Diffusion for Horizontally Scanning Color Holography

中島 竜海, ⁰高木 康博 (農工大院工)

Tatsumi Nakajima, [°]Yasuhiro Takaki (Institute of Engineering, Tokyo Univ. of Agri. and Tech.) E-mail: ytakaki@cc.tuat.ac.jp

1. はじめに

ホログラフィーは、物体から発せられる波面を再生 する理想的な立体表示方式と言われている.われわれ は、視域角拡大と大画面化を同時に実現する水平走査 型ホログラフィーとして、スクリーン走査型[1]と視域 走査型[2]を提案している.

水平走査型ホログラフィーでホログラムパターンの 表示に用いる MEMS 型 SLM では,高フレームレート 動作が可能であるが,2 階調表示となる.ホログラム パターンを単純に2値化すると,再生像の画質が低下 する.ホログラムの2値化法としては誤差拡散法が知 られており[3],われわれは以前に単色表示の水平走査 型ホログラフィーに適用し有効性を示している[4].

本研究では、カラー化したスクリーン走査型の水平 走査型ホログラフィー[5]に対して、RGB各色で拡散方 向を変えた誤差拡散法を利用する方法を提案する.

2. スクリーン走査型ホログラフィー

スクリーン走査型ホログラフィーの構成を Fig. 1 に 示す. MEMS 型 SLM に表示したホログラムを,アナ モルフィック光学系で水平方向には縮小,垂直方向に は拡大し,スクリーン上に縦長の要素ホログラムとし て結像する. SLM の表示画像を高速に切り替えながら, ガルバノミラーにより要素ホログラムをスクリーン上 で水平走査する. SLM のピクセルピッチが水平方向に 縮小されるため水平視域角が拡大する. 縦長の要素ホ ログラムを水平走査するため,大画面化が実現できる. SLM を RGB レーザー光で順次照明することで,時分 割でカラー表示が実現できる[5].

3. キャリアの方向を考慮した誤差拡散

水平走査型ホログラフィーで MEMS 型 SLM として 用いる DMD は、スクリーン面が反射型 Blazed 回折格 子の構造をもつ.そのため、レーザー光の回折方向は 波長に依存し、最大光強度が得られる方向は Blaze 角 で依存する.再生像の色ムラをなくすために、水平走 査型ホログラフィーが水平視差型であることから、 RGB レーザー光の最大光強度の方向を水平方向に一 致させる.そのため、RGB レーザー光の回折方向を一 致することができないが、ゼロ次光成分をシングルサ イドバンド(SSB)フィルタで除去できるように、回折ピ ークが SSB フィルタのエッジ上に位置するように回 折方向を決める.最終的に、ホログラムの干渉縞の方 向と周波数を制御することで、RGB レーザー光の再生 像の進行方向を一致させる.

誤差拡散法を用いたホログラムパターンの2値化法 において、干渉縞のキャリア方向と垂直方向に誤差拡 散することで、再生像の画質が向上することが知られ ている[3].上記のように、カラー化した水平走査型ホ ログラフィーでは、RGB各色で干渉縞のキャリア方向 が異なる.そこで、本研究では RGB 各色で誤差拡散 の方向を変える.これは、R、G および B で異なる誤 差拡散係数を用いることで実現できる.

4. 実験

RGB レーザー光源には,波長 640 nm, 515 nm, お よび 445 nm の光ファイバー出力半導体レーザーを用 いた.高フレームレート SLM には解像度 1,024×768, ピクセルピッチ 13.68 µm, フレームレート 22,727 Hz の DMD DiscoveryTM 4100 を用いた.水平走査型ホログ ラフィーの表示性能は,画面サイズ 150×49.8 mm² (6.2 インチ),水平視域角は R, G,および B でそれぞれ 14.7°, 11.8°, 10.2°で,表示フレームレートは 30 Hz である. RGB 光ファイバアレイを構成することで,R,G,およ び B レーザー光で DMD を異なる方向から照明した.

干渉縞のキャリア方向から求めた R, G, および B の拡散係数を Fig. 2 に示す. 誤差拡散方向は左斜め下 方向である.

提案した方法で得られたカラー再生像を Fig. 3 に示す. 色ムラが少なく階調表現性を有する再生像が得られていることが確認できる.

5. まとめ

カラー化したスクリーン走査型の水平走査型ホログ ラフィーで,干渉縞のキャリア方向を考慮して RGB 各色で誤差拡散方向を変えた誤差拡散手法を適用する ことで,カラー再生像の画質向上を実現した.

参考文献

[1] Y. Takaki and N. Okada, Appl. Opt. 48, 3255 (2009).

[2] Y. Takaki and K. Fujii, Opt. Express 22, 24713 (2014).

[3] R. Hauck and O. Bryngdahl, J. Opt. Soc. Am A 1, 5 (1984).

[4] Y. Matsumoto and Y. Takaki, Opt. Lett. **39**, 3433 (2014).
[5] T. Nakajima, Y. Matsumoto, and Y. Takaki, "Color Image Generation by Horizontally Scanning Holography," Digital Holography and Three-Dimensional Imaging 2013.



Fig. 1 Horizontally scanning color holographic display.

0.552	е		0	е		0	е	
0.448	0	0	0.606	0.394	0	0.660	0.340	0
(a)			(b)			(c)		

Fig. 2 Weight factors of error diffusion: (a) red, (b) green, and (c) blue.



Fig. 3 Reconstructed images: (a) cube, (b) castle, and (c) snowman.