

LED光源を用いた時分割法によるカラーホログラフィック動画像 Color Holographic Animation Image by Time Division Multiplexing Method with Reference Light of LED

下馬場 朋禄[†]
Tomoyoshi Shimobaba

堀内 雅彦[‡]
Masahiko Horiuchi

伊藤 智義[§]
Tomoyoshi Ito

1. はじめに

カラーホログラフィックディスプレイは文献 [1] で検討されている。この実験では、3枚のLCDを用意し、それぞれのLCDにRGBに対応したCGH (Computer Generated Hologram) を表示し、鮮明な画像を得ることに成功している。この方式では3枚のLCDを要する。また文献 [2] では白色光源を用いたカラーホログラフィックディスプレイの実験が行われ興味深い報告がなされている。

古典的なホログラフィによるカラー像記録では一枚のホログラム上に多重波長記録を行うが、そのホログラムからのカラー再生像はゴーストが重なり合うため観察しづらいことが知られている。筆者らはゴーストの重畳を回避し一枚のホログラム上に多重波長記録を行う方法を提案し、鮮明な再生像を得ることができることを示した [3]。

本報告ではこの方法とは異なる、時分割法によるカラーホログラフィック再生法について報告を行う。筆者らは文献 [4] で赤色レーザと緑色レーザを参照光源とし、これらの参照光源を電子シャッタで切り替えることによる時分割方式カラーホログラフィックディスプレイを検討してきた。この方式は機構部品である電子シャッタが光学系を複雑にし、シャッタのスイッチング速度が低速なため再生像にフリッカが確認された。文献 [5] でも時分割方式カラーホログラフィックディスプレイは検討されている。この実験では白色レーザと7,200rpmで回転するダイクロイックフィルタを用いたシステムの構築を行いカラー再生像を得ることに成功している。

本報告では上記のような機構部品を除去したカラーホログラフィックディスプレイ試作システムの構築を行った。このカラーホログラフィックディスプレイは1枚の反射型LCDにRGBに対応したCGHを順次表示し、これらのCGHに同期した信号で電氣的にLED光源を切り替える。目の残像効果によるカラー再生像を得ることができた。

2. 時分割方式カラーホログラフィックシステム

CGHは以下の計算式を用いて計算することができる。

$$I(x_\alpha, y_\alpha) = \sum_j^N A_j \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_t} \sqrt{((x_\alpha - x_j)^2 + (y_\alpha - y_j)^2 + z_j^2)}\right) \quad (1)$$

ここで、 α と j はホログラムと物体点のインデックス、 N は総物体点数、 A_j は物体光強度を表す。 x_α と y_α はホログラム面上の座標、 x_j, y_j と z_j は物体光源の座標を表す。 λ_t は参照光源の波長を表す。一般に単色再生像を得る場合は参照光源の波長は定数となる。本提案手法は、参照光源を時分割で切り替えることによりカラー再生像を得るため λ_t は時間の関数となる。

初めに時分割法によるホログラムの生成過程を以下に示す。

- (1) コンピュータ上にRGB成分を持つ仮想物体を用意する。
- (2) 準備した仮想物体を色成分ごとに分離する。図1に色成分分離の様子を示す。
- (3) 分離した各色成分ごとにCGHを計算する。R成分の場合は $\lambda_{t_1} = 623nm$ として式(1)を用いてR成分に対応するCGHを計算する。G成分は $\lambda_{t_2} = 530nm$ 、B成分は $\lambda_{t_3} = 470nm$ としてCGHの計算を行う。これらの波長は使用したLEDのピーク波長である。

次に時分割法による再生過程を以下に示す。

- (1) 初めに時間 t_1 で計算したR成分に対応するCGHをLCDのフレームバッファへ転送する。
- (2) LCDから電気信号が赤色LEDに送られ、赤色LEDのみ点灯する。この時、R成分に対応する再生像を観察することができる。緑と青に対応するLEDは消灯している。
- (3) 赤色LEDを消灯し、時間 t_2 で計算したG成分に対応するCGHをLCDのフレームバッファへ転送する。
- (4) LCDから電気信号が緑色LEDに送られ、緑色LEDのみ点灯する。この時、G成分に対応する再生像を観察することができる。
- (5) 緑色LEDを消灯し、時間 t_3 で計算したB成分に対応するCGHをLCDのフレームバッファへ転送する。
- (6) LCDから電気信号が青色LEDに送られ、青色LEDのみ点灯する。この時、B成分に対応する再生像を観察することができる。

[†]理化学研究所, RIKEN

[‡]千葉大学, Chiba Univ

[§]千葉大学 / 科学技術振興事業団さきかけ研究 21, (情報基盤と利用環境) 領域, Chiba Univ / "Information Infrastructure and Applications", PRESTO, Japan Science and Technology Corporation(JST)

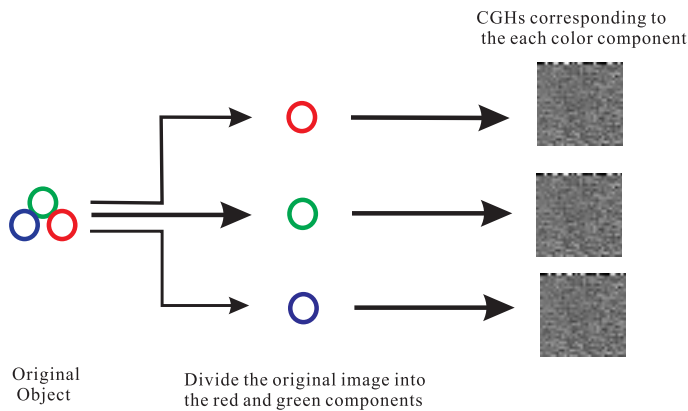


図 1: 時分割法によるホログラム生成過程

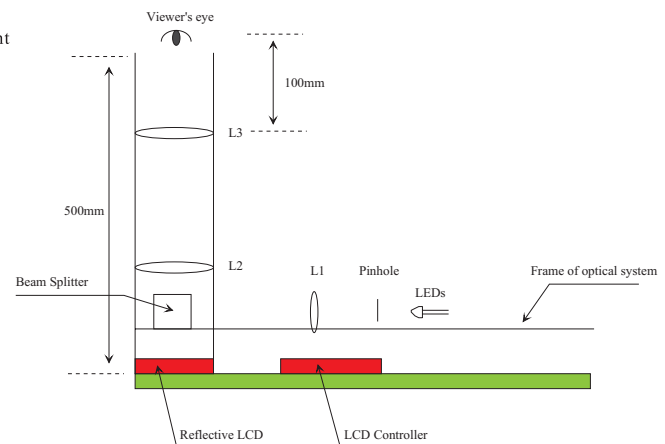


図 2: 時分割法による光学系

表 1: 反射型 LCD の性能

Resolution	800 × 600
Pixel pitch	12 μm × 12 μm
Active area	9.6 mm × 7.2 mm
Refresh rate	255-360 Hz



図 3: カラー再生像

上記 (1) ~ (6) を高速に切り替えることにより、目の残像効果でカラー再生像を観察することができる。本実験で使用した LCD は、最高 360Hz と高いリフレッシュレートを持つ。色成分は RGB の 3 種類あるため、各色成分に対応した CGH は最大で 120Hz の速度で描画される。

実験に使用した光学系の概略図と反射型 LCD の性能を図 2 と表 1 に示す。図 2 中の LED は高輝度発光可能なものを使用した。ピンホールは LED 光源から球面波を得るために用いる。L1 はコリメートレンズ、L2 は再生像の観察距離を縮小するために用いる。反射型 LCD 上に表示された CGH からの再生像は L2 によってを実像として結像される。L3 はこの実像を虚像として拡大する。観察者はこの虚像を再生像として観察することができる。

3. まとめ

図 3 に時分割法によるカラー再生像を示す。参照光源に RGB の LED を時分割で切り替えることにより再生像を得ることができた。時分割法の最大の利点は、一枚の LCD でカラー再生像を得ることができる点にある。現状のホログラフィックディスプレイは LCD の性能により視域が小さい。各種の視域拡大法が提案されており、LCD パネルを複数枚並べることにより視域を拡大する方法が広く知られている。この視域拡大法に本提案手法を適用する場合、光学系中の LCD 数を減らすことができる。今後、時分割法を用いて再生像の混色や階調表示、視域を持つカラー再生像の実験を行う予定である。

参考文献

- [1] 佐藤甲斐, "液晶表示デバイスを用いたキノフォームによるカラー立体動画像表示", テレビ誌, 48, 10, pp.1261 - 1266 (1994)
- [2] K.Takano, N.Minami and K.Sato, "Practical Method for Color Electro-Holographic Display System Using a Metal halide lamp and Three LCD Panels", Proc.SPIE, Vol.4659, pp.61-68 (2002)
- [3] Tomoyoshi Ito, Tomoyoshi Shimobaba, Hirokazu Godo and Masahiko Horiuchi, "Holographic reconstruction with 10um pixel pitch reflective LCD by reference light of LED", Opt. Lett, Volume 27, Issue 16, 1406-1408 (2002)
- [4] 下馬場朋祿, 伊藤智義, "反射型 LCD を用いたカラーホログラフィックディスプレイの一検討", D-11-65, 電子情報通信学会ソサイエティ大会 東京・電気通信大学, (2001 年 9 月)
- [5] 高野邦彦, 佐藤甲斐, "単板式 DMD パネルを用いた虚像再生型カラーホログラフィー立体動画像表示特性", 信学論 (D-II), Vol.J86 - D - II, No.6, pp.869-876 (2003)
- [6] K.Maeno, N.Fukaya, O.Nishikawa, K.Sato and T.Honda, "ELECTRO-HOLOGRAPHIC display using 15MEGA pixels LCD", Proc.SPIE, 2652, 15-13 (1996).