

## 白色光源によるカラー電子ホログラフィック立体ディスプレイ

高野 邦彦\*・佐藤 甲癸\*\*

## Color Electro-Holographic Three-Dimensional Display Using a White-Light Source

Kunihiko TAKANO\* and Koki SATO\*\*

We investigated the basic white-light optical process for the reconstruction of encoded color holographic images by using liquid crystal display (LCD) panels. Instead of using three lasers, we used a metal halide lamp as the only white-light source. The lamp had good characteristics in each band of the wavelengths of the color components. Light components needed for the reconstruction of images were extracted by color separation using dichroic mirrors, and then, color stereographic images were reconstructed by composing the lights filtered out by a hologram pattern formed on the LCD panels through prisms. As a result, several fine color stereographic images were reconstructed in our optical system equipped with a white-light source and LCD panels.

**Key words:** electro holography, color reconstruction, white-light processing, LCD panels

自然な立体感が得られるホログラフィーの特徴を生かした電子式カラー3次元ディスプレイの誕生が望まれている。ホログラフィーを応用したカラー再生法としては波長の異なる3本のレーザー光を用いた方法があり、液晶パネル<sup>1)</sup>や音響光学素子<sup>2,3)</sup>を利用したものが報告されている。しかし、光源にレーザーを用いることから、再生像の周辺にスペckルノイズが発生し、再生像の劣化が起きやすいなどの問題も指摘されている。一方、白色光源による像再生に関する方法<sup>4,5)</sup>も報告されている。この方法ではスペckルノイズを受けにくい、ぼけの影響を受けやすいことなどが知られている。

静止画のホログラムを白色光で再生する手法においては、ぼけの影響を軽減したカラー再生法<sup>6)</sup>が報告されている。しかし、LCD (liquid crystal display) を用いた動画ホログラフィーでは、このような報告例がない。そこで本論文では、白色光源を用いたカラー立体動画像再生法、およびぼけの検討を行う。本論文では、カラー再生に必要な各波長帯域に強い輝線スペckトルを有するため、分光時の強度調整が容易であるという理由から光源としてメタルハライドランプを用いた。

さらに、波長選択性の良好なダイクロイックミラーを用

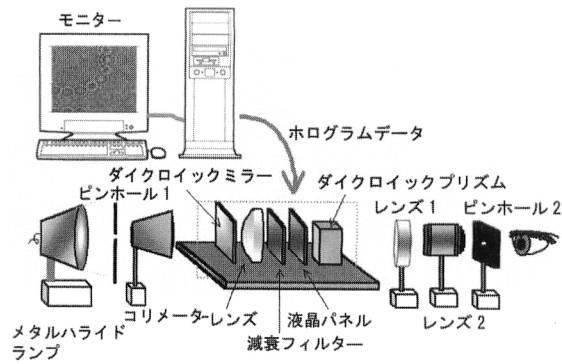
いて分光を行い、再生波長帯域を狭帯域化した。これは、再生波長スペckトルの帯域幅による、ぼけの影響を軽減するためである。このようにして得られた赤緑青の光を対応するLCDパネル(ホログラム面)に照射した。ホログラム面から得られた3つの再生光の位置調整を行い、近接位置に揃えて観察した。この結果、白色光源と液晶パネルを用いた動画ホログラフィーによるカラー再生法において、光源サイズの小さいメタルハライドランプを用いて点光源化し、再生波長の狭帯域化を行うことが、ぼけの影響軽減に対して効果的に機能し、比較的良好なカラー立体像を得ることが可能となった。

## 1. カラー立体像表示システム

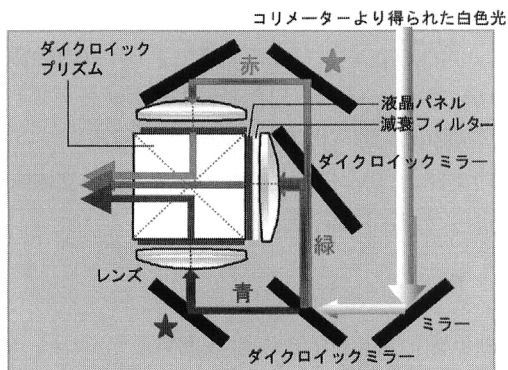
図1に、本論文で構成したカラー立体像表示用システムを示す。(a)が光学系全体、(b)が再生光合成部詳細((a)の点線部分に対応)、(c)が論文で用いたメタルハライドランプ、および分光後の各波長帯域(赤緑青に対応)の分光特性である。本論文ではホログラム作成時の参照光<sup>7)</sup>を平行光としているため、メタルハライドランプから得られた光をピンホール1により点光源に近づけた後に、コリメーターレンズで平行光の状態に近づけている。次に、波長選択性の良好なダイクロイックミラーを用いて各波長帯域で

\*湘南工科大学大学院電気工学専攻 (〒251-8511 藤沢市辻堂西海岸 1-1-25) E-mail: t992501@elec.shonan-it.ac.jp

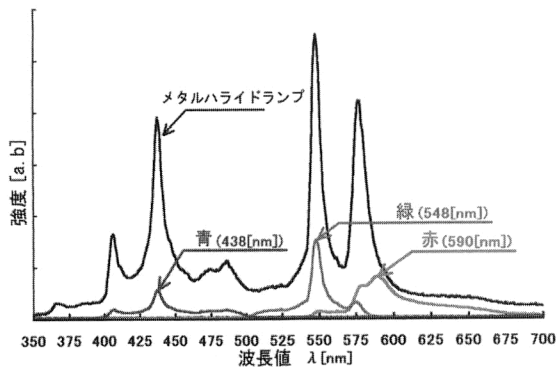
\*\*湘南工科大学電気電子メディア工学科 (〒251-8511 藤沢市辻堂西海岸 1-1-25)



(a)



(b)



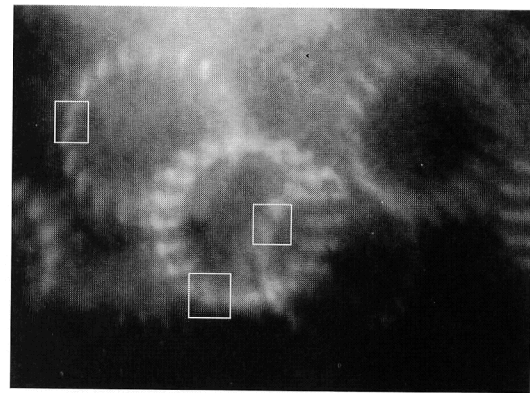
(c)

図1 本論文で構成したカラー立体像表示システム. (a) システム全体の構成, (b) カラー立体像合成部, (c) 光源および再生光の波長スペクトル.

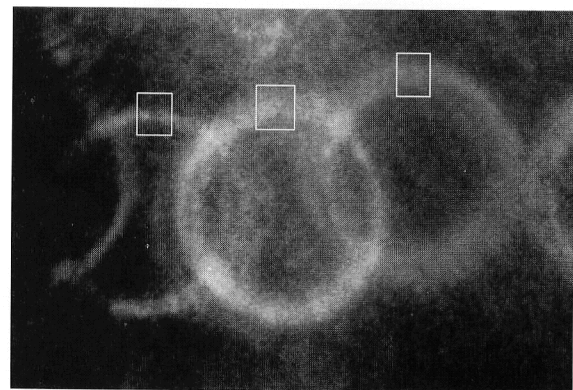
の立体像再生に必要な波長光に分光し、各液晶パネル（ホログラム面）に照射した。ここで使用した液晶パネルは、ツイストネマティック型の XGA 仕様（ピクセルピッチ 26 [μm]）であり、強度変調素子として用いている。以上のようにして得られた再生光および 0 次光に対して結像位置の調整を施した後に近接領域に揃え（レンズ 1 の焦点面近傍にピンホール 2 を配置し、不要な 0 次光を分離した）、接眼レンズ（レンズ 2）を用いて像を拡大した。

## 2. ぼけおよび色再現に対する評価

入力物体点数の変更によるぼけについて検討する。入力



(a)



(b)

図2 入力物体点数を変更した場合の再生像. (a) 入力物体点数  $N$  が少ない場合 ( $N=40$ ), (b) 入力物体点数  $N$  が多い場合 ( $N=300$ ) (カラー口絵参照).

物体には円を用いた。縦・横・斜めのすべての成分が含まれる曲線物体のため、各成分のぼけの影響が確認容易となるためである。その再生結果は図 2(a), (b) に示す通りであり、評価に使用した再生像の位置をマーキングしてある。(a) は物体点数が少ない 40 点（半径 4 [mm]、再生像点の大きさの許容条件：0.628 [mm]）、(b) は多い 300 点（半径 4 [mm]、再生像点の大きさの許容条件：0.08 [mm]）である。(a) においては再生像が点として確認できる。また、(b) においては曲線の再現は比較的できているものの、点どうしの分離ができていないことがわかる。これより、(a) の条件はぼけの大きさの許容範囲であると考えられる。このような理由から、本論文ではぼけの大きさの許容条件として再生像点の間隔 0.6 [mm] を実験値から定義した。これは PC 用 CRT の分解能（ソニー社製 CPD-17ES2 型における 0.25 [mm]）と比較すると大きいため、改善がさらに必要となることがわかる。具体的なぼけの改善法については、今後の検討課題としたい。

また、この場合に再生可能な色の範囲は色度図においてスペクトル軌跡（三角形）の内部となる。そこで、赤緑青それぞれを単色再生させた場合の再生光における色度を測

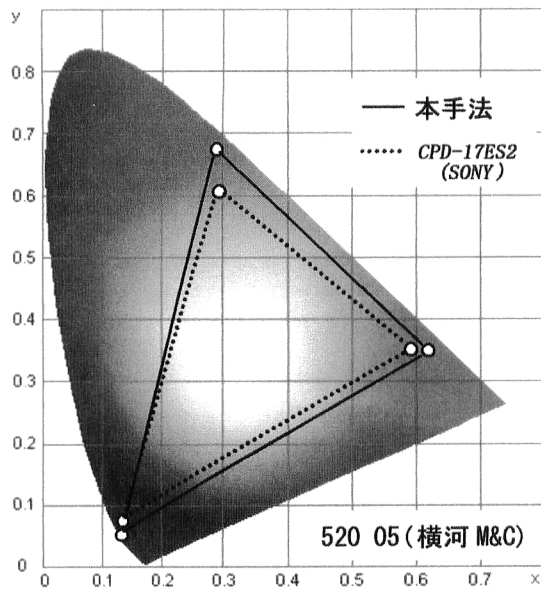
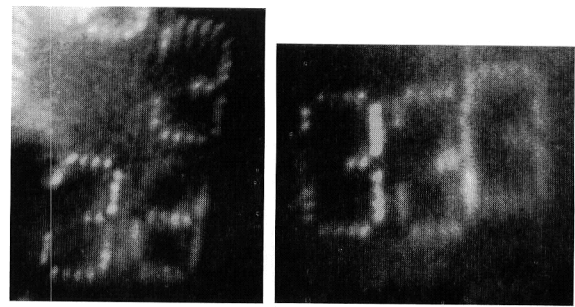


図3 CIE色度図(カラー口絵参照).

定した。さらに、比較のためにPC用CRT(ソニー社製CPD-17ES2型)に三原色を表示させた場合における色度をあわせて測定し、図3の色度図を構成した。これを見ると、本論文で得られた再生像における色の表示特性はPC用CRTに比べ良好であるため、ディスプレイとしての条件は満足していると考えられる。

### 3. 視点変化による奥行きをもつ動画再生像

ホログラフィー立体表示装置の実現には、観賞者の視点位置に対応した奥行き情報の再生が必須であると思われる。ここでは、使用する入力パターンの領域を変化させることで間接的に視点情報を変化させた。このようにして、各再生波長光ごとに像出現位置を変更してカラー再生を行った。得られた再生像は図4に示した通りである。入力物体には、数字の「3」を用いた。これより、視点情報の変化に伴い、RGBの各波長における再生像出現位置が変化していることがわかる。



(a) (b)

図4 視点変化を伴うカラー再生像。(a)視点1,(b)視点2(カラー口絵参照)。

本論文では、動画ホログラフィーによる白色光源を用いたカラー再生法、およびそこで発生するぼけの影響を軽減する手法について述べ、白色光によるホログラフィー立体像表示装置のカラー化のための一つの方法について論じた。本手法により、白色光1灯のみでカラー立体像を表示できるシステムが構築できることを示した。

## 文 献

- 1) 佐藤甲癸：“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”，テレビジョン学会誌，**48** (1994) 1261-1266.
- 2) P. St. Hilaire, S. A. Benton, M. Lucente and P. M. Hubel: “Color images with the MIT holographic videodisplay,” Proc. SPIE, **1667** (1992) 73-84.
- 3) S. Iwata, S. Tsujikawa, T. Okada, H. Yoshikawa and T. Honda: “Basic research for a large electro-holographic display,” Proc. SPIE, **2406** (1995) 165-171.
- 4) N. Hashimoto, K. Hoshino and S. Morokawa: “Improved real-time holography system with LCDs,” Proc. SPIE, **1667** (1992) 2-7.
- 5) 高野邦彦, 佐藤甲癸：“白色光源を用いたホログラフィ立体テレビにおける再生像のぼけに関する検討”，画像電子学会誌，**27** (1998) 248-252.
- 6) 松本 麗, 久保田敏弘, 武富義尚：“奥行き深い像を再生するリップマンホログラムの作製法”，映像情報メディア学会誌，**21**, No. 66 (1997) 35-38.
- 7) F. T. S. Yu: *Optical Information Processing* (Wiley-Interscience, New York, 1982) pp. 355-362.

(2001年10月19日受理)