

カラー動画画像ホログラフィと視域・視野の拡大

Real-time Color Holography and
Enlargement of Viewing Zone or Visual Field杉田 篤彦[†]佐藤 邦弘[†]藤井 健作[†]森本 雅和[†]

Atsuhiko Sugita

Kunihiro Sato

Kensaku Fujii

Masakazu Morimoto

1. まえがき

近年, LCD パネルや LED, 半導体レーザといった光学素子の著しい発展により, ホログラフィック・ディスプレイの実現に向けた研究開発を行える環境が整ってきた. LCD パネルを光変調器として用いた 3 次元動画画像表示の実験が, 現在までにいくつかの研究グループによって報告されている [1-6].

従来の実験では, レーザやハロゲンランプを参照光源として単色または 3 色の動画画像を再生している. 最近, 反射型 LCD パネルと LED を用いた動画ホログラフィの実験も報告されている [5, 6]. しかし, 3 原色画像の合成による鮮明なカラー動画画像は得られていない. 光学素子を用いたホログラフィック・ディスプレイの研究においては, ホログラムデータの高速処理などの課題の他に, 鮮明なカラー動画画像の表示や視域・視野の拡大が大きな課題となっている.

本研究では, 鮮明なカラー 3 次元動画画像の再生を目的として, 高精細反射型 LCD パネルを用いて, カラー動画画像表示システムの開発を行う. 参照光源として, 赤色半導体レーザ, 緑色半導体励起固体レーザおよび青色高輝度 LED を用いる. また再生像の視域および視野の拡大を目的として, 3 枚の LCD パネルを用いた表示システムの開発を行う.

2. 反射型 LCD と参照光

反射型 LCD として, 日本ビクター製のプロジェクター用 D-ILA (Direct-Drive Image Light Amplifier) パネルを使用する. 反射型は, 透過型と比較して高精細化が可能であり, 光利用効率が高いという利点がある. 表 1 に使用した反射型 LCD (D-ILA-SX070) の仕様を示す. 使用した LCD では毎秒 60 フレームの画像切り替えが可能である.

反射型の LCD は透過型に比べて光利用効率が高いので, 再生用参照光源として LED でも画像再生が可能である. しかし, LED は光の干渉性が低く, 像の解像度の低下を招くため, 実験には赤および緑の参照光源に高干渉性で, コストも比較的安価な赤色半導体レーザ, 緑色半導体励起固体レーザを使用した. 実験に使用した各原色光源の光波長は $\lambda_R = 650\text{nm}$, $\lambda_G = 532\text{nm}$, $\lambda_B = 470\text{nm}$ であり, 3 原色の合成で表示できる色の範囲は非常に広い. また LED およびレーザの応答時間は LCD の応答時間よりも短いので 3 原色参照光源の高速切り替えによるカラー表示が可能である.

表 1. 反射型 LCD パネルの仕様

有効表示面	14.56mm(H) × 10.92mm(V)
画素数	1400(H) × 1050(V)
画素ピッチ	10.4(μm) × 10.4(μm)
コントラスト	1000 : 1
応答時間	< 16(ms)

3. カラー動画画像表示システム

カラー動画画像は, 3 枚の LCD を用いて 3 原色の再生画像を 3 次元空間中で重ね合わせて合成する方式 (RGB 画像合成方式) と, 1 枚の LCD 上で 3 原色の画像を時間的に高速切り替える方式 (RGB 画像時分割方式) で再生が可能である. RGB 画像合成方式では空間的に画像を重ね合わせて合成し, カラー再生画像を得ることができる. カラークロストークを避けるためにカラーフィルタが必要となり, システム構成が複雑となる.

一方, RGB 画像時分割方式は 1 枚の LCD に RGB 各成分のホログラムを時分割表示し, これに同期させて対応する光源を切り替えて照明することで, 3 成分の画像が空間的に重なり, カラー画像を得ることができる. RGB 画像時分割方式は光源のみを重ね合わせることでカラー画像再生を行うため, 1 枚の LCD のみでカラー画増再生が可能となり, システム構成が単純となる. 多チャンネル LCD を用いて広視域・広視野化を行うため, RGB 画像時分割方式でカラー動画画像再生を行う.

図 1 に RGB 画像時分割方式によるカラー動画画像表示システムを示す. 図 1 の表示システムにおいて, 反射型 LCD パネルを専用の駆動用ボードに接続し, PC から送られる RGB のホログラムデータに従って各光源を駆動する. 転送速度の確保のために Direct Draw と呼ばれる 2 次元高速描写用 Windows API を使用し, ホログラムデータを PC から駆動用ボードにリフレッシュレート 60Hz で転送する. この場合には, 3 つの原色画像を切り替えるために, カラー画像のリフレッシュレートは 3 分の 1 の 20Hz となる.

各色の光源を参照用光源として用いるために, 赤および緑のレーザは接写レンズを用いて光の径を広げ, レンズを用いて平行光にし, 青色 LED はピンホールで小さく絞り, その後にレンズを用いて平行光にする. 光源を平行光に変換することにより, 光源と LCD の距離を任意に設定できる.

各色の平行光を軸合わせして CGH を表示した LCD に照射すると, カラー画像が再生される. 3 色の平行光

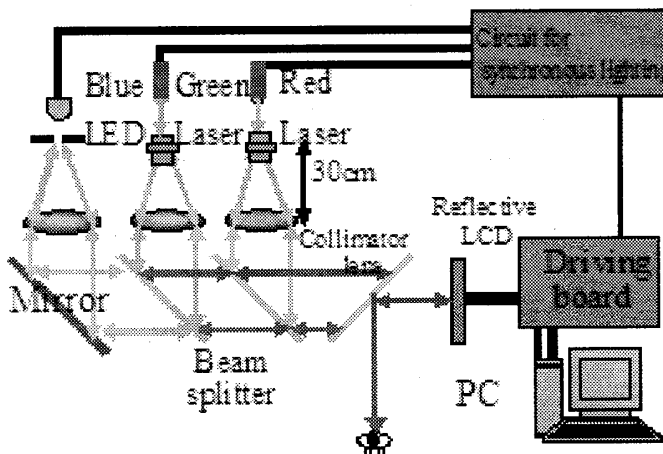


図1. RGB原色画像の時分割再生による3次元カラー動画表示システム

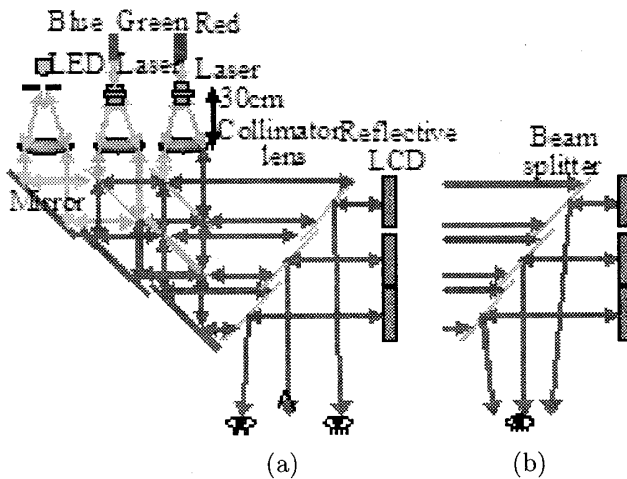


図2. 3チャンネルLCDを用いたカラー動画表示と (a) 視域拡大および (b) 視野拡大のための光学系

はビームスプリッターを用いて容易に軸合わせをおこなうことができる。再生された物体光は表示用のビームスプリッターで折り返され、同じ大きさの3色の画像が空間的に同じ場所で重ねあわされる。

4. 再生画像の視域と視野の拡大

再生時の視域角・視野角は画素間隔により決まり、画素間隔 $10\mu\text{m}$ の場合、波長 $400\sim 700\text{nm}$ (可視光範囲) における視域角および視野角はそれぞれ3度程度である。複数枚のLCDを用いるとそれぞれの角度を拡大することができる。そこで、LCDパネルを3枚用いシステムの拡張を行うとそれぞれの角度を最大9度まで拡大することができる。図2に視域または視野拡大のための光学系を示す。この光学系では視域・視野をそれぞれ独立に拡大することが可能である。

図2(a)に示すように画像表示部分のビームスプリッ

ターの位置と角度を調整する。これにより物体を広い範囲から観察できるようになり、視域が拡大され、両眼視することも可能になる。像を両眼視することにより両眼視差および焦点調節による立体感が得られ、片目で観察するときよりも像を立体的に捕らえることができる。

次に、図2(b)に示すように、画像表示部分のビームスプリッターの位置と角度を調整する。これにより物体が再生される範囲が広げられ、片目で見たときの視野が拡大される。視野を拡大することにより、像観察が容易となる。また、LCDパネルの枚数を増やすことにより、その枚数に比例して視野拡大ができる。視野を広げるこの方法は、ヘッドマウント型ディスプレイの開発に有効である。

5. 動画再生実験の結果

5.1 カラー動画

「3D」という文字を点間隔 0.4mm 毎に配置した点光源群で構成し、ホログラム面から 35cm から 85cm の距離を楕円運動させる。この物体モデルに対して数値計算を行い干渉縞を求めた。動画の再生は、秒間60枚のCGH (116.2Mbyte) を切り替え、同じ回転角で計算した各成分のCGHを、RGBの順に連続表示した。つまり、3フレームでカラーの1フレーム分に相当する。

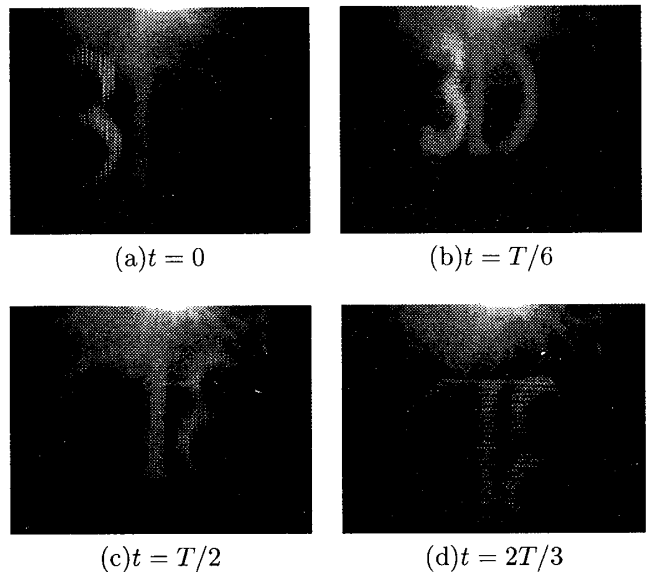


図3. 周期 T で運動する物体の各時刻 t におけるカラー再生画像

図3にカラー画像再生結果を示す。青色LEDは光の干渉性が低く、再生画像の解像度低下を招くため、結果では赤と緑の光源のみを使用した再生実験結果を示している。赤と緑に対して同じ大きさの文字が同じ位置で再生された。これにより混色によるカラー画像が表示できた。この方式では、各色の光源は 20Hz で切り替わっていることになるが、画像のちらつきは気にならなかった。

5.2 視域の拡大

物体モデルを点間隔 0.2mm 毎に配置した点光源群で構成し、ホログラム面から 60cm の位置に「次」、80cm の位置に「元」の文字を配置して、それぞれの位置で回転させた。

図 4 に 3 枚の LCD からの広視域化された画像再生結果を示す。写真のフォーカスは 2 つの文字の間 70cm に合わせている。3 枚の写真を示しているが、実際には再生画像は観察位置の移動に対して、再生画像は連続的に変化する。(a) は再生像を中央から観察したときの画像、(b) は観察位置を 3.25cm 左方向にずらしたときの画像、(c) は観察位置を 3.25cm 右方向にずらしたときの画像である。

図 4(b) と (c) 間の視域角を物体の大きさ、位置から求めると約 6 度となる。視域角は図 2(a) の表示部分のビームスプリッターの位置と角度を調整することにより、3 枚の LCD で視域角を最大 9 度まで拡張することができる。LCD の枚数を増やすことにより、枚数と比例して視域角を広げることができる。

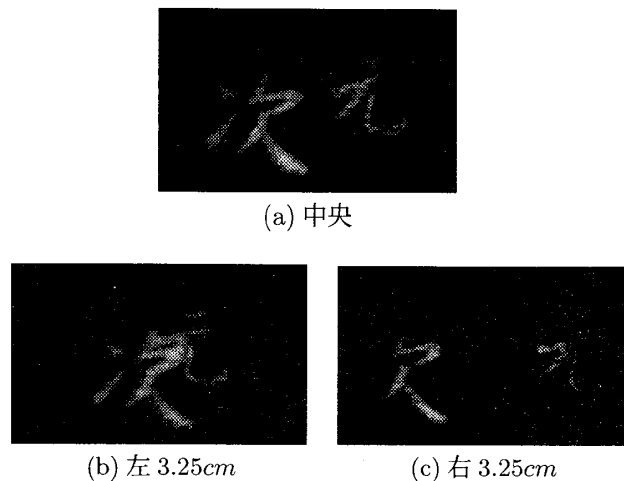


図 4. 異なる位置から見た再生画像

5.3 視野の拡大

「COLOR」という文字を点間隔 0.24mm 毎に配置した点光源群で構成し、奥行き 80cm 幅 4cm の楕円に沿って運動させた。

図 5 に 3 枚の LCD からの広視野化された画像再生結果を示す。広い視野角をもつ連続な動画像が再生された。物体の大きさと位置より見積もられる視野角は約 6.5 度となった。図 2(b) の表示部分のビームスプリッターの位置と角度を調整することにより、3 枚の LCD で視野角を最大 9 度まで拡大することができる。

視域拡大実験同様、LCD の枚数を増やすことにより、比例的に視野角を拡大できる。この方法により、広い視野を持つヘッドマウント型のホログラフィックディスプレイの開発を実現することが可能である。

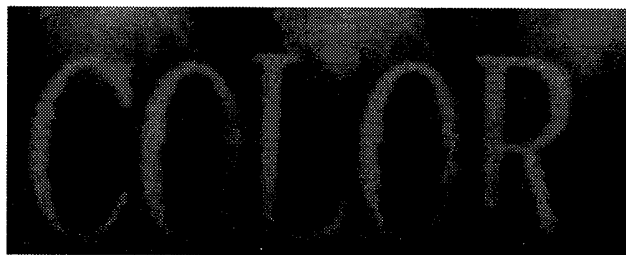


図 5. 広い視野角をもつ再生画像

6. まとめ

本研究では、高精細反射型 LCD パネルを用いたカラー動画像表示システムを開発した。参照光源として赤色半導体レーザー、緑色半導体励起固体レーザーおよび青色高輝度 LED を用いた。RGB3 次元画像の時分割表示により鮮やかなカラー動画像を再生することができた。加えて、3 枚の LCD パネルを用いて視域角あるいは視野角を最大 9 度まで拡大可能であることを示した。視野拡大システムの開発に応用できる。

今後は、青色 LED の代わりに半導体レーザーを用いて鮮やかなフルカラー像の再生を行う。また直接光と共役画像を消して物体画像のみを再生する方法について検討を行う。

参考文献

- [1] N.Hashimoto, K.Hoshino, and S.Morikawa, Proc. SPIE, vol.1667, pp.2-7, 1992.
- [2] K.Sato, K.Higuchi, and Katsuma, Proc. SPIE, vol.1667, pp.19-31, 1992.
- [3] 三科智之, 山田光穂, 山田文男, 映像情報メディア学会誌, vol.55, pp.688-695, 2001.
- [4] T.Shimobaba, H.Godo, and M.Horiuchi, Opt.Lett., vol.27, pp.1406-1408, 2002.
- [5] 佐藤邦弘, 画像ラボ, vol.14, no.12, pp.52-55, 2003.
- [6] 高野邦彦, 南典宏, 佐藤甲癸, 映像情報メディア学会誌, vol.57, pp.287-292, 2003.