

LJ-007

複数の液晶ディスプレイパネルを用いた電子ホログラフィ再生像の拡大 Expansion of reconstruction image of electroholography using liquid crystal display panels

白木 厚司[†] 伊藤 智義[‡] 増田 信之[†] 下馬場 朋禄[§]
Atsushi Shiraki Tomoyoshi Ito Nobuyuki Masuda Tomoyoshi Shimobaba

1. まえがき

ホログラフィは物体光の波面を忠実に記録・再生できる技術である。そのため、CGH (Computer Generated Hologram) による電子ホログラフィは究極の三次元動画像技術になると言われているが、高精細で表示面の大きな表示デバイスや高速な計算機環境などを準備することは非常に困難であり、未だ実用化には至っていない。

ホログラフィの再生は光の回折現象を利用するため、表示デバイスには可視光の波長に近い $1\mu\text{m}$ 程度の高精細さが求められる。近年では、反射型LCD (Liquid Crystal Display) 等の高精細化が進んでおり $10\mu\text{m}$ を切る製品も市販されるようになってきている。仮に画素間隔が $10\mu\text{m}$ のLCDを用いた場合、回折光の拡がりを考え 1m 離れた地点で再生像の観測を行うと $6\text{cm}\times 6\text{cm}$ 程度の大きさまでの像しか観測することができない。さらに大きな像を観測するためには、高次の回折光を利用する方法やより高精細なLCDを用いる方法が考えられる。

そこで我々はLCDをレンズを用いて光学的に縮小することで、より高精細なLCDを光学的に作り出すことを考えた。その際LCDの表示面も縮小されてしまうという問題があるため、まず複数枚のLCDを用いることで表示面を大きくするための研究を行った。さらに複数枚のLCDを用いて再生面を正確に合わせて再生することで、1視点からでは像の全体が観測できない大きさの像を再生したときに、目の位置をスライドさせることによって像の全体が観測できるといった効果も得られるため、その実験も合わせて行った。

そのときのイメージを図1に示す。図1は中央のLCD1枚のみを使用して1~9の数字を再生させたときには3~6しか観測することができないが、3枚のLCDを並べて使用した場合目の位置をスライドさせると左右のLCDからの回折光によって0~2と7~9も観測可能となることを意味している。

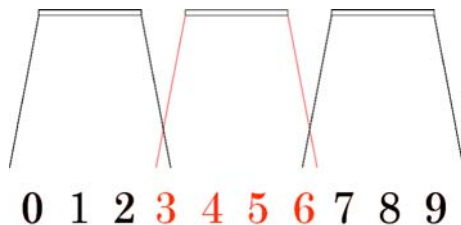


図 1: 再生領域の拡大

2. 電子ホログラフィの再生

我々が電子ホログラフィの再生に用いている再生装置の概略図を図2に示す。

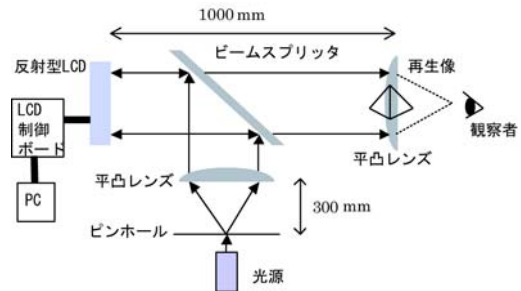


図 2: ホログラフィ再生装置

PC(Personal Computer)にあらかじめ作成しておいたCGHを格納しておく。そして専用のLCD制御ボードを用いることによって、そのCGHが反射型LCDに表示される。そこに参照光を当てて三次元再生を行う。参照光源にはレーザーまたは発光ダイオード(LED)を用いる。ピンホールと平凸レンズを通すことで平行光にし、ビームスプリッタを介してLCDに照射する。ホログラムが表示されたLCDからの回折光によって三次元像が空間上に再生され、再生像を結像させるためにいた平凸レンズを介して観測者はその再生像を観測する。

本研究において反射型LCDは日本ビクター社のDILA-SX070を用いた。その仕様は画素数 1408×1050 、表示面積 $14.6\text{mm}\times 10.9\text{mm}$ 、画素間隔 $10.4\mu\text{m}$ 、赤色光での回折角は 3.46° で 1m 離れた位置での回折光の拡がり約 6cm である。

またLCD制御ボードはD-ILA評価ボードを用いた。このボードはアナログビデオ信号(D-sub 15ピン)を入力し、その映像をLCDに表示する機能を持っている。

物体点数 $10,898$ 点で構成された仮想物体(恐竜)の元画像と、その仮想物体をこの装置を用いて再生した像の撮影図をそれぞれ図3、図4に示す。

図4を見ると、反射型LCDに映る光源からの距離が離れていて物体点が疎である部位は再生像が薄くなっているが、鮮明な再生像が得られていることがわかる。このときの再生像の大きさは約 $5.5\text{cm}\times 2.1\text{cm}$ で、横幅はLCDを1枚使用したときの最大値に近い大きさである。そこで、より大きな像を再生するために図5のようにLCDを3枚並べて配置し、電子ホログラフィの再生実験を行った。各LCDはそれぞれ 5mm 程度ずつ離れている。

[†]千葉大学工学部

[‡]科学技術振興機構、千葉大学工学部

[§]山形大学工学部

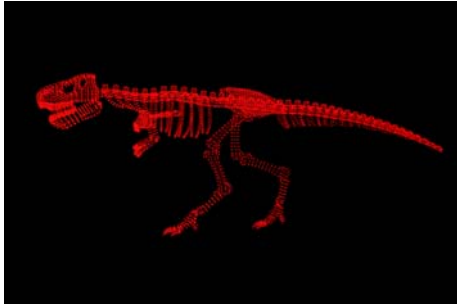


図 3: 仮想物体の元画像

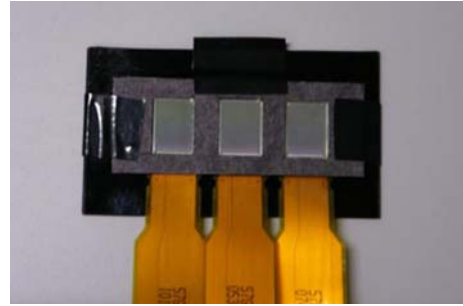


図 5: LCD3 枚の配置図



図 4: LCD1 枚での再生像



図 6: LCD3 枚での再生像

3. 3枚のLCDを用いた電子ホログラフィの再生

複数枚のLCDを用いたとしても各LCDから観測できる像の大きさの上限は変わらない。しかし上限を超える大きさの像を再生させたとき目の位置をスライドさせることで、1枚のLCDでは観測しきれなかった部分を別のLCDからの回折光で補って観測することができる。図6にLCDを3枚用いて像を再生したときの撮影図を示す。これは図3の仮想物体を頭・胴体・尻尾に分け、3枚のLCDにそれぞれの部位の座標情報から作成したCGHを表示し、それぞれの部位が正確に重なり合うように再生面を調整して再生を行ったものである。

ただし大きな像を再生したとき、撮影するデジタルカメラのCCD(Charge Coupled Device)の仕様上1視点からは全体を撮影することができないため、図4と同じ大きさの像をそれぞれの部位ごとに再生し撮影を行った。

この図を見ると、頭と胴体のつなぎ目の部分が若干薄くなっているが、図4と比べると全体的に明るくなっていて鮮明に再生されていることがわかる。これは反射型LCDを3枚使用したことで、反射してくる回折光が3倍になったためである。

このように3枚のLCDを用い再生面を正確に合わせて再生することで、約10cm×6cmの大きさの再生像を目を水平方向にスライドさせることで観測することが可能となった。実際に約9.5cm×3.5cmの再生像を観測することができている。

4. まとめ

3枚のLCDを用いてホログラフィの再生を行ったとき、再生面を正確に合わせて再生することができた。その結果、1枚のLCDでは観測できない大きさの再生像でも目を水平方向にスライドさせることによって観測が可能となった。本研究ではLCDを3枚までしか使用していないが、さらに枚数を増やすことによってさらなる再生像の拡大が可能になったといえる。現在はLCDを12枚に増やしたシステムを構築しているところである。

またレンズを用いてLCDを光学的に縮小したときに表示面積が縮小されるという問題点も、LCDの枚数を増やすことによって解決できると考えられる。LCDを光学的に縮小することによって回折角が拡大され、再生像を拡大したときに1視点から全体を観測することが可能となることや多視点からの観測が可能となり、両眼の視差を利用した立体画像として観測できるようになることが期待される。

参考文献

- [1] 本田捷夫 他: "高度立体動画像通信プロジェクト最終成果報告書", 通信・放送機構 (1997)
- [2] T.Mishina, M.Okui and F.Okano, APPLIED OPTICS, Vol.41, No.8, pp1489-1499 (2002)
- [3] T.Ito, T.Shimobaba, H.Godo and M.Horiuchi, Optics Letters, Vol.27, No.16, pp.1406-1408 (2002)
- [4] 伊藤智義 他, 情報科学技術フォーラム 2003, pp.397-398 (2003)