

I-024

# 3次元テレビの実用化に向けた電子ホログラフィ再生像の拡大 Expansion of reconstruction image of electroholography for the practical use of three-dimensional television

白木 厚司<sup>†</sup> 中山 弘敬<sup>†</sup> 市橋 保之<sup>†</sup> 増田 信之<sup>†</sup> 下馬場 朋禄<sup>‡</sup> 伊藤 智義<sup>†</sup>  
 Atsushi Shiraki Hiroataka Nakayama Yasuyuki Ichihashi Nobuyuki Masuda  
 Tomoyoshi Shimobaba Tomoyoshi Ito

## 1. まえがき

期待される次世代の映像メディアの1つに、電子ホログラフィが挙げられる。しかし、3次元情報を記録するCGH(Computer-Generated Hologram)を作成する際に、膨大な量の計算を処理できる計算機が必要となることや、大きな像を広範囲から観測するために、表示面積が大きく画素間隔の狭い表示デバイスが必要となる等、様々な問題を抱えているため研究は難航している。

これらの問題のうち計算量に関しては、CGH表示面付近に像を置くことで計算面積を削減し、計算の高速化を図る方法[1]や、専用計算機を作り計算を高速化する方法[2]等が報告されていて、成果が得られつつある。

表示デバイスに関しては、複数枚のLCD(Liquid Crystal Display)を用いて表示面積を拡大し、大きな像を再生する方法[3, 4]や、縮小光学系を用いて画素間隔の狭いLCDを光学的に作成し、回折角を拡大することで広範囲から観測できるようにする方法[3]等が報告されている。また、これらの表示に関する問題を、表示デバイスではなく、CGHの計算手法を工夫し高次の回折光を利用する方法[5]も報告されている。

しかしながらこれまでの報告では、次世代の映像メディアとして考えた場合、実用化には不十分であると考えられる。そこで我々は、複数枚のLCDを用いて表示面積を拡大し、大きな像を再生する方法を用いて、さらなる再生像の拡大を試みた。

その結果、およそ横幅18cm×縦幅6cm程度の大きさの像を再生することに成功したので、本論文で報告する。

## 2. 電子ホログラフィの再生

### 2.1 CGHの作成

ホログラム面上 $(x_\alpha, y_\alpha)$ での光の強度を $I$ 、画素間隔を $p$ 、参照光の波長を $\lambda$ 、物体点の座標を $(x_j, y_j, z_j)$ 、仮想物体の構成点数を $N$ とすると、(1)式を計算することでCGHを作成することができる。ただし、座標はすべて $p$ で規格化している。

$$I(x_\alpha, y_\alpha) = \sum_j^N \cos(2\pi\theta_j), \quad (1)$$

$$\theta_j = \frac{p}{\lambda} \sqrt{(x_\alpha - x_j)^2 + (y_\alpha - y_j)^2 + z_j^2}. \quad (2)$$

本研究では、Aurora Systemsの反射型LCDを3枚と、それらを制御する専用のLCD制御ボードを用いて

いる。このLCD制御ボードの特性として、1枚の画像からR, G, Bの各色の成分を取り出し、3枚のLCDにそれぞれR, G, Bの信号を出力することができる。この特性を利用して、RGBの各色でそれぞれ異なる点を計算したCGHを用いることで、それぞれのLCDに異なる信号を出力することができる。

### 2.2 実験光学系

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1に示す。

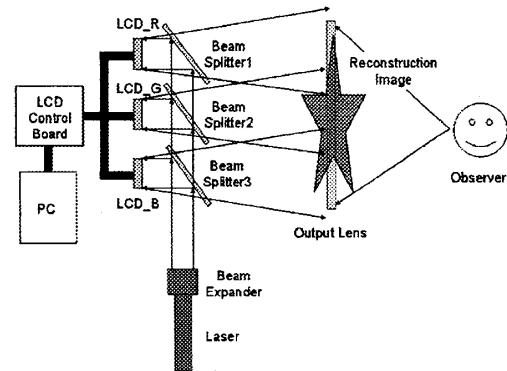


図1: ホログラフィ再生装置

ホログラフィの再生までの流れを簡単に説明する。

PC(Personal Computer)のディスプレイに、あらかじめ作成しておいたCGHを表示する。そして専用のLCD制御ボードを用いることによって、表示したCGHのRGBの各成分が、それぞれの色に対応した反射型LCDに表示される。CGHが表示されたLCDに参照光を照射することによって、光の回折現象が起こる。その回折光をOutput Lensを介して見ることにより、再生像を観測することができる。

参照光源にはメレスグリオの05LHR171のHeNe Laser Headと、09LBX005のLaser Beam Expanderを用いた。

反射型LCDにはAurora SystemsのASI6100を用いた。その仕様は画素数1920×1080、表示面積12.48mm×7.02mm、画素間隔6.5μmとなっている。この反射型LCD3枚(LCD\_R, LCD\_G, LCD\_B)を7cmずつ離し、図1のように配置した。

またLCD制御ボードは同社のAurora ASI6100 Evaluation Kitを用いた。

物体点数11,646点で構成された仮想物体(恐竜)の元画像を図2に示す。また、その仮想物体を図1のLCD\_Gだけを用いて再生した像の撮影図を図3に示す。この再

<sup>†</sup>千葉大学大学院工学研究科  
<sup>‡</sup>山形大学大学院理工学研究科

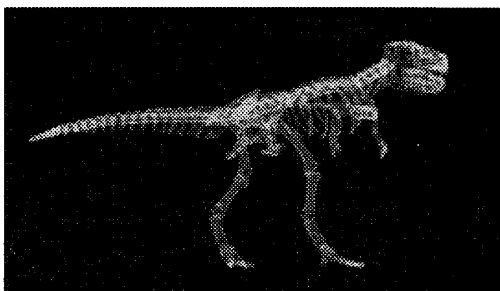


図 2: 仮想物体の元画像

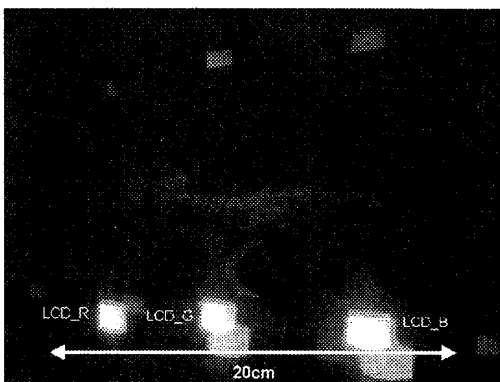


図 3: LCD1 枚での再生像

生像の大きさはおよそ 18cm×6cm である。なお、再生像の撮影には PENTAX のデジタルカメラ Optio SV を使用した。図 3 と後に示す図 4 の撮影条件は全て同じである。

図 3 を見ると、頭部があるべき位置には 0 次回折光が届かないため観測できない。また、1 次回折光の折り返しによって、尾がある位置に頭部が重なって再生されている。この結果から、現在使用している LCD ではこの大きさの像は再生できないことがわかる。

### 3. 3 枚の LCD を用いた再生像の拡大

LCD を 3 枚用いて像を再生したときの撮影図を図 4 に示す。

図 4 は図 2 を頭、胴、尾の 3 つの部位に分けて (1) 式を計算し、それぞれの結果を LCD\_B, LCD\_G, LCD\_R に表示し、再生したものである。図 3 と比べて鮮明な再生像が得られていることがわかる。

図 3 において、0 次回折光が届かずに頭部が観測できなかった問題については、LCD\_B が頭部を再生することで解決した。また、1 次回折光の折り返しによって尾がある位置に頭部が重なって観測される問題については、LCD\_G で頭部と尾を再生しないことによって解決した。尾の再生は LCD\_R で行った。

さらに、再生する物体点を各 LCD で分けることによって、再生像の光の分散を防ぐことができ、全体的に明るく再生されている。

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、およそ 18cm×6cm の大きさの再



図 4: LCD3 枚での再生像

生像を得ることができた。

### 4. まとめ

3 枚の LCD を用いてホログラフィの再生を行うことにより、1 枚の LCD では観測することができない大きさの再生像を観測することが可能となった。その再生像の大きさは、およそ 18cm×6cm である。

さらに、垂直方向にも LCD を配置することにより、垂直方向の大きさも 12cm 程度までは拡大できると考えられる。

また、現時点での問題点として、Beam Splitter による余分な反射光が再生像に重なって観測されること等がある。こういった問題を一つ一つ解決していき、3 次元テレビの実用化に近づけることが今後の課題である。

### 参考文献

- [1] 山口健, 吉川浩, "全方向視差のインタラクティブホログラフィックテレビジョン -イメージ型による高速化-", 映情学技報, Vol.29, No.48, AIT2005-103 (2005)
- [2] T.Ito, N.Masuda, K.Yoshimura, A.Shiraki, T.Shimobaba and T.Sugie, "A special-purpose computer for electroholography HORN-5 to realize a real-time reconstruction", Opt.Express, Vol.13, No.6, pp.1923-1932 (2005)
- [3] 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)
- [4] 白木厚司, 伊藤智義, 増田信之, 下馬場朋禄, "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", 情報科学技術レターズ, Vol.5, pp.247-248 (2006)
- [5] T.Mishina, M.Okui and F.Okano, "Viewing-zone enlargement method for sampled hologram that uses high-order diffraction" APPLIED OPTICS, Vol.41, No.8, PP.1489-1499 (2002)