

フリンジプリンタにより作成したディスプレイ用 CGH

Display CGHs fabricated by a fringe printer

○栗林佑宇真, 宮内宏之, 山中俊介, 松島恭治

○Yuma Kuribayashi, Hiroyuki Miyouchi, Syunsuke Yamanaka, Kyoji Matsushima

関西大学先端情報電気工学科

Department of Electrical Engineering and Computer Science, Kansai University

E-mail: kuribayashi@laser.ee.kansai-u.ac.jp

CGHs for three-dimensional displays and a fringe printer constructed for its fabrication are reported. The fringe printer is capable of printing gray-modulated dots in minimum diameters of $1.5 \mu\text{m} \times 2 \mu\text{m}$. The CGHs calculated by several techniques and fabricated by using the fringe printer are demonstrated.

1. はじめに

計算機合成ホログラム(CGH)は、光学研究においては単なる波面変換素子と見なされていることが多い。しかしながら古典的なホログラムのデジタル版としてのそれは、本来、3次元立体画像の1方式である。CGHが実用的な立体画像として認知され難い理由の一つは、ディスプレイ用のCGHを作成する際に必要な膨大なピクセル数に応じた莫大な計算量であり、今ひとつは立体画像技術としてのCGHを研究するために必要な描画・作製技術の欠如である。

ディスプレイ用CGHはレーザープリンタやイメージセッタ、これらの写真縮小、また最近ではCD-Rドライブ¹⁾を利用して作製されている。しかし、これらの方法では解像度や描画サイズ、回折効率、安定性等が不十分であり、数値合成したホログラムの画質を吟味・評価することは困難である。一方、微細加工に用いられる電子ビーム描画装置やレーザー直接描画装置を用いれば十分に高品質なホログラムが作製できるが、設置環境を含めた装置自体の価格やランニングコストが高価であること、準備段階を含めれば1枚の画像描画に数日を要すること等の理由により、やはり研究室内におけるディスプレイCGHの研究には適さない。

これらの点から、近年、比較的高品質のディスプレイCGHを研究室レベルで安価かつ手軽に作製するためのフリンジプリンタ^{2,4)}が提案されている。本報告では、これらのフリンジプリンタと、それを使用して作製したディスプレイ用CGHを報告し、ディスプレイCGH研究の現状について述べる。

2. フリンジプリンタ

我々が用いているフリンジプリンタの構造をFig.1に、その性能をTable 1に示す。本プリンタではレーザーダイオードのパルス出力光をプリズムの表面反射によって減衰させ、対物レンズでX-Yス

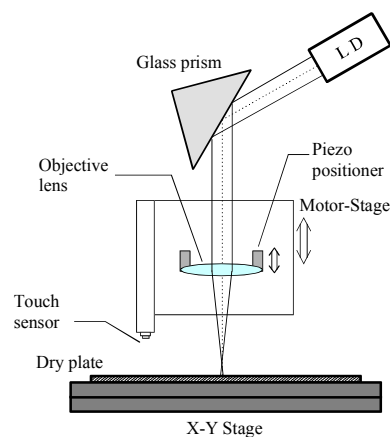


Fig.1 Schematic structure of the fringe printer.

Table 1 Summary of specifications of the fringe printer.

Dot Size	1.5×3	[μm^2]
Resolution	17,000	[dpi]
Scan speed	40	[mm/s]
N.A	0.55	
Viewing Angle	24	[deg]

テージ上のホログラム乾板表面に集光して1パルスにつき1ドットを描画し、ステージを移動しながらこれを繰り返すことにより、フリンジパターンを形成する。

現在本プリンタで用いている対物レンズのN.Aは0.55であり、その焦点深度は乾板自体の厚さむらやステージ面の鉛直方向の変動より浅く、フォーカス制御が必要である。しかし、描画対象であるホログラム乾板は感光性があり光学式の変位検出ができないため分解能 $0.2 \mu\text{m}$ の差動トランス式変位センサを用いて、乾板表面の高低差を検出し、分解能 10nm のピエゾポジショナにより対物レンズを最大 $100 \mu\text{m}$ 変位させて補正を行なっている。

このフォーカス制御により、乾板表面とビームウェストのずれを対物レンズの焦点深度の範囲内に抑えることができる。

3. ディスプレイ CGH の作製とその光学再生像

3.1 点光源法によって合成した CGH の再生像

物体の形状に沿って点光源を配置し、その点光源からの光波をホログラム面上で重畳することによって物体光波を合成して得られた CGH の再生像を Fig.2 に示す。このホログラムは 16384×8192 ピクセルで、六角柱では横幅 10mm、円錐では横幅 16mm の物体をホログラムから 100mm 離して配置して光波合成している。なお、この CGH においては、ワイアフレームモデルの物体形状データは CG モデラーが出力する VRML 形式ファイルから得た。

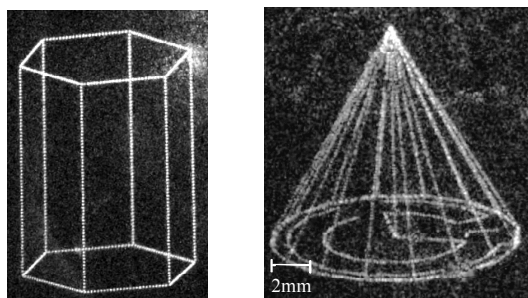


Fig.2 Examples of optical reconstruction of display CGHs printed by the fringe printer.

3.2 表面モデル光波回折法によって合成した CGH の再生像

点光源法では、物体を構成する点光源とホログラムのピクセル数の積に比例する計算時間が必要であるため、表面モデルの物体からの光波を合成するためには莫大な計算時間を要する。

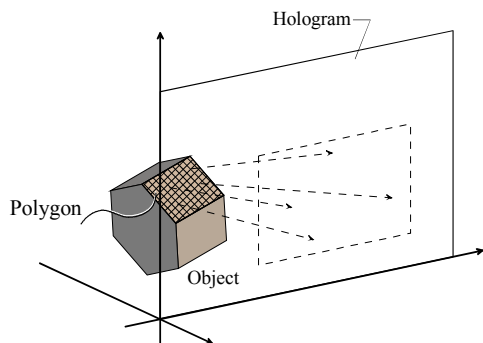


Fig.3 The surface diffraction method.

この問題点を解決するために提案されたのが表面モデル光波回折法である⁵⁾。Fig.3 に示すとおり、この手法では、物体を平面で構成し、各平面を面光

源と見なしてその発光をホログラム面上で重畳する。Fig.4 にその再生像を示す。図中の矢印は想定した照明光源を示しており、物体表面の面光源の振幅を変調することにより、コンピュータグラフィックスの陰影付けと同様の効果を得ている⁶⁾。なお、この全方向視差CGHではPentium 4(2.8GHz)による物体光波の計算時間は約2分であった⁷⁾。

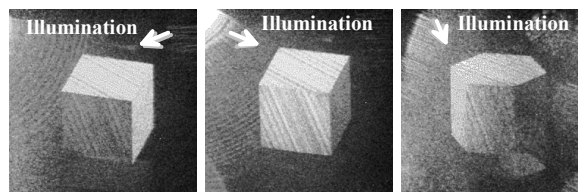


Fig.4 Optical reconstructions of CGHs synthesized by the surface diffraction method.

4. おわりに

ディスプレイ用 CGH の研究に用いるため製作したフリンジプリンタについて述べ、それを用いて作成したディスプレイ用 CGH の光学再生像を示した。このプリンタの欠点としては 24[mm]角のホログラムを描画するのに約 7 時間程度かかることがあげられる。しかもこれでもまだ実用的なサイズとはいえ、医療・デザインなどの分野で用いるためには描画速度が不十分である。これは X-Y ステージを用いたプリンタの構造上の問題である。そこで X-Y ステージをドラムに換え、ドラム表面に貼り付けたフィルムに描画を行なう第 2 世代プリンタの開発を試みている。これにより 50[mm]角のホログラムを 1 時間程度で描画できる予定である。

文献

- 1) 坂本: “CD-R ディスクへの計算機合成ホログラムの描画”, HODIC Circular, **23**, 4, 13 (2003).
- 2) 立浪, 佐々木, 武井, 吉川: “計算機合成ホログラム出力用フリンジプリンタの開発”, 三次元画像コンファレンス, 93 (2004).
- 3) 上甲, 松島: “計算機合成ディスプレイホログラム用高解像度プリンタ”, 映情学誌, **56**, 1989 (2002).
- 4) 山中, 松島: “デジタル合成ホログラム用高解像度プリンタの高精度化”, 映情学誌, **58**, (2004). 印刷中.
- 5) 松島, 近藤: “表面モデル 3 次元物体の計算機合成ホログラム”, Optics Japan 2002, 196(2002).
- 6) K.Matsushima, A. Kondoh: “Wave Optical Algorithm for Creating Digitally Synthetic Holograms of Three-Dimensional Surface Objects”, SPIE Proc. #5005, 190(2003).
- 7) K. Matsushima: Fast Creation of Digitally Synthetic Holograms of Surface Objects by Use of a Wave-Optical Method, ICO 2004, 467(2004).

