

体積型ホログラムプリンタの基礎検討

A Study of the Volume Hologram Printer

○宮本磨¹, 山口健², 吉川浩²*Osamu Miyamoto¹, Takeshi Yamaguchi², Hiroshi Yoshikawa²

Abstract: In this study, we propose new output device of a hologram, the volume hologram printer, which can reconstruct the wavefront of a 3D object completely. To transfer the computer-generated hologram (CGH) which is displayed on the LCoS, the proposed printer can output a volume hologram which has full parallax. The printed volume hologram has been able to reconstruct a monochrome 3D object by white light. In addition, we showed that the large volume hologram is able to be printed by transferring plural CGH which recorded dividing 3D object in turn.

1. まえがき

我々は計算機合成ホログラム (CGH: Computer-Generated Hologram) を出力する装置として, フリンジプリンタの研究を行っており, 高解像度, 高精細化に成功している^[1]. しかし, 全方向視差フルカラーホログラムを実現するには, 大掛りな再生光学系が必要となってしまう^[2]. 容易に再生する方法としては, 体積型ホログラムを作製する方法がある. 体積型ホログラムは波長選択性があるため, 白色光によるフルカラー再生も可能である^[3]. しかし, 体積型ホログラムを作製するには, 出力した CGH を光学転写しなければならず, 光学系と手間を必要とする.

本報告では, 3次元物体からの波面を記録する体積型ホログラムプリンタの検討を行う. 体積型ホログラムプリンタは, 複数の CGH を LCoS(Liquid Crystal on Silicon) に順次表示させ, 再生像を転写することで, 体積型ホログラムを出力する. その結果, 全方向視差を持つ体積型ホログラムが出力でき, 白色光により単色の再生像を得ることができた.

2. 体積型ホログラムプリンタの概要

Figure 1 に体積型ホログラムプリンタの概念図を示す. 体積型ホログラムプリンタは, LCoS に表示させた CGH の再生像を転写することで, 体積型ホログラムを出力する装置である. しかし, LCoS に表示させた CGH の再生像は非常に小さいため, 出力可能なサイズも小さくなってしまふ. そこで, 記録するオブジェクトデータを分割し, 複数の CGH を作製する. そして, 順次転写を行うことで, 体積型ホログラムの大型化を図る. なお, 本研究では LCoS に表示させる CGH を要素ホログラムと呼ぶ.

3. 要素ホログラムの作製

Figure 2 に要素ホログラムの概念図を示す. 要素ホログ

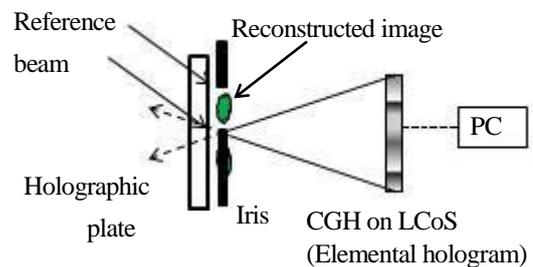


Figure 1. Idea of the Volume Hologram Printer.

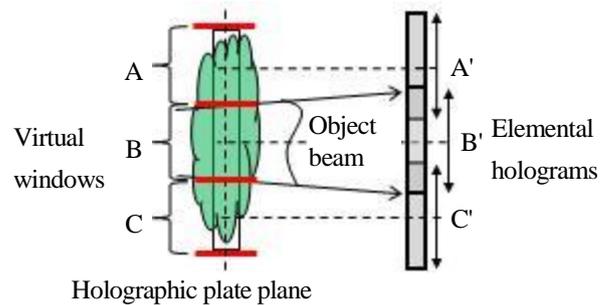


Figure 2. Idea of the elemental hologram.

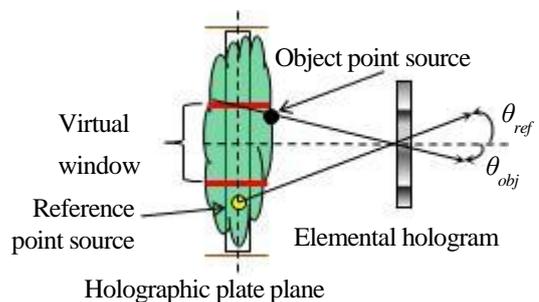


Figure 3. Model to calculate of an elemental hologram.

ラムは, オブジェクトデータの内, 仮想窓を通る物体光のみを記録する. ここで仮想窓とは, 記録材料を等間隔に区切る仮想的な窓であり, 要素ホログラムと 1:1 に対応している. これにより, オブジェクトデータは分割され, 複数の要素ホログラムに記録される.

次に, Figure 3 に要素ホログラム計算時のモデル図を示す. 参照光である点光源は仮想窓の外部に配置し, 要素

ホログラムを計算する。この時、ホログラムの各画素において、次式を満たす様に仮想窓の大きさを制限する。

$$2d(\sin \theta_{obj} - \sin \theta_{ref}) \leq \lambda \quad (1)$$

なお、 d はホログラムの画素ピッチ、 θ_{ref} は参照光のホログラムへの入射角、 θ_{obj} は物体光のホログラムへの入射角、 λ は波長である。

4. 体積型ホログラムプリンタの光学系

Figure 4 に体積型ホログラムプリンタの光学系を示す。LCoS に要素ホログラムを表示させ、再生像の転写を行う。そして、記録材料を仮想窓の大きさ分だけずらし、次の要素ホログラムの表示・転写を行う。この操作を繰り返すことによって、体積型ホログラムを出力する。

5. 結果

Table 1 に体積型ホログラムプリンタの設定値を示す。仮想窓の大きさを $4.0 \times 4.0 \text{ mm}^2$ とし、その数を 6×6 とした。これにより、 $24.0 \times 24.0 \text{ mm}^2$ の体積型ホログラムを出力することに成功した。

Figure 5 に記録した 3D オブジェクトを、Figure 6(a), (b) に多視点から観察した再生像をそれぞれ示す。再生像の視域は水平方向が約 3 度、垂直方向が約 1 度と狭いが、全方向に視差があることが確認できた。また、Figure 6(c), (d) に"G"・"F"それぞれにカメラの焦点を合わせ、撮影した再生像を示す。"G"に焦点を合わせた時は"F"がぼけ、"F"に焦点を合わせた時は"G"がぼけていることがわかる。これより、奥行きのある 3D オブジェクトを再生できたと言える。しかし、再生像に格子状の黒い線が生じてしまった。この原因として、一部多重露光されていることが挙げられる。そのため、参照光の照射面積、記録材料の位置、移動距離を改善する必要がある。

6. むすび

本報告では、3次元物体からの波面を記録する体積型ホログラムプリンタの検討を行った。複数の CGH を LCoS に順次表示させ、再生像を転写することで、全方向視差を持つ体積型ホログラムを出力することに成功した。白色光再生によって緑色の再生像が得られたため、赤・青のホログラムを同様に作製すれば、フルカラー化も可能であると言える。しかし、再生像に格子状の黒い線が生じ、再生像が劣化してしまった。

今後の課題として、再生像に生じた格子状の黒い線を軽減することが挙げられる。また、視域の拡大、隠面処理、フルカラー化等の検討を行う。

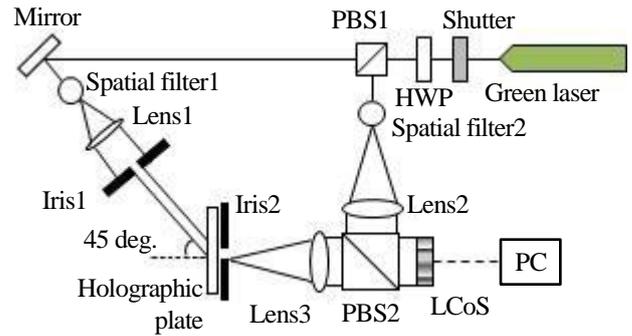


Figure 4. Optical system of the volume hologram printer.

Table 1. Printer settings.

Elemental hologram	Value
Resolution [pixel]	1,920 × 1,080
Pitch [μm]	7.0
Virtual window	Value
Size [mm ²]	4.0 × 4.0
Number	6 × 6

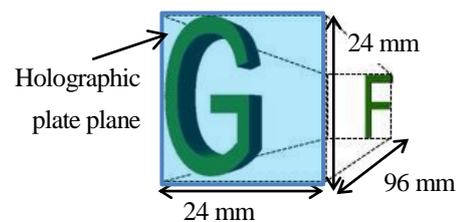


Figure 5. Recorded CG object.

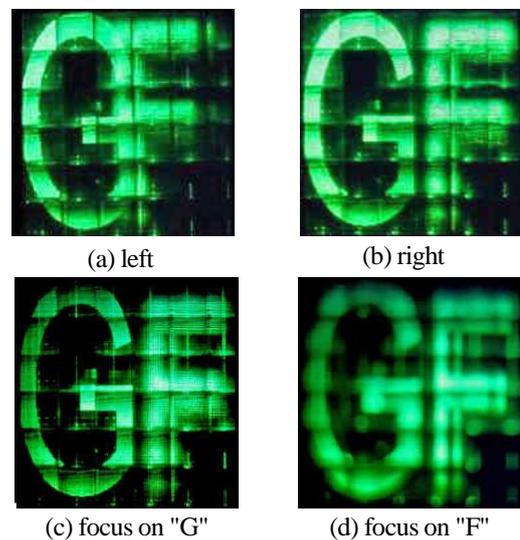


Figure 6. Reconstructed images by white light.

7. 参考文献

- [1] T. Yamaguchi, M. Matuoka, T. Fujii, and H. Yoshikawa: "Development of fringe printer and its practical applications", *International Symposium on Display Holography*, 2009
- [2] 宮原理, 山口健, 吉川浩: 「計算機合成イメージホログラムのフルカラー化」, 日本光学会年次学術講演会, 9aC6, 2010
- [3] 辻内順平: 「ホログラフィー」, 裳華房, p.32, 1997