

体積型ホログラムの視域拡大 Vision magnify of the Volume Hologram

○山口直人¹, 山口健², 吉川浩³

*Naoto Yamaguchi¹, Takeshi Yamaguchi², Hiroshi Yoshikawa²

Abstract: We have studied the volume hologram printer which can output the wave front reconstruction type hologram. However, the viewing area of reconstructed image is narrow, and calculating the interference fringe takes very long time. In this paper, viewing area of volume type hologram is enlarged by changing lens. The calculation time is reduced by inspecting the influence of the number of point light source on reconstructed image.

1. まえがき

我々は体積ホログラムを自動出力できる波面再生型体積ホログラムプリンタ^[1]の研究を行っている。このプリンタで出力したホログラムは、再生された3次元像の視域が水平方向15.3度、垂直方向8.6度と狭く、またホログラムの干渉縞計算が3.5時間かかってしまい、計算時間が長いという問題がある。

本報告では、光学系に新しいレンズを使用することで視域の拡大を行う。また、最適な点光源数を検証することで計算時間の短縮を行う。

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光学系を示す。波長532nmの緑レーザー光をPBS1(偏光プリズムビームスプリッタ)によって分岐させ、一方を参照光、もう一方を LCoS に表示した干渉縞(以下、要素ホログラム)に照射し、反射した光を4f系およびL3によって集光させ物体光とする。この4f系の中央にあるIris1では、記録材料に集光する光を1次回折光のみにしている。また、記録材料面上において、参照光の不要な光が記録材料に照射されないようにするため、参照光はIris2で物体光と同じ大きさにする。このとき、記録材料にLCoSに表示した干渉縞の1部が記録されるため、記録後にその大きさだけ記録材料を動かし、繰り返し再生像を記録することで大きな体積型ホログラムが出力される。

3. 視域の拡大

Figure 2 に視域拡大時の光学系の概念図を示す。出力されるホログラムの視域角 θ はL3の焦点距離 f 、要素ホログラムの幅 W を用いて以下のように表せる。

$$\theta = 2 \tan^{-1} \left(\frac{W}{2f} \right) \quad (1)$$

$$F = \frac{f}{d} \quad (2)$$

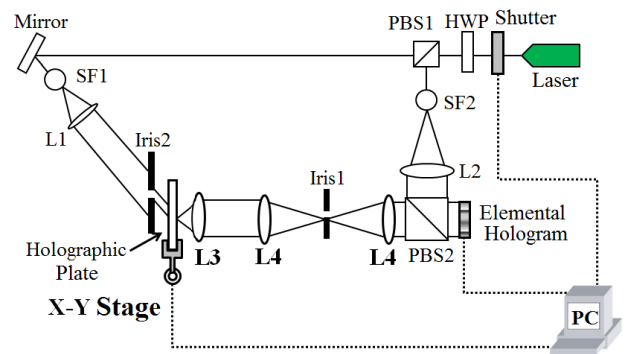


Figure 1. Schematic of the volume hologram printer.

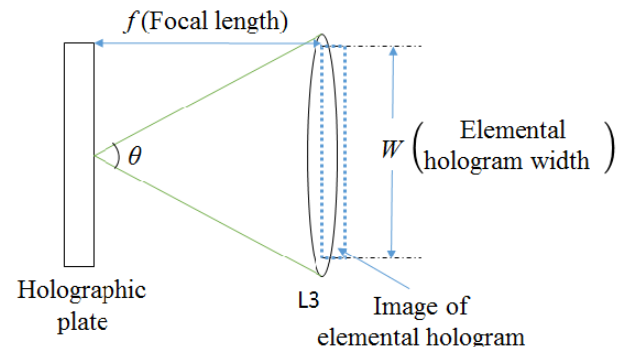


Figure 2. Relations with focal length and elemental hologram width that determine viewing angle.

現在、体積ホログラムプリンタは LCoS の大きさが約 $13.5 \times 7.6 \text{ mm}^2$ であり、 θ に大きく影響する L3 は焦点距離が 50 mm、口径が 45 mm である。このため、視域角 θ の理論値が水平方向に 15.3 度、垂直方向が 8.6 度と狭い。式(1)より、焦点距離 f が小さければ視域は拡大されるが、レンズの開口範囲に LCoS がすべて入らなければ視域角 θ が小さくなる。そこでレンズ径を考慮した上で、焦点距離の短いレンズを L3 に使用することで視域の拡大を行う。レンズと要素ホログラム幅の関係を Figure 2 に示す。F 値は焦点距離 f と有効口径 d を用いて以下のように表せる。

1 : 日大理工・学部 2 : 日大理工・教員・電子 3:日大理工・教員・情報

以上より、現在使用しているレンズよりも焦点距離が短いものを使用する。本研究では焦点距離 25mm, F 値 1 のレンズを使用し視域の拡大を行う。なお、この研究の再生像の評価に 3D オブジェクトとして骸骨を使用した。

4. 点光源数による計算時間の影響

現在 $40 \times 40 \text{ mm}^2$ のホログラムの干渉縞を計算する時間は 3.5 時間程だが、 $80 \times 80 \text{ mm}^2$ などの大きなホログラムを作製する際にはさらに膨大な時間がかかってしまう。そこで本研究では鮮明な再生像が得られる適切な点光源数を検討することで計算時間の削減を行う。なお、使用した PC のスペックは Microsoft Windows XP , CPU: Intel(R) Core(TM) i7, 32bit, clock: 2.80GHz である。

5. 結果

Figure 3 にレンズ変更前と変更後の正面, 左右の 3 視点から観察した再生像を示す。また、このときの視域の理論値と測定値を Table1 に示す。レンズの変更により視域は、水平方向が約 1.62 倍、垂直方向が約 1.44 倍拡大した。

Table 2 に全体の点光源数と平均点光源数、その計算時間を示す。また、Table 2 の点光源数に対応した再生像を Figure 4 に示す。再生像は骸骨の上半分を比較している。(a)を見ると左目の周りだけはっきりと観察できる。これは文献[2]の手法により、ホログラム面付近に結像する点光源が存在する要素ホログラムは点光源数を増加させているためだと考えられる。また点光源数を増やしていくと、ホログラム面とホログラム面から離れたところの境がなくなっていく、(d)では境がほぼなくなり(e)と(f)は鮮明で差異のない再生像となっている。点光源が平均 2,721 個ほどあれば鮮明な像が得られることが判明した。これにより適切な点光源数を指定し、効率的に計算を行うことで、計算時間の短縮が可能となる。

6. むすび

本報告では、出力されるホログラムの視域の拡大、点光源数による再生像への影響を検証し、計算時間の短縮を行った。

今後の課題として、視域拡大後の再生像の欠損や違和感がある部分を改善するため、点光源、干渉縞の生成時に設定する値を調節し、再生像の鮮明度の向上を行う。

7. 参考文献

[1]Takeshi Yamaguchi, Osamu Miyamoto and Hiroshi Yoshikawa, "Volume hologram printer to record the

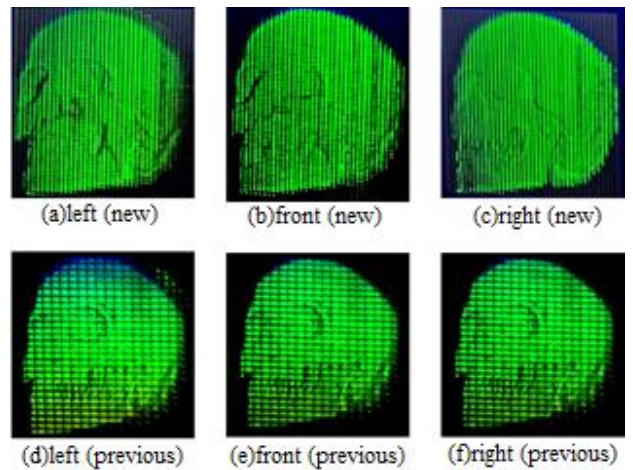


Figure 3. Comparison of viewing area for previous and new reconstructed.

Table 1. Viewing area of theoretical previous and measured values.

f [mm]	Theoretical value		Measured value	
	Viewing area θ [°]		Viewing area θ [°]	
	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
50	15.3	8.6	16.0	9.0
25	30.1	17.2	25.9	13.0

Table 2. Calculation time for the point light source.

Total light point source	Average light point source	Calculation time[min]
7,060	41	6
28,277	245	16
63,515	619	26
112,921	1,125	65
254,065	2,721	149
451,667	4,829	245

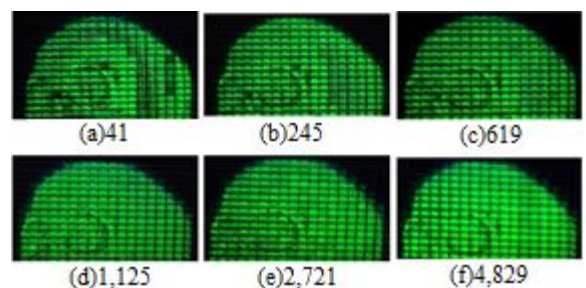


Figure 4. Comparison of the reconstructed image corresponding to the number of the point light sources

wavefront of three-dimensional objects", Optical Engineering, Vol. 51, No. 7, pp. 075802(1-7), July 2012

[2]山口健, 宮本磨, 吉川浩: "体積型ホログラムプリンタの開発 -ホログラム面付近にある物体の記録の問題点とその改善-", 3次元画像コンファレンス 2012, P-02, pp. 98-101, 2012年7月13日