

フローティング 3 次元像を再生する反射型計算機合成アルコーブホログラム

竹林稜平 西 寛仁 松島恭治

関西大学 システム理工学部 電気電子情報工学科

〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35

あらまし 近年の多くの空中像再生技術が 2 次元の平面映像を再生するのに対して、計算機合成ホログラム(CGH)では 3 次元の空中像を再生することができる。しかし、空中像を再生する CGH では、飛び出す距離が短いと空間周波数が高くなり過ぎ、長いと再生像が見切れ易くなって極端に視域が狭くなる問題がある。そこで、この 2 つの問題を解決するため、円筒形状の凹面反射型 CGH から空中像を再生するアルコーブ形状 CGH を報告する。

キーワード 計算機合成ホログラム, 空中像, アルコーブホログラム

Reflective-type Computer-Generated Alcove Hologram for Reconstructing Floating 3D Image

Ryohei Takebayashi Hirohito Nishi Kyoji Matsushima

Department of Electrical, Electronic and Information Engineering, Kansai University

Yamate-cho 3-3-35, Suita, Osaka 564-8680, Japan

E-mail: k338955@kansai-u.ac.jp, h_nishi@kansai-u.ac.jp, matsu@kansai-u.ac.jp

Abstract Recently, many techniques are proposed to reconstruct 2D floating images. Unlike these, computer-generated hologram (CGH) can reconstruct 3D floating images. However, in the CGHs for floating images, if the object is arranged near the hologram, noises due to aliasing errors are caused by the high spatial frequency of the fringe, whereas the floating image far from the hologram is easily truncated. As a result, the viewing angle is commonly extremely narrow. A technique of reflection-type alcove-shaped CGHs is proposed for reconstructing floating 3D images with a very large viewing angle.

Keyword Computer-generated hologram, Aerial image, Alcove hologram

1. はじめに

フローティング像全般の問題として、再生像が見切れ易い問題がある。そのため、アルコーブ形状化により見切れの問題を緩和した計算機合成アルコーブホログラム(以下、CGAH)が報告されている[1,2]。しかし、フリンジプリンタで描画された振幅透過型 CGH であるため、再生には非常に複雑な照明光学系を必要としている。一方、レーザーソグラフィ装置を用いてクロム薄膜で干渉縞パターンを描画すると、非体積型の薄いホログラムで反射型 CGH を作製できるため、それを用いて、フローティング 3 次元像を再生する平面反射型 CGH を報告しているが、やはり見切れの問題と高い干渉縞空間周波数の問題を抱えていた[3]。

そこで、反射型 CGH をアルコーブ形状化して反射型 CGAH を作製することで、干渉縞空間周波数を低減させつつ、簡素な光学系で広視域のフローティング 3 次元像を再生できたので報告する。

2. アルコーブ形状化による空間周波数の低減

ホログラムでフローティング像を再生すると干渉

縞空間周波数が高くなり、光学再生像でノイズが発生してしまう。Fig.1 に示すように、物体光と参照光の波数ベクトルの角度 θ が大きいと干渉縞の空間周波数が高くなるが、反射型 CGH では照明光位置と参照光位置が鏡像になるため、アルコーブ形状化によって空間周波数を著しく低減できる。

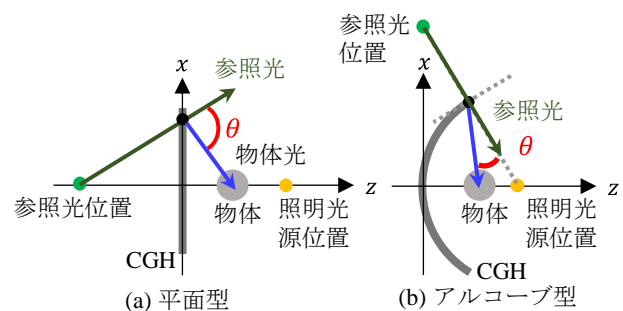


Fig.1 物体・照明光源位置と干渉縞空間周波数

3. CGAH の作製手法

曲面に対する物体光波の計算が困難なため、本研究では、曲面を平面で近似した多数の要素 CGH の干渉

縞パターンを計算した[4]。また、レーザリソグラフィ装置を用いて要素 CGH を描画し、正確な大きさと精密切断してアルコーブ形状に配置した。

4. CGAH の作製と光学再生像

Fig.2 に作製した CGAH の 3D シーンと外観を示し、パラメータを Table 1 に示す。この CGAH は曲率半径 62mm の円筒を 40 角形で近似したうちの 16 面から作製している。再生像全体を見切れずに観察できる視域角は 117 度となっており、平面型に比べて 2.5 倍以上拡大されている。単純な砲弾型 LED を照明光源とした光学再生像を Fig.3 に示す。干渉縞のエイリアシングによるノイズは見られず、空中に浮かんでいる再生像を容易に視認できる。しかし、共役像が発生しており、再生像の観察を妨げていた。

より大型化した CGAH の 3D シーンと外観を Fig.4 に示し、そのパラメータを Table 2 に示す。この CGAH は曲率半径 93mm の円筒を 60 角形で近似したうちの 30 面からなり、再生像全体を観察できる視域角が 132 度となっている。しかし、Fig.5 に示した左視点の光学再生像を見ると、再生像の端が切れてしまっている。これは、物体が大きすぎ、最大回折角を超えた部分に物体の一部があるためと考えられる。今後は、物体の形状を考慮した CGH の設計を検討する必要がある。また、物体が大きいためか空中に浮かんだ再生像を認識し難く、共役像も大きく再生されているため、共役像の除去も今後の課題となる。

5. まとめと展望

2 つのフローティング 3 次元像を再生する CGAH を作製した。どちらも 100 度以上の広い視域を持っており、はっきりした空中再生像を観察できた。しかし、共役像が再生像の観察を妨げており、物体の形状によっては再生像一部に欠けが生じ、空中像を認識し難いことが分かった。今後は共役像の除去と飛び出しを知覚し易いデザインと CGAH の大型化が課題となる。

本研究は、日本学術振興会科研費 22H03712 の助成を受けたものである。

文献

- [1] 小澤, 山口, 吉川: 実像再生型半円筒計算機合成ホログラムの作製, 映情学技法 **34**, No.36, 13-16 (2010).
- [2] T. Yamaguchi, H. Yoshikawa: Improved hidden surface removal method for computer-generated alcove hologram, SPEI Proc. **9386**, 93860T (2015).
- [3] 小西, 松島: 多値位相型計算機合成ホログラムによるフローティング型立体画像, 第 24 回関西大学先端科学技術シンポジウム, ポスターNo.22 (2020).
- [4] 玉置, 松島: 非干渉マスク転写を用いた全方向視差高解像度 CGH のアーチ形状化, HODIC Circular **41**, No. 3, 24-27 (2021).

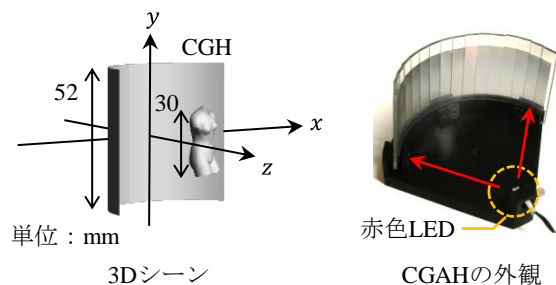


Fig.2 作製した CGAH の 3D シーンと外観

ピクセル数	262,144 × 131,072
ピクセルピッチ [μm]	0.6 × 0.4
波長 [nm]	640
物体位置 (x, y, z) [mm]	(0, 0, 62)
参照光位置(x, y, z) [mm]	(0, -25, 113)
物体サイズ(W×H×D) [mm]	10 × 30 × 10

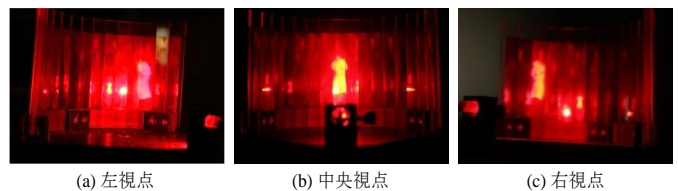


Fig.3 作製した CGAH の光学再生像

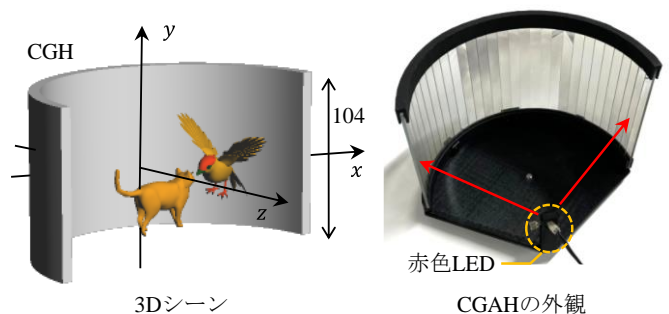


Fig.4 大型化した CGAH の 3D シーンと外観

ピクセル数	491,500 × 262,144
ピクセルピッチ [μm]	0.6 × 0.4
波長 [nm]	640
物体位置 (x, y, z) [mm]	(0, 0, 93)
参照光位置 (x, y, z) [mm]	(0, -25, 150)
物体サイズ(W×H×D) [mm]	150 × 66 × 60

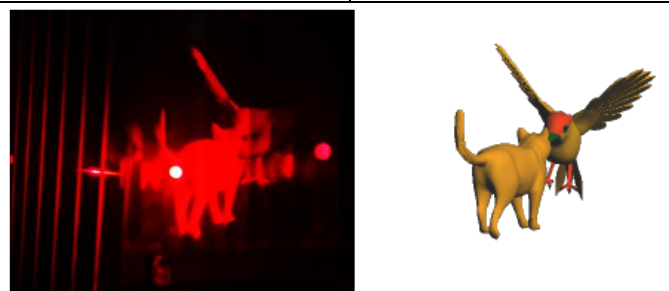


Fig.5 大型化した CGAH の光学再生像とモデル