

# ポリゴン法とシフト角スペクトル法で計算した 高品質なディスプレイ用 CGH High-definition display CGHs calculated by the polygon method and the shifted angular spectrum method

○松島恭治<sup>1)</sup>, 中原住雄<sup>2)</sup>

○Kyoji Matsushima<sup>1)</sup> and Sumio Nakahara<sup>2)</sup>

関西大学 電気電子情報工学科<sup>1)</sup>, 機械工学科<sup>2)</sup>

Department of Electrical and Electronic Engineering, Kansai University<sup>1)</sup>

Department of Mechanical Engineering, Kansai University<sup>2)</sup>

E-mail: matsu@kansai-u.ac.jp

An extremely high-definition CGH for display purposes, calculated by using the polygon method and silhouette method, has been reported. The CGH, fabricated by laser lithography technology, reconstructs a truly fine spatial image that gives a strong sensation of depth to viewers. However, design of the 3D scene had suffered from a constraint imposed by numerical propagation based on the shifted Fresnel method in segmented frame buffers. In this report, a new technique based on novel numerical propagation theory, the shifted angular spectrum method, is presented, and a new CGH is demonstrated.

## 1. はじめに

計算機合成ホログラム(CGH)は入射波面を変換して任意の波面を作り出す技術であることから、それをディスプレイに応用した場合、眼の立体視機能を欺く通常の立体画像とは一線を画す3次元空間映像を生成でき、理想のディスプレイになると予想されてきた。しかしながら、主に物体光波生成アルゴリズムや製作方法などの問題により、実際には鑑賞に堪える程の空間映像を作り出せなかった。それに対して我々は、ポリゴン法やシルエット法などの波動光学的手法を駆使して計算を行い、レーザーリソグラフィ技術で超高解像度の干渉縞パターンを描画することにより、従来なかったほどの奥行き感のある空間映像の生成に成功した<sup>1-4)</sup>。

しかしながら、現状の技術で生成できる3Dシーンについては、まだまだ制約が多い。特に、分割フレームバッファによる光波伝搬計算に用いるシフトフレネル伝搬計算法<sup>5)</sup>の伝搬距離の制約により、物体空間の奥行きが深くなりすぎ、またホログラムサイズの拡大が困難になっていた。そこで、本研究では伝搬距離の制約がほとんどないシフト角スペクトル法<sup>6)</sup>を用いてこの制約を取り除き、より見やすい3Dシーンを構成したCGHについて報告する。

## 2. ポリゴン法とシルエット法

ポリゴン法<sup>7)</sup>は拡散面をモデル化した手法であり、Fig.1に示すとおり、拡散性位相を有する複素表面関数(b)の光波回転変換によりポリゴン形状面光源の光波(c)を計算する手法である。物体近傍の平面上で全物体ポリゴンからの光波を重畳し(d)、ホログラム面まで伝搬計算することにより物体光波が得られる。シルエット法<sup>8)</sup>は、Fig.2に示すとおり、この伝搬計算を物体毎に分割し、物体のシルエットをマスクとした光波遮蔽により物体が透けてファントムイメージとなることを防ぎ、物体相互間のオクルージョンを再生するために用いられる。

## 3. 3Dシーンの制約とシフト角スペクトル法

我々の最初の作品である"The Venus"は、Fig.2に示す

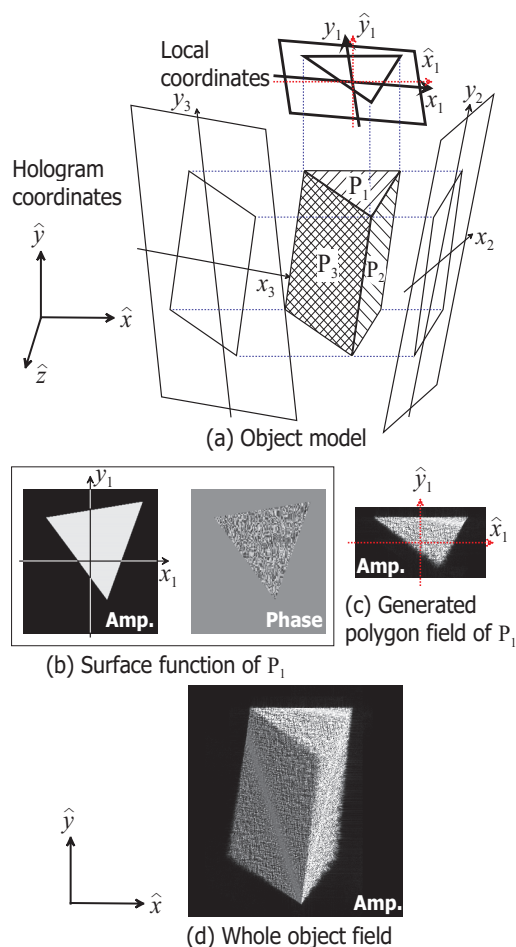


Fig.1 The principle of the polygon method.

とおり、断面  $6.5 \times 6.5 \text{cm}^2$ 、奥行き  $30 \text{cm}$  の空間の中央にビーナース像、最奥に背景画像を配し、2段階の伝搬計算により物体光波を得るものとなっている。この時、この規模のCGHでは計算機のメモリに全光波を同時に収容することができず、光波を領域分割してシフトフレネル計算法により数値伝搬計算を行う必要がある<sup>4)</sup>。しかし、このサイズの光波分布においては、シフトフレネル法では  $15 \text{cm}$  以下の伝搬距離でエイリアシングが生じるため、物体空間の奥行きを  $30 \text{cm}$  以下にすることは不可能であった。

我々の手法による第2の作品である"モアイ"(以下 Moai I)においては、Fig.3(a)に示すとおり物体を2体配置し、また背景画像を拡大したため、エイリアシングを防ぐために  $55 \text{cm}$  もの奥行き空間が必要となってしまった。そのため、両眼位置から撮影した光学再生像 Fig.4 からわかるとおり、両眼視による融像が困難な見難い映像となってしまっている。またホログラムの視野を覆う背景を意図してデザインされた背景画像も小さくなってしまっている。

そこで、シフト角スペクトル法<sup>6)</sup>により奥行きを制約を取り除き再設計したのが、Fig.3(b)に示す Moai II である。Fig.5に波動光学的手法<sup>9)</sup>による Moai II のシミュレーション再生像を示す。このCGHでは、3Dシーンの奥行きが The Venus と同様の  $30 \text{cm}$  に納められ、背景画像もデザインの意図どおりホログラムの視野を覆うものとなっている。

#### 4. おわりに

シフト角スペクトル計算法の開発により伝搬距離の制約が取り除かれ、3Dシーンのデザイン自由度が飛躍的に高まった。また、シフトフレネル法ではホログラムを大型化するとそれに比例して奥行きを増加する必要があったが、その問題も解決したため、今後はさらに大型のCGHの制作に取り組む予定である。

#### 文献

- 1) K. Matsushima, S. Nakahara: Practical Holography XXIII: Materials and Applications, San Jose, SPIE #7233, 72330E(2009).
- 2) K. Matsushima, S. Nakahara: OSA Topical Meeting on Digital Holography and Three-Dimensional Imaging 2009, Vancouver, PDWB38(2009).
- 3) 松島, 中原: 3次元画像コンファレンス 2009 講演論文集, 61(2009).
- 4) K. Matsushima and S. Nakahara: Appl. Opt. **48**, No. 34, (2009) in press.
- 5) R. P. Muffoletto, et al.: Opt. Express **15**, 5631(2007).
- 6) 松島: Optics Photonics Japan 2009, (2009).
- 7) K. Matsushima: Applied Optics, **44**, 4607(2005).
- 8) 近藤, 松島: 信学論 D-II, J87-D-II, 1487(2004).
- 9) 村上, 圓山, 松島: 3次元画像コンファレンス 2009 講演論文集, 105(2009).

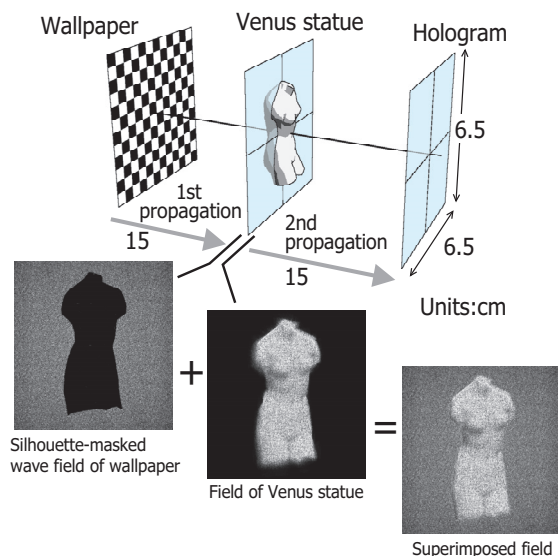


Fig.2 The 3D scene of "The Venus" and the principle of the silhouette method.

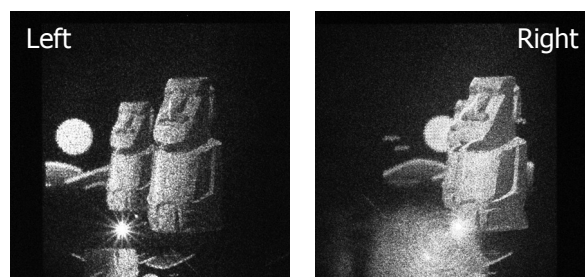


Fig.4 Optical reconstruction of Moai I. Photographs are taken from viewpoints corresponding to human eyes.

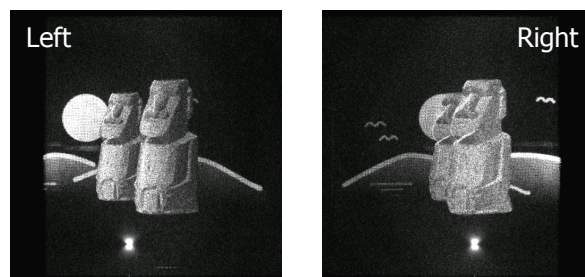


Fig.5 Simulated reconstruction of Moai II. The simulated viewpoints are corresponding to human eyes.

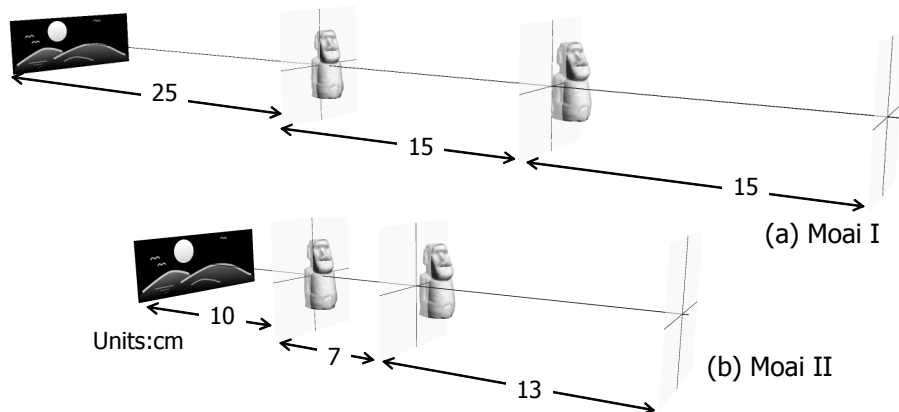


Fig. 3 3D scenes of the old and new CGHs of Moai.