

全方向視差 CGH における波動光学的手法による隠面消去

Wave-Optical Hidden-Surface Removal in
Computer-Generated Full-Parallax Holograms

近藤暁靖 松島恭治

Akinobu Kondoh and Kyoji Matsushima

関西大学工学部電気工学科

Department of Electrical Engineering, Kansai University

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

ABSTRACT

A novel method for hidden-surface removal is suggested in full-parallax computer-generated display holograms. In this method, wave optical calculation of diffraction simplifies the hidden-surface removal processing, and prevents its computation time from remarkably increasing. Optical reconstruction of holograms fabricated by using the proposed method is demonstrated.

Keywords : CGH, Digital hologram, Hidden surface removal

1 はじめに

計算機合成ホログラム (以下 CGH) では, 3 次元仮想物体からの光波の数値合成法として点光源モデルの光線追跡法 [1, 2] が現在最もよく用いられている。その理由はアルゴリズムが単純であり, 断層ホログラム等の他の手法に比べて立体物のレンダリングに適しているためである。一方, この手法は隠面消去が簡単ではない。

縦方向視差を放棄した CGH では, 点光源とその光線を遮蔽する物体との幾何学的配置に基づく隠面消去法 [3] が用いられるが, 全方向視差 CGH ではその処理過程が複雑過ぎ, 遮蔽を求めるために莫大な演算時間を必要とする問題点がある。また, 観察者がホログラムを観察する位置を変化させるとその見え方も変化するため, 2 次元 CG で用いられている Z バッファ法などの単純なアルゴリズムだけでは自然な隠面処理は困難である [4]。そこで本論文では, 波動光学的に隠面消去する手法について報告する。

2 波動光学的隠面消去

Fig.1 に本研究で用いた座標系と物体の配置を示し, Fig.2 にその yz 平面への投影図を示す。物体空間の奥から第 n 番目の 3 次元仮想物体を O_n とし, その中心をとおりホログラムに平行な平面を P_n とする。また, P_n 上で物体のシルエットを表す 2 値の関数を $S_n(x, y)$ とし, 物体 O_n を考慮しない時に平面 P_n に左より入射する光波を $u_n(x, y)$ とする。 P_n を通過した光波は物体 O_n により遮蔽されるが, このとき遮蔽

される領域がシルエット $S_n(x, y)$ と等しいと近似すると, P_n を通過した直後の光波は

$$u'_n(x, y) = u_n(x, y)S_n(x, y) \quad (1)$$

となる。これを伝播距離 $d_n = |z_n - z_{n+1}|$ だけフレネル回折計算して得た P_{n+1} 上での複素振幅を $FD_{d_n} \{u'_n(x, y)\}$ と表す。ここで FD_d は距離 d のフレネル回折計算を表す演算子である。また P_{n+1} 上での物体 O_n からの光波を $t_n(x, y)$ とすると, P_{n+1} に入射する光波 $u_{n+1}(x, y)$ は $u_n(x, y)$ と $t_n(x, y)$ を用いて次の漸化式で表される。

$$\begin{aligned} u_{n+1}(x, y) &= FD_{d_n} \{u'_n(x, y)\} + t_n(x, y) \\ &= FD_{d_n} \{u_n(x, y)S_n(x, y)\} \\ &\quad + t_n(x, y) \end{aligned} \quad (2)$$

物体数が N であるとき, 最終的なホログラム面上での光波分布は

$$u_H(x, y) = u_{N+1}(x, y) \quad (3)$$

となる。

3 本手法により作成したホログラムの光学再生像

本手法によりホログラムを合成する際に用いた各パラメータを Table I に示す。仮想物体 O_1, O_2, O_3 はいずれも立方体であり, その中心は Table II に示した位置にある。また, 全ての物体の大きさと点光源密度は等しく, より自然な物体として観察できるように輝度補正・シェーディング処理 [5] を施している。

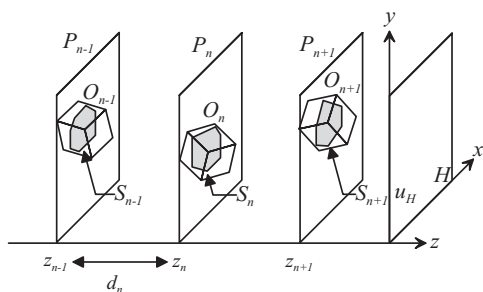
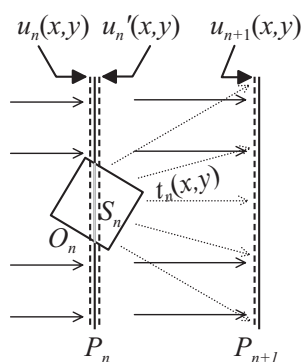


Fig 1: Definition of coordinates and geometry.

Fig 2: The relationship between $u_n(x, y)$, $t_n(x, y)$ and $u_{n+1}(x, y)$.

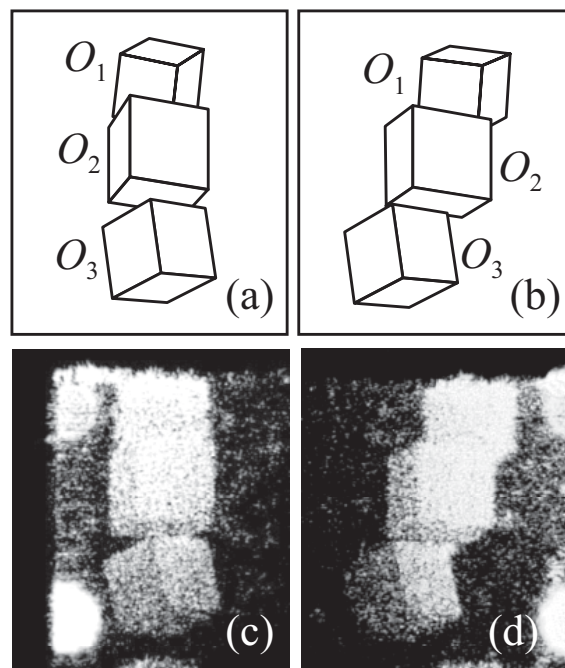
本手法により合成したホログラムの光学再生像を Fig.3(c) と (d) に示す. Fig.3(a) と (b) は, それぞれ再生像 (c) と (d) の物体の配置を示しており, 観察する視点を (c) では正面, (d) では右と変化させている. この結果より視点を変化させると後方に配置された物体が前方の物体により隠され, 隠面消去が出来る事が分かる.

4 まとめ

全方向視差 CGH において波動光学的に隠面消去を試みた. その結果, この手法で作成したホログラムの光学再生像は後方物体からの光波を前方物体が適切に遮蔽し, 自然な重なりを再現しているものであることが分かった.

Table I: Parameters used to fabricate CGHs.

Number of pixels	8192×4096
Sampling pitches	2×4[μm]
Reconstruction wavelength	632.8[nm]
Surface density of point sources	10 ⁴ [cm ⁻²]
Dimension of an object(x-width)	5[mm]

Fig 3: Optically reconstructed images of CGHs for three pieces of objects O_1 , O_2 and O_3 (c), (d), and those schematic outlines (a), (b).

参考文献

- [1] J. P. Waters: "Holographic image synthesis utilizing theoretical methods", *Appl. Phys. Lett.*, **9**, pp. 405–407 (1966).
- [2] A. D. Stein, Z. Wang and J. J. S. Leigh: "Computer-generated holograms: A simplified ray-tracing approach", *Computers in Physics*, **6**, pp. 389–392 (1992).
- [3] J. Underkoffler: "Occlusion processing and smooth surface shading for fully computed synthetic holography", *SPIE Proc. Practical Holography XI*, **3011**, pp. 19–29 (1997).
- [4] 藤井, 吉川: "CG を利用したフレネルホログラムのシェーディング処理", 3次元画像コンファレンス'99, pp. 299–304 (1999).
- [5] 松島, 本荘: "陰影付けした表面モデル 3次元物体の全方向視差計算機合成ホログラム", *映像情報メディア学会誌*, **56**, pp. 986–992 (2002).

Table II: Position of objects.

Object	x	y	z [mm]
O_1	-2	2	150
O_2	0	0	100
O_3	2	-2	50