

放物面鏡を用いた広視域計算機ホログラムの区画分割による高速計算法

Fast calculation method of wide viewing-zone computer-generated hologram with a parabolic mirror by area segmentation

○ 山東 悠介³、茨田 大輔^{1,2}、谷田貝 豊彦¹

(1. 宇大 CORE、2. 宇大院工、3.(地独) 大阪技術研)

○ Yusuke Sando³, Daisuke Barada^{1,2}, Toyohiko Yatagai¹

(1.CORE, Utsunomiya Univ., 2.Grad. Sch. Eng., Utsunomiya Univ., 3.ORIST)

E-mail: sando@tri-osaka.jp

我々は、平面波を発散球面波に変換するという、凸型放物面鏡の幾何学的特徴を活用することで、方位角 360 °、天頂角 90 °以上の視域を有するホログラフィック 3D ディスプレイを提案した [1]。ただし、ホログラムの計算においては、凸型放物面鏡での反射を適切に考慮する必要があるが、高速フーリエ変換 (FFT) に基づいた従来の計算法が適用できず、ホログラムの区画分割による高速計算アルゴリズムを独自に開発した [2]。この手法では、Fig. 1 に示すように、区画分割された領域の中心に対し局所的な光軸を設定すると、区画領域において近似近似が成立するため、ホログラム面 $g(x_h, y_h)$ と物体面 $o(x, y)$ の関係は、フーリエ変換演算子 $\mathcal{F}[\cdot]$ を用いて以下に示す簡潔な式で表される。

$$g(x_h, y_h) = \mathcal{F}[o'(X, Y) \exp \{i2\pi\lambda f'(X^2 + Y^2)\}]$$

$o'(X, Y)$ は $(X, Y) = (x/\lambda f', y/\lambda f')$ に基づき $o(x, y)$ を座標変換したものであり、 λ は波長を、 f' は当該放物面の光軸方向に対する局所的焦点距離を表す。この式に従うことで、FFT を用いて $g(x_h, y_h)$ を高速に計算できる。

しかし、Fig. 2(a) に示すように、この手法ではホログラムの分割境界で波面の連続性が失われ、境界を跨いだ領域からの再生像は、Fig. 2(c) のように隣接したサブホログラムからの像の重ね合わせ (多重像) になる。この原因は、

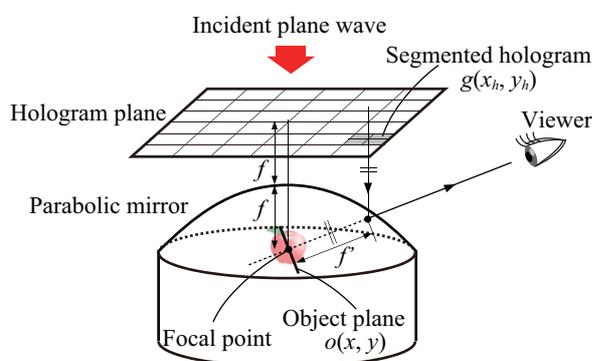


Fig. 1: Schematic of the hologram segmentation and a local optical system.

物体面での 2 次元分布 $o(x, y)$ にある。この手法では、3 次元物体を局所的な光軸方向に平行投影することで得られた 2 次元投影図を $o(x, y)$ とした。つまり、各サブホログラム間で整合性のない異なる 2 次元像を再生していた。

本研究では、投影図ではなく、3 次元物体の奥行き情報を保持した 2 次元複素波面を $o(x, y)$ とすることで、隣接するサブホログラム間で整合性のある立体像を再生し、ホログラムの分割境界での波面の連続性を保持する。奥行き情報を保持した 2 次元複素波面の計算では、3 次元 FFT に基づいた回折計算を用いることで、分割方向毎の $o(x, y)$ の計算を高速化した [3]。

本提案手法により計算したホログラムの分割境界付近の振幅分布を Fig. 2(b) に示す。分割境界でも、波面が連続していることがわかる。また、Fig. 2(d) に分割境界付近からの再生像を示す。Fig. 2(c) のような多重像が発生せず、想定通りの結果が得られた。本提案手法での計算時間は 32 秒であり、従来法の 10 秒と比較すると約 3 倍の時間を要しているが、一連の 2 次元投影図ではなく、真の 3 次元像を再生できる本手法の功績は大きい。

本研究の一部は、科学研究費補助金 (JP18K18098) の助成を受けて実施されたものである。

参考文献

- [1] 山東他, 応物秋季講演会 8a-PB1-3(2017).
- [2] 山東他, 応物春季講演会 19p-B201-16(2018).
- [3] Y. Sando, *et al.*, Opt. Express 20962(2012).

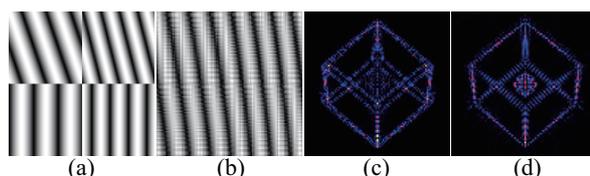


Fig. 2: (a) and (b) show boundary areas of the synthesized holograms by the previous and proposed methods. (c) and (d) are reconstructed images of a sphere inside a cube, which were performed by the previous and proposed methods, respectively.