

凸型放物面鏡を用いた広視域ホログラフィックステレオグラム

Holographic stereogram with wide viewing zone by a convex parabolic mirror

○ 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. 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

立体ディスプレイの研究は長年行われているが、実用化するためには広い視野と同様、広い視域が求められる。しかし、一般に物体情報の表示デバイスは平面形状をしているため、表示デバイスの裏側や側面から見えない。つまり、立体像の観測可能な視域には原理的限界が存在する。この課題に対し我々は、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し、全方位から立体像を観測可能なホログラフィック 3D ディスプレイの研究を行ってきた [1]。方位角 180 °、天頂角 90 ° の極めて広範囲な視域を有する立体ディスプレイを実現した。しかし、凸型放物面での反射を考慮したホログラムの計算は、高速フーリエ変換 (FFT) 等の高速計算アルゴリズムが適用できず、莫大な計算時間が深刻な課題となっていた。

本研究では、計算時間の短縮を目的とし、ホログラムのステレオグラム化を行う。これは、ホログラム面を区画分割することで、個々のホログラムと物体間の伝播に近軸近似を成立させ、結果として FFT を用いた高速回折計算を期待するものである。模式図を Fig. 1 に示す。この図において観測者が像を観測する場合、観測者に到達する波面はホログラム面全体から生成されたものではなく、極めて限定された領域からの波面となる。従って、ホログラムを分割し、個別に計算することは妥当な手法である。また、波面を限定することで作用する凸型放物面の領

域も同様に制限されるため、分割中心に対し光軸を設定すると、近軸近似が成り立つ。つまり、凸型放物面鏡を、凹レンズと同様のフーリエ変換光学素子と考えることができる。放物面鏡での反射に伴う光軸の変化を考慮し、また、分割されたホログラム面と物体面の波面分布をそれぞれ $g(x_h, y_h)$ 、 $o(x, y)$ とすると、フーリエ変換演算子 $\mathcal{F}[\cdot]$ を用いて以下の式が成り立つ。

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

ただし、 $o'(X, Y)$ 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。この式より、FFT を用いた高速回折計算が可能である。この回折計算を分割されたホログラム全てに対し行うことで、ホログラム全領域の分布が計算できる。

本手法を用いて計算したホログラムから、数値計算により再生像を計算した結果を Fig. 2 に示す。用いた 3 次元物体は 77 個の点光源で構成される正四角錐とした。観測位置に応じて適切な視差画像が得られていることがわかる。なお、本手法による計算時間は 9.9 秒であり、従来法の 393 秒と比較して約 40 倍の高速化を達成した。本手法での計算時間は、点光源数にはあまり依存しないため、点光源数の多い複雑な物体に対しては、効果は絶大である。

本研究の一部は、科学研究費補助金 (JP15K21699) 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, 応物秋季学術講演会 8a-PB1-3(2017).

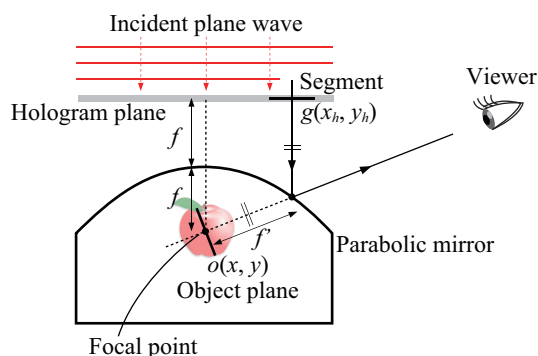


Fig. 1: Schematic of the holographic stereogram using a convex parabolic mirror. A viewer captures the wavefront generated from the limited segmentation of the hologram.

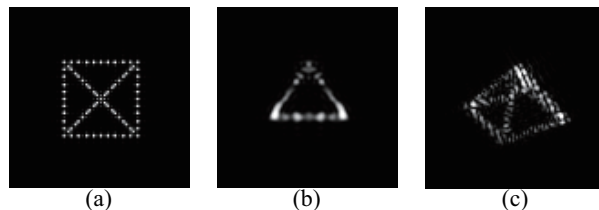


Fig. 2: Numerically-calculated reconstructed images observed from the (a) top, (b) side, and (c) perspective directions, respectively.