

# ホログラフィック 3次元画像の高倍率無歪拡大

High Power Magnification of a 3-D Holographic Image without Distortion

佐藤 邦弘† 中崎 智史  
Kunihiro Sato Satoshi Nakazaki

藤井 健作 森本 雅和  
Kensaku Fujii Masakazu Morimoto

## 1. まえがき

近年、3次元ディスプレイの実現を目指した研究として音響光学素子<sup>1,2</sup>や液晶パネル<sup>3-5</sup>を用いた動画ホログラフの実験が報告されている。ホログラフィック・ディスプレイを実用化の上で解決されねばならない大きな課題の一つに、3次元拡大縮小画像を再生する簡潔な方法を確立することが挙げられる。異なるサイズの画像を固定サイズのホログラフィック・ディスプレイに表示するためには、サイズを自由に変えて3次元画像を再生することが必要不可欠となる。ホログラフによる再生画像の拡大縮小方法として照明光源の位置を変える方法が知られているが、この方法では拡大縮小に伴って画像の歪曲や収差による画像の不明瞭さが不可避的に生じてしまう。

本論文では、微小分割したフーリエ変換ホログラムを用いて3次元拡大縮小画像を拡大縮小する方法を提案する。拡大縮小画像を再生するための2次ホログラムは、原画ホログラムから切り取った多数枚の微小分割ホログラムを繋ぎ合わせて作成される。微小分割したホログラムを用いることにより、拡大縮小に伴う画像の歪曲や収差による画像の不明瞭さを避けることができる。また、再生可能な奥行きを拡張するために複数枚のフーリエ変換ホログラムを用いて2次ホログラムを作成する方法を提案する。これにより、奥行き方向の広い範囲にわたって3次元画像を拡大することが可能である。計算機合成ホログラム(CGH)による画像再生実験の結果を示しながら、歪曲のない鮮明な拡大縮小画像が再生されることを示す。

## 2. 3次元画像の無ひずみな拡大

異なる視差をもつ複数枚の微小ホログラムを瞳が同時に見ることで、奥行きを感知できると期待される。この微小ホログラムの大きさは瞳の中に数枚入る程度、つまり瞳の数分の1以下にする必要がある。この微小ホログラムを用いた拡大方法は次の通りである。

原画ホログラムから微小ホログラムを切り取り、元の座標の  $m$  倍の位置に移動させる。この操作を繰り返して作成した2次ホログラムに  $m$  倍の位置に移動させた照明光源で照射すると、微小ホログラムから再生される光線に対して相似の関係が成り立つ。つまり再生光の伝搬角度を元の角度に保つことができる。よって元の画像を  $m$  倍した相似の3次元画像が再生されることになる。本手法では微小ホログラムを用いて画像の拡大を行うので、ひずみのない再生像が得られる。

†兵庫県立大学 工学研究科

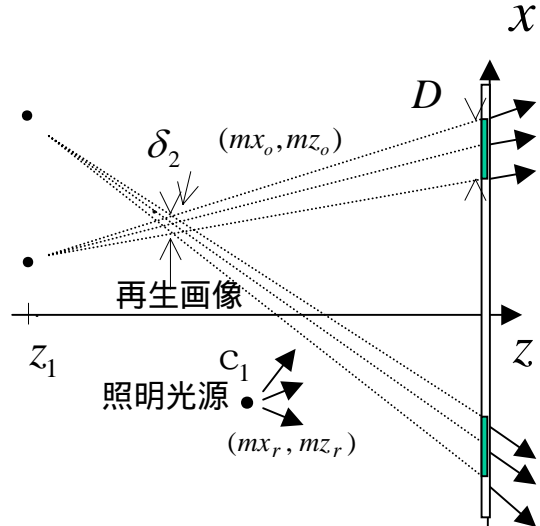


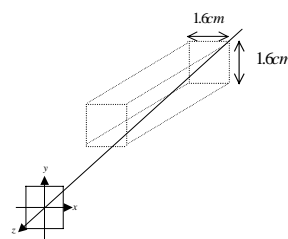
図1.  $m$ 倍に拡大された画像

## 3. 再生可能な奥行き拡張

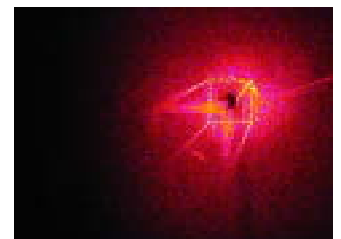
フーリエ変換ホログラムにおいて、変換面付近の画像は無ひずみで再生されるが、変換面から大きく離れると鮮明な像が再生されなくなる。つまり拡大可能な奥行き領域が限られることになり、拡大比を上げるにしたがいその領域は狭まる。

ところで、無ひずみな立体像は奥行き方向につなぎ合わせることが可能であるので、奥行き方向に分割された無ひずみな画像をつなぎ合わせて広い範囲で3次元画像の拡大が可能である。ここでは複数枚のフーリエ変換面を用いてそれぞれ分割された拡大像をつなぎ合わせて、再生可能な領域を拡張する方法を提案する。ただし、この方法では拡大倍率を大きくするに従って、必要となるフーリエ変換面の枚数が増加し、高倍率の再生像を得るには多くのフーリエ変換面が必要になる。

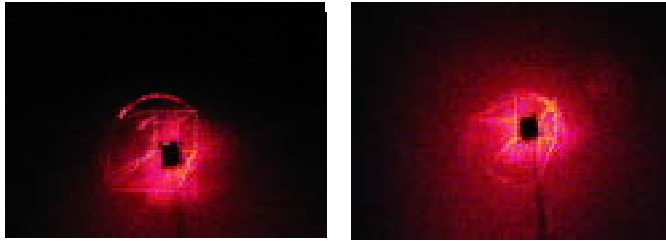
一方、フーリエ変換面上の画像は新たな拡大面画像として再生される。従って、高倍率な3次元画像を得る方法として分割した画像情報を面情報に変換した後に、それぞれの面において拡大し再生を行う。この方法は、必要枚数を抑えて高倍率な拡大再生像を得るために有効である。



(a) 物体モデル



(b) 原画ホログラム(H)



(c) 原画 H による拡大 (d) 提案法による拡大  
図 2. 物体モデルと結像結果

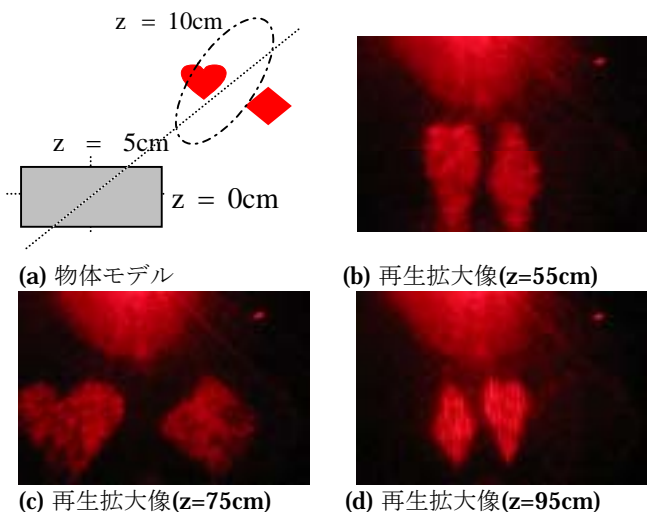
## 4. 実験結果

### 4.1 微小ホログラムによる無歪拡大

図 2.(a)に示す 3 次元物体モデルに対して物体光の作る干渉縞を計算し、これを用いて  $2.5\text{cm} \times 2.5\text{cm}$  のホログラムを作成した。図 2.(b)は原画ホログラムからの再生像の写真である。図 2.(c)は原画ホログラムを用いて 2 倍に拡大した画像と元の物体の 2 倍の画像との比較を示す。原画ホログラムを用いて拡大した場合、再生像が歪曲するため、2 倍の画像に対しズレが生じている。図 2.(d)は提案法を用いて作成したホログラムからの再生像と 2 倍の画像との比較である。2 つの画像は完全に一致しており、このことから、微小分割ホログラムを用いることによって拡大に伴う画像の歪曲を避けられる事が確認できる。

### 4.2 再生可能な奥行き拡張

提案した拡大像再生法を確かめるために、CGH を用いた像再生実験を行った。CGH の計算にあたっては、図 1(a)に示すようなモデルを考えた。2 つのハートとダイヤがホログラム面より  $5\text{cm} \sim 10\text{cm}$  の位置で楕円軌道上を回転しながら移動するモデルである。このモデルに対して 10 倍に拡大した象の再生結果を (b)~(d)に示す。このモデルに対して 10 倍に拡大するためには 6 枚のフーリエ変換ホログラムを用いた。奥行き  $50\text{cm} \sim 100\text{cm}$  の間で 2 つの像が滑らかに移動する拡大再生像が得られている。



(a) 物体モデル (b) 再生拡大像(z=55cm)  
(c) 再生拡大像(z=75cm) (d) 再生拡大像(z=95cm)  
図 3. 物体モデルと 10 倍拡大像の再生結果

## 5. まとめ

微小分割したフーリエ変換ホログラムを用いて 3 次元画像を拡大する方法を提案した。数値計算によるホログラム作成と液晶ディスプレイによる像再生実験を行い、無ひずみで拡大された再生像が出来ることを明らかにした。さらに、複数枚のフーリエ変換面ホログラムを用いて再生可能な奥行きを拡張する方法を提案した。奥行き方向に領域分けすることにより拡大比を上げ、再生可能な奥行き領域を拡張することが示された。

超音波ホログラムや電波ホログラムの可視化のためには 3 次元画像のさらなる高倍率化を実現する必要がある。今後の課題は、長波長ホログラムの可視化のために高倍率化することが課題として残されている。

## 文献

1. P. St. Hilaire, S. A. Benton, and M. Lucente, "Synthetic aperture holography : a novel approach to three-dimensional displays", J. Opt. Soc. Am. A9, pp. 1969- 1977, 1992.
2. M. Lucente, R. Pappu, C. J. Sparrell, and S. A. Benton, "Progress in holographic video with the acousto-optical modulator display", Proc. SPIE, 2577, pp. 2-7, 1995.
3. N. Hashimoto, K. Hoshino, and S. Morokawa, "Improved real-time holography system with LCDs", Proc. SPIE, 1667, pp. 2-7, 1992.
4. K. Sato, "Characteristics of kinoform by LCD and its application to display the animated color 3D image", Proc. SPIE, 2176, pp. 42-49, 1994.
5. Maeno, N. Fukaya, O. Nishikawa, K. Sato, and T. Honda, "Electro-holographic display using 15 Mega pixels LCD", Proc. SPIE, 2652, pp. 15-23, 1996.