

# レンズレスフーリエ変換デジタルホログラフィによる 三次元画像の広視野記録

## Digital Recording of 3-D Image with Large Visual Field by Using Lensless Fourier Transform Holography

○長岡努 富士川正樹 松島恭治  
○Tsutomu Nagaoka Masaki Fujikawa Kyoji Matsushima

関西大学工学部先端情報電気工学科  
Department of Electrical Engineering and Computer Science, Kansai University

### 1.はじめに

デジタルホログラフィとはホログラム干渉縞をイメージセンサで電氣的に記録して、その干渉縞パターンを計算機で処理して再生像を得る技術である。これにより、現像処理や再生光学系を必要とせずに深さ方向の情報を得ることができるため、主として計測技術としての研究が進んでいる。しかし、3次元画像技術としてみた時、イメージセンサの空間周波数の制約から、フレネル型ではセンサ面から遠く小さな物体しか記録できないという問題がある。そこで本研究では、センサ上での空間周波数を低下できるレンズレスフーリエ変換の構成[1]により三次元物体の記録を試みた。

### 2.レンズレスフーリエ変換ホログラムの記録

一眼レフデジタルカメラ Canon EOS Kiss Digital(3072×2048pixel,7.25μm×7.25μm)を用いた場合の視野(図1)の比較を表1に示す。

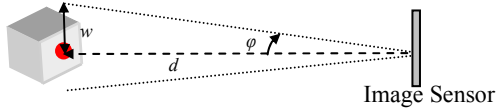


図1 デジタルホログラフィの視野

表1 デジタルホログラフィで記録される視野  
(センサピッチ:7.25μm, λ=532nm)

	W [cm]	d [cm]	φ [deg]
レンズレスフーリエ	2	~55	2.1
インラインフレネル	2	~86	1.3

レンズレスフーリエ変換ホログラムでは、球面波を参照光とするため干渉縞の空間周波数が低下し、広い視野で撮影できる。実際の記録に用いた光学系を図2に示す。本研究では、空間フィルタにより球面波参照光を作成した。表2に記録に用いたパラメータを示す。

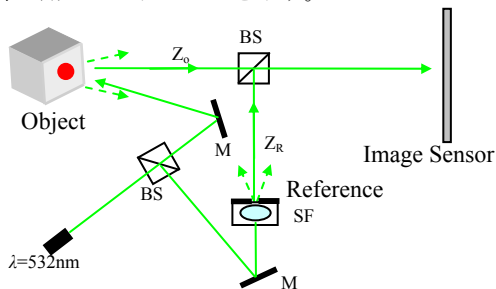


図2 記録光学系(BS: Beam Splitter, SF: Spatial Filter)

表2 記録時のパラメータ

レーザ波長 λ [nm]	532
物体光と参照光の強度比	1:1
シャッタースピード[s]	1/4000
物体とセンサの距離 Z <sub>0</sub> [cm]	64

### 3.レンズレスフーリエ変換ホログラムの計算機再生

デジタルカメラで記録した画像を計算機に取り込み、8bitグレイスケールに変換し、ガンマ補正を逆補正する。次に、ハイパスフィルタを通し物体光と参照光の干渉項のみの画像  $I_b(x,y)$  を得る。さらに次式を用いて被写体近傍での複素振幅  $g(x_0,y_0)$  を求める。

$$g(x_0,y_0) = \exp\left[\frac{jk}{2z_0}(x_0^2 + y_0^2)\right]$$

$$\times F^{-1}\{\exp[-jk(z_R + w_{OR}(x^2 + y^2))]\cdot I_b(x,y)\} \quad x = -f_x \lambda z_0, \quad y = -f_y \lambda z_0 \quad (1)$$

ここで、 $W_{OR} = (1/Z_R - 1/Z_0)/2$ 、 $k = 2\pi/\lambda$  であり、 $Z_R$  はセンサから空間フィルタまでの距離、 $Z_0$  はセンサから物体までの距離である。また、 $F^{-1}$  は逆フーリエ変換を表している。

### 4.再生像とまとめ

図3に  $I_b(x,y)$  のフーリエ変換像を示す。記録に用いた物体は 7[mm]角のサイコロである。この例では、 $Z_R \cong Z_0$  ( $W_{OR} \cong 0$ ) であるため、単純な逆フーリエ変換によっても再生像が得られる。(1)式により標本間隔を調整し、本来の物体位置に伝播計算した時の真の像を図4(a)に、共役像を(b)に示す。

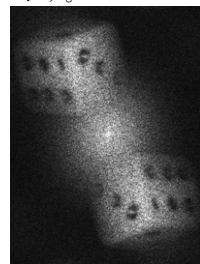


図3  $I_b(x,y)$  のフーリエ変換像

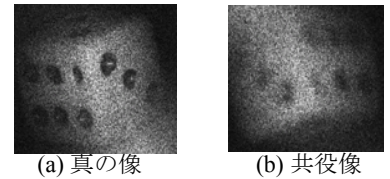


図4 伝播・拡大した再生像

(a)と(b)を比べると、(a)の方が(b)の共役像に比べてボケが少なく、明瞭に再生されていることがわかる。この様に、レンズレスフーリエ変換ホログラムでは細かな調整なしに、共役像と真の像の位置が点対称にずれるため、この性質を用いると比較的容易に共役像を分離することが出来る。

### 参考文献

[1] Wagner et al. : Appl. Optics **38**, (1999) 4812.