

# 正規化干渉縞を用いたインコヒーレントデジタルホログラフィによる物体光抽出

## Object wave extraction by incoherent digital holography using normalization method

埼玉大院理工 ○並木 翔馬, 吉川 宣一

Saitama Univ., ○Shoma Namiki, Nobukazu Yoshikawa

E-mail: s.namiki.686@ms.saitama-u.ac.jp

### 1. はじめに

デジタルホログラフィ(DH)は、干渉縞を記録し、回折計算で数値的に再生像を得る技術である。近年、インコヒーレントな光源にも対応できるインコヒーレントデジタルホログラフィが提案されている[1]。自然光や白色光に対してもDHが適用でき、従来のコヒーレントDHよりも分解能が2倍良いという特徴がある。この手法では、一定位相を用いた位相シフト法で物体光を抽出している。

任意の位相シフト量を用いる一般化位相シフト法として、正規化干渉縞を用いる位相推定法が提案されている[2, 3]。正規化干渉縞とは、干渉成分をベクトルとみなして正規化を行ったものである。

本研究では、正規化法を用いたインコヒーレントデジタルホログラフィを提案する。正規化法では干渉縞から直流成分を除去除去する必要がある。本研究では、ランダムに位相シフトされた干渉縞の平均を取ることににより、直流成分を推定できることを示す。

### 2. 原理

光学系を図1に示す。光源として白色LEDを用いた。波長フィルタ(中心波長532nm, 波長幅10nm)で波長を制限し、ピエゾデバイスを備えた平面ミラーで位相シフトを行った。f=1000mmの凹面ミラーを用いて曲率の異なる光波を作り、干渉成分をCCDカメラで記録した。

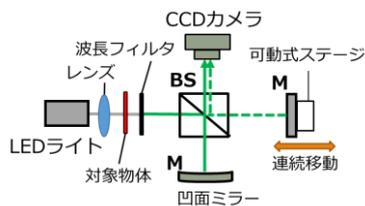


図1 光学系

干渉縞は、 $I_k = a_k + b_k \cos(\theta - \varphi_k)$ ,  $\{k = 1, 2\}$ と表すことができる。直流成分 $a_k$ は一般的にガウシアンHPFで除去する方法が用いられる。本研究では位相シフト量がランダム分布しているとき、複数枚の干渉縞の平均を取ると $\cos(\theta - \varphi_k)$ が統計的に0となる性質を用いて、直流成分のみを取り出し、除去するという手法を使用する。この手法を平均法と呼称する。

直流成分を除去した干渉縞を $\tilde{I}_n$ とすると、ノル

ムは $\|\tilde{I}_n\| = \sqrt{\sum_{k=1}^K b_k^2 \cos^2(\theta - \varphi_k)}$ と表すことができる。干渉縞の和 $\hat{I}_{sum} = \tilde{I}_1 + \tilde{I}_2$ と差 $\hat{I}_{dif} = \tilde{I}_1 - \tilde{I}_2$ とすると物体光 $|O|e^{j\theta}$ の振幅と位相は以下のような式で求めることができる。

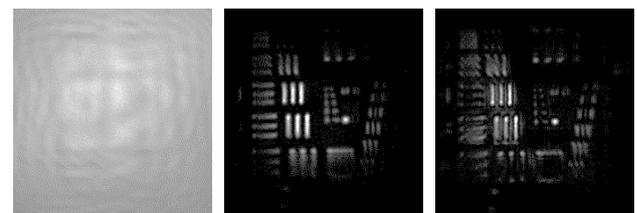
$$|O| \propto \sqrt{\left(\frac{\hat{I}_{sum}}{\|\hat{I}_{sum}\|}\right)^2 + \left(\frac{\hat{I}_{dif}}{\|\hat{I}_{dif}\|}\right)^2}$$

$$\theta \propto \tan^{-1}\left(\frac{\hat{I}_{dif}/\|\hat{I}_{dif}\|}{\hat{I}_{sum}/\|\hat{I}_{sum}\|}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\|\hat{I}_{dif}\|}{\|\hat{I}_{sum}\|}\right)$$

この式より、正規化法では位相シフト量を推定することなく、物体光の抽出を行うことができるという特徴がある。

### 3. 実験

テストチャートを計測対象として、正規化法による物体光抽出実験を行った。ステージを連続シフトさせながら45枚の画像を撮影した。図2にホログラムと再生像の振幅画像を示す。平均法の方が、ガウシアンHPFよりも鮮明な振幅画像を得られることがわかる。また、結果から約0.707本/mmまでの分解能があることがわかる。



(a)ホログラム (b)平均法 (c)ガウシアンHPF

図2 テストチャートのホログラムと再生像

### 4. まとめ

正規化法を用いたインコヒーレントデジタルホログラフィを提案した。平均法による直流成分除去と2step正規化法による物体光抽出がインコヒーレントDHで行えることを示した。

### 参考文献

- [1] J. Rosen, and G. Brooker, Opt. Lett., Vol.32(8),912-914 (2007).
- [2] Luo, L. Zhong, P. Sun, H. Wang, J. Tian, and X. Lu, Appl. Phys. B Lasers Opt. 119, 387-391 (2015).
- [3] 吉川宣一, 葛西敬介, 並木翔馬, 第64回応用物理学会春季学術講演会, 14p-F205-6 (2017).