

# スペックル照明を用いたデジタルホログラフィック顕微鏡の再生像の位相補正

室蘭工業大学大学院 生産システム工学系専攻\*・北海学園大学 電子情報工学科\*\*

○種田 壮志\*, 三木 碧\*, 船水 英希\*, 魚住 純\*\*, 相津 佳永\*

## 1. はじめに

デジタルホログラフィは、物体光と参照光の干渉縞であるホログラムを CCD カメラなどの固体撮像素子で記録し、コンピュータ上での数値計算により物体の三次元情報を再生する技術である。この技術を顕微鏡に適用したデジタルホログラフィック顕微鏡(DHM)<sup>1)</sup>の研究において、物体にスペックルを照射して、高空間分解能化および高画質化を実現する方法が提案されている<sup>2)</sup>。この方法のホログラム記録において、物体にスペックルを照射した際のホログラムと、照明に用いたスペックルのみのホログラムを別々に記録するため、実験工程が増加する問題がある。当研究室では、この問題を解消するホログラムの取得法を提案しているが、再生像に余分な二次位相分布が重畳して誤差の原因となる。本研究では、この二次位相分布を補正した結果を報告する。

## 2. ホログラム取得法と再生像の二次位相分布の補正

本研究のホログラム記録法の概略を Fig.1 に示す。CCD カメラにおける記録領域を、物体を含む領域 O (青枠) と含まない領域 R (赤枠) に二分割し、照射するスペックルパターンを領域 O から領域 R に並進移動させつつホログラム動画を記録する。この条件下において、時間経過につれて領域 O で物体を照射していたスペックルが、領域 R で記録されるので、ホログラム動画の各再生像の領域 R をトリミングした後に結合して、物体を照射しているスペックルパターンを再構成する。本研究ではホログラムの再生に二重回折法を使用するので、再生像に固有の二次位相分布が重畳し、誤差の原因となる。そのため、この位相分布を二重回折法の理論に基づき計算機により作成し、再生像の位相分布から減算して補正する。

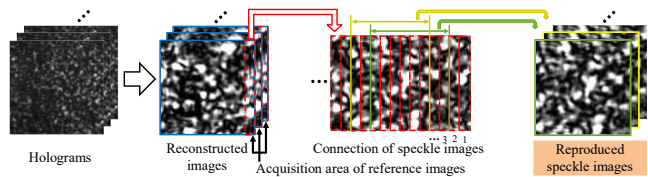


Fig.1 Schematic of the improvement of hologram acquisitions and the reproduction of speckle illuminations.

## 3. 実験系と結果

Fig.2 は本研究で用いたオフアキシス配置のレンズレス DHM の光学系である。物体光は拡散板により生じたスペックルを被検物体に照射して生成され、参照光には平面波を用いる。これらの光波によるホログラムを CCD カメラ (1024×1024 pixels, 3.45×3.45 μm<sup>2</sup>) で記録し、空間フィルタ法および二重回折法により再生する。被検物体には位相変調型のスターターゲットを用いた。拡散板を物体から 195.0 mm の位置に配置し、自動移動ステージで面内方向に 3.0 mm/s で並進移動させてスペックルを変化させる。従来法では、CCD カメラにより 140 fps で照明に用いるスペックルのホログラム動画と、それらで照明した物体のホログラム動画を別々に記録する。各動画の再生像を平均後に除算し、スペックル照明による空間的な複素振幅変調を除去する。この際に、スペックル照明が互いに無相関なホログラムを用いる。Fig.3(a)–(c)は従来法および提案法における位相補正の前後の再生像の平均位相分布を示している。再生像の平均化には 80 枚のホログラムを用いた。提案法では、領域 R を Fig.3(a) の 925–1024 列目に設定してトリミングした後に結合してスペックル照明の再生像を再構成した。これらの図から、提案法において位相補正が成功しており、補正後の位相分布においてはスペックルパターンの再構成の接続部にノイズが見られるものの、従来法と提案法で同程度の画質の再生像が得られたことが視覚的に確認でき、本提案法の有用性が確認された。

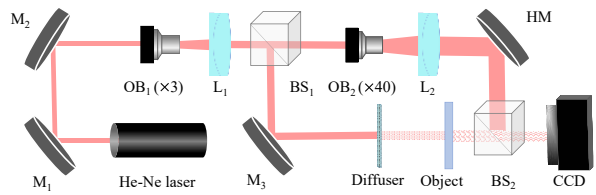


Fig.2 Experimental setup of DHM. M: mirror; OB: objective lens; L: lens; BS: beam splitter; HM: half mirror.

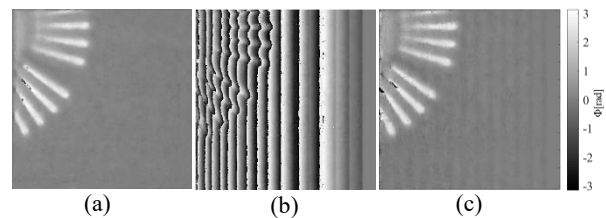


Fig.3 Phase maps of the reconstructed images in the (a) conventional method and the proposed method (b) without and (c) with the phase correction.

1) M. K. Kim: *Digital holographic microscopy*, (Springer, 2011).  
2) Y. K. Park et al.: *Opt. Exp.* 17 (2009) 12285.