

環状偏光子によるインコヒーレントデジタルホログラフィの画質改善

Image quality improvement for incoherent digital holography with annular polarizer

NHK 放送技術研究所¹、産業技術総合研究所²○高橋 真央¹、信川 輝吉¹、穂苅 遼平²、桑野 玄気²、栗原 一真²、萩原 啓¹、室井 哲彦¹NHK Sci. & Tech. Res. Labs.¹, AIST²○Mao Takahashi¹, Teruyoshi Nobukawa¹, Ryohei Hokari², Genki Kuwano²,Kazuma Kurihara², Kei Hagiwara¹, and Tetsuhiko Muroi¹

E-mail: takahashi.m-ob@nhk.or.jp

インコヒーレントデジタルホログラフィ (IDH: Incoherent Digital Holography) は、インコヒーレントな光の自己干渉でホログラムを形成し、3次元情報を取得できる。しかし、IDHではホログラムのコントラストが小さいためショットノイズが顕在化しやすく、再生像の画質が低下する課題がある。これまで、我々は2つの干渉光のうち、一方の光波に存在する非干渉領域の除去により、ショットノイズの影響を低減し、画質を向上できることを理論的に明らかにしてきた[1]。

本研究では、IDHにおける再生像の画質向上を目的とし、非干渉領域を除去可能な環状偏光子を考案し、本素子を導入した光学系を提案する。

Fig. 1 (a) に環状偏光子を導入した提案手法の IDH 光学系を示す。本光学系は、共通光路の干渉計で直交する2つの直線偏光を利用して、自己干渉のホログラムを記録する[2]。環状偏光子は、ポリカーボネートシートにナノインプリントで三角波型ナノ周期構造[3]を成形し、IDHの干渉光の直径に対応した円形のマスキングを中央部にあてがってアルミニウムを部分的に蒸着することで作製した (Fig. 1 (b), (c))。アルミニウム薄膜が形成された外周部は、ワイヤグリッド偏光子[3]として機能し、空間光変調器 (Spatial light modulator: SLM) で反射された垂直直線偏光の透過領域を狭小化する。一方、SLMで球面位相を付与された水平直線偏光は環状偏光子の作用を受けなく、撮像素子面まで伝搬する。環状偏光子は、金属薄膜の有無で偏光子の機能を選択的に実現するため、外周・中央部を透過する光波の光路長差は光源のコヒーレンス長より短く、インコヒーレント光で自己干渉のホログラムを形成できる。

提案手法の有効性を検証するために、USAF ターゲットを被写体として Fig. 1(a) の光学系で撮影実験を行った。Fig. 2 (a), (b) に従来手法[2]、提案手法それぞれの再生像を示す。従来手法と比べ

て、提案手法では背景ノイズが抑制された。定量的に画質を比較するために、明部 (青の矩形領域) の平均強度と、暗部 (橙の矩形領域) の平均強度の比をコントラスト比と定義し、各画像を評価した。従来手法と提案手法のコントラスト比は、それぞれ 1.86 と 2.69 となり、従来手法と比較してコントラスト比が 1.45 倍向上した。

以上の実験結果より、提案手法による画質向上の有効性を確認した。本手法は、IDHで不可避であったショットノイズの影響を低減するものであり、IDHの実用化に寄与することが期待される。さらに、環状偏光子の導入だけで非干渉領域を除去できるため、既存の IDH の光学系との親和性が高く、3次元撮像カメラや蛍光顕微鏡などさまざまなアプリケーションに有用である。

参考文献

- [1] 信川輝吉 他, 第 70 回応用物理学会春季学術講演会 16p-A303-7 (2023).
 [2] J. Rosen, *et al.*, *Nat. Photon.* **2**, 190 (2008).
 [3] R. Hokari, *et al.*, *Sci. Rep.* **13**, 13387 (2023).

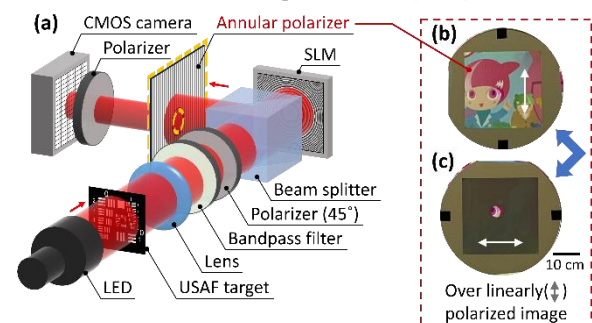


Fig. 1 Schematic of (a) proposed IDH system, and annular polarizer attached to the linearly polarized image, (b) parallel and (c) perpendicular to the transmission axis.

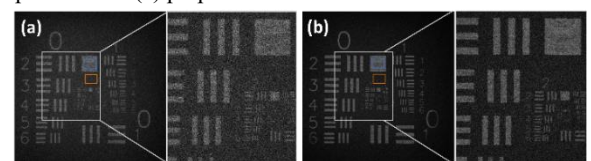


Fig. 2 Reconstructed images (a) without and (b) with proposed annular polarizer.