

# ロバストなシングルショット 位相シフトデジタルホログラフィのための 市松模様回折格子の作製

Fabrication of Chequerboard Diffraction Grating for  
Robust and Single-Shot Phase-Shifting Digital Holography

M23海自41

派遣先 Conference on Lasers and Electro-Optics/  
Europe - European Quantum Electronics Conferences  
(ドイツ・ミュンヘン)

期 間 2023年6月25日～2023年7月1日 (7日間)

申請者 青山学院大学 理工学部 電気電子工学科 助教 前田 智 弘

## 海外における研究活動状況

### 研究目的

位相シフトデジタルホログラフィは複数の位相シフト干渉縞から光波の位相分布を計測する技術である。これまでに光波に位相シフトを与える方式が様々提案されているが、シングルショットでの計測を実現するためには緻密な光学調整が避けられず、環境変動に対するロバスト性に課題があった。本研究では、シングルショットかつロバストな位相計測の実現を目指して提案している新しい位相シフト法について、キーデバイスとなる回折格子を作製して位相計測実験を行った結果について発表した。

### 海外における研究活動報告

#### 1. 参加会議の概要

2023年6月26日から6月30日の期間にドイツミュンヘンで開催されたConference on Lasers and Electro-Optics/Europe - European Quantum Electronics Conferences (CLEO®/Europe EQEC 2023)に参加し、研究発表を行ってきた。本会議は、2年に1度ミュンヘンで開催される

光学に関する最大規模の国際会議である。4年ぶりとなる対面開催となった本年は、半導体レーザや増幅器といった光デバイスに関する研究、センシングや通信、生体医療への光学応用研究、光学材料の製造技術やレーザによる材料加工技術などを議題として、口頭とポスターの合計で1759件の研究発表がなされた。

#### 2. 発表内容および得られた成果

位相シフトデジタルホログラフィは、2光波間に位相シフトを与えて取得した複数の干渉縞を用いることで、光波の位相分布を定量的に取得することができる技術である。従来法である空間分割位相シフト法は、位相シフトデジタルホログラフィの実現に必要な複数の位相シフト干渉縞を一括で取得することができるため、生体細胞など形状が時間変化する試料の計測に適している。しかし、参照光に位相シフトを与える位相シフトアレーデバイスと撮像素子との間に厳密な位置調整が必要となる。これに対して、我々は回折格子によって生じる回折光の伝搬角が位置に依存せず一定となることを利用した、干渉縞の一括取得

が可能でありながら光学調整の煩雑さから解放される全く新しい位相シフト方式を提案している。提案法では、試料からの物体光に対してフーリエ面に設置した回折格子を通過させることで、物体光波面の複製を得る。このとき生じる複製の間には、回折格子の空間位置に依存した位相シフトが生じるため、すべての複製に均一な平面波を照射することで複数の位相シフト干渉縞を一括で取得することができる。複製が生じる空間位置は回折格子の格子間隔のみによって決定されるため、撮像素子と回折格子との間に厳密な位置調整を必要としない。

発表では、提案法におけるキーデバイスである回折格子を作製し、提案法による計測性能を評価した結果について報告した。回折格子はガラス基板に対してフォトリソグラフィにより市松模様パターンを描画し、プラズマエッチングにより凹凸構造を形成することによって作製した。作製した回折格子を通過した物体光は図1(a)に示すように四方に複製された。これらの複製に対して参照光を照射したところ、図1(b)に示すようにコントラストの異なる干渉縞が生じたこと

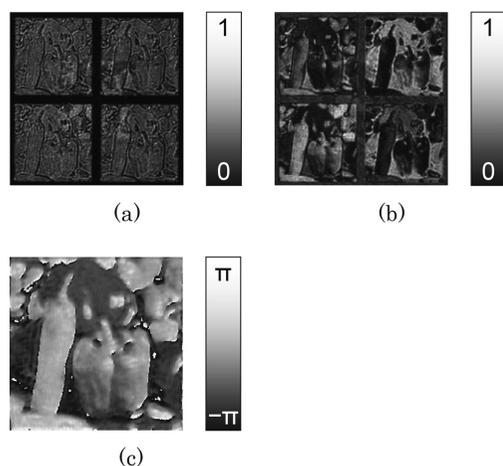


図1 実験結果 (a) 複製された物体光の強度分布 (b) 参照光との干渉によって生じた干渉縞 (c) 干渉縞から再生された物体光の位相分布

から、複製間に位相シフトが与えられていることを確認した。得られた干渉縞画像を分割して位相分布を算出した結果、図1(c)に示すように物体光に与えた二次元画像が正しく再生された。

質疑応答では、作製された回折格子の回折効率について質問があった。本手法では、市松模様回折格子から生じる1次回折光のみを扱い、高次の回折光についてはイメージセンサに入射しないことから議論の対象としていなかった。高次の回折光成分はエネルギー損失となるだけでなく、迷光となり計測精度の低下を引き起こす可能性もある。議論を通じて高次回折光の抑制など今後の課題を発見する機会が得られた。

また、本発表が割り振られたセッション Instrumentation for optical sensing and microscopy では、光計測技術という幅広い枠組みで講演が集まっており、光メタサーフェスや光周波数コム、チャープ体積ブラッグ回折格子など、様々な興味深い研究に触れることができた。発表セッション以外でも、近年の潮流である機械学習と光学処理を組み合わせた技術に関する基調講演は極めて興味深い内容であった。

### 3. 謝辞

本会議の参加により、研究成果の公表のみならず、聴講を通じた幅広い知見の獲得や研究者間ネットワークの拡大など、極めて多くの成果が得られました。本会議に参加するにあたりご支援いただいた、村田学術振興財団に深く感謝申し上げます。

#### この派遣の研究成果等を発表した 著書、論文、報告書の書名・講演題目

T. Maeda, S. Yanase, H. Sotobayashi, and K. Akahane, "Fabrication of Chequerboard Diffraction Grating for Robust and Single-Shot Phase-Shifting Digital Holography," 2023 CLEO/Europe-EQEC Conference Digest, CH-7.1, Munich, Germany, June 2023.