光相関シングルピクセルイメージングによる複素振幅像の再構成

Reconstruction of complex amplitude image by optical correlator-based Single Pixel Imaging

電気通信大学 ○(M2)新垣 駿太郎, (M1)中尾 海都, (D)星沢 拓, 渡邊 恵理子

The Univ. of Electro-Communications,

°Shuntaro Aragaki, Taku Hoshizawa, Kaito Nakao and Eriko Watanabe

E-mail: farco@fourier.ghrdp.uec.ac.jp

1. はじめに

二次元撮像素子を利用しない新たなイメージングとして単一画素検出器を用いた Single Pixel Imaging (SPI)が注目されている[1, 2]。特に物体の振幅情報のみならず屈折率に依存する位相情報も含めた複素情報のイメージングに関して Single pixel-digital holography (SPDH)[3]が提案されている。しかし位相変調パターンを表示するために空間光変調器を用いていることから高速性に課題がある。我々は複素振幅パターンと対象物体との相関を 2.4 Mframe/sec の速さ[4]で照合することが可能な光相関器と SPI を融合した光相関イメージング[5]を提案し、高速に対象物体を再構成することを示してきた。

本研究では、光相関イメージングにおいて複素振幅情報を再構成可能な新しい光相関 SPI を提案し、シミュレーションにより評価する。

2. 光相関 SPI システムによる複素振幅像の再構成

複素振幅再構成のための光相関 SPI の原理について、Fig. 1 の光学系を参照し概説する。Fig. 1(a)に示す通り、光相関 SPI 用の複素符号化パターンを物体光と参照光の干渉によりホログラフィックディスクに記録する。参照光は点光源、物体光は 0, π/2, π, 3π/2 の位相シフトを適用した 256 枚のアダマールパターン P_n として、物体光と参照光の干渉パターンを記録する。Fig. 1(b)に示す通り、相関プロセスでは記録プロセスにおける物体像の位置に対象物体を配置し、コヒーレント光を照射することで相関演算を行い、各位相シフトに対応する相関信号 $I_{n,0}$, $I_{n,\pi/2}$, $I_{n,\pi}$, $I_{n,3\pi/2}$ を取得する。ここで相関信号の取得時に、ピンホール開口を設置し、その強度のみを抽出することが重要である。得られた相関信号を元に位相像 O_{recon} を再構成する。再構成には(1)式を用いる。

$$O_{\mathrm{recon}} = \sum_n y_n P_n \qquad (1)$$

$$y_n = \left[\left(I_{n,0} - I_{n,\pi}\right) - j\left(I_{n,\pi/2} - I_{n,3\pi/2}\right)\right]/4$$

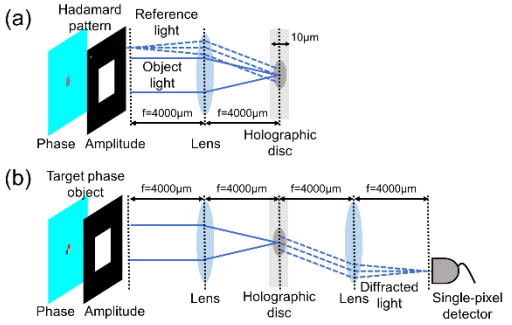

Fig. 1. (a) Recording and (b) correlation process

3. シミュレーションによる光相関 SPI の複素振幅再構成像の評価

光相関 SPI システムに対し、対象複素振幅物体の再構成像をシミュレーションにより評価した。Fig. 2(a), (b)に対象とする位相物体例、Fig. 2(c)にそのシミュレーション結果の一例を示す。複素振幅像再構成のための光相関 SPI では、相関信号取得時の開口サイズが再構成像の精度に影響する。そこで参照光の半値全幅(FWHM)と回折光を取得する際の取得開口の大きさの依存性を調査し RMSE で定量的な評価を行った。半値全幅または取得開口が大きいとき、RMSE が大きくなり、誤差が大きくなる。これにより、参照光はできる限り理想的な点光源に近づけること、また相関信号光を取得する際も適切なピンホール開口を使用することが複素振幅像の再構成精度を高めるために必要であることが分かった。

今後はこのシミュレーション結果をもとに実験を行い、実際に光相関器を用いて複素情報が再構成できることを実証する。

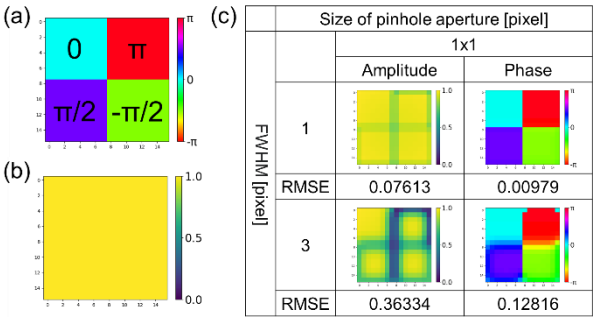

Fig. 2. (a) Phase and (b) amplitude of target object and (c) reconstructed objects

謝辞

本研究は学術変革領域研究(A) A20H05888 の成果である。

参考文献

[1] W. L. Chan et al., *Appl. Phys. Lett.* **93**, 121105 (2008).
[2] R. Usami et al., *Opt. Lett.* **45**, 25 (2020).
[3] L. Martínez-León et al., *Opt. Express* **25**, 4975 (2017).
[4] K. Ikeda et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **55**, 09SC01 (2016).
[5] A. Inoue et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **58**, SKKA02 (2019).

© 2021年 応用物理学会