

量子化誤差低減アルゴリズムに基づくシングルショットタイコグラフィ

Single-shot ptychography based on quantization-error reduction algorithm

○ 福井 美音, 小倉 裕介, 谷田 純 (阪大院情)

○ Mio Fukui, Yusuke Ogura, and Jun Tanida (Osaka Univ.)

E-mail: m-fukui@ist.osaka-u.ac.jp

回折イメージングの一種であるタイコグラフィ[1]は、隣り合う照明領域が重複するように物体面をコヒーレント光で走査し、得られた複数枚の回折像から反復法によって物体の複素振幅情報を取得する手法である。位相情報は、特に生体の状態観察や機能解析に重要であり、顕微鏡などへの応用も進められている。しかし、タイコグラフィで広視野・高精度な物体情報を取得するためには多数の回折像が必要であり、動く物体への適用には工夫が必要である。

我々は、偏光と撮像位置を変化させた複数の回折像を一括で撮影し、物体の複素振幅情報を取得するシングルショットタイコグラフィ[2]の検討を進めている。本研究では、回折像撮影における量子化の影響を低減するためのアルゴリズム考案し、2台の撮像素子を用いた光学系によるシングルショットタイコグラフィの能力を計算機実験により検証した。

アルゴリズムにおいては、Ptychographic Iterative Engine (PIE)[3]を基に回折面の拘束条件を改良した。具体的には、推定した連続値と測定した離散値を画素ごとに選択的に適用する量子化誤差低減アルゴリズム (QER) を導入した。14-bit で量子化された回折像の取得枚数に対する物体像と再構成像の複素振幅情報の正規化最小二乗誤差 (NRMSE) を用いて、従来法と比較した結果を Fig.1 に示す。本手法では、同等の NRMSE となるために必要な回折像の枚数を大幅に削減できることがわかる。これは、シングルショットタイコグラフィの実装の簡素化に有効である。

この結果に基づき、Fig.2 に示すような2台の撮像素子を用いて4枚の回折像を取得するシングルショットタイコグラフィの光学系を設計した。コヒーレン

ト光を偏光状態により2方向に分離し、照射領域を一部重ねて異なる角度で物体を照明する。物体からの光をビームスプリッタによって分割し、レンズの焦点位置とデフォーカス位置の各位置で両偏光の回折像を取得する (Fig.3(a),(b))。各偏光の0次光成分の位置を中心とした2つの偏光の回折像を計4枚取得し、QERを用いて物体情報を再構成する。

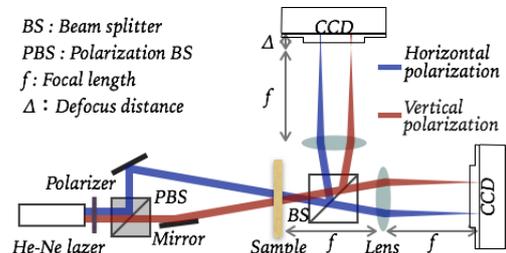


Fig. 2: Optical system of single-shot ptychography

計算機実験では、レンズの焦点距離を 50mm、デフォーカス距離を 10mm とし、物体 (振幅: Fig.3(a), 位相: Fig.3(b)) の4枚の回折像 (Fig.3(c),(d) 枠線内) を生成した。これらの回折像から再構成した物体の複素振幅情報を Fig.3(e),(f) に示す。物体像と再構成像の RMSE は 0.042 であり、QER によるシングルショットタイコグラフィの基本能力を確認できた。

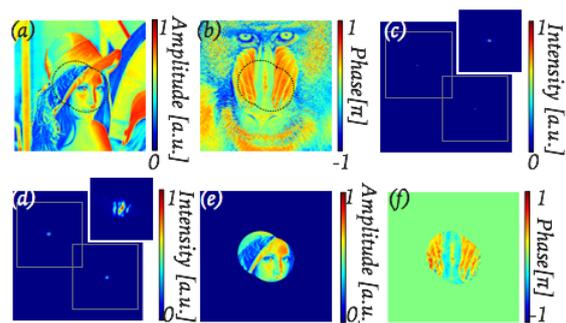


Fig. 3: Simulation results:(a)amplitude and (b)phase of sample(broken-line circle: illumination area), (c) and (d)diffraction patterns at focal plane and defocus plane (upper right: magnified patterns), and (e)reconstructed amplitude and (d)phase

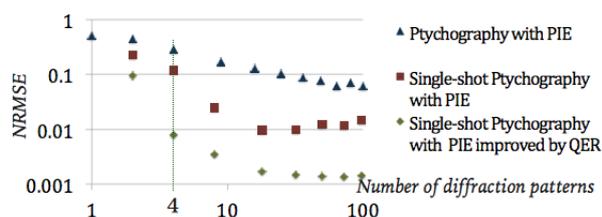


Fig. 1: NRMSE error for these systems

- [1] J. M. Rodenburg, Advantage in Imaging and Electron Physics, Vol.150, pp. 87-184, (2008).
- [2] Mio Fukui *et al.*, JSAP-OSA Joint Symposia, 15p-2F-1 (2015).
- [3] J. M. Rodenburg, *et al.*, Appl. Phys. Lett., Vol.85, No.20, pp.4795-4797 (2004).