

## 偏光とデフォーカスを利用したワンショットタイコグラフィ

## One-shot ptychography using polarization and defocus

大阪大学大学院情報科学研究科 ○小倉裕介, 谷田 純

Osaka University ○Yusuke Ogura, Jun Tanida

E-mail: ogura@ist.osaka-u.ac.jp

タイコグラフィは、照明光をシフトさせながら物体の回折像を複数回撮影し、得られた画像群から、反復アルゴリズムを用いて物体の複素振幅分布を推定する手法である。<sup>1)</sup> 干渉が不要な方式であるため、簡便なシステム構成で低ノイズの複素振幅分布を取得することができる。ただし、照明光をシフトさせるためには何らかの走査が必要となり、走査速度がしばしば撮影時間の律速要因となる。そこで、条件の異なる回折像を同時に撮影し、一括取得した画像群から物体の複素振幅分布を推定するワンショットタイコグラフィを提案する。本研究では、その一例として、偏光とデフォーカスを利用する手法について検討した。シミュレーションにより、複素振幅分布を高精度に推定できることを確認し、光学系の条件に対する性能を評価した。

Fig. 1 に想定する光学系の概略を示す。直交する二つの直線偏光の平面波を一部重複させ、物体へ同時に照射する。焦点距離  $f$  のレンズの焦平面、および、そこから  $\Delta$  だけ離れたデフォーカス面において、各偏光に対する回折像をそれぞれ撮影し、物体の複素振幅分布を推定する。この光学系で得られる回折像  $I(x, y)$  は、物体の複素振幅分布を  $U_o(\xi, \eta)$ 、波長を  $\lambda$  とすると

$$I(x, y) = \left| \iint U_o(\xi, \eta) \exp \left[ j \frac{2\pi}{\lambda} W_m (\xi^2 + \eta^2) \right] \exp \left[ -j \frac{2\pi}{\lambda} (\xi x + \eta y) \right] d\xi d\eta \right|^2$$

と書ける。ここで、 $W_m = \frac{\Delta}{2f^2}$  はデフォーカス量を表すパラメータである。

まず、 $W_m$  の大きさと物体推定精度の関係を評価した。評価指標として、理想撮影画像と、推定物体分布から得られる回折像の平均二乗誤差  $E_{\text{rms}}$  を用いた。この結果、 $W_m$  を  $3\lambda$  以上とすると、 $E_{\text{rms}}$  はほとんど変化しなかった。 $W_m = 3\lambda$  のときの物体推定の例を Fig. 2 に示す。 $E_{\text{rms}}$  は 5 回試行の平均で 0.0005 程度、最大は約 0.001 であった。次に偏光のクロストークの影響について調べた。クロストークがある場合の各偏光で得られる回折強度分布  $\hat{I}_1, \hat{I}_2$  を、クロストークがない場合の回折強度分布  $I_1, I_2$ 、クロストーク量のパラメータ  $\alpha$  を用いて  $\hat{I}_1 = (1 - \alpha)I_1 + \alpha I_2$ 、 $\hat{I}_2 = \alpha I_1 + (1 - \alpha)I_2$  として求めた。このとき、 $\alpha < 0.001$  の場合に  $E_{\text{rms}}$  が 0.001 以下に抑制され、クロストークの影響はほとんどない (Fig. 3)。一般の偏光素子の消光比を考慮すると、この性能は十分達成できる。これらの結果は、偏光とデフォーカスを用いるワンショットタイコグラフィの有効性を示唆する。

参考文献 1) A. M. Maiden, *et al.*, *Opt. Lett.*, **35**, 2585 (2010).

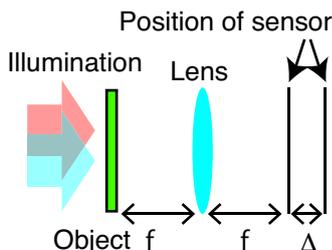


Fig. 1: Assumed system

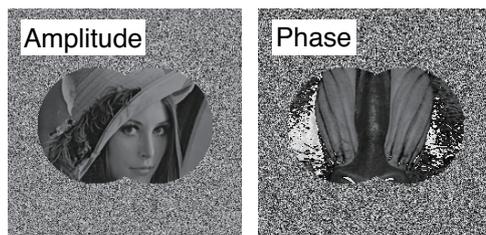


Fig. 2: Example of recovering

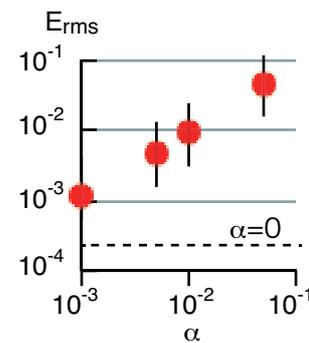


Fig. 3: Evaluation on crosstalk