

ラゲールガウスビームによるフーリエタイコグラフィの最適化

Optimization for Fourier ptychography with Laguerre-Gaussian beam

茨大院理工 鵜野 克宏, (M2) 鬼藤 将平

Graduate School of Sci. and Eng., Ibaraki Univ., Katsuhiro Uno, (M2) Shohei Kito

E-mail: katsuhiro.uno.catsin3@vc.ibaraki.ac.jp

1. はじめに

フーリエタイコグラフィで物体の位相回復を行う場合、通常 TEM00 モードのガウスビームを用いるよりも、軌道角運動量を有するラゲールガウス(LG)ビームを用いたほうが、位相の回復精度が高いという結果が出ている[1]。しかし、LG ビームには、動径方向と方位角方向の次数によって様々な強度分布、位相を有する。さらに、測定物体に照射するビームの半径、フーリエタイコグラフィにおける初期推定ビーム開口の大きさについては、適切な設定が出来ていない。我々は、位相回復精度が最も高くなる LG ビームの次数、ビーム半径、初期推定ビーム開口について検証した。本稿では、様々な種類の LG ビームを用いたフーリエタイコグラフィのシミュレーション結果を報告する。

2. 照射ビーム半径の最適化

1ピクセルを20 μm とし、256 $\times$ 256ピクセルの画像に対してどの大きさのビーム半径を持つ LG ビームが最も位相回復精度が高くなったかを図1に示す。



図1 各ビーム半径によるエラー収束値と反復回数

ここで1ピクセルは20 μm 、波長は532nm、LG ビームの動径方向の次数 p を2、方位角方向の次数 l を2としている。図1より照射する LG ビーム半径は16 ピクセル程度、つまりビームに含まれるピクセル数が約800 ピクセル程度が最適であることがわかった。

3. 初期推定ビーム開口の最適化

フーリエタイコグラフィによる反復位相回復計算において、初期推定プローブビームの開口の大きさについて検証結果を図2に示す。

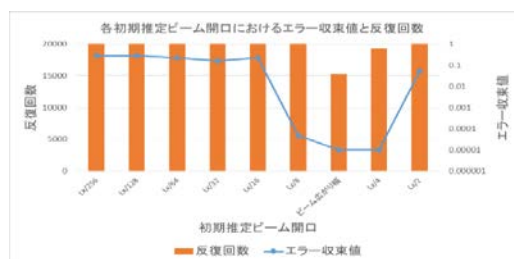


図2 各初期推定ビーム開口におけるエラー収束値と反復回数

ここでのビーム広がり幅とは、強度分布の動径方向の分散の指標であり、 $\sqrt{2p+|l|+1}$ ×ビーム半径で表される。図2より初期推定ビーム開口の大きさは、ビーム広がり幅と同じ場合が、最適された開口であると言える。

4. ラゲールガウスビームの次数による精度の比較

上記の結果から、ビーム半径を16 ピクセル、初期推定ビーム開口の大きさを各ビームの強度分布の大きさと同様に設定し、LG ビームの動径方向の次数 p (= 0.1.2)と方位角方向の次数 l (= 0.1.2)の組み合わせ9種類の LG ビームを用いて、位相回復計算を行った場合の、位相回復精度を図3に示す。

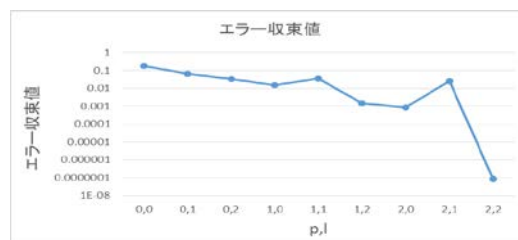


図3 各次数によるエラー収束値

これより、LG ビームの各次数が増えるにつれて、位相回復精度も高くなった。

5. まとめ

LG ビームのビーム径、初期推定、およびビームの次数を最適化することにより、位相回復の精度が向上することがわかった。

参考文献

- [1] 鬼藤 将平、鵜野 克宏:「ラゲールガウスビームによる位相回復」 第67回応用物理学会 12a-PA1-2 (2020).