

コリニア型配置を用いた光電場再生に基づく 光渦のラゲールガウスモード展開

Laguerre-Gaussian mode expansion of optical vortices based on electric-field reconstruction with a collinear configuration system

○ 中嶋 奨太¹、山根 啓作^{1,2}、鈴木 雅人¹、戸田 泰則^{1,2}、森田 隆二^{1,2}

(1. 北大院工、2. JST-CREST)

○ Shota Nakajima¹, Keisaku Yamane^{1,2}, Masato Suzuki¹, Yasunori Toda^{1,2}, Ryuji Morita^{1,2}

(1.Hokkaido Univ., 2.JST-CREST)

E-mail: s_naka@eng.hokudai.ac.jp

現在、光渦は様々な研究への応用が期待されており、その発生のみならず定量的評価を行う技術は極めて重要である。光渦の特異な性質は螺旋状の等位相面に起因し、方位角方向の指数 l によって特徴づけられる。したがって指数 l に関する光渦電場の展開である軌道角運動量分解を行うことが光渦の定量的評価としては最も重要であり、コンピューター生成ホログラムを用いた手法などにより実証されてきた。しかし軌道角運動量分解は方位角方向の指数 l について光渦を展開しているにすぎず、固有伝播モードによる展開ではない。ゆえに、より詳細な光渦の定量的評価を行うためには、固有伝播モードであるラゲールガウスモードにより光渦を展開することが重要である。

我々は前回、光電場再生¹⁾に基づいた固有伝播モード展開を報告した²⁾。この方法ではまず、被測定光渦パルスと参照平面波光パルスをノンコリニア型配置で空間的に干渉させる。次いで、発生した干渉像を取得して空間フーリエ変換を行い、それら2つの光波の交差角により生じた空間キャリアで変調された成分をフィルタリングにより抽出し、その成分から光電場の空間分布情報を取得している。しかし、空間周波数領域においてフィルタリングを行っているため、点光渦など電場分布において急激な空間的变化を持つような光波に対しては、フィルタリングによる帯域制限の影響を大きく受け、光電場再生の精度が大きく低下してしまう。こうした帯域制限の影響は比較的高い空間キャリア周波数すなわちビームの交差角を大きくすることで軽減できる。しかし一方で、被測定光が有限な時間コヒーレンスを持つ光パルスなどの場合、干渉縞のコントラストが時空間結合の影響を受け、光電場再生の精度が低下する。こうしたトレードオフは空間周波数フィルタリングを行う限りは避けることができない。

そこで、今回我々は空間周波数領域におけるフィルタリングを伴わない光電場再生法により上記トレードオフによる制限の解決を試みた。まず先行研究¹⁾とは異なり、被測定光パルスと参照光パルスはコリニア型配置で合波させる。これにより上述の時空間結合による悪影響を避けることができる。次いで、被測定光に対する参照光の遅延時間を変化させて画像を撮影する。得られた複数の画像は遅延時間に対して周期構造すなわち時間キャリアを有している。ゆえに先行研究¹⁾と同様に複数画像の遅延時間軸に対するフーリエ変換法³⁾を実行すれば、光電場再生が可能となる。この方法は空間周波数フィルタリングが不要であり、空間分解能が損なわれないという利点を持つ。

$l=2$ の点光渦を測定対象とした結果として、Fig. 1(A) に被測定光の強度分布、Fig. 1(B) にノンコリニア型配置を用いて再生した強度分布、Fig. 1(C), (D) にそれぞれコリニア型配置を用いて再生した強度、位相分布を示す。これらの図の比較から、今回の方法では特異点とその周辺の強度分布まで忠実に再生が行われていることがわかる。現在、前回報告したラゲールガウスモード展開²⁾による評価を進めている。講演ではこれらの詳細について発表する。

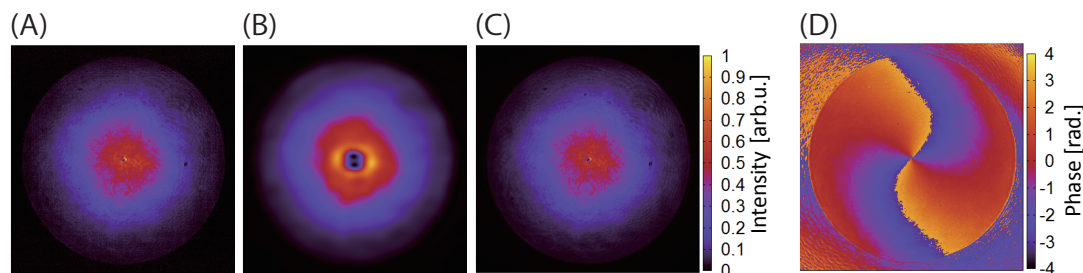


Fig. 1: (A) Captured point vortex, (B) reconstructed intensity profile by the previous method¹⁾, (C) reconstructed intensity and (D) phase profiles by the new method.

References

- 1) K.Yamane et al., New J.Phys. **16**, 053020 (2014).
- 2) 山根他、第 62 回応用物理学会春季学術講演会講演予稿集 12p-A15-14 (2015 東海大学 湘南キャンパス).
- 3) M.Takeda et al., J. Opt. Soc. Am. **72**, 156-160 (1982).