

光電場再生に基づいた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

○山根 啓作^{1,2}、中嶋 奨太¹、鈴木 雅人¹、戸田 泰則^{1,2}、森田 隆二^{1,2} (1. 北大、2.JST-CREST)

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

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

E-mail: k-yamane@eng.hokudai.ac.jp

近年光渦を用いた様々な応用研究が盛んに行われているが、そのポテンシャルを十分活かすためには、発生及び評価のための基盤技術開発は欠かすことができない。光渦の発生としてはコンピューター生成ホログラム (CGH) や螺旋位相板など複数の手法が存在する。その一方で、“定量的な” 評価法としては、ほとんどの場合 CGH を用いた軌道角運動量分解スペクトル計測法が用いられてきた。

軌道角運動量分解スペクトルは光渦の定量評価を与える重要な指標であり、トポロジカルチャージに対する光波のエネルギー分布を与える。しかしながら、その分布はしばしば誤って理解されているように、ラゲールガウスモードによる固有伝播モード展開を与えるわけではない。

軌道角運動量分解とはトポロジカルチャージすなわち方位角方向の指数 m のみによる光電場の展開に基づいている。指数 m に加え動径方向の指数 p をも用いたラゲールガウスモードによる固有モード展開は、より詳細な光源評価や光渦と物質系との相互作用のより深い理解などにつながる。

こうした固有伝播モード展開に関しては CGH を利用した内積に基づく先行研究が報告されているが¹⁾、幾つか問題点が存在する。第一に展開する基底固有関数に対応したホログラムを切り替えながら多数のデータを測定する必要がある。さらに、そもそも測定対象の光波をホログラムで生成しており、完全に未知の指数 (m, p) に適用されていない。これらは測定光波の状態が未知で複雑な場合には非常に長い測定時間が必要になり得ることを意味する。

我々は光波の干渉を用いた独自の光渦の軌道角運動量分解スペクトル計測法を報告している²⁾。今回我々は本手法を拡張することによって、指数 (m, p) の両方を用いたラゲールガウスモード展開を行う新しい手法を提案する。まず以前の我々の報告と同じく²⁾、フーリエ変換法を用いて光電場を得た後、方位角方向の指数 m について光電場を展開する。さらに今回我々は展開された電場に対して、ラゲールガウス基底関数との内積を計算機によって実行することによって固有モード展開を行なう。先行研究¹⁾とは異なり固有モード展開は全て計算機の内部で行うため、 (m, p) が全く未知の場合でも、煩雑かつ長時間の実験を伴うことなく非常に高速な評価が可能となる。

$m = 2$ の光渦²⁾ に対して干渉像を計測し、 $m = 2$ の成分に対するラゲールガウスモード展開を行なった結果を Fig. 1 に示す。展開した電場を用いて電場を再合成したところ、展開前の電場とほぼ一致し、光電場の固有モード展開が行われていることも確認している。講演ではこれらの詳細について発表する。

References:

- 1). C. Schulze et al., New J. Phys. **15**, 073025 (2013).
- 2). K. Yamane et al., New J. Phys. **16**, 053020 (2014).

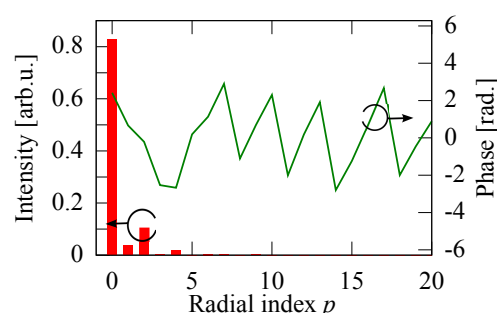


Fig. 1: Intensity and phase as a function of radial index p .