

偏光における幾何学的位相を利用した軌道角運動量分解素子の開発

Development of orbital-angular-momentum sorter for optical vortices by use of geometric phase in polarization

○ 山根 啓作¹、渡辺 悠歩¹、岡 和彦²、戸田 泰則¹、森田 隆二¹ (1. 北大、2. 弘前大)

○ Keisaku Yamane¹, Yuho Watanabe¹, Kazuhiko Oka², Yasunori Toda¹, Ryuji Morita¹

(1.Hokkaido Univ., 2.Hirosaki Univ.)

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

光渦は螺旋状の波面を有する光波として知られ、その特異な性質を生かした様々な応用研究が現在進められている。光渦のモード分解技術は、光渦の発生技術とともに光源の定量的評価、分光応用、空間分割多重通信などにおいて非常に重要な基盤技術とされる。その際、光渦の特異な性質の起源である波面の螺旋性を特徴づけるモード指数 m について光波を展開することがまず求められる。これは軌道角運動量 (OAM) 分解と呼ばれ、様々な手法が実証されてきた。

近年、光波の幾何学的変換を利用した OAM 分解法が提案された¹⁾。本手法の特筆すべき点として、原理的に無損失かつ可逆な変換が可能であるなどの特徴が挙げられ、特に空間分割多重通信への適用が期待されている。その際に利用される位相シフト関数が比較的複雑であるため、実証実験においては当初液晶空間変調器 (SLM) が用いられてきた。しかし、SLM は比較的高価かつ装置規模が大型化してしまうなどの問題があることから、樹脂など透明材料を利用した固定型の素子開発が進められつつある。加工の手法としては切削加工²⁾ やナノレベルの 3D プリンティング³⁾ などの手法が提案・実証されているが、素子厚みを波長オーダーで高精度に制御する必要があり、必ずしも高精度な試作が達成されているとは言い難い。我々はこうした問題を解決するため、偏光における幾何学的位相を利用した軌道角運動量分解素子を開発したので報告する。

今回開発したのはいわゆるパターンリターダーと呼ばれる素子であり、場所に依存した速軸方位を持つ半波長板である。半波長板に対して円偏光を入射する時、速軸の方位角に対応した位相が入射光波に付与される。ゆえに速軸方位の空間的な分布を制御すれば空間的な位相シフトの分布の制御が可能となる。素子サイズにもよるが、素子厚みの制御よりも速軸方位の制御の方が高精度に行えると期待できる。今回開発した素子を用いて行なった軌道角運動量分解実験の結果を図 1 に示す。入射光は $m = 2, -2$ であり、理想的な場合 (図中 (simu.)) とほぼ同等な性能を有することが確認された。一方、先行研究²⁾ ではそれぞれのピークは理想的な場合のほぼ倍となっており、クロストークの著しい悪化が起きていることが推察され、本手法の優位性が示された。我々はサニャック干渉計を併用することによりさらなる性能向上にも成功しており、講演ではそれらの詳細について報告する。

References:

- 1) G. C. G. Berkhout et al., Phys. Rev. Lett. **105**, 153601 (2010).
- 2) M. P. J. Lavery et al., Opt. Express **20**, 2110–2115 (2012).
- 3) S. Lightman et al., Optica **4**, 605–610 (2017).

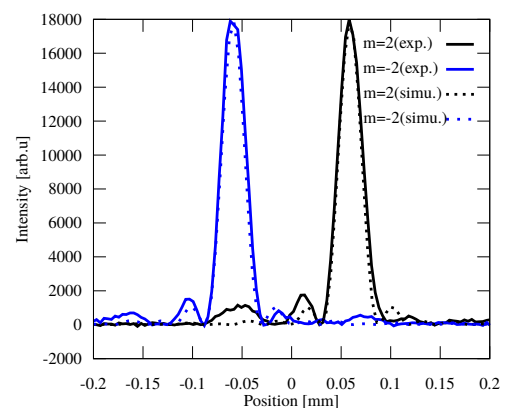


Fig. 1: Results of OAM decomposition for optical vortices with topological charges of $m = 2$ and -2 .