

光波の3次元構造により液晶内に誘起される光トルク Optical Torque in Liquid Crystal induced by Three-Dimensional Vectorial Characteristic of Optical Field

小林 弘和
Hirokazu Kobayashi

高知工科大学システム工学群
Kochi University of Technology, School of System Engineering

らせん状の位相波面を持つ光渦に代表される空間構造光は、 z 軸に伝搬する平面波のように一定の伝搬方向を仮定して、それに垂直な電場の振幅と位相を制御して活用するのが一般的である。しかし、実際に生成される光ビームの伝播方向を表す波数ベクトル \mathbf{k} の分布は拡がりを持ち、それに垂直な電場ベクトル \mathbf{E} は z 軸成分 E_z （縦電場）を持つ。この E_z の振幅・位相分布は、基本ガウスビームであったとしても、偏光に応じて光渦と同様の空間構造を有する（図1参照）。本講演ではこのような縦電場のトポロジーを介して分子に誘起される光トルクを、液晶の再配向によって観測した結果を紹介する。

液晶分子は楕円体の形状を持ち、長軸の配向方向に対して斜めに電場を印加すると、長軸方向の電場で生じる分極に対して短軸方向の電場によるトルクが発生する。光波の電場 \mathbf{E} と液晶配向方向の角度を θ とすると、誘起される光トルクの大きさは $\Gamma \propto |\mathbf{E}_z \times \mathbf{E}_\perp| = E^2 \sin 2\theta$ で表わされる[1]。ここで \mathbf{E}_\perp は xy 平面内の電場（横電場）ベクトルである。薄いガラスセル内で壁面に垂直に配向した液晶分子に対して拡がりながら伝搬するガウスビームを入射すると、縦電場と横電場それぞれの分布の積に比例した液晶分子の再配向が起こる[2]。このような縦電場を含む光波による液晶の配向制御

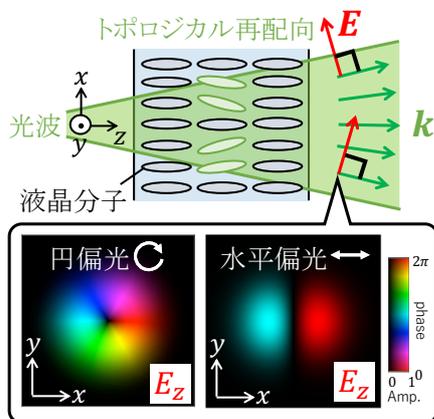


図1. 拡がりながら伝搬する光波の z 方向電場（縦電場） E_z と液晶のトポロジカル再配向

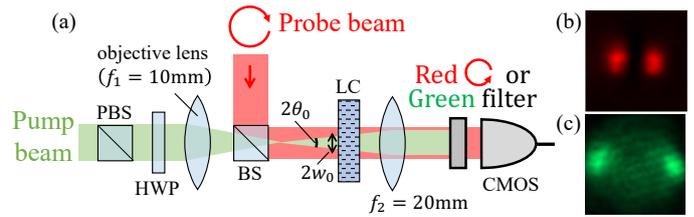


図2. トポロジカル再配向の(a)実験系、(b)液晶通過後のプローブ光と(c)ポンプ光（BS:ビームスプリッタ, PBS:偏光BS, HWP:半波長板）

は、液晶を介した空間的な光-光制御への応用や、液晶を光波の三次元空間構造の検出器として使用することが期待できる。

実験構成を図2(a)に示す。液晶セルとして、垂直配向材が塗布された厚さ $50\mu\text{m}$ のガラスセル内にE7液晶を封入したものをを用いた。波長 532nm のレーザー光をポンプ光として用いて20倍対物レンズ($f_1 = 100\text{mm}$)で集光して集光点の後方に液晶を配置した。また波長 633nm のHeNeレーザーをプローブ光として用いており、右円偏光の光を液晶に入射して左円偏光の成分のみを抽出してCMOSカメラで観測することで、液晶の配向分布を観測した。図2(b),(c)は水平偏光のポンプ光をビーム径 $w_0 = 50\mu\text{m}$ 、パワー 80mW 、拡がり角 $\theta_0 = 8^\circ$ で液晶に入射した際のプローブ光とポンプ光の強度分布である。水平偏光の縦電場 E_z の分布を反映したトポロジカル再配向が得られている。講演では液晶再配向とポンプ光パワー、拡がり角、入射偏光との関係を実験結果とともに紹介する予定である。

本研究はボルドー大学の Prof. Etienne Brasselet との共同研究であり、光科学技術振興財団と科研費（20K05364）の援助を受けて実施された。

参考文献

- [1] E. Brasselet, Opt. Lett. **34**, pp. 3229-3231 (2009)
[2] M. E. Ketara, H. Kobayashi, and E. Brasselet, Nat. Photon. **15**, pp.121-124 (2021).