

# ベクトルビームの電場で生じる光トルクを用いた液晶の空間配向制御 Spatial alignment control of liquid crystals using optical torque generated by electric field of vector beam

高知工科大学<sup>1,2</sup> ○(M1) 内田 涼太<sup>1</sup>, 小林 弘和<sup>2</sup>

Kochi Univ. of Tech.<sup>1,2</sup>, ○Ryota Uchida<sup>1</sup>, Hirokazu Kobayashi<sup>2</sup>

E-mail: 265040h@gs.kochi-tech.ac.jp<sup>1</sup>, kobayashi.hirokazu@kochi-tech.ac.jp<sup>2</sup>

## 1. はじめに

棒状の液晶分子は互いに同一方向を向こうとする弾性を有しており、光波の電場で生じる液晶分子への回転トルクと弾性力がつり合う方向に配向の制御が可能である。光波の強度や進行方向、偏光方向によって空間的な配向制御の高機能化が期待されている[1]。本研究では、図1のように通常の直線偏光を有するガウシアンビームと円環状の振幅分布を形成し動径方向に偏光したベクトルビーム（径偏光）を用いた液晶配向の制御を行なった。

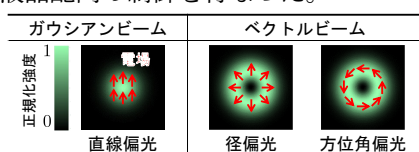


図 1: ガウシアンビームとベクトルビーム

## 2. 液晶分子の回転

液晶分子がセルのガラス面に対し垂直配向のとき、光トルクによる液晶分子の回転を図2に示す。図2(a)に示すように光ビームを角度 $\theta$ で斜めに入射したとき、液晶分子の長軸方向に対し平行な電場成分( $\vec{E} \sin \theta$ )で分極が誘起され、垂直な電場成分( $\vec{E} \cos \theta$ )で分極した液晶分子は回転する。このとき回転トルクは $E^2 \sin \theta \cos \theta$ に比例する[1]。但し、液晶分子は熱で揺らいでいるため、ある閾値以上の光強度になると垂直入射でも配向が変化する光フレデリクス転移が生じる。図2(b)のように垂直偏光のビームを集光点後方で垂直に入射した場合、電場 $\vec{E}$ の向きは場所毎に異なるため、電場が液晶分子に対し斜めとなる上下の2カ所で配向が変化する。同様の理由で、水平偏光の場合は左右の2カ所で配向に変化がみられる。また、図2(c)のような径偏光の場合は円環状の配向変化が確認される。

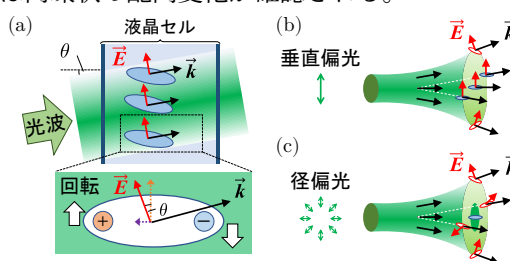


図 2: 光トルクによる液晶分子の回転 (a) 光波を斜めに入射したとき、(b) 通常のガウシアンビームを入射したとき、(c) 径偏光のビームを入射したとき

## 3. 実験構成

図3に示す実験系を用いて液晶配向の変化を観測した。まず、液晶配向を制御する波長532 nmのポンプ光を対物レンズで液晶に集光して照射する。ポンプ光に径偏光を用いる際は、水平偏光を1/2波長板の速軸が場所毎に異なるq-plateに通すことで

生成を行なった。配向観測に用いる右回り円偏光のプロープ光は中心波長633 nmのLED光でBSを介して液晶に入射する。ポンプ光の光パワーが光フレデリクス転移の閾値よりも十分小さい場合、液晶配向は変化せず、プロープ光も偏光を変えずに液晶を通過するので、左回りの円偏光板でプロープ光はブロックされカメラに何も映らない。しかしポンプ光の強度が高くなり液晶分子が回転し始めると、液晶の複屈折によりプロープ光は右回りと左回りの偏光成分を持つ楕円偏光となり、左回りの偏光成分のみが配向の変化としてカメラに写る。ポンプ光の集光点より後方に液晶を配置すると、ポンプ光が広がり角を持って液晶に入射するため光フレデリクス転移の閾値以下で特異な配向変化が観測できる。

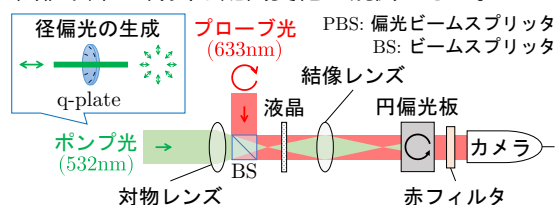


図 3: 液晶配向の実験構成

## 4. 結果

図3の実験系を用いて、液晶セルの位置を動かして、対物レンズの焦点位置から後方100  $\mu\text{m}$ 地点でのプロープ光の強度分布を図4に示す。図4(a)では水平偏光のガウシアンビームの光パワーが180 mWまでは左右に光強度のほとんど等しい2つの明点が現れるが、パワーをさらに上げ212 mWを超えると光フレデリクス転移が生じた。次に、図4(b)は径偏光の光パワーが119 mWまでは中心に穴のあいた明点が現れ、159 mW以上になると円環状の縞模様となって広がる光フレデリクス転移が確認された。

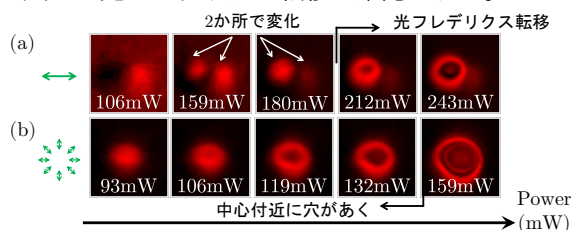


図 4: 結果 (a) 水平偏光、(b) 径偏光

## 5. まとめ

ベクトルビームによる液晶の配向制御の実用化を検討した。フレデリクス転移および光波の径偏光における液晶配向を制御する実験結果から、光トルクを用いた配向制御の実用性が期待できる。

## 参考文献

- [1] M. E. Ketara, H. Kobayashi, and E. Brasselet, Nat. Photon. 15, 121-124 (2021).