

アゾポリマーの光誘起質量輸送の数値解析手法の構築

Numerical Modelling for Light-induced Mass Transport of Azopolymers

阪府大院理¹, 阪府大 LAC-SYS 研², 千葉大院工³, 千葉大分子キラリティー研⁴

○田村 守^{1,2}, 尾松 孝茂^{3,4}, 飯田 琢也^{1,2,*}

Grad. Sch. Sci.¹ & RILACS² Osaka Pref. Univ., Grad. Sch. Eng.³ & MCRC⁴ Chiba Univ.

◦Mamoru Tamura^{1,2}, Takashige Omatsu^{3,4}, Takuya Iida^{1,2,*}

*E-mail: t-iida@p.s.osakafu-u.ac.jp

光照射下でアゾポリマーは流動的な質量輸送を起こす(光誘起質量輸送と呼ぶ)。その結果、アゾポリマー薄膜上には照射光の強度分布や偏光に依存した表面レリーフが形成される。また、軌道角運動量とスピン角運動量が同一符号の円偏光光渦をアゾポリマーに照射すると、光渦の螺旋波面を反映した螺旋状のレリーフが形成される。アゾベンゼン分子のトランス-シス光異性化を介して起こる光誘起質量輸送のメカニズムを理解するモデルとして、分子の配向や拡散に注目するモデルや光圧に注目するモデルなどが提案されている。しかし、依然としてメカニズムの詳細は不明な点が多い[1]。特に、光渦の角運動量の転写の物理的な機構は、未だ明快な説明はなされていない[2]。

近年、我々は、円偏光光渦によるナノ粒子集団の輸送において、スピン軌道相互作用に基づく特異な輸送現象の理論研究を報告した[3]。本研究では、これまでの研究をさらに発展させて、アゾポリマーの円偏光光渦による角運動量転写の機構を解明することを目的とする。構築した数値解析手法の妥当性を議論するために、まずは偏光の異なるガウスビームを照射する基礎的な実験の報告[4]を、数値的に再現することを試みた。

光圧によって変形する界面を持つ流体を評価するために、我々は流体力学と電磁気学に基づく数値解析手法を構築し、流体光操作シミュレーション(FOCS: Fluid Optical Control Simulation)と名付けた。FOCSでは、自由界面を持つ流体の時間発展を追跡するために、OpenFOAMのinterFoamソルバを用いて、有限体積法とVolume of fluid法の下で非圧縮性

流体に関するNavier-Stokes(NS)方程式を解く。また、変形した形状に対し、照射光の下でMaxwell方程式を満たす応答電場を、周波数領域差分法(FDFD)法を用いて解き、ローレンツ力として評価できる光圧をNS方程式の体積力として与えた。Fig.1は、アゾポリマーに対し直線偏光と円偏光のガウスビームを照射する状況を解析した結果である。(b)円偏光照射の場合、アゾポリマーの質量輸送は径方向に等方的に起こるが、(a)直線偏光の場合、偏光方向であるy軸に沿って質量輸送が起こった。この結果は、文献[4]で報告されている実験結果と非常によく整合する。講演では、詳細な条件や、アゾポリマーに作用した力なども議論する。得られた成果は、光圧が駆動する連続体力学に関する新たな知見を与え、光圧が関与するレーザー加工や、表面レリーフ形成などの応用技術の発展に寄与するものである。

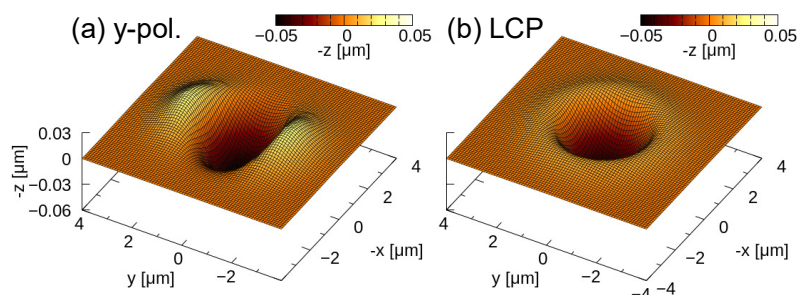


Fig. 1. Simulated 3D structures of azopolymers at $t = 50$ min by the irradiation of the Gaussian beams with (a) y-linear and (b) left-handed circular polarizations (LCP). The color shows the height of the structures along the z-axis.

[1] T. Omatsu, K. Masuda, K. Miyamoto, K. Toyoda, N. M. Litchinitser, Y. Arita, and K. Dholakia, *J. Nanophotonics* **14**, 010901 (2020).

[2] D. Barada, G. Juman, I. Yoshida, K. Miyamoto, S. Kawata, S. Ohno, and T. Omatsu, *Appl. Phys. Lett.* **108**, 051108 (2016).

[3] M. Tamura, T. Omatsu, S. Tokonami, and T. Iida, *Nano Lett.* **19**, 4873 (2019).

[4] S. Bian, J. M. Williams, D. Y. Kim, L. Li, S. Balasubramanian, J. Kumar, and S. Tripathy, *J. Appl. Phys.* **86**, 4498 (1999).