

ラゲール・ガウスビーム照射による光誘起表面レリーフ形成の解析 (II) Analysis of Photoinduced Surface Relief Formation by Illuminating a Laguerre-Gaussian Beam (II)

宇大院工¹, 宇大 CORE², 千葉大院融合³, JST-CREST⁴, ○ 茨田 大輔^{1,2,4}, 川田 重夫^{1,2},
谷田貝 豊彦², 尾松 孝茂^{3,4}

Grad. Sch. Eng., Utsunomiya Univ.¹, CORE, Utsunomiya Univ.², Chiba Univ.³, JST-CREST⁴
Daisuke Barada^{1,2}, Shigeo Kawata^{1,2}, Toyohiko Yatagai², Takashige Omatsu^{3,4}

E-mail: barada@cc.utsunomiya-u.ac.jp

アゾベンゼンポリマーに吸収波長帯の光を照射すると、その光パターンに応じて表面レリーフが形成されることが知られている。しかしながら、すべての実験結果を包括的に説明可能なメカニズムは未だに明らかにされていない。近年、ラゲール・ガウスビーム照射によって、キラリティをもつ表面レリーフ構造が形成されることが確認された [1]。この構造の形状やキラリティは、軌道角運動量 L とスピン角運動量 S に依存する。これまで、ラゲール・ガウスビームの集光パターン [2] の電磁場によって受ける力を数値計算によって求め、キラル構造形成の説明を試みた [3]。しかし、得られる力分布が数値的であるため、 L と S の値と形成される構造の特徴について、定性的な説明を十分にすることができなかった。本研究では、集光しないラゲール・ガウスビームを用い、解析的に力分布を求め、 L と S の値と形成される構造の特徴について定性的に説明することを目的とする。

ポリマーが光電磁場から受ける単位体積あたりの力は、

$$\mathbf{F} = \langle \rho_P \mathbf{E} + \mathbf{J}_P \times \mathbf{B} \rangle \quad (1)$$

と書ける。ここで、 \mathbf{E} , \mathbf{B} , ρ_P , \mathbf{J}_P はそれぞれ、電場、磁束密度、分極電荷、分極電流である。また、 $\langle \rangle$ は時間平均を示す。ポリマーに真電荷が無く、屈折率が一定であれば、分極電荷は 0 となる。分極電流と磁束密度を電場を使って書き直すと、

$$\mathbf{F} = -\frac{\epsilon_0}{2} \text{Re} [\chi \mathbf{E}^* \times (\nabla \times \mathbf{E})] \quad (2)$$

となる。ここで、 ϵ_0 , χ はそれぞれ、真空の誘電率、ポリマーの電気感受率である。円偏光のラゲール・ガウスビームの電場は、

$$\mathbf{E} = \frac{U}{\sqrt{2}} (\mathbf{e}_x \pm i\mathbf{e}_y) \exp(i\omega t) \quad (3)$$

$$U = Ar^{|L|} \exp\left(-\frac{r^2}{w^2}\right) \exp(iL\varphi) \quad (4)$$

と書ける。ここで、 A , w はそれぞれ、振幅に関する定数、ビーム半径である。また、 \pm の符号は、ポリマー側から見て右回り円偏光が正、左回り円偏光が負である。この電場を用いて力を求めると、

$$\mathbf{F} = \frac{\epsilon_0 A^2 r^{2|L|+1}}{4} \left(\frac{|L| \mp L}{r^2} - \frac{2}{w^2} \right) \exp\left(-2\frac{x^2+y^2}{w^2}\right) \cdot \left[-\text{Re}(\chi) \mathbf{e}_r \pm \text{Im}(\chi) \mathbf{e}_\varphi \right] \quad (5)$$

となる。よって、電気感受率の実部が動径方向の力に関係し、虚部が方位角方向の力に関係する。ここで、 $|L| = 1$, $|S| = 1$ の場合を考える。 L と S が同符号の場合、 $|L| \mp L = 0$ となり、方位角方向の力は、常に円偏光の回転方向と逆方向となる。 L と S が異符号の場合、 $r < w$ の領域では、方位角方向の力は円偏光方向と同一方向となり、 $r > w$ の領域では、逆方向となる。また、力の大きさは、同符号の場合に比べて小さい。これにより、実験結果の一部を定性的に説明することに成功した。

[1] M. Watabe et al., Sci. Reports **4** (2014) 4281.

[2] Y. Zhao et al., Phys. Rev. Lett. **99** (2007) 073901.

[3] 茨田他, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会 講演予稿集 (2014) 03-018.