

非局所応答理論によるキラルナノ粒子に働く共鳴光圧の理論

Theory of Resonant Optical Force Acting on Chiral Nanoparticles Based on Non-Local Response Theory

阪大院基礎工

○蓬萊 貴大, 石原 一

Dept. of Mater. Eng. Sci., Osaka Univ.

○Takao Horai and Hajime Ishihara

E-mail: horai.t@opt.mp.es.osaka-u.ac.jp

光圧を用いたキラル物質の分離は近年注目を集め、活発に研究されている。マイクロメートルサイズのキラル液晶に対しては、実験によって分離に成功しているが [1]、ナノメートルサイズのキラル物質の実験的な分離は依然として挑戦的な課題であり、局在表面プラズモン共鳴を用いた分離等、多くの理論提案が行われている [2]。しかし、先行研究で光圧を評価する際には、例えば螺旋構造などの幾何学的な構造に由来して生じる光学活性の効果は、Pasteur パラメータと呼ばれるパラメータにその効果を丸め込むことで評価されてきた。そこで以前、我々は、対象のキラル物質の微視的空間構造を取り入れた光圧の定式化を行なった [3]。具体的には、実在するキラル分子である Tröger 塩基型ポルフィリン分子二量体を結合遷移双極子としてモデル化することで、実験から得られた CD スペクトルとの比較を行い、理論の妥当性についても検証した。しかし、理論では相互作用 Hamiltonian として $-\int d\mathbf{r} \mathbf{P}(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{E}(\mathbf{r}, t)$ を与え、磁化による効果を省略する近似を行った。そこで本発表では、相互作用 Hamiltonian に磁化による効果 $-\int d\mathbf{r} \mathbf{M}(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{B}(\mathbf{r}, t)$ も考慮し、より一般的な理論に拡張した。拡張した理論では、分極および磁化は非局所的に表現された電気感受率、磁気感受率、キラル感受率によって表現され、分極・磁化と電場・磁場を自己無撞着に決定する枠組みであるため、局在光場下などの長波長近似が成立しない場合でも適用できる。

本発表では、拡張した理論と以前我々が定式化した理論の比較を行う。例えば Tröger 塩基型ポルフィリン分子二量体など電気双極子モーメントが大きな分子に対しては、分極の空間構造を考えれば光圧はよく評価できることが明らかになり、以前の理論が良い近似になっているとの結果が得られている。しかし一方で、磁気双極子モーメントが大きくなるよう設計されたヘリセン [4]などを対象とした場合には、磁化による効果が無視できないことも明らかになった。これは拡張した理論の重要性を示唆するものであり、発表ではキラル光学効果において重要な役割を担う CD、ORD スペクトルと光圧スペクトルの関係についても議論する予定である。

[1] G. Tkachenko and E. Brasselet, *Nat. Commun.* **5**, 3577 (2014).[2] Y. Zhao, A. A. E. Saleh, and J. A. Dionne, *ACS Photonics* **3**, 304 (2016).[3] T. Horai, H. Eguchi, T. Iida, and H. Ishihara, *Opt. Express* **29**, 38824 (2021).[4] H. Kubo, *et al.*, *J. Phys. Chem. Lett.* **12**, 686 (2021).