

# 単一キラル金属ナノ構造をプローブとして用いた 光の軌道角運動に基づく光学的キラリティの探究

## Exploration of Optical Chirality Based on the Orbital Angular Momentum of Light Using a Single Chiral Metallic Nanostructure as a Probe

北大電子研 °橋谷田 俊, 田中 嘉人

RIES, Hokkaido Univ., °Shun Hashiyada<sup>1</sup>, Yoshito Y. Tanaka

E-mail: shun.hashiyada@es.hokudai.ac.jp

物質のキラリティ（左右非対称性）は、別の左・右のキラルな物質もしくは場との非対称な相互作用を通じてのみ識別可能である[1]。スピン角運動量 ( $s=\pm 1$ ) を有する円偏光はキラルな電磁場であり、古くからキラル物質との相互作用が研究されてきた。キラル物質は左・右円偏光に対して光吸収が異なる円偏光二色性 (CD) を示すが、これは主に電気双極子および磁気双極子モードといった低次の励起モードに起因するとされる。2010年には、キラル物質の低次モードに起因する CD の大きさが、励起光のスピン角運動量に基づくキラリティを表す物理パラメーター「optical chirality (スピン OC)」に依存することが明らかにされ[2]、光の場をデザインすることでキラルな光と物質の相互作用を制御する新たな研究展開が拓かれた。

一方、我々は軌道角運動量 ( $l=0, \pm 1, \pm 2, \dots$ ) を有するキラルな光渦に着目し、キラルなねじれ金ナノロッドダイマー (TND、図 1 左) との相互作用に関する研究を進めてきた。これまでの研究により、TND が左右の光渦に対して異なる光吸収を示す螺旋二色性 (HD) を持ち、その HD が電気四重極子モードに起因することを電磁場計算によって明らかにしている[3]。キラル物質の低次モードに起因する CD とスピン OC のアナロジーが、電気四重極子モードに起因する HD にも適用できるとすれば、軌道角運動量に基づくキラリティを表す新しい物理パラメーター「軌道 OC」が存在する可能性が考えられる。

そこで本研究では、光渦ビームに対して単一の TND を走査し、HD 信号の空間分布を解析することで軌道 OC の空間的特性を調べた。励起光に円偏光ガウスビーム ( $s=\pm 1, l=0$ ) を用いた場合 (図 1 右上)、ガウスビームの構造を反映した波長に依存しない負の HD (CD) 信号が観測された。一方、円偏光光渦ビーム ( $s=\pm 1, l=\pm 1$ ) を用いた場合 (図 1 右下)、ドーナツビームの構造を反映した波長に依存しない負の HD 信号に加え、スピン OC がゼロになるはずのビームの中心で異なる波長依存性を持つ信号が観測された。具体的には、波長 800 nm では負、825 nm ではゼロ、850 nm では正の HD 信号が観測された。これらの結果は、円偏光光渦ビームの中心で観測された HD 信号がスピン OC に依存せず、軌道 OC に依存していることを示唆している。

ねじれ金ナノロッド  
ダイマー (TND)

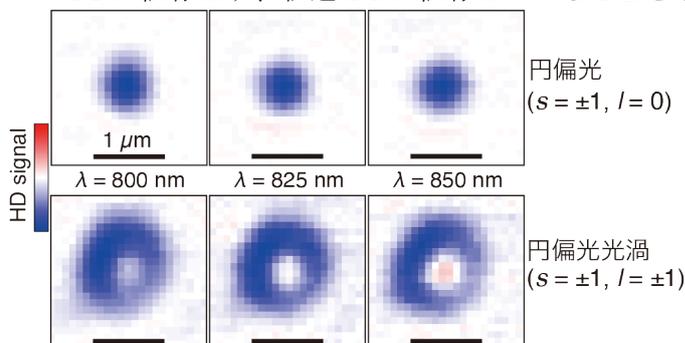
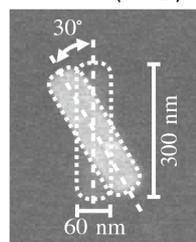


Figure 1. (left) Scanning electron micrograph of a single twisted nanorod dimer (TND). (Right) Experimentally obtained helical dichroism (HD) images of a single TND.

- [1] J. Larmor, *Nature* **143**, 240–241 (1939). [2] Y. Tang, and A. E. Cohen, *Phys. Rev. Lett.* **104**, 163901 (2010). [3] T. Uto, A. Wu, T. Shimura, and Y. Y. Tanaka, arXiv:2211.03422 (2024).