

金属ナノ構造における局所的な光のキラリティのイメージングと操作 Imaging and Manipulation of Local Optical Chirality in Metal Nanostructures

分子研¹ ◯岡本 裕巳¹

Inst. Mol. Sci.¹ ◯Hiromi Okamoto¹

E-mail: aho@ims.ac.jp

ナノ物質の光マニピュレーションにおいて、対象物質の共鳴効果や非線形光学効果、またそれに付随して偏光特性を有効活用することで、操作の自由度が格段に拡張し、また金属ナノ構造に励起される局在プラズモン共鳴の利用により、ナノ空間での操作が展開可能となることも期待される。ここでは、金属ナノ構造体に光で励起されるキラルなプラズモンの偏光特性とその操作について述べる。我々はその目的のために、局所的な光電場のキラリティを検出する手段としての円偏光二色性 (CD) による近接場光学イメージング装置を開発して用いている。

2次元キラルな金ナノ構造体はマクロな光学測定で CD を示す。このような試料にキラリティを持つ光である円偏光を照射すると、局所的に強いキラリティを持つプラズモンが励起され、自由空間中の円偏光よりも強くねじれた (螺旋ピッチの短い) 円偏光電場が生じる。実際にこのような金ナノ構造体の近接場 CD イメージでは、マクロな分光測定で得られる CD よりも2桁程度も強い信号が、局所的なナノ空間に発生することが明らかとなった。一方、2次元的なキラリティを持たない (アキラルな) 高い対称性の長方形金ナノ構造体においても、局所的には強い CD を示すことが実験的に実証された。構造全体としてマクロにはアキラルであっても、局所的にはキラルであることがその要因である。同様の考察により、すべての多角形は局所的にキラルであり、局所光学活性を示す。しかしながら、真円形ディスクなどの円形対称性の系では、至る所でアキラルであり、局所光学活性も示さない (図 1(A))。ところが、円形ディスクに直線偏光を照射すると、系全体の対称性が軸対称に低下する。その結果、励起されたプラズモンモードが局所的に円偏光電場を誘起する可能性が示唆される (図 1(B))。実際に金ナノディスクに直線偏光の近接場を局所的に照射した場合に、位置に依存して左右の楕円偏光が散乱されることが実験的に実証された。即ち、照射する光の制御により、ナノ構造体上に発生する光電場のキラリティが操作可能であることを示している。

このことから、アキラルな構造試料とアキラルな光である直線偏光の配置の選択による、キラルな光の操作法が示唆される。例えば長方形の金属ナノ構造に、その長軸から左右に傾いた方向の電場を持つ直線偏光を照射すると、左右楕円偏光電場がナノ構造近傍に発生し、それが入射偏光角により制御可能になると期待される。我々は、この考えに基づき、長方形金ナノ構造配列と直線偏光を用いた分光測定により、キラル超分子の高感度検出が可能であることを見出している。

【謝辞】本研究は橋谷田氏、成島博士、西山博士らとの共同研究によるものである。本研究は科研費 (JP22225002, JP15K13683, JP15H02161, JP16H06505)、研究拠点形成事業、融合光新創成ネットワーク等の助成を受けている。

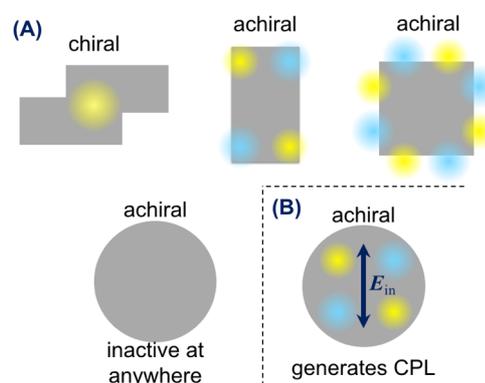


Fig. 1 Schematic views of (A) local circular dichroism signals in chiral and achiral metal nanostructures, (B) circularly polarized optical field generated on a circular disk irradiated with linearly polarized light.