

織細計測研究部門

岡本 裕巳（教授）（2000年11月1日～2026年3月31日）*）

AHN, Hyo-Yong（特任助教（共創戦略統括本部））

CHENG, An-Chieh（特任助教）

石川 晶子（技術支援員）

伊藤 敦子（事務支援員）

A-1) 専門領域：ナノ光物理化学

A-2) 研究課題：

- a) キラルナノ・マイクロ物質における局所的なキラル光学効果とその応用
- b) 光によるナノ物質の力学操作手法の開発

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 光学活性分光手法と顕微イメージングを組み合わせた新手法を開発し、それらを用いたナノ・マイクロ物質の局所光学活性に関する基礎研究、及び応用研究を推進した。ナノレベルの空間分解能での測定が可能な近接場光学顕微鏡による光学活性イメージングでは、主にキラルな構造を持つ金ナノ構造体を対象とし、局所的な円二色性信号が巨視的な円二色性信号に比べて極めて大きくなること、高い対称性を持つアキラルな金属ナノ構造においても局所的には強い光学活性を示すこと、局所的な誘起双極子が局所的な円偏光場の起源になること等、幾つかの基礎的に重要な結果を得た。その成果を基礎として、蛍光分子とキラルな金属ナノ構造の組み合わせにより、高い円偏光度を示す蛍光が得られ、その起源をプラズモンモードとの関連において明らかにした。通常の遠方場の顕微鏡においても光学活性によるイメージングは国際的にも未開拓であるが、我々は高い精度・確度で顕微光学活性イメージングを可能とする実験手法を開発し、微結晶試料、生体組織等への応用を、共同研究を通じて推進した。キラルな構造を持つ金属有機構造体（MOF）微結晶の掌性同定に成功し、多数の微結晶でそれぞれの掌性同定に有効であることを示した。液晶分子集合体をテンプレートとした螺旋状金微粒子集合体では、螺旋の掌性による円二色性信号の差を検出することに成功した。所内の共同研究で、有機スピントロニクス物質のキラル結晶の掌性同定にも有効に活用された。この他にも主として所外の研究者と共同で、様々なキラルナノ物質の観察・同定に用いる研究を推進し、また円二色性イメージングの医療応用を想定した基礎研究も、医科学分野の研究者と共同で行った。更に感度や測定速度を向上させる試み、波長範囲を拡張する試み等を推進した。また、それらの基盤的情報に基づき、円偏光によるキラル構造物質の創出に関する研究展開も進め、キラルでない系に円偏光を作用させることでユニークなキラルらせん構造が創出できることを、実験的に示した。
- b) レーザー光を強く集光すると、その焦点に微粒子がトラップされる（光トラッピング）。非線形効果、共鳴効果、偏光を有効利用することで、このような光による力学的マニピュレーションの自由度が格段に広がることが予想される。この研究展開を図ることを、現在の研究活動の今一つの柱とした。キラルな物質においては、左右円偏光に対する力学的な作用が異なることが期待され、我々はキラル金ナノ微粒子の円偏光による光トラッピングを行いその挙動を調べた。その結果、光トラッピングに関する従来知られている機構では説明困難な部分が見いだされ、理論的に解

積した。これにより、キラル物質の光マニピュレーションの基礎となる知見を得た。更に、キラル金ナノ微粒子の光圧による輸送についても、円偏光の掌性による差があることを実証した。さらに、このような光の力学作用を利用した、原子間力顕微鏡の原理に基づく顕微イメージング法（光誘起力顕微鏡）でナノ構造上のキラルな光場を可視化する手法の開発も行った。

B-1) 学術論文

Y. XUAN, D. MIYAZAKI, Y. ISHIKAWA, H. OKAMOTO and M. SADGROVE, “Creation and Detection of Optical Spin in a Coupled Emitter–Plasmon System,” *Nano Lett.* **26(6)**, 2129–2135 (2026). DOI: 10.1021/acs.nanolett.5c05644

H.-T. SU, H. NIINOMI, A.-C. CHENG, Y. Y. TANAKA, K. SASAKI and T. SUGIYAMA, “Enantioselectivity Switch in Chiral Crystallization Using Optical Trapping with Gold Nanoparticles,” *Cell Rep. Phys. Sci.* **5(12)**, 102310 (2024). DOI: 10.1016/j.xcrp.2024.102310.

B-3) 総説, 著書

岡本裕巳, 山西絢介, マーク・サッドグローブ, 「キラル物質における円偏光による光圧」, *応用物理*, **95(3)**, 152–156 (2026).

岡本裕巳, 「ナノ構造物質のキラル光学効果」, *フォトニクスニュース*, **11(2)**, 56–60 (2025).

L. V. BESTEIRO, Y. LIU and H. OKAMOTO, “Chirality of Plasmonic Structures and Materials,” *J. Chem. Phys.* **161(18)**, 180401 (2024). DOI: 10.1063/5.0244919

B-4) 招待講演

岡本裕巳, 「キラル光学顕微イメージングと、キラル近接場–物質相互作用」, 第 73 回応用物理学会春季学術講演会 シンポジウム「光とキラリティー：その科学と応用」, 東京, 2026 年 3 月.

岡本裕巳, 「プラズモン物質のキラル光学効果, キラル近接場相互作用」, 第 29 回プラズモニク化学シンポジウム, 東京, 2025 年 12 月.

H. OKAMOTO, “Chiro-optical microscopy to observe chiral fields in micro-/nano-structured samples,” Structured Light and Materials Workshop 2025, Taipei (Taiwan), November 2025.

岡本裕巳, 「『ねじれた光』で見る左と右, 鏡写しの世界」, 第 144 回分子科学フォーラム, オンライン開催, 2025 年 11 月.

H. OKAMOTO, S. HASHIYADA, H.-Y. AHN and J. YAMANISHI, “Chiro-optical microscopy and chiral near-field interaction between plasmon resonances and molecules,” PIERS2025 (Photonics and Electromagnetics Research Symposium) in Chiba, Chiba (Japan), November 2025.

J. YAMANISHI, H. OKAMOTO and H.-Y. AHN, “Optical Force Nanoscopy of Chiro-Optical Effects in Photoinduced Force Microscopy,” 33rd International Materials Research Congress (IMRC2025), Cancun (Mexico), August 2025.

J. YAMANISHI, H.-Y. AHN and H. OKAMOTO, “Optical Force Nanoscopy of Circular Dichroism in Photoinduced Force Microscopy,” 15th International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics (META2025), Malaga (Spain), July 2025.

H. OKAMOTO, S. HASHIYADA, H.-Y. AHN and J. YAMANISHI, “Chiro-optical microscopy of plasmonic materials and chiral near-field interaction with molecules and materials,” 15th International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics (META2025), Malaga (Spain), July 2025.

H.-Y. AHN, J. YAMANISHI and H. OKAMOTO, “Utilization of strong chiro-optical field near chiral and achiral plasmonic nanostructure: Chiral emission and photofabrication,” 15th International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics (META2025), Malaga (Spain), July 2025.

H.-Y. AHN, J. YAMANISHI and H. OKAMOTO, “Plasmonic chiro-optical field for circularly polarized luminescence and chiral structure fabrication,” The 11th International Conference on Antennas and Electromagnetic Systems (AES2025), Tangier (Morocco), July 2025.

B-5) 特許出願

登録

EP4300059, “Circularly Polarized Light Illuminator, Analysis Device, and Microscope,” H. OKAMOTO and T. NARUSHIMA (National Institutes of Natural Sciences), 2022 年. (登録日 2025 年 5 月 21 日)

40106088, “Circularly Polarized Light Illuminator, Analysis Device, and Microscope,” H. OKAMOTO and T. NARUSHIMA (National Institutes of Natural Sciences), 2022 年. (登録日 2025 年 9 月 5 日)

特許第 7749245 号, 「円偏光照射器, 分析装置及び顕微鏡」, 岡本 裕巳, 成島 哲也 (自然科学研究機構), 2022 年. (登録日 2025 年 9 月 26 日)

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

プラズモニク化学研究会副会長 (2020–).

学会の組織委員等

33rd International Materials Research Congress (IMRC2025), symposium organizer (2025).

Pacificchem 2025, symposium organizer (2025).

文部科学省, 学術振興会, 大学共同利用機関等の委員等

日本学術会議会員 (2020–2026), 化学委員会委員長 (2023–2026).

東京大学アト秒レーザー科学研究機構連携協議会「ユーザー設備開発・利用研究」分科会委員 (2024–2025),

「アト秒ビームライン II (高繰り返し型) と計測」分科会委員 (2025–2026).

その他

学術変革領域研究 (A) 「光の螺旋性が拓くキラル物質科学の変革」事務局 (2022–2027).

B-10) 競争的資金

科研費学術変革領域研究 (A), 「超螺旋光とナノレベル物質のキラルな動的相互作用」, 岡本裕巳 (2022 年度–2026 年度).

科研費学術変革領域研究 (A) (総括班), 「光の螺旋性が拓くキラル物質科学の変革」 (代表者: 尾松 孝茂), 岡本裕巳 (研究分担者) (2022 年度–2026 年度).

C) 研究活動の課題と展望

着任以来、ナノ構造物質の観察と、特徴的な光学的性質、励起状態の超高速ダイナミクス等を探るための、近接場分光イメージング装置を開発し、試料の測定を行ってきた。その中で近接場光学活性イメージング法を開発して金属ナノ構造の局所光学活性、キラルな光場の空間構造の解析に用い、そこからグループの主要な研究内容をキラル物質の局所光学活性のイメージングにシフトした。金属ナノ構造の近接場光学活性イメージングによって、独自の実験的情報を得ることができ、プラズモン由来の強くねじれた局所光場の存在、また対称性の高いアキラルな構造でも局所的に強い光学活性を示すという、ユニークな成果も得られた。これらの研究から得られたプラズモンのキラリティに関する性質を基礎として、キラルプラズモンが分子の特性に及ぼす効果に関する研究にも展開し、高い円偏光度を示す発光物質系を見出しその起源を解明するなど、成果が得られるようになった。通常の(遠方場)顕微鏡で精度の高い円二色性イメージングを可能とする装置開発も行い、これは物質開発、生物科学、結晶学等の様々な分野の研究者から興味を持って頂いている。これらの近接場及び遠方場円二色性イメージングは、今後様々なナノ・マイクロ構造光学活性物質の機能解明のための有力な実験手法になることを期待しており、国内外との共同研究を数件行った。円二色性顕微鏡に更に新たなアイデアを導入して、汎用性の高い、ロバストな装置とする開発は継続しており、共同研究者が今後も展開する予定である。また物質および光のキラリティは磁性との相関においても興味が持たれ、ナノ光学の観点からこの方向への研究展開について共同研究も行った。更に、円二色性イメージングの医療応用に関する共同研究も行った。微粒子の光による力学的マニピュレーションについても、キラル微粒子の光トラッピング・輸送に関する新たな成果が得られ、今後その展開にも期待したい。これらを総合した新たな方向への展開として、キラルな光-物質相互作用による、物質キラリティの創出の試みを進める科研費学術変革領域研究(A)が採択されており、その成果の取りまとめを行う予定としている。

*) 2026 年 3 月 31 日定年退職