

令和 6 年 5 月 17 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的研究（開拓）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K20560

研究課題名（和文）プラズモン共鳴に基づくキラリティセンシング

研究課題名（英文）Chirality Sensing Based on Plasmon Resonance

研究代表者

立間 徹（Tatsuma, Tetsu）

東京大学・生産技術研究所・教授

研究者番号：90242247

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 20,000,000円

研究成果の概要（和文）：有機分子の一部は、キラリティという性質を持つ。右手と左手のように、鏡に写し取った構造（鏡像体）が存在する分子であり、生体内では、そのいずれか一方だけが有用である場合も多い。たとえば調味料にもなるL-グルタミン酸塩の鏡像体であるD-グルタミン酸塩は無味である。有用ではない方が、有毒な場合さえある。このように、鏡像体を見分けることは重要であり、本研究では、それらを分光的に見分けるためのセンサを、「円偏光（光の波が回転しながら伝わる）の照射」や「電解合成（電気により反応を進める方法）」などにより、簡便に作製する手法を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

キラリティを持つ分子の鏡像体を見分けるセンサを、より簡便に作れるようになると期待される。体内のほぼ全てのアミノ酸がL体のみからなること（ホモキラリティ）の理由がまだ解明されていないが、その解明などを含め、学術的な貢献につながると期待される。また、鏡像体を見分けるための新たなナノ材料につながる知見も得られたので、さらなる発展が期待される。

研究成果の概要（英文）：Some organic molecules have a property called chirality. These are molecules whose structures are mirrored, like the right hand and the left hand, and in many cases only one of them is useful in a living systems. For example, D-glutamate, the mirror image of L-glutamate, which is used as a seasoning, has no taste. The less useful one might even be toxic. Thus, it is important to distinguish between the mirror images. In this study, we developed a simple method to fabricate a sensor to distinguish them spectroscopically by irradiating circularly polarized light, whose wave propagates while rotating, and electrolytic synthesis, in which a reaction is proceeded by electricity.

研究分野：ナノ科学

キーワード：プラズモン共鳴 キラリティ 化学センサ 金属ナノ粒子

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) キラリティ (カイラリティ) は、生物を構成する様々な分子において重要な意味を持つ。体内のほぼ全てのアミノ酸が L 体のみからなること (ホモキラリティ) が、その典型例である。それゆえ、L 体と D 体を見分けるキラリティセンサや、その一方を分離・濃縮する装置、一方を合成または分解するキラル触媒などは学術的にも実用的にも重要である。キラル物質は、円偏光フィルタや円偏光発光素子など、物質のキラル特性の測定に活用できる材料・デバイスにもつながる。

(2) 従来のキラル分子のセンシングや分離のほとんどは、他のキラル分子との相互作用を用いる。一方最近、キラルプラズモニック構造を利用したキラルセンシングが提案された。これは、金属ナノ粒子の局在表面プラズモン共鳴 (LSPR) 波長が周囲の屈折率に依存するといういわゆる「LSPR センサ」と、キラル物質の右および左円偏光に対する屈折率が異なるという「円偏光複屈折(CB)」を組み合わせることに基づく。粒子周囲の近接場光が示す光学キラリティが照射光よりも高いため、キラル分子との相互作用が強いという特徴もある (Kadodwala ら, Nat. Nanotechnol., 5, 783 (2010))。

(3) しかし、キラルプラズモニック構造の作製には、多くの場合、電子線リソグラフィ (EBL) によるトップダウン法が利用されてきた。構造や配向を意のままにできる長所はあるが、10 nm レベルの微細加工を一般的なデバイスのサイズで行うことは現実的ではない。そのため、分子との相互作用が弱いという問題があった。また、設計や作製にコストや時間がかかるほか、3次元的な構造を作るのは一般的に困難である。一方、ボトムアップ法で作製するには、DNA などのキラル分子を鋳型や足場とするのが一般的である。しかしこの方法では、相互作用がナノ構造に基づくのか、鋳型や足場であるキラル分子に基づくのか、判別が困難である。

2. 研究の目的

キラリティは、生物を構成する多くの分子にとって重要である。それゆえ、エナンチオマーの一方を見分けるキラリティセンサ、分離・濃縮する装置、一方を合成・分解するキラル触媒などは学術・実用的に重要である。本研究では、研究代表者が見出したプラズモン共鳴ナノ粒子と半導体との界面での光誘起電荷分離 (PICS) に基づく光ナノ加工技術を用い、円偏光の助けを借りて、キラリティを持つ小さなプラズモニックナノ構造をボトムアップ合成 (絶対不斉合成) する。その光学応答が、周囲のキラル分子により影響されることを利用したキラリティセンシングを行う。さらには、ナノ粒子周囲に生じる近接場光が示す光学キラリティが照射光よりも高く、キラル分子との相互作用が強いという特徴を利用したセンシングやエナンチオマーの分離・濃縮・分解などの可能性を追及する。キラルなプラズモニック材料が生物のホモキラリティに関与する可能性も念頭に置く。

3. 研究の方法

形状異方性を持つ金などのナノ粒子を酸化チタンなどの半導体に担持し、金属イオンなどを含む溶液中で、ナノ粒子と共鳴する波長の右円偏光または左円偏光を照射する。これにより、局在振動電場 (近接場光) が生じ、それが強い場所で優先的に酸化析出反応が起こり、キラル化する。必要に応じ、酸化溶解反応、還元析出反応なども利用する。また、キラル分子存在下での金の還元析出反応も利用する。

得られたナノ構造の形状を走査型電子顕微鏡または原子間力顕微鏡などで観察する。また、光学特性を紫外・可視・近赤外分光光度計や、円偏光二色性測定装置にて測定する。有限差分時間領域法によりスペクトルや振動電場分布のシミュレーションを行う。キラル分子存在下での円偏光二色性測定により、エナンチオ選択センシングの特性を評価する。

4. 研究成果

(1) 酸化インジウム - スズ (ITO) 透明電極上で、キラル分子の存在下において塩化金酸イオンを電解還元して金を析出させた。キラル分子が R 体か S 体かによって、円偏光二色性 (CD) スペクトルのシグナルの正負が反転した。従来は核の合成、キラル粒子への成長、基板への固定化、という3段階のプロセスが必要であったが、本研究によって1段階プロセスで掌性の異なるキラルプラズモニックナノ構造の合成・固定化が可能となった。

こうして作製したナノ構造担持基板を R 体分子または S 体分子に浸漬して円偏光二色性スペクトルを測定すると、それぞれ特定の掌性をもつ分子の存在下で、円偏光二色性シグナルが強くなることがわかり、エナンチオ選択センシングに使用できることを確認できた (図 1)。

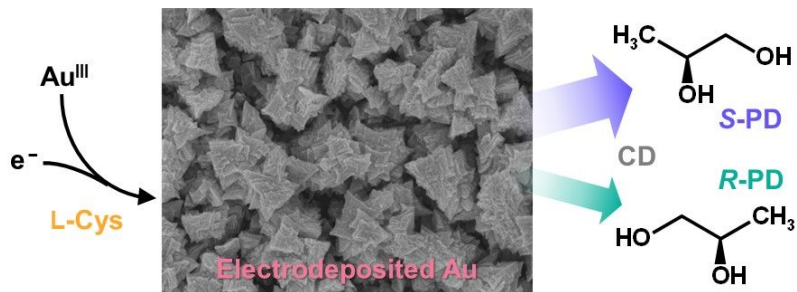


図1．キラル分子存在下の電解析出により作製したキラル金ナノ構造

(2) 酸化チタン薄膜上に金ナノキューブを担持し、右または左の円偏光照射下で鉛(II)イオンを酸化して酸化鉛(IV)を析出した。比較的シャープな円偏光二色性スペクトルのシグナルが得られ、照射光が右円偏光か左円偏光かによって、円偏光二色性スペクトルのシグナルの正負が反転した(図2)。シャープなシグナルは、エナンチオ選択センシングに適する。

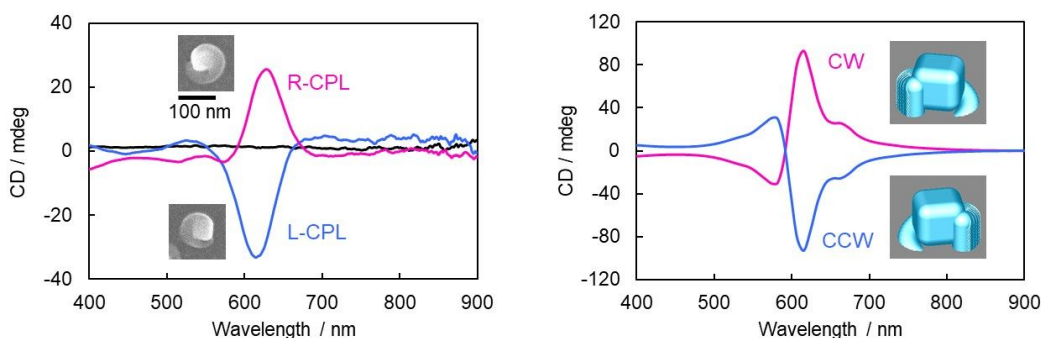


図2．金ナノキューブをベースに、円偏光照射により作製したキラルナノ構造とそのCD応答(左)、およびそれらのシミュレーションモデルとその応答(右)

(3) 金-銀合金薄膜を酸化チタン上に形成し、これに右または左円偏光を照射することでプラズモン誘起電荷分離によって銀イオンを溶解させて脱合金化させ、CDを示すキラルな薄膜を作製する手法を開発した(図3)。この手法で得られたナノ構造は、比較的広い波長域で高いCD強度を示すため、ピーク波長シフトに基づくセンシングは難しいものの、シグナル増強によるセンシングを行える可能性があることがわかった。

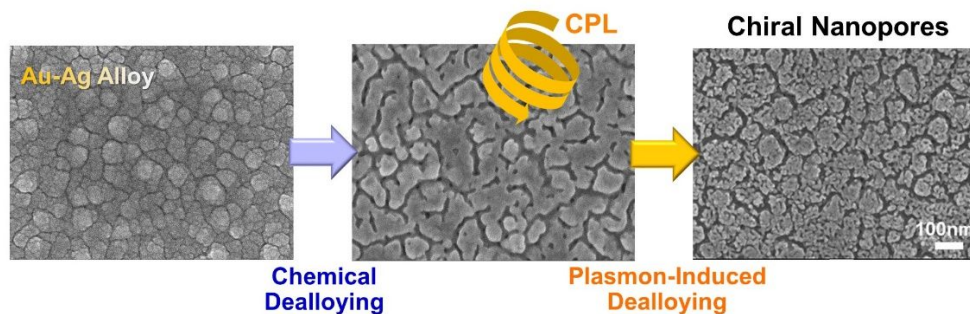


図3．プラズモン誘起脱合金化により作製したキラルナノ構造

(4) ナノスフィアリソグラフィという手法により半導体基板上に作製した三角形の金ナノプレートのアレイに、鉛(II)イオンの存在下で右または左円偏光を照射することによりキラルな幾何学配置を持つ酸化鉛(IV)を析出させた。円偏光をキラル源として作製した初のキラルナノ構造アレイである。

ただし、円偏光をキラル源として作製したこれまでのキラルナノ構造はいずれも、プラズモン共鳴特性を持たない誘電体(酸化鉛)の析出か、プラズモン共鳴特性を持つ材料の円偏光による溶出を使用してきた。そのため、キラルな電場を生じる場が誘電体により覆われていて直接アクセスできないか、あるいは形状的にキラルな電場が弱くなる傾向があった。

そこで、形状異方性を持つ銀ナノ粒子に、銀イオンとクエン酸イオンの存在下で円偏光を照射して熱電子還元することによりキラルな形状へと成長させる新たな手法を開発した(図4)。銀ナノ粒子を合成してさらに成長させる2段階過程による方法のほか、銀イオンから1段階過程で作製する方法もある。比較的シャープな円偏光二色性シグナルも得られたことから、エナンチ

オ選択センシングに適するといえる。

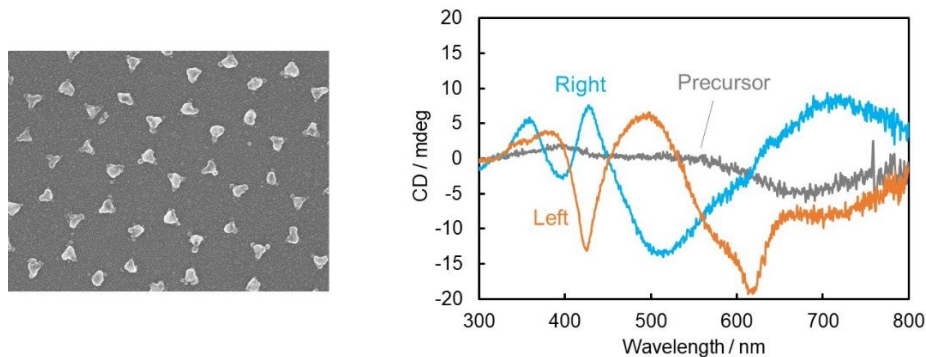


図4 . キラルな銀ナノ粒子アレイ (左) とその CD 応答 (右)

(5)ここまで述べたようなナノ粒子のキラル化においては、局在表面プラズモン共鳴に伴って形状異方性を持つ金属ナノ構造の周囲に生じる振動電場(近接場光)のキラルな分布が重要な役割を果たす。金属ナノキューブなどに円偏光を照射した時に生じるキラルな電場分布は、次数の異なるプラズモン共鳴モード(たとえば双極子モードと六重極子モード)の干渉により生じることを電磁気シミュレーションの手法により示した。

(6)プラズモニクセンシングに使うことのできるITOナノ粒子を近赤外レーザーアブレーションにより作製する手法も開発した。従来の一般的な化学合成法では、ナノ粒子が保護剤により覆われるため、検出対象となる分子がアクセスしにくい。レーザーアブレーション法により作製したITOナノ粒子はアクセスしやすいため、屈折率センシングに対する感度が、化学合成したものよりも2倍程度高いことが明らかとなった。磁気円偏光二色性(MCD)測定法を用いることにより、より精度の高い分析が可能になることもわかった。こうした粒子をベースにキラリティーを付与すれば、金を用いたものよりも安価な材料でセンシングが可能になると期待される。

(7)そのほか、いわゆるキラリティー誘起スピン選択性(CISS)を利用したエナンチオ選択センシングについても研究し、磁性ナノ粒子を利用することで高速応答が実現できる可能性があることを明らかにした。またそれとは別に、磁性ナノ粒子の光学的評価も行い、新しい方式によるエナンチオ選択センサを、これまでよりも容易に作製できる可能性があることを見出した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Y. Oba, S. H. Lee, and T. Tatsuma	4. 巻 128
2. 論文標題 Near Field Photocatalysis: Site-Selective Metal Deposition onto Semiconductor Nanoparticles by Linearly Polarized UV Light	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. C	6. 最初と最後の頁 827-831
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.3c08237	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 N. Ichiji, T. Ishida, I. Morichika, T. Tatsuma, and Satoshi Ashihara	4. 巻 109
2. 論文標題 Rotationally Displaced Electric Field Intensity Distribution around Square Nanoantennas Induced by Circularly Polarized Light	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 35428
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.109.035428	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 S. Kuroki, T. Ishida, and T. Tatsuma	4. 巻 160
2. 論文標題 Effects of Plasmon Coupling on Circular Dichroism of Chiral Nanoparticle Arrays	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 J. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 64702
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0185286	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 T. Ishida, R.-Z. Sun, S. H. Lee, and T. Tatsuma	4. 巻 128
2. 論文標題 Magneto-Plasmonic Response Enhancement of Au@Fe2O3 Nanocomposites Fabricated by Plasmon-Induced Charge Separation	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. C	6. 最初と最後の頁 2561-2566
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.3c07566	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 H. Nishi, H. Tojo, A. Kawai, and T. Tatsuma	4. 巻 7
2. 論文標題 Semitransparent Periodic Nanostructures Grown under Polarized Incoherent Light for Diffractive Applications	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 ACS Appl. Nano Mater.	6. 最初と最後の頁 5426-5433
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnm.3c06223	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 H. Nishi, T. Tojo, and T. Tatsuma	4. 巻 92
2. 論文標題 Chiral Nanoporous Structures Fabricated via Plasmon-Induced Dealloying of Au-Ag Alloy Thin Films	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Electrochemistry	6. 最初と最後の頁 57003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5796/electrochemistry.24-00027	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 K. Shimomura, Y. Nakane, T. Ishida, and T. Tatsuma	4. 巻 122
2. 論文標題 Photofabrication of Chiral Plasmonic Nanospiroids	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Lett.	6. 最初と最後の頁 151109
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0146579	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 K. Kim, H. Nishi, and T. Tatsuma	4. 巻 157
2. 論文標題 2. 論文標題 5. 発行年 Site-Selective Introduction of MnO ₂ Co-Catalyst onto Gold Nanocubes via Plasmon-Induced Charge Separation and Galvanic Replacement for Enhanced Photocatalysis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 J. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 111101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0102049	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 I. Gu, T. Ishida, and T. Tatsuma	4. 巻 90
2. 論文標題 One-Step Electrodeposition of Chiral Plasmonic Gold Nanostructures for Enantioselective Sensing	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Electrochemistry	6. 最初と最後の頁 77006
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5796/electrochemistry.22-00046	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Aoki Yukika, Ishida Takuya, Tatsuma Tetsu	4. 巻 5
2. 論文標題 Plasmon-Induced Photocatalysis Based on Pt-Au Coupling with Enhanced Oxidation Abilities	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Applied Nano Materials	6. 最初と最後の頁 4406-4412
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnm.2c00509	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Rui Ogata, Hiroyasu Nishi, Takuya Ishida, and Tetsu Tatsuma	4. 巻 13
2. 論文標題 Visualization of Nano-localized and Delocalized Oxidation Sites for Plasmon-Induced Charge Separation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nanoscale	6. 最初と最後の頁 681-684
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0NR08552A	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 X. Fu, S. H. Lee, Y. Kuroiwa, and T. Tatsuma	4. 巻 89
2. 論文標題 Near Infrared Electrochromic Smart Window with Plasmonic Compound Nanomaterials	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Electrochemistry	6. 最初と最後の頁 141-144
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5796/electrochemistry.20-00157	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Q. Chen, Y. Kuroiwa, and T. Tatsuma	4. 巻 89
2. 論文標題 Laser Printing of Translucent Plasmonic Multicolor Images Based on Gold Nanoparticles	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Electrochemistry	6. 最初と最後の頁 230-233
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5796/electrochemistry.20-0029	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Lee Seung Hyuk, Nishi Hiroyasu, Tatsuma Tetsu	4. 巻 9
2. 論文標題 Plasmon-induced charge separation based on a nanocomposite containing MoO ₂ under visible light irradiation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry C	6. 最初と最後の頁 6395-6398
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1TC00887K	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計42件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Tetsu Tatsuma
2. 発表標題 Site-Selective Introduction of MnO ₂ Co-Catalyst to Gold Nanocubes for Enhanced Plasmonic Photocatalysis
3. 学会等名 243rd ECS Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 黒木、石田、立間
2. 発表標題 Fabrication of Ag Nanoparticles by Circularly Polarized Light and Control of Chiroptical Properties
3. 学会等名 2023年光化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Lee、印、立間
2. 発表標題 レーザーアブレーションによるプラズモニックITOナノ粒子の合成
3. 学会等名 2023年光化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 澤田、石田、立間
2. 発表標題 Fabrication of Superparamagnetic Fe ₃ O ₄ -Chiral Ag Nanocomposites Exhibiting Asymmetric Transmission
3. 学会等名 2023年光化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石田、立間
2. 発表標題 プラズモン誘起電荷分離により作製したAu@Fe ₂ O ₃ ナノコンポジットの磁気プラズモニック特性増強
3. 学会等名 2023年光化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 立間 徹
2. 発表標題 プラズモンなどの近接場光によるナノ構造体の作製
3. 学会等名 2023年電気化学秋季大会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石田 拓也、黒木 秀起、亀岡 ゆり、立間 徹
2. 発表標題 円偏光によるプラズモニックナノ粒子のキラリ形状とキラリティの解析
3. 学会等名 2023年電気化学秋季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 立間 徹
2. 発表標題 プラズモン共鳴の光触媒科学への応用
3. 学会等名 第132回触媒討論会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石田 拓也、黒木 秀起、立間 徹
2. 発表標題 円偏光で作製したキラリAgナノ粒子アレイにおけるプラズモンカップリングの影響
3. 学会等名 第84回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小林、澤田、石田、立間
2. 発表標題 Fe ₃ O ₄ -Agナノ複合体の円偏光による作製と磁気キラリ光学応答の制御
3. 学会等名 第13回CSJ化学フェスタ2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 高橋、石田、立間
2. 発表標題 円偏光照射によるキラル銀ナノ粒子のコロイド合成
3. 学会等名 第13回CSJ化学フェスタ2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 伊知地 直樹、石田 拓也、森近 一貴、立間 徹、芦原 聡
2. 発表標題 Chiral electric field distribution on square nano-antennas induced by circularly polarized light
3. 学会等名 第8回フォトニクスワークショップ
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 亀岡 ゆり、石田 拓也、立間 徹
2. 発表標題 円偏光照射による金ナノディスクのキラル形状化
3. 学会等名 電気化学会第91回大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 張 晨、石田 拓也、Lee Seung Hyuk、立間 徹
2. 発表標題 CoPtナノ粒子およびその複合体が示す磁気光学効果
3. 学会等名 日本化学会第104春季年会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 伊知地 直樹、石田 拓也、森近 一貴、立間 徹、芦原 聡
2. 発表標題 円偏光励起による正方形ナノプレート近傍電場分布の回転変位
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 石田 拓也、伊知地 直樹、森近 一貴、芦原 聡、立間 徹
2. 発表標題 円偏光励起によるAuナノキューブ周辺のキラルな電場分布形成機構
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 黒木 秀起、石田 拓也、立間 徹
2. 発表標題 キラルAgナノ粒子アレイのキラル光学応答に対するプラズモンカップリングの影響
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 LEE SEUNGHYUK、印 明、立間 徹
2. 発表標題 レーザーアブレーションによるプラズモニックITOナノ粒子アンサンブルの作製
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 T. Tatsuma, T. Ishida, and H. Nishi
2. 発表標題 Photoelectrochemical Fabrication of Chiral Plasmonic Nanostructures by Circularly Polarized Light
3. 学会等名 241st ECS Meetin (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T. Tatsuma, T. Ishida, and H. Nishi
2. 発表標題 Shaping Plasmonic Nanomaterials for Photocatalysis
3. 学会等名 1st International Symposium on Emerging Nanoarchitectures and Plasmonics for Energy Conversion 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T. Tatsuma, T. Ishida, and H. Nishi
2. 発表標題 Plasmon-Induced Charge Separation and Plasmonic Shaping of Nanoparticles
3. 学会等名 2nd AMU/CNRS-IIS/UTokyo mini-Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石田 拓也、黒木 秀起、亀岡 ゆり、井澤 哲舜、立間 徹
2. 発表標題 プラズモン共鳴銀ナノ構造の光電気化学的加工
3. 学会等名 2022年電気化学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石田 拓也、井澤 哲舜、黒木 秀起、立間 徹
2. 発表標題 円偏光照射によるキラル Ag ナノ構造の作製
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 黒木 秀起・石田 拓也・立間 徹
2. 発表標題 円偏光照射によるキラル銀ナノ粒子のガラス基板上での作製
3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 澤田 直樹・本間 徹・石田 拓也・立間 徹
2. 発表標題 近赤外域でキラル光学応答を示すAu複合体
3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 亀岡 ゆり・石田 拓也・立間 徹
2. 発表標題 プラズモン誘起還元反応によるAgナノ粒子の成長
3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 孫 瑞卓、石田 拓也、立間 徹
2. 発表標題 プラズモン誘起電荷分離により作製した金 - 酸化鉄コアシェル構造の磁気光学効果
3. 学会等名 日本化学会第103回年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 数野 真弥、イ スンヒョク、石田 拓也、立間 徹
2. 発表標題 CoPt磁性ナノ粒子修飾電極によるエナンチオ選択的還元反応
3. 学会等名 電気化学会第90回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 イ スンヒョク、大木 峻我、立間 徹
2. 発表標題 プラズモン誘起電荷分離に基づく半透明光コンダクタ
3. 学会等名 電気化学会第90回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 黒木 秀起、石田 拓也、立間 徹
2. 発表標題 円偏光照射によるキラル Agナノ粒子の作製とそのキラル光学特性
3. 学会等名 電気化学会第90回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 左 袁、西 弘泰、黒岩 善徳、立間 徹
2. 発表標題 プラズモン誘起還元析出反応による Au-Ag複合ナノ粒子の形態制御
3. 学会等名 電気化学会第90回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 イ スンヒョク、西 弘泰、立間 徹
2. 発表標題 MoO ₂ 含有化合物ナノ材料を用いた可視光によるプラズモン誘起電荷分離
3. 学会等名 2021年電気化学秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 東條 太郎、西 弘泰、立間 徹
2. 発表標題 プラズモン誘起脱合金化によるナノポーラス構造の作製と光学特性制御
3. 学会等名 2021年電気化学秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松下 匠、イ スンヒョク、立間 徹
2. 発表標題 フッ素ドープ酸化インジウムナノキューブを用いた透明導電膜の作製
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 本間 徹、石田 拓也、立間 徹
2. 発表標題 キラルナノ周期構造のプラズモン共鳴を用いた造形
3. 学会等名 2021年光化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中根 佑真、石田 拓也、立間 徹
2. 発表標題 プラズモニクナノ構造体におけるキラル光学特性の形態依存性
3. 学会等名 2021年光化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tetsu Tatsuma, Hiroyasu Nishi, Takuya Ishida
2. 発表標題 Enhancement of Plasmon-Induced Charge Separation through Plasmon Coupling
3. 学会等名 PRiME2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tetsu Tatsuma
2. 発表標題 Plasmon-Induced Charge Separation and Applications
3. 学会等名 Online workshop between MESA+ and IIS (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石田 拓也, 下村 孔輝, 立間 徹
2. 発表標題 プラズモン誘起電荷分離によるらせん状キラルナノ構造の作製
3. 学会等名 2020年web光化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 立間 徹
2. 発表標題 金属ナノ粒子で光と色を操る
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ2020 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井澤 哲舜, 石田 拓也, 立間 徹
2. 発表標題 銀ナノキューブ上における局在表面プラズモン共鳴に基づく酸化還元反応の制御
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中根 佑真, 石田 拓也, 立間 徹
2. 発表標題 プラズモン誘起電荷分離により作製したキラルなスパイラルナノ構造体のサイズ依存性
3. 学会等名 電気化学会第88回大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------