

令和 2 年 6 月 16 日現在

機関番号：63903

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03014

研究課題名(和文)階層を越えた物質のキラリティの3次元分析：汎用偏光二色性分光分析イメージング

研究課題名(英文)Three-dimensional investigation of hierarchical chirality in various scales:  
general dichroism spectroscopic imaging

研究代表者

成島 哲也(Narushima, Tetsuya)

分子科学研究所・メゾスコピック計測研究センター・助教

研究者番号：50447314

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,200,000円

研究成果の概要(和文)：分子集合体等の物質が内部にキラルな構造を有する場合、キラル分子と同様に、円二色性(CD)を示す。一般にこのような試料は異方性をもち、そのCD測定では、真のCD信号に直線二色性や複屈折性による信号が重畳し、測定の障害となる。我々は、この影響を原理的に受けにくい円偏光変調方式を採用することにより、信頼性の高い顕微CD測定が可能なシステムを開発してきた。キラル指向剤によって分子スケールの配位を制御されたマイクロ結晶微粒子の分析では単一粒子レベルで100%に近い高いエナンチオマー過剰率を有することが示された。また、生体等の不透明な試料への分析に適用するべく反射・散乱光からのキラリティ分析も可能とした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で発展させたキラリティの分光分析イメージングにより、分子単体だけでなく、それらの集合体や複合体がナノからマイクロまでのスケール階層に拡がり形成する、キラルな構造、即ち、分子レベルよりも少し粗視化したキラリティの視点で、物質や生体の本質を見定めることを目指して研究を進めてきた。これまでに、信頼性の高いイメージング分析手法が確立されつつある。本分析手法の高速化を実現し、反射・散乱光による高分解能な分析を可能とするよう深化させることにより、キラリティの動態やキラルな系の過渡的な応答から生体機能や疾患が発症するしくみを探ることも可能になると考えられ、今後もさらに研究を進める意義があると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Various hierarchical chiral structures exist from subnano- to micro-meter scales in biological systems. Observation of fluorescence or optical extinction is routinely made for tracking positions of target molecules. In addition, optical activity signals due to chirality of the molecules/molecular assemblies may provide invaluable information to reveal biological functions and origin of asymmetric morphology. Circular dichroism (CD) microscopy enables direct visualization of the spatial CD signal distribution. However, it has not been commonly employed, because artifacts arising from linear dichroism (LD) of the sample interfere in the CD signal obtained by the conventional CD detection method. Recently, we proposed a new polarization modulation for accurate CD detection, which greatly suppressed the LD interference and achieved reliable CD imaging. Based on this, we demonstrated analysis of individual chiral particles and also show possibility of the reflection CD imaging analysis etc.

研究分野：ナノ光科学, キラル光物性

キーワード：キラリティ 偏光 ナノ光学 近接場光学 円二色性 分光分析 走査プローブ顕微鏡

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

鏡像対称性を持たないキラル(chiral)分子は、旋光性や円二色性(CD)といった光学活性を示す。一方、単体では光学活性を示さないアキラル(achiral)な分子においても、その集合構造がキラリティ(chirality)を獲得して発現したものや、形状自体がキラルなナノ構造体による巨大な光学活性など、単体の分子構造だけに起因しない、新しいタイプの光学活性の発現例が近年多数報告されている。

我々はこれらの分子集合体やナノ構造体等の局所的な CD を実験的に観察することを可能とする近接場 CD イメージング法を開発し、キラルなナノ物質による光学活性の特性と起源の解明を進めてきた(PCCP2013, JPCC2013, 2014, ACS Photon. 2014, 表面科学2014, PCCP2015, Chirality2016, Proc. SPIE 2017, 2018, ACS Photon. 2018, 2019)。

### 2. 研究の目的

本研究では、分子サイズに相当するサブナノからマイクロメートルまでのそれぞれのスケールの階層における、物質のキラルな構造の分析を実現する。独自の光学活性検出法をベースに、円偏光以外の偏光状態も用い、汎用な偏光二色性分析を行う。複数のスケール階層からの情報は、分子サイズよりも大域的な構造に起因し発現するキラルな特性を理解するための新しい視点を与え得る。

### 3. 研究の方法

物質のキラリティを評価するには、X線結晶構造解析と円二色性分光法の二種類の方法がしばしば用いられる。タンパク質等の分子性物質においてはX線結晶構造解析により分子の絶対配置と結晶の絶対構造を決定することができる。これはとても強力な手法であるが、計測できる試料が結晶に限定される。一方、生体環境に近い溶液環境下におけるキラリティの評価では、左廻りと右廻りの円偏光に対する光吸収の差、即ち円二色性(CD)が用いられる。通常、この CD 信号の大きさは吸収強度のわずか 0.1~0.001%程度にしかならない。これは二つの直交する直線偏光に対する光吸収の差(直線二色性, LD)と比較して圧倒的に小さい。そのため、市販の CD 分散計では、高速な偏光変調にロックイン検出を組み合わせた高感度な信号検出方法が導入されている。実際、市販の CD 分散計の最新のものでは、左と右の円偏光に対する光吸収差で 0.001~0.0001%もの高い検出感度が実現され、そのおかげで溶液中のキラル分子の構造変化や動的な挙動に関する議論が可能となっている。

市販の CD 分散計では高い検出感度を実現するため、通常、光弾性変調器(PEM)により偏光変調が行われている。この PEM 素子に、直線偏光を入射すると 50 kHz 程度の周波数で左・右の円偏光が周期的に出射される(図 1 a)。PEM 素子の石英材の屈折率が変調されることにより左と右の円偏光が交互に得られるが、その中間のタイミングにおいては常に直線偏光成分が存在する。理想的に PEM 素子が駆動し、かつ、ロックイン検出が完全に同期して行われる場合には問題とならないが、現実には PEM 素子にはわずかながらも無視できない歪みが存在し、また、ロックイン検出の同期性が少しでも損なわれると、前述の巨大な LD の寄与が無視できなくなる。溶液中の分子やアモルファス等の試料では個々の分子がランダムな配向をとり特定の方向を有していないため、LD の寄与は全体として相殺される。一方、結晶などの秩序構造を持つ固体試料の CD 計測やその CD の空間分布の観察では、真の CD 信号に LD アーティファクトが混入することを抑制することが不可欠となる。

物質や生体の謎をキラリティの視点から解明しようとする要求は古くからあった。そのため、これらの試料に対する CD 計測、イメージングの試みが多数行われてきたものの、PEM 素子を用いた CD 検出法では、LD の影響を完全に排除することが難しく、固体試料に対する信頼性の高い CD 計測法はわずかな例に限られ、市販レベルの「CD 顕微鏡」はいまだ存在していない。

我々は、純粋な左・右の円偏光を離散的に繰り返し照射する手法(離散円偏光変調法, 図 1 b)を開発した(Sci Rep 2016, 特願 2015-257226 号)。これにより、ロックイン検出の高い感度を確保でき、また、多少タイミングがずれても直線偏光成分を一切含むことがないため、常に CD 計測の信頼性が確保される。さらに、高い消光比をもつ結晶性光学素子で構成することにより純度の高い円偏光を照射している。この円偏光変調法に基づき開発した CD イメージングシステムは、生物や医療に関する分野において有用な手法であることが示されつつある(生物物理 2019 等)。

本報告書では、本研究で進めてきた、信頼性の高い CD 計測を可能とする、離散円偏光変調法に基づき行った単一結晶微粒子レベルのキラリティのイメージング分析、反射測定系の開発等を中心に述べる。

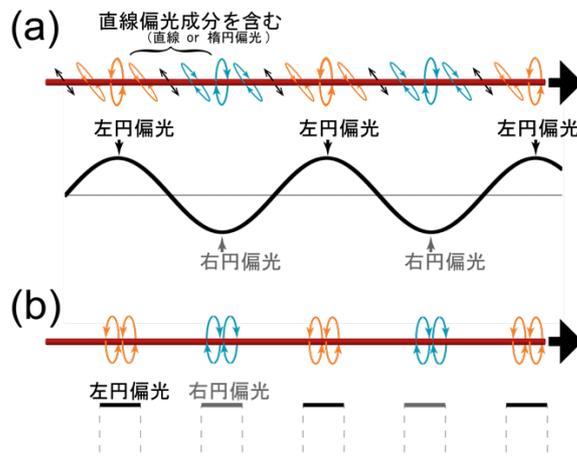


図 1 円偏光変調法の違い

#### 4. 研究成果

##### (1) 単一結晶微粒子のキラリティ分析

ここでは、顕微 CD 分析イメージングシステムを用い、キラル指向剤によって、分子スケールの配位を L または D 体のいずれかに制御して作製されたマイクロメータスケールの結晶微粒子を、単一粒子レベルで観察し、得られた CD イメージから個々の粒子がもつキラリティをについて半定量的に調べた結果に述べる。

分子スケールでキラルな配位空間を有する結晶微粒子の試料として、La を金属種として含む有機金属構造体 (Metal-Organic Framework, MOF) を対象にした。この結晶微粒子は、通常、ラセミ混合物として得られるが、アミノ酸をキラル指向剤として用いた手法で合成することにより、キラリティの偏った結晶微粒子を作製することができる。得られた結晶微粒子は紫外光領域で光吸収を示すが、現在の CD 顕微検出システムで測定可能な 350 nm 以上の長波長での観察に対応させるため、methyl orange 色素を添加し、色素によって誘起された CD の測定を行った。単一粒子が示す CD と多数の粒子によるアンサンブル平均を比較することにより、個々の粒子がもつキラリティの偏りを調べた。

図 2 にアンサンブル測定によって得られた消光及び CD スペクトルを示す。色素の導入により可視光領域にも吸収が発現した。また、この色素による誘起 CD では、キラル指向剤のキラリティを反映し、波長 385 nm に、D 体で負、L 体では正の CD ピークが観察された。

単一粒子レベルで観察した顕微イメージングの結果を図 3 に示す。図 3(a), (b) が L 体, (c), (d) が D 体として作製された微粒子試料の透過光像と CD 像である。透過光像において暗い部位に存在する微粒子に対応して、CD 像では、D 体が負、L 体ではほぼ全ての粒子が正の CD を示すことが分かった。この顕微測定により得られた CD の符号は、巨視的な CD 測定によるものとも符合した。即ち、作製されたキラル微粒子試料が粒子レベルで高いエナンチオマー過剰率 (ee) を有することが、本 CD の顕微測定によって明確に示された。(Chem. Eur. J. 2019 等)。

##### (2) 反射 CD 測定系の開発

化学分析等で用いられる試料は光吸収が少ない場合が多く透過光からキラルな情報が得られるが、生体試料には不透明なものもあり、また、その場で CD イメージング分析を行うためには、試料からの反射光や散乱光からキラルな情報を抽出するシステムを構築する必要があるだろう。

透過の装置配置と同様に、高い純度をもつ左・右の円偏光を照射し、試料からの透過光と反射・散乱光の両方からキラリティを分析するために、開口を有したプリズムミラーを用いた(図 4)。キラルなナノ構造体配列を用いた試料では透過光だけでなく、反射・散乱光からも明瞭にキラリティの情報を抽出することに成功している。

#### CD & extinction spectra

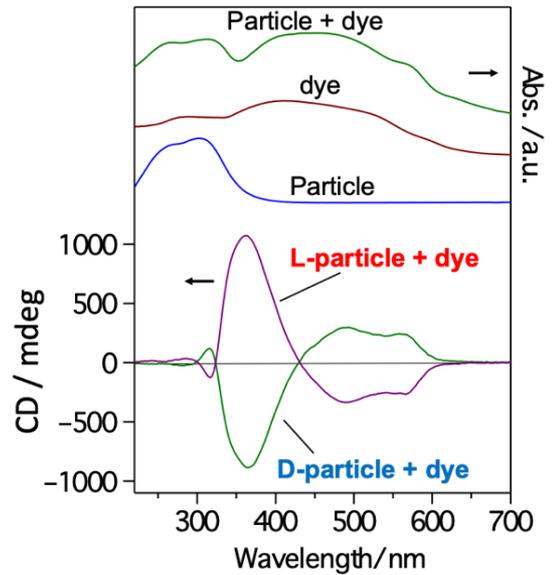


図 2 Extinction and CD spectra for chiral organic particles with/without the addition of methyl orange dye.

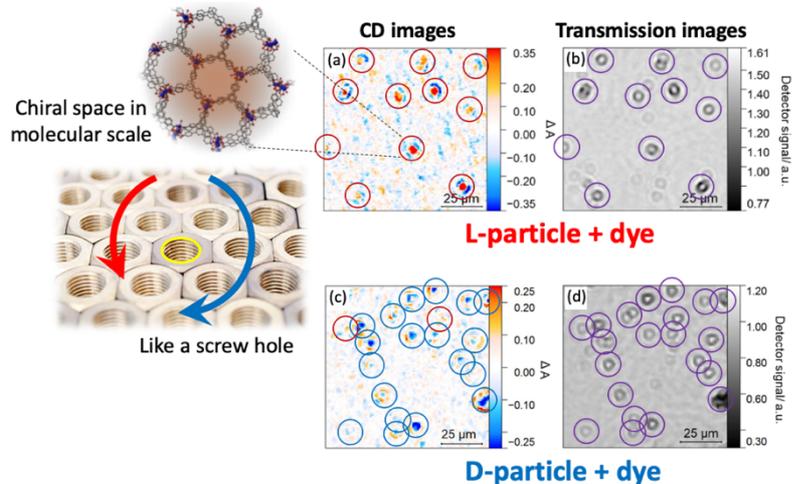


図 3 CD and transmission images of L- and D-forms of chiral organic particles. Observation wavelength: 400nm.

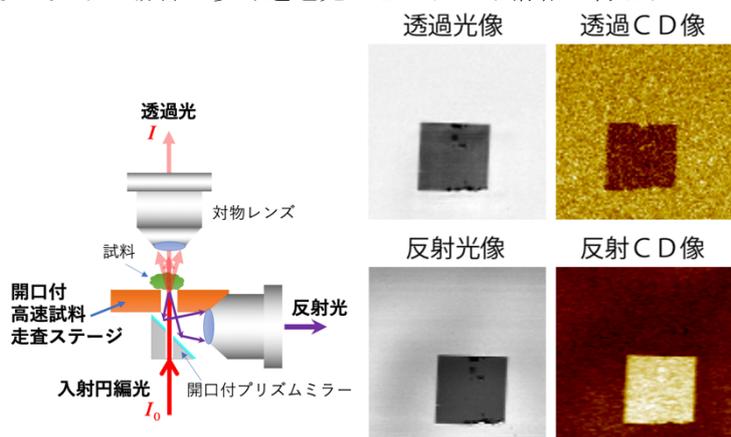


図 4 透過と反射測定用の CD 計測配置と取得イメージ

### (3) 当初予想していなかった展開

現在、本研究で研究開発を進めてきた手法と成果から得られた知見に基づき、ナノ物質周辺のねじれた光電場を制御し、それによる環境・病原物質の検出や新奇光反応場の創成や宇宙化学進化への適用、ナノ磁性の発現等、基礎のみならず応用を視野に入れた研究展開も進めている。周辺のねじれた光局在電場を利用した物質系との相互作用への展開については、ナノ構造体配列試料とマイクロ流路を組み合わせたデバイスが完成し、現在実験を進めている。

これまでの離散円偏光変調法では、変調周波数が 1kHz 程度にとどまっているため、その動態をリアルタイムで調べるのが難しく、疾患が発症するしくみや生体機能を解明する道が閉ざされていた。現在、数桁倍高速化する方法についても目処が立ちつつあり、キラリティのリアルタイム分析の実現可能性が見えはじめている。

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Yamada Teppei, Eguchi Toshiki, Wakiyama Taro, Narushima Tetsuya, Okamoto Hiromi, Kimizuka Nobuo	4. 巻 25
2. 論文標題 Synthesis of Chiral Labtb and Visualization of Its Enantiomeric Excess by Induced Circular Dichroism Imaging	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 6698 ~ 6702
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201900329	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 Hashiyada Shun, Narushima Tetsuya, Okamoto Hiromi	4. 巻 6
2. 論文標題 Active Control of Chiral Optical near Fields on a Single Metal Nanorod	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Photonics	6. 最初と最後の頁 677 ~ 683
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsp Photonics.8b01500	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 Hashiyada S., Endo K., Narushima T., Togawa Y., Okamoto H.	4. 巻 1220
2. 論文標題 Spectral properties of chiral electromagnetic near fields created by chiral plasmonic nanostructures	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012050 ~ 012050
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/1220/1/012050	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 NARUSHIMA Tetsuya, OKAMOTO Hiromi	4. 巻 59
2. 論文標題 Circular Dichroism Spectroscopic Imaging for Chiral Materials	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Seibutsu Butsuri	6. 最初と最後の頁 035 ~ 038
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2142/biophys.59.035	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 Uchida Yoshiaki, Narushima Tetsuya, Yuasa Junpei	4. 巻 1-6
2. 論文標題 Molecular Technology for Chirality Control: From Structure to Circular Polarization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Molecular Technology: Energy Innovation	6. 最初と最後の頁 129 ~ 154
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/9783527823987.vol11_c6	査読の有無 無
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 Narushima Tetsuya	4. 巻 93
2. 論文標題 Scanning Near-Field Optical Microscopy/Near-Field Scanning Optical Microscopy	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Compendium of Surface and Interface Analysis	6. 最初と最後の頁 577 ~ 582
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-10-6156-1_93	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 Hashiyada Shun, Narushima Tetsuya, Okamoto Hiromi	4. 巻 5
2. 論文標題 Imaging Chirality of Optical Fields near Achiral Metal Nanostructures Excited with Linearly Polarized Light	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Photonics	6. 最初と最後の頁 1486 ~ 1492
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsp Photonics.7b01511	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 Hashiyada Shun, Narushima Tetsuya, Okamoto Hiromi	4. 巻 10712
2. 論文標題 Active polarization control of optical fields localized on gold nano-rectangles	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. SPIE	6. 最初と最後の頁 107121S
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2319312	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 Hashiyada Shun, Narushima Tetsuya, Okamoto Hiromi	4. 巻 10252
2. 論文標題 Generation of chiral optical near-fields with non-chiral metallic nanostructures and linearly polarized light	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. SPIE	6. 最初と最後の頁 1025214
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2274900	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 成島哲也	4. 巻 9
2. 論文標題 円二色性顕微鏡による物質の局所的な光学活性の研究	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 機器センターたより2017 /分子科学研究所 機器センター	6. 最初と最後の頁 84 ~ 87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 成島哲也	4. 巻 なし
2. 論文標題 加熱処理による片持ち梁試料の清浄化とそれによる表面応力研究 ”	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 サーモ理工 熱技術35年史 研究論文集	6. 最初と最後の頁 38 ~ 42
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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30件 (うち招待講演 16件 / うち国際学会 16件)

1. 発表者名 T. Narushima
2. 発表標題 A closer look at an optical near-field on interstellar dust nanoparticles as source of homo-chirality
3. 学会等名 Connecting Fundamental Physics, Chemistry, and the Origins of Biomolecular Homochirality (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 成島哲也
2. 発表標題 ホモキラリティの起源としての星間塵ナノ微粒子の可能性
3. 学会等名 第1043回 国立天文台談話会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Narushima, and H. Okamoto
2. 発表標題 Microscopic Circular Dichroism Imaging to Explore Materials Chirality
3. 学会等名 The International Symposium on Plasmonics and Nano-photonics (iSPN2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 成島哲也, 山田鉄兵, 君塚信夫, 岡本裕巳
2. 発表標題 顕微円二色性イメージングによる単一結晶微粒子のキラリティ分析
3. 学会等名 第13回分子科学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 成島哲也
2. 発表標題 物質のキラリティを探る円二色性顕微鏡
3. 学会等名 第39回光化学若手の会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 成島哲也
2. 発表標題 円二色性ナノイメージングによるキラル物質分析
3. 学会等名 研究会「光・物質・生命・宇宙におけるキラリティ」(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Narushima, H. Okamoto,
2. 発表標題 Analysis of Local Chirality with Microscopic Circular Dichroism Imaging
3. 学会等名 The 23rd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation -Materials and Biomolecular Science using VUV-SX Synchrotron Radiation- (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Narushima, H. Okamoto,
2. 発表標題 Circular Dichroism Microscopy to Explore Local Chiroptical Properties
3. 学会等名 2018 Joint Symposium on Optics (OSJ, OSA, OSK) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Narushima, S. Hashiyada, H. Okamoto,
2. 発表標題 Near-field and Far-field Microscopy to Explore Chirality of Materials and Localized Optical fields
3. 学会等名 The 2018 International Conference on Nanoscience + Technology (ICN+T 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Narushima, H. Okamoto
2. 発表標題 Circular Dichroism Microscopic Study to Analyze Chiral Materials
3. 学会等名 The 12th International Conference on Excitonic and Photonic Processes in Condensed Matter and Nano Materials (EXCON 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Hashiyada, K. Endo, T. Narushima, Y. Togawa and Hiromi Okamoto
2. 発表標題 Spectral properties of chiral electromagnetic near fields created by chiral plasmonic nanostructures
3. 学会等名 2018 Joint Symposium on Optics (OSJ, OSA, OSK) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Hashiyada, K. Endo, T. Narushima, Y. Togawa and Hiromi Okamoto
2. 発表標題 Visualization of chiral optical fields in chiral metal nanostructures
3. 学会等名 The 12th International Conference on Excitonic and Photonic Processes in Condensed Matter and Nano Materials (EXCON 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 成島哲也, 岡本裕巳, 江口稔季, 山田鉄兵, 君塚信夫
2. 発表標題 円二色性顕微観察による単一マイクロ微粒子レベルのキララル物質分析
3. 学会等名 2018年 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 橋谷田俊, 遠藤健作, 成島哲也, 戸川欣彦, 岡本裕巳
2. 発表標題 キラル金属ナノ構造体に局在するキラル光電場のスペクトル特性
3. 学会等名 2018年 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 成島哲也
2. 発表標題 円二色性の顕微観察によるキラル物質の分析と設計
3. 学会等名 顕微ナノ・表面科学・SPM合同シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 成島哲也
2. 発表標題 キラル物質の局所光学活性と分子技術への応用展望
3. 学会等名 日本化学会 春季年会中長期テーマシンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 成島哲也
2. 発表標題 円二色性顕微鏡による階層的なキラル構造変化の可視化の試み
3. 学会等名 理研-分子研合同シンポジウム: アト秒から秒にいたるダイナミクス研究の最前線 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Narushima
2. 発表標題 Microscopic Study on Optical Activity Localized in Materials to Explore Hierarchical Chirality in Various Scales
3. 学会等名 The 8th International Symposium on Surface Science (ISSS-8) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 成島哲也
2. 発表標題 強い局所光学活性を利用したキラル光デバイス
3. 学会等名 日本化学会秋季事業 第7回CSJ化学フェスタ2017 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 H. Okamoto, S. Hashiyada, Y. Nishiyama, T. Narushima
2. 発表標題 Imaging Chiral Plasmons
3. 学会等名 JSAP-OSA Joint Symposia, The 78th JSAP Autumn Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 成島哲也
2. 発表標題 ナノ構造物質の局所キラリティとその光学的・化学的応用展望
3. 学会等名 2017年度真空・表面科学合同講演会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 成島哲也
2. 発表標題 光でナノスケールのキラリティを調べる
3. 学会等名 自然科学研究機構 サイトビジット(岡崎地区)(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 H. Okamoto, S. Hashiyada, T. Narushima, Y. Nishiyama
2. 発表標題 Near-field imaging of chiral optical fields on plasmonic materials
3. 学会等名 The 8th International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics (META2017)(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 H. Okamoto, S. Hashiyada, T. Narushima, Y. Nishiyama
2. 発表標題 Imaging of Local Chirality with Near-Field Microscopy
3. 学会等名 The 11th Asia-Pacific Conference on Near-field Optics (APNF011)(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 H. Okamoto, S. Hashiyada, T. Narushima, Y. Nishiyama
2. 発表標題 Local Optical Activity Imaging of Metal Nanostructures and Structured Chirality
3. 学会等名 Frontiers in Molecular Science: Structure, Dynamics, & Function of Molecules and Com-plexes(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shun Hashiyada, Tetsuya Narushima, and Hiromi Okamoto
2. 発表標題 Generation of chiral optical near-fields with non-chiral metallic nanostructures and linearly polarized light
3. 学会等名 The 4th Optical Manipulation Conference 2017 (OMC`17) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Narushima, Shun Hashiyada and Hiromi Okamoto
2. 発表標題 Microscopic Circular Dichroism Imaging to Explore Materials Chirality
3. 学会等名 The 29th International Symposium on Chirality (Chirality 2017; ISCD-29) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Narushima, Shun Hashiyada and Hiromi Okamoto
2. 発表標題 Circular Dichroism Imaging to Analyze Chirality in Materials
3. 学会等名 The 16th International Conference on Chiroptical Spectroscopy (CD2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 江口稔季, 山田鉄兵, 成島哲也, 君塚信夫
2. 発表標題 アミノ酸で誘導したキラルLaBTBの細孔に取り込んだキラルなイオンの運動特性
3. 学会等名 錯体化学会第67回討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 橋谷田俊, 成島哲也、岡本裕巳
2. 発表標題 金ナノ長方形による近接場光の偏光制御
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Narushima Tetsuya/ The Surface Science Society of Japan (eds)	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Springer, Singapore	5. 総ページ数 6/853
3. 書名 Compendium of Surface and Interface Analysis/ Scanning Near-Field Optical Microscopy/Near-Field Scanning Optical Microscopy	

〔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
---------------------------	-----------------------	----