

令和 3 年 5 月 19 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K19057

研究課題名(和文)光力学応答に基づく単一分子・ナノ粒子吸収分光法の開拓

研究課題名(英文)Single-nanomaterial absorption spectroscopy based on photomechanical response

研究代表者

伊都 将司(Ito, Syoji)

大阪大学・基礎工学研究科・准教授

研究者番号：10372632

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,900,000円

研究成果の概要(和文)：少数分子の吸収による光圧を検出する試料として、光捕捉下の単一粒子内で、光吸収の有無をUV照射で遠隔制御可能なフォトクロミック分子を用いた。フォトクロミック分子を含む単一微粒子を可視光で光捕捉した状態でUV照射することで吸収力を発生させ、その力を光トラップ位置の光軸方向への僅かな変位(数十から数百nm)から検出した。粒子に作用する放射圧を計算し、一般的な光トラッピング条件下では、数百から数千個の分子による光吸収を検出可能であることを明らかにすると共に、ハイブリッド型の新たな光操作を提案した。放射圧の力学測定に基づく吸収分光の実現に向けて、実験及びシミュレーションでの重要なツールが開発できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

一般に、少数分子の検出には蛍光検出が用いられるが、必ずしも全ての化学種を測定できるわけではない。一方、吸収分光はより一般的な分光手法であり、原理的に全ての分子が検出可能である。しかし一般の吸収分光では試料入射前後の光強度差を検出するため、少数分子(単一分子から1000個程度)を対象とした吸収分光は一般には困難である。本研究では、分子が光を吸収するさい発生する微弱な力を検出し少数分子の吸収分光を可能にする新たな分光法を開発するものであり、分子やナノ材料の挙動を無染色で検出可能とする。これは材料科学や分子細胞生物学、分析化学などの幅広い分野に全く新しいナノ測定手法を提供できる。

研究成果の概要(英文)：As a sample for detecting photon pressure due to the photo-absorption by a small number of molecules, we used photochromic dyes the absorption coefficient of which can be remotely control by UV irradiation in a single particle. A single particle with the photochromic dye was optically trapped in water with visible laser and irradiated with UV light to induce the coloration leading to the generate of absorption force. The force pushed the particle toward the light propagation direction and the slight shift (tens - hundreds of nm) was detected. By calculating the photon pressure acting on the particle, we concluded that photo-absorption by hundreds - thousands of molecules can be detected by using this technique. Based on this achievement, we proposed a new hybrid-optical manipulation combining photon force and photochemical reactions. In conclusion, we have successfully developed an important tool for the realization of absorption spectroscopy based on the measurement of photon pressure.

研究分野：ナノ光化学

キーワード：単一ナノ粒子分光 単一分子分光 光圧 光マニピュレーション

### 1. 研究開始当初の背景

単一分子分光は、一般に蛍光検出に基づいている。蛍光検出は、励起光を適切にカットすれば原理的にはバックグラウンドフリーであり、高い検出感度が容易に実現可能であるが、単一分子レベルの分光計測においては、微弱ではあるが存在する背景雑音の中で単一分子の蛍光を測定する必要があるため、現実的な測定対象は発光量子収率の比較的高い蛍光分子に限られ、必ずしも全ての化学種を測定できるわけではない。一方、吸収分光はより一般的な分光手法であり、対象とする分子の発光量子収率によらず、原理的に全ての分子が検出可能である。しかしながら、吸収分光では試料に入射した光強度  $I_0$  と、試料透過後の光強度  $I$  との差を検出するため、計測対象分子数の減少と共に吸収される光子数 ( $I_0 - I$ ) が減少し、検出感度が低下し、少数分子 (単一分子から 1000 個程度) を対象とした吸収分光は一般には困難である。しかし上述の通り、吸収分光は非発光性の試料も検出可能で、応用範囲は発光分光に比べてより広く一般的であるため、単一ナノ粒子、単一分子吸収分光法が確立されれば、個々の分子の挙動を無染色で検出可能となり、分子分光、材料科学や分子細胞生物学、分析化学、生化学などの幅広い分野でより一般的な顕微分光手法となり得る。

### 2. 研究の目的

本研究では上述の相反する特性を止揚した、単一分子レベルの吸収分光法の確立を最終的な目標として設定し、そのために、従来の吸収分光とは全く異なるアプローチ、即ち、「分子が光を吸収することで生じる力(放射圧)の測定」によって分子の光吸収を検出する手法を開拓する。さらにその手法を駆使し、少数分子、究極的には単一分子の光吸収測定を可能にする全く新しい吸収分光法の確立を目指す。

### 3. 研究の方法

少数分子の光吸収により発生する放射圧(吸収力)を測定するために、ターゲット分子を内包したナノメートルからマイクロメートルサイズの微粒子(高分子や MOF など)をサンプルとした。これらの微粒子はターゲット分子を微小空間に保持する試料セルの役割を果たす。

ターゲット分子としては、まずはモル吸光係数の比較的大きな有機色素(クマリンなど)を用いた。また、

吸収力によるトラップ位置の微小変位を追跡していることを実験的に明確に示すために、光照射で吸収バンドが変化するフォトクロミック色素(ジアリールエテン誘導体)も用いた。これらの色素を含む微粒子の水分散コロイドを作製し、試料とした。

ターゲット分子に作用する吸収力検出の概念図を図1に示す。まず試料粒子に吸収のない波長(可視/近赤外域)のレーザー光で単一微小液滴を光トラップする。この状態で、分子が吸収する波長のレーザー光で液滴内部の分子を励起する。分子の光吸収に伴う吸収力によりトラップ光の光軸にそって光の進行方向(+Z 方向)に僅かに変化する微粒子の位置をナノメートル精度で検出することで吸収力を高精度に測定する。ターゲット分子として蛍光分子を用い、粒子の位置は高感度蛍光イメージングにより追跡した。このとき結像光路にシリンドリカルレンズを導入し結像系に非点収差を導入することで、観測対象(ナノ/マイクロ粒子)の僅かな Z 変位に依存して、観測される粒子像が縦長から横長へと変化する(図1右)。この形状変化から nm レベルの Z 変位を検出した。上で述べたように、光照射で吸収バンドが変化するフォトクロミック分子系を含む微粒子に対して、着色 >> 消色 >> 着色を繰り返し誘起し、吸収バンドの変化に対応した Z 位置の変化を観測し、分子の光吸収による吸収力を測定しているかを実証した。また、分子の吸収断面積と励起光強度、トラッピング光強度、液滴サイズと屈折率などの諸条件から粒子に作用する放射圧(勾配力、散乱力、吸収力)の合力を計算し、実験結果の妥当性を詳細に検証した。

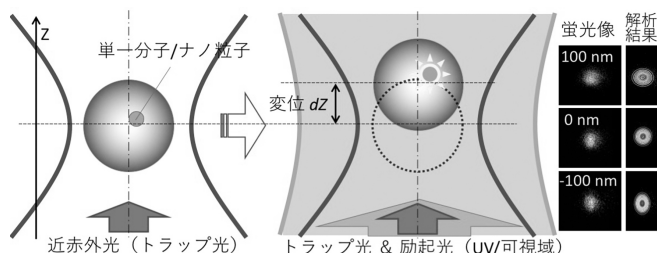


図1 単一分子/粒子の光吸収力による微小変位検出の概念図。図右には非点収差イメージの実際の測定例と解析結果を併せて示した。

### 4. 研究成果

数百ナノメートルから数マイクロメートルサイズの高分子微粒子に含まれる有機色素分子の基底状態吸収により発生する放射圧を上記手法により測定した。光異性化により吸収スペクトル変化を示すフォトクロミック分子(ジアリールエテン誘導体、ナフトピラン誘導体など)を含む微粒子試料を調製し、単一微粒子を可視光で光捕捉した状態で、UV 光を照射すると、光トラ

ップ位置が光軸 (Z 軸) 方向に数十から数百 nm シフトした。粒子に内包された分子の吸収断面積と分子数, 励起光強度, トラッピング光強度, 媒体粒子のサイズと屈折率などの諸条件から粒子に作用する放射圧(勾配力, 散乱力, 吸引力)の合力を計算し, 一般的な単一レーザービームを集光することで発生する勾配力による光トラッピング条件下では, 数百から数千個オーダーの分子による光吸収を検出可能であることを明らかにした。また, この Z 変位がフォトクロミック反応に同期して起こることを, 反応速度を変化させた系で測定することで実証し, 光化学反応による微小光メカノシステムが実現可能であることを示し, 化学反応と光圧をカップルさせた, ハイブリッド型の新たな光マニピュレーションを提案した[1, 2]。

さらに, 放射圧発生用レーザー光の光軸と直交する方向から被トラッピング粒子の挙動を観測可能な自作光学系を用い, これまでより微小な, 量子ドットに作用する放射圧の検出に挑戦した。粒径が微小な量子ドットの観察を容易にするため糖類を添加し粘性を高めた水溶液に市販の量子ドット(仕様: 直径 6 nm)を分散させ, 可視レーザー光を緩やかに集光し照射したところ, 吸引力及び散乱力により光軸方向に運動する粒子を蛍光イメージから確認することができた。この現象を定量的に説明するために, 種々の条件を考慮したブラウン動力学法に基づくシミュレーションを実施したところ, 実験における光照射条件では, 単一の量子ドットを輸送するには放射圧が幾分小さい事がわかり, 実験結果の再現には複数個の量子ドットが集合した凝集体, あるいは, 量子ドットのシェル部分の厚みが大きな系などを考える必要があることが分かった。比較的少数の量子ドット集合体に対する吸引力の力学検出に成功した本成果は, 少数量子システムの光吸収と放射圧の力学測定とを結びつける重要な研究成果であり, また本研究で提案する, 放射圧の力学測定に基づく吸収分光の実現に向けて, 実験系及びシミュレーション両面で重要なツールが開発できたと考えられる。

また, 微弱な光圧検出に対して影響を与える光熱効果に関しても検討を行い, 熱泳動と光圧を有効にカップルさせることで, 粒径選択的な光捕捉が実現可能であることも実証し[3], さらに溶媒のトラッピング光吸収により局所的な発熱を定量評価することにも成功している[4]。

#### 参考文献

- [1] Syoji Ito\*, Morio Mitsuishi, Kenji Setoura, Mamoru Tamura, Takuya Iida, Masakazu Morimoto, Masahiro Irie, and Hiroshi Miyasaka\*, "Mesoscopic Motion of Optically Trapped Particle Synchronized with Photochromic Reactions of Diarylethene Derivatives" *Journal of Physical Chemistry Letters*, 9(10), pp. 2659–2664 (2018). DOI: 10.1021/acs.jpcclett.8b00890
- [2] Kenji Setoura, Ahsan M. Memon, Syoji Ito\*, Yuki Inagaki, Katsuya Mutoh, Jiro Abe, and Hiroshi Miyasaka\*, "Switching of Radiation Force on Optically Trapped Microparticles through Photochromic Reactions of Pyranoquinazoline Derivatives" *Journal of Physical Chemistry C*, 122(38), pp. 22033–22040 (2018). DOI: 10.1021/acs.jpcc.8b03420
- [3] Kenji Setoura,\* Tetsuro Tsuji, Syoji Ito\*, Satoyuki Kawano, and Hiroshi Miyasaka, "Opto-Thermophoretic Separation and Trapping of Plasmonic Nanoparticles", *Nanoscale*, 11, pp. 21093–21102 (2019). DOI: 10.1039/C9NR05052C
- [4] Kenji Setoura, Keisuke Fujita, Syoji Ito\*, Hiroshi Miyasaka\*, "Temperature Elevation and Fluid Convection Under Optical Trapping Condition as Revealed by Fluorescence Correlation Spectroscopy" *J. Nanophoton.* 13(1), 012504 (2018). doi: 10.1117/1.JNP.13.012504

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kenji Setoura, Tetsuro Tsuji, Syoji Ito, Satoyuki Kawano, Hiroshi Miyasaka	4. 巻 11
2. 論文標題 Opto-Thermophoretic Separation and Trapping of Plasmonic Nanoparticles	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nanoscale	6. 最初と最後の頁 21093-21102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9NR05052C	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 Ryo Nishimura, Ayako Fujimoto, Nobuhiro Yasuda, Masakazu Morimoto, Tatsuhiro Nagasaka, Dr. Hikaru Sotome, Dr. Syoji Ito, Hiroshi Miyasaka, Satoshi Yokojima, Shinichiro Nakamura, Ben L. Feringa, Kingo Uchida	4. 巻 58
2. 論文標題 Object Transportation System Mimicking the Cilia of Paramecium aurelia Making Use of the Light Controllable Crystal Bending Behavior of a Photochromic Diarylethene	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 13308-13312
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201907574	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 該当する
1. 著者名 Seiji Taniguchi, Haik Chosrowjan, Syoji Ito, Hiroshi Miyasaka, Masumi Katane, Hiroshi Homma, Fumio Tanaka, Arthit Nueangaudom, Kiattisak Lugsanangarm, Sirirat Kokpold	4. 巻 198
2. 論文標題 Comparative studies on picosecond-resolved fluorescence of d-amino acid oxidases from human with one from porcine kidney. Photoinduced electron transfer from aromatic amino acids to the excited flavin	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology	6. 最初と最後の頁 111546-111546
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jphotobiol.2019.111546	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 該当する
1. 著者名 Masakazu Morimoto*; Yuta Takagi; Karina Hioki; Tatsuhiro Nagasaka; Hikaru Sotome; Syoji Ito; Hiroshi Miyasaka; Masahiro Irie*	4. 巻 153
2. 論文標題 A turn-on mode fluorescent diarylethene: Solvatochromism of fluorescence	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Dyes and Pigments	6. 最初と最後の頁 144-149
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dyepig.2018.02.016	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 Syoji Ito*; Morio Mitsuishi; Kenji Setoura; Mamoru Tamura; Takuya Iida; Masakazu Morimoto; Masahiro Irie; Hiroshi Miyasaka*	4. 巻 9
2. 論文標題 Mesoscopic Motion of Optically Trapped Particle Synchronized with Photochromic Reactions of Diarylethene Derivatives	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 2659 - 2664
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcllett.8b00890	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 Kenji Setoura; Ahsan M. Memon; Syoji Ito*; Yuki Inagaki; Katsuya Mutoh; Jiro Abe; Hiroshi Miyasaka*	4. 巻 122
2. 論文標題 Switching of Radiation Force on Optically Trapped Microparticles through Photochromic Reactions of Pyranoquinazoline Derivatives	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 22033 - 22040.
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.8b03420	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 Fuyuki Ito*; Satoshi Miyadera; Hirohisa Matsuda; Yukihide Ishibashi; Syoji Ito; Hiroshi Miyasaka*	4. 巻 17
2. 論文標題 Laser-induced Solidification of Pyrene at 77 K and Its Dynamics as Studied by Spectroscopic Technique	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Photochemical & Photobiological Sciences	6. 最初と最後の頁 910-916
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8PP00047F	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 Kenji Setoura; Keisuke Fujita; Syoji Ito*; Hiroshi Miyasaka*	4. 巻 13
2. 論文標題 Temperature Elevation and Fluid Convection Under Optical Trapping Condition as Revealed by Fluorescence Correlation Spectroscopy	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Nanophotonics	6. 最初と最後の頁 12504
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/1.JNP.13.012504	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 Yosuke Minowa*; Tatsuro Suzuki; Kenji Setoura; Syoji Ito; Hiroshi Miyasaka; Masaaki Ashida	4. 巻 13
2. 論文標題 Single-particle photoluminescence from cadmium selenide quantum dots fabricated via laser ablation in superfluid helium	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Nanophotonics	6. 最初と最後の頁 12506
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/1.JNP.13.012506	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 Tatsumoto Nakahama; Daichi Kitagawa; Hikaru Sotome; Syoji Ito; Hiroshi Miyasaka; Seiya Kobatake*	4. 巻 160
2. 論文標題 Crystallization-induced emission of 1,2-Bis(3-methyl-5-(4-alkylphenyl)-2-thienyl)perfluorocyclopentenes: A mechanical and thermal recording system	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Dyes and Pigments	6. 最初と最後の頁 450-456
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dyepig.2018.08.031	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 Mayu Ueda; Yushi Nishimura; Mamoru Tamura; Syoji Ito; Shiho Tokonami*; Takuya Iida*	4. 巻 4
2. 論文標題 Microflow-mediated optical assembly of nanoparticles with femtogram protein via shrinkage of light-induced bubbles	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 APL Photonics	6. 最初と最後の頁 10802
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5079306	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 Hikaru Sotome; Daichi Kitagawa; Tatsumoto Nakahama; Syoji Ito; Seiya Kobatake; Masahiro Irie*; Hiroshi Miyasaka*	4. 巻 Published online
2. 論文標題 Cyclization reaction dynamics of an inverse type diarylethene derivative as revealed by time-resolved absorption and fluorescence spectroscopies	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Chem. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 0
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8CP07393G	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20件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 9件）

1. 発表者名 Syoji Ito
2. 発表標題 Nanoscale Mechanical Motion of Small Particles Achieved by Switching of Photon Force through Photochemical Reactions
3. 学会等名 Trombay Symposium on Radiation & Photochemistry 2020 (TSRP-2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Syoji Ito
2. 発表標題 One-Color Fluorescence Switching of Diarylethene Derivatives and its Application to Ultralong-Time Single-Molecule Tracking
3. 学会等名 International Conference on Photochemistry and Sustainable Energy (ICPSE 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Syoji Ito, Kenji Setoura, Morio Mitsuishi, Mamoru Tamura, Takuya Iida, Katsuya Mutoh, Jiro Abe, Masakazu Morimoto, Masahiro Irie, Hiroshi Miyasaka
2. 発表標題 Microscopic photomechanical motion of single particles achieved by switching of photon force through photochromic reactions
3. 学会等名 9th International Symposium On Photochromism (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Syoji Ito
2. 発表標題 Nanosopic mechanical motion of small particles driven by switching of photon force through photo-physicochemical processes
3. 学会等名 The International Symposium on Plasmonics and Nano-photonics (iSPN2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mizuki Hayasaka, Naoki Ide, Masafumi Koga, Hikaru Sotome, Syoji Ito, Hiroshi Miyasaka
2. 発表標題 Modification of photon force by using excited-state absorption
3. 学会等名 The International Symposium on Plasmonics and Nano-photonics (iSPN2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Syoji Ito, Shunsuke Okamoto, Kenji Setoura, Hikaru Sotome, Hiroshi Miyasaka
2. 発表標題 Emission lifetime measurement of optically trapped single particles by using stimulated emission
3. 学会等名 The 6th Optical Manipulation and Structured Materials Conference (OMC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊都 将司, 中村 真也, 岡本 峻介, 早坂 瑞輝, 瀬戸浦 健仁, 五月女 光, 宮坂 博
2. 発表標題 多光子プロセスを用いた光操作
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 早坂 瑞輝, 中村 真也, 井出 直樹, 古賀 雅史, 五月女 光, 伊都 将司, 宮坂 博
2. 発表標題 励起状態吸収を用いた光トラッピング挙動の変調
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 早坂 瑞輝, エレーナ カバレロ, 伊都 将司, アブデラザック ドハール, 宮坂 博
2. 発表標題 分子の励起状態吸収による光圧を利用した微小機械運動誘起
3. 学会等名 第67回応用物理学会春期学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Syoji Ito; Kenji Setoura; Morio Mitsuishi; Ahsan M. Memon; Mamoru Tamura; Takuya Iida; Yuki Inagaki; Katsuya Mutoh; Jiro Abe; Masakazu Morimoto; Masahiro Irie; Hiroshi Miyasaka
2. 発表標題 Switching of Radiation Forces Acting on Small Particles by Using Photochemical Reactions
3. 学会等名 27th IUPAC International Symposium on Photochemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keishi Tanaka; Kenji Setoura; Syoji Ito; Hiroshi Miyasaka
2. 発表標題 Switching of radiation pressure by T-type photochromic reactions: relation between thermal back-reaction rate and micro-motion dynamics
3. 学会等名 2018年光化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本 峻介・村松 正康・五月女 光・伊都 将司・宮坂 博
2. 発表標題 誘導放出を用いた発光寿命測定法による単一光トラップ粒子の蛍光ダイナミクス計測
3. 学会等名 2018年光化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenji Setoura; Shinya Nakamura; Syoji Ito; Hiroshi Miyasaka
2. 発表標題 Optical Manipulation of Polymer Microparticles Attained by Absorption Force
3. 学会等名 2018年光化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本 峻介・村松 正康・五月女 光・伊都 将司・宮坂 博
2. 発表標題 STEDを用いた単一光トラップ粒子の励起状態ダイナミクス計測
3. 学会等名 第79回 応用物理学会 秋期学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小門 慶祐・蓑輪 陽介・瀬戸浦 健仁・伊都 将司・宮坂 博・石田 周太郎・笹木 敬司・芦田 昌明
2. 発表標題 超流動ヘリウム下におけるプラズモン共鳴トラッピング
3. 学会等名 第79回 応用物理学会 秋期学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中 景士・瀬戸浦 健二・伊都 将司・阿部 二郎・宮坂 博
2. 発表標題 T型フォトクロミック反応による光圧スイッチング：熱戻り反応時定数とマイクロ運動ダイナミクスとの関係
3. 学会等名 第79回 応用物理学会 秋期学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村 真也・砂川 莉乃・瀬戸浦 健仁・伊都 将司・宮坂 博
2. 発表標題 多光子吸収に起因する光圧の誘起と検出
3. 学会等名 第8回CSJフェスタ2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shunsuke Okamoto; Hikaru Sotome; Syoji Ito; Hiroshi Miyasaka
2. 発表標題 Axial Micro-Motion of Optically Trapped Particles Induced by Using Stimulated Emission
3. 学会等名 10th Asian Photochemistry Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinya Nakamura; Rino Sunakawa; Kenji Setoura; Syoji Ito; Hiroshi Miyasaka
2. 発表標題 Optical Micromanipulation Based on Non-linear Photo-Absorption
3. 学会等名 10th Asian Photochemistry Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Syoji Ito
2. 発表標題 Mesoscopic Photo-Mechanical Motion of Small Particle Achieved by Switching of Radiation Force Through Photochemical Reaction
3. 学会等名 International Conference on Materials for the Millennium (MATCON 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

宮坂研究室

<http://www.chem.es.osaka-u.ac.jp/laser/>

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
---------	---------