

令和元年6月25日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H03827

研究課題名(和文) 3次元超解像・超高速発光検出法の開拓と単一共役高分子の超高速励起移動機構の解明

研究課題名(英文) Ultrafast Excited State Dynamics of Single Nanoparticles Investigated with Microscopic Time-Resolved Emission Measurement Technique Based on Pump-Dump Scheme

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) 15,200,000円

研究成果の概要(和文)：ポンプダンプスキームに基づく時間分解顕微発光検出システムを構築した。近赤外フェムト秒パルスを2つに分割し、片方を励起用の第二高調波発生に、もう一方の光パルスは基本波のまま誘導放出光とした。

有機色素を内包した有機溶媒液滴の水分散コロイドを試料とした。近赤外パルスにより単一微小液滴を水中で捕捉し、液滴中の色素を第二高調波により励起した。励起及び近赤外パルスの時間遅延を変化させ、液滴からの発光を検出した。光学遅延に対する発光強度の時間変化から発光の寿命を求めたところ、文献とよい一致を示した。エレクトロニクス装置の応答関数に依存しない顕微発光寿命測定法を単一微小液滴に適用することに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高分子系などの有機光エネルギー変換システムにおける超高速励起移動機構には未解明な点が多い。本研究で開発している、超高速顕微発光計測技術は、内部にミクロな不均一性を有する上記有機光エネルギー変換システムにおける超高速励起移動機構の解明などに有効な手法である。

このような超高速励起ダイナミクスが解明されれば、「どのような因子が光エネルギー変換の速度や効率を決定しているのか？」等に関する重要な情報が得られる。その成果は、高効率な有機デバイス実現のための分子設計や材料設計に対して、有益な設計指針を与えると期待され、絨毯爆撃的な材料開発に比べ、より効率的でスマートな材料開発が可能になる。

研究成果の概要(英文)：For the measurement of the ultrafast excited-state dynamics of a single nano/micro-particles, we have applied a fluorescence lifetime measurement method with very high temporal resolution based on pump-dump scheme to optically trapped single small droplets in water. In the measurement, fs-visible light was used for photoexcitation of dye molecules in a single droplet. On the other hand, ps-near IR (NIR) light pulses were used for both trapping the single particle and deactivating the excited state via stimulated emission after a time delay  $t$  from the photoexcitation. Fluorescence intensity of the dual-pulse-irradiated sample was detected as a function of  $t$  and the fluorescence lifetime was subtracted from the emission time evolution. At the conference site, we will discuss about temporal resolution and applicable particle size of the present approach.

研究分野：ナノ光物理化学

キーワード：超高速顕微発光計測 メゾスコピック系

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

これまで、共役高分子などからなる光電変換システムにおける励起状態ダイナミクス解明を目的に、アンサンブル系を対象とした超高速時間分解分光計測や単一分子計測が展開されてきた。例えば超高速時間分解分光計測から、共役高分子系における励起子の拡散長は数十 nm かそれ以上と見積もられている。また、単一分子の位置を数 nm 程度の精度で決定できる画像解析手法により単一共役高分子の励起子拡散長に関して直接的な知見が得られている。

一般に相互作用の弱い分子系の場合、双極子-双極子相互作用あるいは交換相互作用により励起移動が起こる。これらのうち、双極子-双極子相互作用のほうがより長距離の励起移動を可能とする。しかし、この機構による励起移動距離はせいぜい 6 nm であり、その時間スケールはエネルギードナーの蛍光寿命と同程度(数~数十 ns)であるため、数十 nm の距離をサブピコ秒以下で移動する上記の長距離エネルギー移動は説明できない。メカニズムとして、相互作用の強い分子結晶のように励起状態が広範囲に非局在化すると考えるモデルも存在するが、高分子系などのような非晶質固体中で数十 nm 以上の領域にわたって結晶のような規則構造が維持されるとは考えにくく、このモデルのみでは迅速な励起移動を十分には説明できない。しかし一方で、超高速分光による測定などから、サブピコ秒の時間領域でコヒーレントな高速長距離励起移動の存在が確認されており、このような超高速・長距離エネルギー移動の機構についての詳細は未解明である。

### 2. 研究の目的

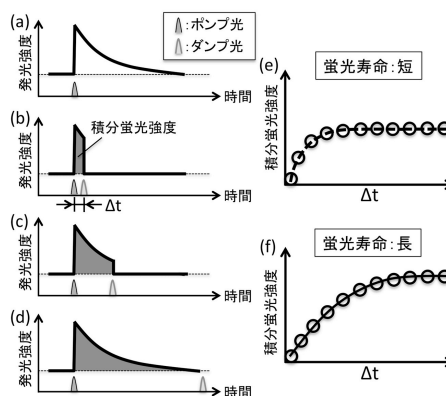
高分子材料のような、マイクロ不均一性を有する系における励起ダイナミクスは場所ごとに異なるため、その計測には超高速の時間分解能に加えて、高い空間分解能が要求される。しかし集団系を対象とした超高速分光計測では高速励起移動の平均的な振る舞いを計測することは可能であるが、局所構造のマイクロ不均一性により励起移動速度、拡散長とマイクロ構造との相関に関する知見を得ることが困難であり、一方顕微測定では、単一分子レベルの発光計測も可能である反面、時間分解能が数 ms の蛍光イメージング、あるいは 50 ピコ秒程度の時間相関単一光子計数(TCSPC)による測定のため、フェムト~ピコ秒の発光ダイナミクス計測は困難である。

そこで本研究では、共役高分子系などの単一のナノサイズ発光体の超高速励起移動の機構を解明することを目的とした。そのために波長の異なる2つのフェムト秒光パルスを用い、励起状態生成、および誘導放出による励起状態失活を、それぞれ独立のタイミングで制御可能な装置を構築し、ナノスケールでの超高速発光ダイナミクス測定を可能にする方法論の開発と、単一のナノサイズ発光体の超高速発光寿命を計測する事を目指した。

### 3. 研究の方法

波長の異なる2つのレーザーパルスにより、顕微鏡下で超高速発光寿命測定を可能にする方法論を開発した。一般に、顕微鏡発光寿命測定には TCSPC 法が用いられる。フェムト~ピコ秒の光パルスで試料を励起し、試料からの蛍光光子を一つずつカウントする。励起のタイミングから蛍光光子が検出されるまでの時間のヒストグラムを作成することで、蛍光減衰曲線を取得する。時間分解能は検出系の応答時間でほぼ決まり、高性能の光電子増倍管を用いた場合においても、数十 ps 程度が上限であるため、それより高速な発光測定には適用できない。

この問題を解決するために、本研究では誘導放出による励起状態の強制失活を用いた。励起用光パルス(以下、ポンプ光)照射により励起された蛍光分子は、特別な分子間相互作用がない場合、指数関数的な蛍光減衰を示す(図(a))。この時、励起状態にある蛍光分子に光パルス(以下、ダンプ光)を充分高い強度で照射すると、誘導放出により励起状態から基底状態に失活する。ポンプ光とダンプ光の時間間隔  $\Delta t$  を変化させ、蛍光強度を検出する。この時検出される蛍光強度が図中の積分蛍光強度である。種々の  $\Delta t$  に対して積分蛍光強度を測定し、 $\Delta t$  に対してプロットすると、図(e)、(f)に示す曲線が得られる。この積分蛍光強度 vs  $\Delta t$  の曲線の減衰速度は、試料の蛍光寿命に依存し、これより試料の蛍光寿命を決定した。



### 4. 研究成果

上述のポンプ-ダンプスキームに基づく時間分解顕微鏡発光検出システムを構築した。光源として、フェムト用 Ti サファイアレーザー(波長 700-980 nm, パルス幅 70 fs, 繰り返し 80 MHz)を用いた。フェムト秒パルスを 2 つに分割し、片方を非線形光学結晶に集光し第二高調波(400 nm)を発生させ、それを試料分子の励起に用いた。もう一方の光パルスは基本波のまま誘導放出光とした。誘導放出用の近赤外光パルスをグレーティングペアに導入し、パルス幅を伸長可能な光学系とした。誘導放出による励起状態の失活を任意のタイミングで誘起できるように、第二高調波に光学遅延を与え、誘導放出用パルスと励起用パルスの試料への到達時間を制御可能な光照射系とした。上記の光学遅延を与えた二つの光パルスを同軸上に重ねて倒立顕微鏡に導入し、100 倍の対物レンズにより試料中の同一点に集光した。この装置を用いて、まずはバルクの溶液試料に対して、蛍光励起と誘導放出による励起

状態失活が誘起可能であることを確認した。

同時二光子吸収の寄与を抑制するために誘導放出誘起のための基本波パルスのパルス幅を 5 – 12 ps 程度に伸長した。単一粒子の超高速発光ダイナミクス測定を試料として、有機色素を内包した有機溶媒液滴の水分散コロイドを準備した。水中の微小液滴はブラウン運動運動を呈するため、単一微小液滴の測定には、水中で微小液滴を特定の位置に留める必要がある。その目的のために、光捕捉法を用いた。波長 380 nm の励起用光パルスと、励起光パルスに対して光学遅延を与えた誘導放出用光パルス(760 nm)を同軸に倒立型光学顕微鏡に導入し、対物レンズで試料溶液に集光した。このとき、誘導放出用近赤外ピコ秒パルスを微小液滴の光捕捉光としても使用した。近赤外パルスにより単一微小液滴を水中で光捕捉し、液滴中の有機色素をフェムト秒 SHG 光により励起した。励起光と光捕捉・誘導放出用近赤外光パルスの光学的遅延を種々変化させ、各遅延時間に対して、液滴からの蛍光を高感度 CCD カメラにより検出した。このとき、光学フィルターにより励起光及び捕捉・誘導放出光をカットし、試料からの蛍光のみを検出した。一連の測定によって得られた、光学遅延に対する蛍光強度の時間変化に対して、解析モデルを用いて解析することで、蛍光の減衰曲線と寿命を求めた。蛍光寿命既知の参照試料を用いた測定では、本手法で得られた蛍光寿命は文献とよい一致を示した。また、蛍光強度の立ち上がりから時間分解能を評価したところ、ダンプ光のパルス幅と同程度であった。検出用エレクトロニクスの装置応答関数に依存しない顕微蛍光寿命測定法を単一微小液滴に適用することに成功した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 25 件)

- [1] Hikaru Sotome, Daichi Kitagawa, Tatsumoto Nakahama, [Syoji Ito](#), Seiya Kobatake, Masahiro Irie, and Hiroshi Miyasaka, "Cyclization reaction dynamics of an inverse type diarylethene derivative as revealed by time-resolved absorption and fluorescence spectroscopies", *Phys. Chem. Chem. Phys.* 2019, 21(17), 8623-8632.  
DOI: 10.1039/C8CP07393G
- [2] Mayu Ueda, Yushi Nishimura, Mamoru Tamura, [Syoji Ito](#), Shiho Tokonami, and Takuya Iida, "Microflow-mediated optical assembly of nanoparticles with femtogram protein via shrinkage of light-induced bubbles" *APL Photonics* 2019, 4(1), 010802.  
DOI: 10.1063/1.5079306
- [3] Tatsumoto Nakahama, Daichi Kitagawa, Hikaru Sotome, [Syoji Ito](#), Hiroshi Miyasaka, and Seiya Kobatake, "Crystallization-induced emission of 1,2-Bis(3-methyl-5-(4-alkylphenyl)-2-thienyl)perfluorocyclopentenes: A mechanical and thermal recording system" *Dyes and Pigments*, 2019, 160, 450-456.  
DOI: 10.1016/j.dyepig.2018.08.031
- [4] Tatsumoto Nakahama, Daichi Kitagawa, Hikaru Sotome, [Syoji Ito](#), Hiroshi Miyasaka, and Seiya Kobatake, "Solid-state fluorescence behavior induced by photochemical ring-opening reaction of 1,2-bis(3-methyl-5-phenyl-2-thienyl)perfluorocyclopentene", *Bulletin of the Chemical Society of Japan* 2018, 91(2), 153–157.  
doi:10.1246/bcsj.20170322
- [5] Tatsumoto Nakahama, Daichi Kitagawa, Hikaru Sotome, Tuyoshi Fukaminato, [Syoji Ito](#), Hiroshi Miyasaka, and Seiya Kobatake, "Fluorescence On/Off Switching in Nanoparticles Consisting of Two Types of Diarylethenes" *ACS Omega*, 2018, 3, 2374-2382.  
DOI: 10.1021/acsomega.8b00238
- [6] Narumi Oka, Fuyuki Ito, Yohei Haketa, Hiromitsu Maeda, Tetsuya Miyano, Norimitsu Tohnai, [Syoji Ito](#), Hiroshi Miyasaka, and Sumio Ozeki, "Dynamic Polymorph Formation During Evaporative Crystallization from Solution: The Key Role of Liquid-like Clusters as "Crucible" at Ambient Temperature" *Chemistry - A European Journal*, 2018, 24(17), 4343-4349.  
DOI: 10.1002/chem.201705356
- [7] Masakazu Morimoto, Yuta Takagi, Karina Hioki, Tatsuhiro Nagasaka, Hikaru Sotome, [Syoji Ito](#), Hiroshi Miyasaka, and Masahiro Irie, "A turn-on mode fluorescent diarylethene: Solvatochromism of fluorescence" *Dyes and Pigments*, 2018, 153, 144-149.  
DOI: 10.1016/j.dyepig.2018.02.016
- [8] [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*, 2018, 9(10), 2659–2664.  
DOI: 10.1021/acs.jpcclett.8b00890
- [9] 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*, 2018, 122(38), 22033–22040.  
DOI: 10.1021/acs.jpcc.8b03420
- [10] Fuyuki Ito, Satoshi Miyadera, Hirohisa Matsuda, Yukihide Ishibashi, [Syoji Ito](#), and Hiroshi

- Miyasaka, "Laser-induced Solidification of Pyrene at 77 K and Its Dynamics as Studied by Spectroscopic Technique" *Photochemical & Photobiological Sciences*, 2018, 17(7), 910-916.  
DOI: 10.1039/C8PP00047F
- [11] 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.* 2018, 13(1), 012504.  
doi: 10.1117/1.JNP.13.012504
- [12] Yosuke Minowa, Tatsuro Suzuki, Kenji Setoura, [Syoji Ito](#), Hiroshi Miyasaka, and Masaaki Ashida, "Single-particle photoluminescence from cadmium selenide quantum dots fabricated via laser ablation in superfluid helium" *J. Nanophoton.* 2018, 13(1), 012506.  
doi: 10.1117/1.JNP.13.012506
- [13] Fuyuki Ito, Jun-ichi Fujimori, Narumi Oka, Michel Sliwa, Cyril Ruckebusch, [Syoji Ito](#) and Hiroshi Miyasaka "AIE phenomena of a cyanostilbene derivative as a probe of molecular assembly processes" *Faraday Discussions*, 2017, 196, 231-243.  
DOI: 10.1039/C6FD00162A
- [14] Kenji Setoura, [Syoji Ito](#), and Hiroshi Miyasaka, "Stationary Bubble Formation and Marangoni Convection Induced by CW Laser Heating of a Single Gold Nanoparticle", *Nanoscale*, 2017, 9, 719-730.  
DOI: 10.1039/C6NR07990C
- [15] Koichiro Saito, Kenji Setoura, [Syoji Ito](#), Hiroshi Miyasaka, Yoshitaka Mitsuda, and Tetsu Tatsuma, "Plasmonic Control and Stabilization of Asymmetric Light Scattering from Ag Nanocubes on TiO<sub>2</sub>" *ACS Applied Materials & Interfaces*, 2017, 9, 11064-11072.  
DOI: 10.1021/acsami.7b01457
- [16] Tatsumoto Nakahama, Daichi Kitagawa, Hikaru Sotome, [Syoji Ito](#), Hiroshi Miyasaka and Seiya Kobatake, "Fluorescence On/Off Switching in Polymers Bearing Diarylethene and Fluorene in Their Side Chains", *Journal of Physical Chemistry C*, 2017, 121(11), 6272-6281.  
DOI: 10.1021/acs.jpcc.6b12819
- [17] Daichi Kitagawa, Tatsumoto Nakahama, Katsuya Mutoh, Yoichi Kobayashi, Jiro Abe, Hikaru Sotome, [Syoji Ito](#), Hiroshi Miyasaka, Seiya Kobatake, "Polymorphs of a diarylethene that exhibits strong emission and direct visualization of polymorphic phase transition process by fluorescence color change", *Dyes and Pigments*, 2017, 139, 233-238.  
DOI: 10.1016/j.dyepig.2016.12.006
- [18] Yuhei Arai, [Syoji Ito](#), Hajime Fujita, Yusuke Yoneda, Takahiro Kaji, Satoshi Takei, Ryota Kashihara, Masakazu Morimoto, Masahiro Irie\* and Hiroshi Miyasaka "One-colour control of activation, excitation and deactivation of a fluorescent diarylethene derivative in super-resolution microscopy", *Chemical Communications*, 2017, 53(29), 4066 - 4069.  
DOI: 10.1039/C6CC10073B
- [19] Kenji Setoura, [Syoji Ito](#), Masaya Yamada, Hiroaki Yamauchi and Hiroshi Miyasaka, "Fabrication of Silver Nanoparticles from Silver Salt Aqueous Solution at Water-Glass Interface by Visible CW Laser Irradiation without Reducing Reagents" *J. Photochem. Photobiol. A*, 2017, 344, 168-177.  
DOI: 10.1016/j.jphotochem.2017.05.002
- [20] Yuta Takagi, Masakazu Morimoto, Ryota Kashihara, Sae Fujinami, [Syoji Ito](#), Hiroshi Miyasaka, and Masahiro Irie, "Turn-on mode fluorescent diarylethenes: Control of the cycloreversion quantum yield", *Tetrahedron*, 2017, 73(33), 4918-4924.  
DOI: 10.1016/j.tet.2017.03.040
- [21] Kiyohiko Kawai, Takafumi Miyata, Naohiko Shimada, [Syoji Ito](#), Hiroshi Miyasaka, and Atsushi Maruyama, "Single-Molecule Monitoring of Structural Switching Dynamics of Nucleic Acids by Controlling Fluorescence Blinking" *Angewandte Chemie International Edition* 2017, 56(48), 15329-15333.  
DOI: 10.1002/anie.201708705
- [22] Ryota Kashihara, Masakazu Morimoto, [Syoji Ito](#), Hiroshi Miyasaka, and Masahiro Irie, "Fluorescence Photoswitching of a Diarylethene by Irradiation with Single-Wavelength Visible Light" *Journal of the American Chemical Society*, 2017, 139(46), 16498-16501.  
DOI: 10.1021/jacs.7b10697
- [23] Eisuke Takeuchi, Masayasu Muramatsu, Tetsuro Katayama, [Syoji Ito](#), Yutaka Nagasawa, and Hiroshi Miyasaka, "Sub-100 fs charge separation and subsequent diffusive solvation observed for asymmetric bianthryl derivative in ionic liquid" *Journal of Physical Chemistry C* 2016, 120(27), 14502-14512.  
DOI: 10.1021/acs.jpcc.6b03593
- [24] Tatsumoto Nakahama, Daichi Kitagawa, Hikaru Sotome, [Syoji Ito](#), Hiroshi Miyasaka and Seiya Kobatake, "Optical properties and solvatofluorochromism of fluorene derivatives bearing S,S-dioxidized thiophene" *Photochemical & Photobiological Sciences*, 2016, 15(10), 1254-1263.  
DOI: 10.1039/C6PP00126B

- [25] Takuya Iida, Yushi Nishimura, Mamoru Tamura, Keisuke Nishida, [Syoji Ito](#), and Shiho Tokonami, "Submillimetre Network Formation by Light-induced Hybridization of Zeptomole-level DNA", Scientific Reports, 2016, 37768.  
doi:10.1038/srep37768

〔学会発表〕 (計 36 件)

- [1] [Syoji Ito](#), "Mesoscopic Photo-Mechanical Motion of Small Particle Achieved by Switching of Radiation Force Through Photochemical Reaction", International Conference on Materials for the Millennium (MATCON 2019)(招待講演)(国際学会), 2019 年
- [2] Shunsuke Okamoto, Masayasu Muramatsu, [Syoji Ito](#), Hiroshi Miyasaka, "Fluorescence Lifetime Measurement Under an Optical Microscope by Using Stimulated Emission", 関西ナノテク国際シンポジウム(国際学会), 2018 年
- [3] Shinya Nakamura, Masayasu Muramatsu, [Syoji Ito](#), Hiroshi Miyasaka, "Development of Pump-Dump Microscopy for Ultrafast Fluorescence Imaging", 関西ナノテク国際シンポジウム(国際学会), 2018 年
- [4] [Syoji Ito](#), Yuhei Arai, Hajime Fujita, Yusuke Yoneda, Takahiro Kaji, Satoshi Takei, Ryota Kashihara, Masakazu Morimoto, Masahiro Irie, Hiroshi Miyasaka, "On-Off Switching of Fluorescence of Diarylethene Derivatives by One-Color Photo-Irradiation", Trombay Symposium on Radiation & Photochemistry (TSRP-2018)(招待講演), 2018 年
- [5] Shinya Nakamura, Masayasu Muramatsu, [Syoji Ito](#), Hiroshi Miyasaka, "Development OF Ultrafast Temporally Gated Fluorescence Imaging Method By Using Stimulated Emission", Trombay Symposium on Radiation & Photochemistry (TSRP-2018), 2018 年
- [6] [伊都将司](#), "超解像蛍光顕微鏡法によるナノ領域の物性評価", 「ナノマテリアルの実用展開」 in ナノマテリアルコロキウム(招待講演), 2018 年
- [7] 岡本 峻介・村松 正康・[伊都 将司](#)・宮坂 博, "ポンプ-ダンプスキームに基づく顕微発光寿命測定法の開発", 日本化学会第 98 春季年会, 2018 年
- [8] [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, "Switching of Radiation Forces Acting on Small Particles by Using Photochemical Reactions", 27th IUPAC International Symposium on Photochemistry(国際学会), 2018 年
- [9] Keishi Tanaka; Kenji Setoura; [Syoji Ito](#); Hiroshi Miyasaka, "Switching of radiation pressure by T-type photochromic reactions: relation between thermal back-reaction rate and micro-motion dynamics", 2018 年光化学討論会, 2018 年
- [10] 岡本 峻介・村松 正康・五月女 光・[伊都 将司](#)・宮坂 博, "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", 2018 年光化学討論会, 2018 年
- [11] Kenji Setoura; Shinya Nakamura; [Syoji Ito](#); Hiroshi Miyasaka, "Optical Manipulation of Polymer Microparticles Attained by Absorption Force", 2018 年光化学討論会, 2018 年
- [12] 岡本 峻介・村松 正康・五月女 光・[伊都 将司](#)・宮坂 博, "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", 第 79 回 応用物理学会 秋期学術講演会, 2018 年
- [13] 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, "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", 第 79 回 応用物理学会 秋期学術講演会, 2018 年
- [14] 田中 景士・瀬戸浦 健二・[伊都 将司](#)・阿部 二郎・宮坂 博, "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", 第 79 回 応用物理学会 秋期学術講演会, 2018 年
- [15] 中村 真也・砂川 莉乃・瀬戸浦 健仁・[伊都 将司](#)・宮坂 博, "多光子吸収に起因する光圧の誘起と検出", 第 8 回 CSJ フェスタ 2018, 2018 年
- [16] Shunsuke Okamoto; Hikaru Sotome; [Syoji Ito](#); Hiroshi Miyasaka, "Axial Micro-Motion of Optically Trapped Particles Induced by Using Stimulated Emission", 10th Asian Photochemistry Conference(国際学会), 2018 年
- [17] Shinya Nakamura; Rino Sunakawa; Kenji Setoura; [Syoji Ito](#); Hiroshi Miyasaka, "Optical Micromanipulation Based on Non-linear Photo-Absorption", 10th Asian Photochemistry Conference(国際学会), 2018 年
- [18] 岡本 峻介・村松 正康・[伊都 将司](#)・宮坂 博, "誘導放出を用いたピコ秒-サブマイクロメートル時空間分解発光寿命測定法の開発", 日本化学会第 97 春季年会, 2017 年
- [19] 中村 真也・村松 正康・[伊都 将司](#)・宮坂 博, "誘導放出を用いた顕微下における超高速イメージング手法の開発", 日本化学会第 97 春季年会, 2017 年
- [20] 藤田 己・[伊都 将司](#)・宮坂 博・竹井 敏・森本 正和・入江 正浩, "蛍光性ジアリールエテンを用いた超解像顕微鏡による高分子固体内部のナノスケール構造評価", 日本化学会第 97 春季年会, 2017 年
- [21] 安田 直晃・瀬戸浦 健仁・[伊都 将司](#)・森本 正和・入江 正浩・宮坂 博, "蛍光スイッチング分子をプローブとした蛍光相関分光", 日本化学会第 97 春季年会, 2017 年

- [22] 岡本 峻介・村松 正康・伊都 将司・宮坂 博, "Fluorescence Lifetime Measurement under an Optical Microscope on the Basis of Pump-Dump Scheme", 2017 年光化学討論会, 2017 年
- [23] 藤田 己・新井 悠平・伊都 将司・米田 勇佑・梶 貴博・竹井 敏・森本 正和・入江 正浩・宮坂 博, "ジアリールエテン誘導体の単一波長蛍光スイッチング:機構と応用", 2017 年光化学討論会, 2017 年
- [24] 中村 真也・村松 正康・伊都 将司・宮坂 博, "ポンプパルスとダンプパルスを時間ゲートとして用いた超高速蛍光イメージング", 2017 年光化学討論会, 2017 年
- [25] Shunsuke Okamoto, Masayasu Muramatsu, Syoji Ito, Hiroshi Miyasaka, "Fluorescence Lifetime Measurement with Picosecond-Submicrometer Spationtemporal Resolution under an Optical Microscope on the Basis of Pump-Dump Scheme", International Conference on Photochemistry and Its Applications (ICPA2017)(国際学会), 2017 年
- [26] Kengo Hiratsuka・Satoshi Takei・Daichi Kitagawa・Seiya Kobatake・Syoji Ito・Hiroshi Miyasaka, "Microscopic property of polymer thin films as revealed by three-dimensional single molecule tracking", 2016 年光化学討論会, 2016 年
- [27] Hajime Fujita・Yuhei Arai・Syoji Ito・Hiroshi Miyasaka・Satoshi Takei・Masakazu Morimoto・Masahiro Irie, "Phase-separation in polymer blends as revealed by photoactivation localization microscopy (PALM) with diarylethene derivatives", 2016 年光化学討論会, 2016 年
- [28] 梶原 遼太・森本 正和・武藤 克也・小林 洋一・阿部 二郎・五月女 光・伊都 将司・宮坂 博・入江 正浩, "蛍光性ジアリールエテン単結晶のフォトクロミズム", 2016 年光化学討論会, 2016 年
- [29] Kenji Setoura・Masaya Yamada・Syoji Ito・Hiroshi Miyasaka, "Fabrication of silver nanoparticles at a water-glass interface from a silver salt solution by CW laser irradiation: excitation wavelength dependence of photoreduction", 2016 年光化学討論会, 2016 年
- [30] 伊都 将司・平塚 研吾・竹井 敏・北川 大地・小島 誠也・宮坂 博, "3次元超解像イメージング法を用いた高分子-固体基板界面近傍におけるゲスト分子のナノスケール空間分布評価", 第10回分子科学討論会, 2016年
- [31] 平塚 研吾・多賀 悠平・竹井 敏・北川 大地・小島 誠也・伊都 将司・宮坂 博, "高分子薄膜の膜厚方向の物性変化:三次元単一分子追跡法による観察", 第10回分子科学討論会, 2016年
- [32] Kenji Setoura, Masaya Yamada, Syoji Ito, Hiroshi Miyasaka, "CW-Laser-induced Formation of Silver Nanoparticles from a Silver Salt Solution at a Water-Glass Interface: Excitation Wavelength Dependence of Photoreduction", 9th Asian Photochemistry Conference, 2016年
- [33] Hajime Fujita, Yuhei Arai, Syoji Ito, Hiroshi Miyasaka, Satoshi Takei, Masakazu Morimoto, Masahiro Irie, "Evaluation of Phase-separation Microstructures in Polymer Blends by Means of Photoactivation Localization Microscopy", 9th Asian Photochemistry Conference, 2016年
- [34] Kengo Hiratsuka, Satoshi Takei, Daichi Kitagawa, Seiya Kobatake, Syoji Ito, Hiroshi Miyasaka, "Microscopic Properties of Polymer Films as Revealed by Three-dimensional Single-molecule Tracking", 9th Asian Photochemistry Conference, 2016年
- [35] Hajime Fujita, Yuhei Arai, Syoji Ito, Hiroshi Miyasaka, Satoshi Takei, Masakazu Morimoto, Masahiro Irie, "Evaluation of Phase-separation Structures in Polymer blends by Means of Single-Molecule Tracking", 12th International Conference on Nano-Molecular Electronics, 2016年
- [36] Kengo Hiratsuka, Yuhei Taga, Syoji Ito, Hiroshi Miyasaka, Satoshi Takei, Daichi Kitagawa, Seiya Kobatake, "Microscopic property of polymer thin films as revealed by three-dimensional single-molecule localization microscopy", 12th International Conference on Nano-Molecular Electronics, 2016年

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等 <https://researchmap.jp/read0191208>

## 6. 研究組織

(1) 研究分担者 無し

(2) 研究協力者 村松 正康 (MURAMATSU Masayasu)・瀬戸浦 健仁 (SETOURA Kenji)・平塚 研吾 (HIRATSUKA Kengo)・藤田 己 (FUJITA Hajime)・岡本 峻介 (OKAMOTO Shunsuke)・中村 真也 (NAKAMURA Shinya)・砂川 莉乃 (SINAKAWA Rino)・早坂 瑞輝 (HAYASAKA Mizuki)

※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。