

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 20 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26288009

研究課題名(和文)フェムト秒・ナノメートル時空分解測定による単一共役高分子系の励起移動過程の研究

研究課題名(英文) Temporally and spatially resolved microscopic studies of polymer systems.

研究代表者

宮坂 博 (Miyasaka, Hiroshi)

大阪大学・基礎工学研究科・教授

研究者番号：40182000

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：既存の超解像技術ではX-Y 2次元系では10nm程度、3次元系では約50nmの空間分解能を有する測定が可能となっている。また単一分子の飽和効果を用いた100 fs程度の時間分解能を持つ測定も報告されている。しかしこれらの両者を同時に達成できる装置は存在せず、一般には単一分子からの発光をサブns程度の時間分解能で決定できる程度であった。本研究では共役高分子などにおける時間・空間分解測定を可能とするために、3次元空間分解測定システムの作成、時空間分解測定法の開発を目的として、装置・測定手法の開発を中心とした研究を行い、サブ100nm、10psの空間・時間分解能を達成した。

研究成果の概要(英文)：In the conventional super-resolution microscopy, we can attain the spatial resolution of ca.10 nm in the XY 2-dimensional system and ca.50 nm in the 3-dimensional system. Measurements with temporal resolution of ca. 100 fs using the saturation effect of single molecules have also been reported in the time-resolved measurements. However, there is no device capable of simultaneously achieving both of these and, in general, it is only possible to determine the emission from a single molecule with a time resolution on the order of sub-ns. In this research, in order to enable measurement of time and space resolutions in conjugated polymers, we focused on the development of equipment and methods for the purpose of (1) construction of a 3-dimensional spatial resolution measurement system and (2) development of methods with spatio-temporal resolution and achieved spatial-temporal resolution of sub 100 nm and 10 ps, respectively.

研究分野：物理化学

キーワード：単一分子計測 時間分解測定 空間分解測定 顕微分光 高分子固体

1. 研究開始当初の背景

単一分子の光計測は超解像光学顕微測定における重要な手法として用いられている。また、単一分子の検出では、通常の数系系の測定において平均化される個々の揺らぎに関する知見が含まれる。たとえば、A と B のように平衡にある 2 状態の物質の比、 $[B]/[A]$ 、は温度や圧力などが一定であれば、時間に依存しないが、個々の分子は A あるいは B の間を時間と共に変化するので、特定の単一分子を検出できれば、A と B の間の変化の時間依存性の検出が可能となる。

またさらに、単一分子検出では個々の分子の周囲に依存した不均一性の直接検出も可能となる。たとえば、1 つ 1 つの分子の挙動を検出することにより、その分子環境の時間変化やダイナミクスに関する知見が得られる。このような単一分子計測の特長を利用して、アンサンブル測定では取得困難な知見を獲得するためには、高い時間・空間分解測定装置が必要となる。空間分解能については、2014 年のノーベル化学賞に代表されるように、既存の超解像技術により、X-Y の 2 次元系では 10 nm 程度、3 次元系に対しても、50 nm 程度の空間分解能を有する測定が可能となっている。一方、単一分子系の時間分解測定では、飽和効果を利用した場合に 100 fs 程度の時間分解能を持つ測定も報告されている。しかしこれらの両者を同時に達成できる装置は存在せず、高感度のアバランシェフォトダイオードを用いた発光測定において、単一分子からの発光をサブ ns 程度の時間分解能で決定できる程度であった。また単一分子時間計測でも非常に希薄な溶質濃度の条件での測定であった。

2. 研究の目的

上記のように、高い時間分解能を有する高精度空間分解測定は、現在でも決して容易な技術ではなく、特に空間位置を高精度に決定し、その場所からの発光を高い時間分解能で測定する手法は確立していない。本研究では、共役高分子などにおける時間・空間分解測定を可能とするために、3 次元空間分解測定システムの作製、時空間分解測定法の開発を目的として、装置、測定手法の確立を中心として研究を行った。

3. 研究の方法

(1) 顕微光検出システムの構築

上述の通り、本研究では高い時空間分解能を有する顕微光検出システムの構築が必須である。その開発のために、第一段階として 2 次元 (2D、XY) 方向の空間分解計測を行ってきた超解像発光測定システムを、3 次元分解能を持つ装置とすることとし、Z 軸 (光の進行方向) に対して超解像高空間分解能を付与するために、結像系にシリンドリカルレンズを導入した新たな光学系を設計し装置を構築した。

次に顕微微弱光検出システムの時間分解能の向上を図る作業を行った。フェムト秒レーザーパルス (主として 800 nm の波長を選択した) の第 2 高調波を蛍光励起用光パルスとして、基本波を励起状態分子系の基底状態への誘導放出のために用いた。これら二つのレーザー光を顕微鏡下へ導入する光学系を設計、製作した。励起光の光路に光学遅延発生用のディレイステージを設置し、励起パルス光と誘導放出パルス光の相対的な時間間隔を制御可能なシステムとした。蛍光検出には高感度 CCD カメラを用い、単一分子～単一ナノ粒子レベルの蛍光も検出可能なシステムを構築した。参照試料として有機蛍光色素の薄膜、凝集体を用い、励起パルスレーザー光と誘導放出用パルスレーザー光の最適照射条件を種々検討し、詳細なデータ解析を基に、超高速ワイドフィールド顕微鏡を構築した。

(2) 測定

上記測定システムを用い、高分子固体薄膜中の蛍光ゲスト分子に対して、3 次元単一分子追跡を行い、装置の 3 次元空間分解測定の精度を評価すると共に、高分子固体材料中の界面近傍における物性の特異性、ゲスト分子の挙動などを評価した。

次に、フェムト秒レーザーを用い、誘導放出光パルスを時間的ゲートとした高時間分解計測イメージングを行った。それと同時に、過渡吸収スペクトルの時間依存性測定を含めて、誘導放出が高効率に起こる系の探索を行い、測定条件の最適化を図った。

4. 研究成果

高分子薄膜中のゲスト分子の 3 次元単一分子追跡の結果、高分子フィルム中の発光色素に対して、約 30-100 nm の空間分解能でその Z 軸位置の特定が可能となった。また、興味深いことに、アクリル系高分子薄膜中のゲスト分子の膜厚方向の空間分布は高分子の構造に強く依存し、ほぼ均一に分布する系や界面から特定の距離に局在化する系などが確認され (図 1) 従来 2 次元的な観測では取得できなかった情報が 3 次元イメージングによって取得可能となった。さらに、薄膜内の蛍光ゲスト分子の存在位置は色素にも大きく依存することも明らかとなった。

一般に高分子固体の固-気界面の物性は、内部とは異なり、ガラス転移温度などが界面では異なる値を示すことが知られている。しかしその深さは、せいぜい数十 nm 程度であり、本研究で観測された色素の位置である界面から数 100 nm までの変化を説明できない。すなわち、本研究で観測された距離は単に界面と色素の相互作用からの影響で説明できるものより遙かに長く、界面の影響を受けて高分子物性が基板から数百 nm 離れた距離にまで徐々に変化していることを示唆している。このように、本手法が薄膜材料の評価法として有効であることを示すと同時に、薄膜

内部のゲスト分子の位置に対する新たな知見が得られた。

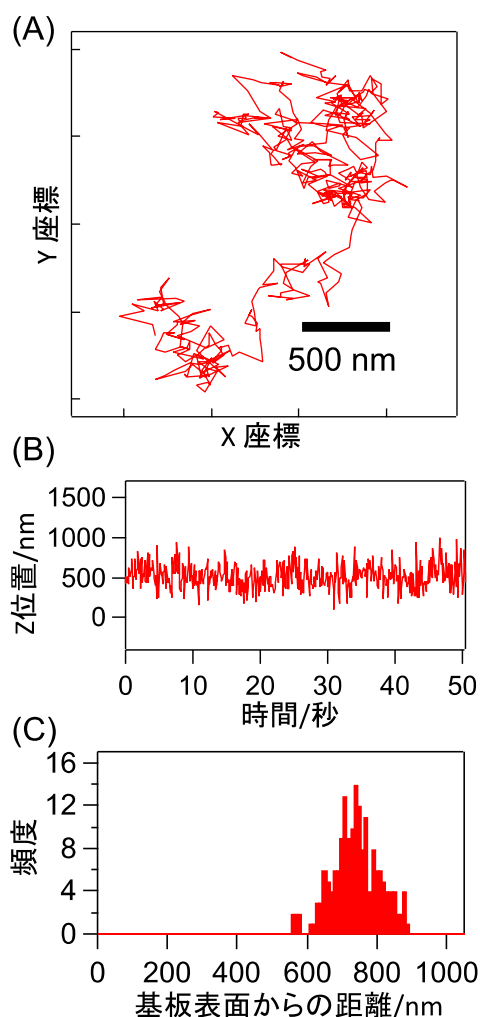


図1 高分子薄膜中のゲスト分子の3次元位置追跡の例。(A) 水平(XY)方向の拡散の軌跡, (B) Z方向の位置の時間変化, (C) 平均Z位置の分布。

さらに、フェムト秒レーザーを用いて誘導放出光パルスを時間的ゲートとした高時間分解計測システムによる測定からは、従来の電子的デバイスによるゲート型光検出器を大幅に上回る、時間分解能 10 ps 以下の超高速時間分解計測に成功した。加えて、同測定原理を超高速蛍光寿命測定に応用することで、単一光子計数法を上回る時間分解能 10 ps 以下の精度で測定可能であることを確認した。またこの時間分解能を利用して、空間分解能を向上させることも可能であり、数 10 nm の空間分解能を達成できることも明らかになった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 18 件)

Tatsumoto Nakahama, Daichi Kitagawa, Hikaru Sotome, Syoji Ito, Hiroshi Miyasaka, Seiya Kobatake, Fluorescence on/off switching in polymers bearing diarylethene and fluorene in their side chains, *The Journal of Physical Chemistry C*, 2017, 121, pp6272-6281 (査読有), DOI:10.1021/acs.jpcc.6b12819.

Fuyuki Ito, Jun-ichi Fujimori, Narumi Oka, Michel Sliwa, Cyril Ruckebusch, Syoji Ito, Hiroshi Miyasaka, AIE phenomena of a cyanostilbene derivative as a probe of molecular assembly process, *Faraday Discussions*, 2017, 196, pp231-243 (査読有), DOI:10.1039/C6FD00162A.

Yuhei Arai, Syoji Ito, Hajime Fujita, Yusuke Yoneda, Takahiro Kaji, Satoshi Takei, Ryota Kashihara, Masakazu Morimoto, Masahiro Irie, Hiroshi Miyasaka, One-colour control of activation, excitation and deactivation of a fluorescent diarylethene derivative in super-resolution microscopy, *Chemical Communications*, 2017, 53, pp4066-4069 (査読有), DOI:10.1039/C6CC10073B.

S. Ito, Y. Taga, K. Hiratsuka, S. Takei, D. Kitagawa, S. Kobatake, H. Miyasaka, Restricted diffusion of guest molecules in polymer thin films on solid substrates as revealed by three-dimensional single-molecule tracking, *Chem. Commun.*, 2015, 51, pp13756-13759 (査読有), DOI:10.1039/c5cc03663a.

F. Ito, H. Sato, Y. Ugachi, N. Oka, S. Ito, H. Miyasaka, Properties and evolution of emission in molecular aggregates of a perylene ammonium derivative in polymer matrices, *Photochem. Photobiol. Sci.*, 2015, 14, pp1896-1902 (査読有), DOI:10.1039/c5pp00196j.

T. Sumi, T. Kaburagi, M. Morimoto, K. Une, H. Sotome, S. Ito, H. Miyasaka, M. Irie, Fluorescent photochromic diarylethene that turns on with visible light, *Org. Lett.*, 2015, 17, pp4802-4805 (査読有), DOI:10.1021/acs.orglett.5b02361.

T. Ichikawa, M. Morimoto, H. Sotome, S. Ito, H. Miyasaka, M. Irie, Photochromism of Diarylethene derivatives having benzophosphole and benzothiophene groups, *Dyes and Pigments*, 2015, 126, pp186-193 (査読有), DOI:10.1016/j.dyepig.2015.11.023.

平田修造・伊都将司・Martin Vacha・宮坂 博, 非点収差を用いた高分子の三次元ダイナミックスの評価, *高分子*, 2015, 64, pp575-577 (査読無), DOI 無し.

C. V. Suneesh, B. Balan, H. Ozawa, Y. Nakamura, T. Katayama, M. Muramatsu, Y. Nagasawa, H. Miyasaka, K. Sakai, Mechanistic studies of photoinduced intramolecular and intermolecular electron transfer processes in RuPt-centred photo-hydrogen-evolving

molecular devices, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2014, 16, pp.1607-1616 (査読有), DOI: 10.1039/C3CP54630F.

Yutaka Nagasawa, Yusuke Yoneda, Shohei Nambu, Masayasu Muramatsu, Eisuke Takeuchi, Hiroki Tsumori, and Hiroshi Miyasaka, Femtosecond degenerate four-wave-mixing measurements of coherent intramolecular vibrations in an ultrafast electron transfer system, *Vibrational Spectroscopy*, 2014, 70, pp.58-62, (査読有), DOI:10.1016/j.vibspec.2013.11.006.

Tomokatsu Kushida, Cristopher Camacho, Ayumi Shuto, Stephan Irlle, Masayasu Muramatsu, Tetsuro Katayama, Syoji Ito, Yutaka Nagasawa, Hiroshi Miyasaka, Eri Sakuda, Noboru Kitamura, Zhiguo Zhou, Atsushi Wakamiya, Shigehiro Yamaguchi, Constraint-induced structural deformation of planarized triphenylboranes in the excited state, *Chem. Sci.*, 2014, 5, pp.1296-1304 (査読有), DOI:10.1039/C3SC52751D.

Yutaka Nagasawa, Yusuke Yoneda, Shohei Nambu, Masayasu Muramatsu, Eisuke Takeuchi, Hiroki Tsumora, Soichiro Morikawa, Tetsuro Katayama, Hiroshi Miyasaka, Coherent wavepacket motion in an ultrafast electron transfer system monitored by femtosecond degenerate four-wave-mixing and pump & probe spectroscopy, *Chem. Phys.*, 2014, 442, pp.68-76 (査読有), DOI:10.1039/C3SC52751D

Yukihide Ishibashi, Tetsuro Katayama, Hisayuki Saito, Ken-ichi Yamanaka, Yasutomo Goto, Takao Tani, Tadashi Okada, Shinji Inagaki, Hiroshi Miyasaka, Cooperative Conformational Change and Excitation Migration of Biphenyl-PMO Amorphous Film, as Revealed by Femtosecond Time-resolved Spectroscopy, *J. Phys. Chem. C*, 2014, 118, pp.9419-9428 (査読有), DOI:10.1021/jp502734u

Yutaka Nagasawa, Hiroshi Miyasaka, Ultrafast solvation dynamics and charge transfer reactions in room temperature ionic liquids, *Phys. Chem. Chem. Phys.* 2014, 16, pp13008-13026 (査読有), DOI:10.1039/C3CP55465A.

Syoji Ito, Atsushi Iida, Masakazu Yasuda, Hiroshi Miyasaka, Fluorescence Behavior of Single guest molecules in nonpolar oil droplets covered with stabilizing surfactants, *J. Phys. Chem. C.*, 2014, 118, pp10348-10357 (査読有), DOI:10.1021/jp4112266.

Tetsuro Katayama, Akira Jinno, Eisuke Takeuchi, Syoji Ito, Masaru Endo, Atsushi Wakamiya, Yasujiro Murata, Yuhei Ogomi, Shuzi Hayase, Hiroshi Miyasaka, Inhomogeneous deactivation process with uv excitation in submicron grains of lead iodide

perovskite-based solar cell as revealed by femtosecond transient absorption microscopy, *Chem. Lett.*, 2014, 43, pp1656-1658 (査読有), DOI:10.1246/cl.140551

Tetsuro Katayama, Kenji Setoura, Daniel Werner, Hiroshi Miyasaka, Shuichi Hashimoto, Picosecond-to-nanosecond dynamics of plasmonic nanobubbles from pump-probe spectral measurements of aqueous colloidal gold nanoparticles, *Langmuir*, 2014, 30, pp9504-9513 (査読有), DOI:10.1021/la500663x.

Masayasu Muramatsu, Satoe Morishima, Tetsuro Katayama, Syoji Ito, Yutaka Nagasawa, Hiroshi Miyasaka, The effect of pre-solvation in the ground state on photoinduced electron transfer in ionic liquids, *J. Solution Chem.*, 2014, 43, pp.1550-1560 (査読有), DOI: 10.1007/s10953-014-0227-7.

[学会発表](計 31 件)

- 1 中村 真也, 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 03 月 16 日~2017 年 03 月 19 日, 慶應義塾大学日吉キャンパス, 神奈川県横浜市.
- 2 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 03 月 16 日~2017 年 03 月 19 日, 慶應義塾大学日吉キャンパス, 神奈川県横浜市.
- 3 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(国際学会), 2016 年 12 月 04 日~2016 年 12 月 08 日, Nanyang Technological University, Singapore(Singapore).
- 4 Hiroshi Miyasaka, Photosynergetic responses in molecules and molecular aggregates, 9th Asian Photochemistry Conference(招待講演)(国際学会), 2016 年 12 月 04 日~2016 年 12 月 08 日, Nanyang Technological University, Singapore (Singapore).
- 5 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 (国際学会), 2016 年 12 月 12 日~2016

- 年 12 月 13 日,ナレッジキャピタル コン
グレコンベンションセンター, 大阪府大
阪市.
- 6 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 09 月 13 日~2016
年 09 月 15 日, 神戸ファッションマート,
兵庫県神戸市.
 - 7 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 09 月 13 日~2016 年 09
月 15 日, 神戸ファッションマート, 兵庫
県神戸市.
 - 8 S. Ito, Diffusive Motion and Local
Distribution of Guest Molecules in Polymer
Thin films on solid substrates as revealed
with three dimensional single-molecule
imaging, International Conference on
Materials for the Millennium (MatCon2016)
(招待講演)(国際学会), 2016 年 01 月
14 日~2016 年 01 月 16 日, Kochi, India.
 - 9 S. Ito, Y. Taga, K. Hiratsuka, D. Kitagawa, S.
Kobatake, H. Miyasaka, Spatial distribution
of guest molecules in polymer thin films on
solid substrates as evaluated by using
three-dimensional single-molecule
localization microscopy, Trombay
Symposium on Radiation & Photochemistry
and 6th Asia Pacific Symposium on
Radiation Chemistry (招待講演)(国際学
会), 2016 年 01 月 05 日~2016 年 01 月 09
日, Mumbai, India.
 - 10 K. Hiratsuka, Y. Taga, S. Takei, D.
Kitagawa, S. Kobatake, S. Ito, H. Miyasaka,
3D single-molecule tracking of various dye
molecules in polymer films, The
International Chemical Congress of Pacific
Basin Societies 2015 (国際学会), 2015 年
12 月 15 日~2015 年 12 月 20 日,
Honolulu(USA).
 - 11 S. Ito, T. Ikegami, Y. Arai, H. Miyasaka, K.
Uno, Y. Takagi, M. Morimoto, M. Irie,
Photo-induced fluorescence switching
property of single diarylethene derivatives,
The International Chemical Congress of
Pacific Basin Societies 2015 (国際学会),
2015 年 12 月 15 日~2015 年 12 月 20 日,
Honolulu(USA).
 - 12 T. Ikegami, S. Ito, H. Miyasaka, K. Uno, Y.
Takagi, M. Morimoto, M. Irie, Fluorescence
photoswitching of diarylethene derivatives:
a single-molecule study, The International
Chemical Congress of Pacific Basin
Societies 2015 (国際学会), 2015 年 12 月
15 日~2015 年 12 月 20 日, Honolulu
(USA).
 - 13 Y. Arai, S. Takei, S. Ito, H. Miyasaka, K.
Uno, Y. Takagi, M. Morimoto, M. Irie,
Single-molecule Tracking of
Photoswitchable Fluorescent Diarylethene
Derivatives in Polymer Thin Films, The
International Chemical Congress of Pacific
Basin Societies 2015 (国際学会), 2015 年
12 月 15 日~2015 年 12 月 20 日,
Honolulu(USA).
 - 14 H. Miyasaka, Y. Taga, K. Hiratsuka, Y. Arai,
S. Ito, Anomalous diffusion of guest dyes in
amorphous polymer solids as revealed by
single molecule tracking, The International
Chemical Congress of Pacific Basin
Societies 2015 (招待講演)(国際学会),
2015 年 12 月 15 日~2015 年 12 月 20 日,
Honolulu(USA).
 - 15 伊都将司・池上雄大・宮坂 博・宇野何
岸・高木祐太・森本正和・入江正浩, 光
異性化反応と 2 波長励起による励起状態
の超解像局在化, 第 9 回分子科学討論会,
2015 年 09 月 16 日~2015 年 09 月 19 日, 東
京工業大学, 東京都目黒区.
 - 16 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
分子薄膜内部におけるゲスト分子の三
次元単一分子追跡, 第 9 回分子科学討論
会, 2015 年 09 月 16 日~2015 年 09 月 19
日, 東京工業大学, 東京都目黒区.
 - 17 伊都 将司, 池上 雄大, 宮坂 博, 宇野 何
岸, 高木 祐太, 森本 正和, 入江 正浩, 光
異性化反応を用いた空間選択的な励起
状態生成, 2015 年光化学討論会, 2015 年
09 月 09 日~2015 年 09 月 11 日, 大阪市
立大学, 大阪府大阪市.
 - 18 新井 悠平, 竹井 敏, 伊都 将司, 宮坂 博,
宇野何岸, 高木祐太, 森本正和, 入江
正浩, 蛍光性ジアリールエテンの単一分
子追跡による高分子薄膜の動的ミクロ
不均一性評価, 2015 年光化学討論会,
2015 年 09 月 09 日~2015 年 09 月 11 日, 大
阪市立大学, 大阪府大阪市.
 - 19 池上 雄大, 伊都 将司, 宮坂 博, 宇野 何
岸, 高木 祐太, 森本 正和, 入江 正浩, ジ
アリールエテンの光異性化反応を用い
た励起状態の超解像局在化, 2015 年光化
学討論会, 2015 年 09 月 09 日~2015 年 09
月 11 日, 大阪市立大学, 大阪府大阪市.
 - 20 宮坂 博, 1 光子による 1 分子応答を超え
る光化学をめざして, 2015 年光化学討論
会(招待講演), 2015 年 09 月 09 日~2015
年 09 月 11 日, 大阪市立大学, 大阪府大
阪市.
 - 21 S. Ito, Y. Taga, K. Hiratsuka, S. Takei, D.
Kitagawa, S. Kobatake, H. Miyasaka, 3D
Tracking of single guest molecules in
polymer thin films toward the investigation
of complex dynamics in
micro-heterogeneous media, 250th

- American Chemical Society National Meeting (国際学会), 2015年08月16日~2015年08月20日, Boston(USA).
- 22 K. Hiratsuka, Y. Taga, S. Takei, D. Kitagawa, S. Kobatake, S. Ito, H. Miyasaka, Three-dimensional single-molecule tracking of guest dye molecules in host polymer thin films, 27th international conference on photochemistry (ICP2015) (国際学会), 2015年06月28日~2015年07月03日, Jeju Island, Korea.
- 23 Syoji Ito, Anomalous diffusion of guest molecules in polymer thin films as revealed by three-dimensional single-molecule tracking, 日本化学会 第95春季年会(2015) (招待講演), 2015年03月26日~2015年03月29日, 日本大学理工学部船橋キャンパス/薬学部, 千葉県船橋市.
- 24 新井 悠平, 竹井 敏, 伊都 将司, 宮坂 博, 宇野 何岸, 高木 祐太, 森本 正和, 入江 正浩, 蛍光性ジアリールエテン誘導体の高分子薄膜中における単一分子追跡, 日本化学会 第95春季年会(2015), 2015年03月26日~2015年03月29日, 日本大学 理工学部船橋キャンパス/薬学部, 千葉県船橋市.
- 25 宇根 佳奈子, 奥井 千秋, 片山 哲郎, 宮坂 博, 小島 誠也, 入江 正浩, ジアリールエテン誘導体の環開閉反応に対する励起波長依存性: フェムト秒ダイナミクスと反応量子収率との相関, 日本化学会 第95春季年会(2015), 2015年03月26日~2015年03月29日, 日本大学 理工学部船橋キャンパス/薬学部, 千葉県船橋市.
- 26 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, ホスト高分子薄膜中ゲスト蛍光分子の三次元単分子追跡, 日本化学会 第95春季年会(2015), 2015年03月26日~2015年03月29日, 日本大学 理工学部船橋キャンパス/薬学部, 千葉県船橋市.
- 27 Y. Arai, S. Takei, S. Ito, H. Miyasaka, K. Uno, Y. Takagi, M. Morimoto, M. Irie, Single-molecule tracking of photo-switchable fluorescent dyes in polymer thin films, 2nd KANSAI Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, 2014年12月10日~2014年12月11日, ナレッジキャピタル コングレコンベンションセンター, 大阪府大阪市.
- 28 Tetsuro Katayama, Syoji Ito, Masaru Endo, Atsushi Wakamiya, Yasujiro Murata, Yuhei Ogomi, Shuzi Hayase, Hiroshi Miyasaka, Observation of Inhomogeneous Deactivation Process in Lead Iodide Perovskite-based Solar Cell by Means of Femtosecond Transient Absorption Microscopy, 8th Asian Photochemistry Conference 2014 (2014APC) (招待講演), 2014年11月09日~2014年11月13日, Thiruvananthapuram, Kerala, India.
- 29 Syoji Ito, Kentaro Maeda, Yuhei Taga, Satoshi Takei, Daichi Kitagawa, Seiya Kobatake, Hiroshi Miyasaka, Anomalous Diffusion of guest dyes in polymer films investigated by three-dimensional single-molecule tracking, 8th Asian Photochemistry Conference 2014 (2014APC) (招待講演), 2014年11月09日~2014年11月13日, Thiruvananthapuram, Kerala, India.
- 30 瀬戸浦 健仁, 片山 哲郎, 伊都 将司, 宮坂 博, 広視野フェムト秒顕微鏡過渡吸収測定による単一金ナノ粒子の温度上昇ダイナミクス, 2014年光化学討論会, 2014年10月11日~2014年10月13日, 北海道大学 札幌キャンパス, 北海道札幌市.
- 31 Syoji Ito, Kentaro Maeda, Yuhei Taga, Satoshi Takei, Daichi Kitagawa, Seiya Kobatake, Hiroshi Miyasaka, Anomalous Diffusion of guest molecules in polymer thin films investigated by three-dimensional single-molecule tracking, The XXVth IUPAC Symposium on Photochemistry, 2014年07月13日~2014年07月18日, Palais des Congres in Bordeaux, Bordeaux(France).

〔図書〕(計 2 件)

伊都将司・宮坂 博, 「発光の事典」, 朝倉書店, 2015, pp159-165.

伊都将司, 宮坂 博, 「光科学の世界」, 朝倉書店, 2014, pp165-177.

〔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

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

6. 研究組織

(1)研究代表者

宮坂 博 (MIYASAKA, Hiroshi)

大阪大学・大学院基礎工学研究科・教授
研究者番号: 40182000

(2)連携研究者

伊都 将司 (ITO, Syoji)

大阪大学・大学院基礎工学研究科・准教授
研究者番号: 10372632