

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23310079

研究課題名(和文) 光誘起力による動的バイオセンサー及び光熱変換材料の創成

研究課題名(英文) Creation of Dynamical Biosensor and Photothermal Conversion Materials by Light-induced force

研究代表者

飯田 琢也 (IIDA, Takuya)

大阪府立大学・21世紀科学研究機構・講師

研究者番号：10405350

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,400,000円、(間接経費) 4,320,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、光照射や化学的表面修飾によりナノ粒子間に生じる力を変調してナノバイオサイエンスに資するナノ複合体をボトムアップ的に作製する原理の開拓を目的とした。様々な形状の銀ナノ粒子の分散液にドーナツ状の強度分布を有するレーザー光を照射して、サイズ・形状を均一化して選択的集積できることを理論的・実験的に解明した。このようなナノ粒子の均一性制御は、高感度バイオセンサーや医療用の光応答性ナノ粒子の特性制御など幅広い分野で役立つと期待される。さらに、高い光発熱効果を示すプローブ粒子を用いて熱凝固性タンパク質の微量検出にも成功し、最適化された光発熱性金属材料ナノ粒子による病原細胞の破壊にも成功した。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study is the development of bottom-up fabrication of nanocomposites by the light irradiation and the chemical surface modification, which would contribute to nano-bioscience. By irradiating doughnut-shaped laser beam on the dispersion liquid of Ag nanoparticles (NPs) with various shapes, we have theoretically and experimentally demonstrated selective assembling of NPs with highly uniform size and shape. It is expected that such a control of uniformity of NPs can be utilized in wide research fields, for example, the property control of photoresponsive NPs for the highly sensitive biosensor and the medical application. Furthermore, we have succeeded in the detection of a small amount of heat coagulation proteins by probe particles with high photothermal effect, and have succeeded in the destruction of pathogenetic cells by optimized photothermogenetic metallic NPs.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：ナノ・マイクロ化学/ナノ材料・ナノバイオサイエンス

キーワード：光物性 光ピンセット 計測工学 分析科学 ナノバイオ

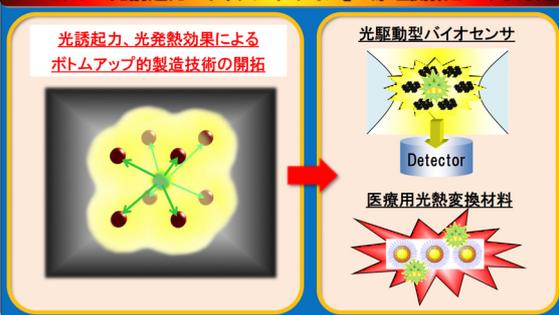
1. 研究開始当初の背景

生体高分子など自然界に存在するナノ複合体は、自己組織化により多種多様な形態と機能を獲得している。また、自己組織化によるナノ粒子複合体の作製に関する最近の研究に目を向けると、分子間力などの自発的な相互作用と環境揺らぎの下、非平衡状態を経て様々な空間パターンが形成されることが報告されている[例えば、E. Rabani, et al., *Nature*, **426**, 271 (2003).]。そこでは、溶媒中の粒子密度や溶媒の種類を変えることで物質間力を変調し、物質相間の転移を制御している。一方、ナノ粒子間に生じる力のバランスを光照射で変調すれば、励起光の特性と相関を持つ多様な空間パターンのナノ粒子複合体を形成して光応答特性を非接触にデザインできると考えられ、その特性に応じて溶媒中の生体分子との相互作用や結合状態も高度に制御できると着想した。

代表者の飯田らは量子力学的手法に立脚して、ミクロな系からマクロな系における光誘起力の性質を俯瞰する新理論を世界に先駆けて構築してきた。そこでは、共鳴輻射力を利用した半導体ナノ微粒子選択輸送の可能性や[T. Iida, H. Ishihara, *Phys. Rev. Lett.* **90**, 057403 (2003).]、近接するナノ粒子間に生じる引力的・斥力的な物質間光誘起力のスイッチングが行えること等を示してきた[T. Iida, H. Ishihara, *Phys. Rev. Lett.* **97**, 117402 (1-4) (2006).]。さらに、多数の粒子系における光が媒介する相互作用の結果として、特定のナノ粒子のみに励起光の進行方向と逆向きの『負の散逸力』が印加されることや、異種のナノ粒子の存在により物質間光誘起力が増強される『超物質間光誘起力』が生じるといった光誘起力の分野の常識を覆し得る新現象も見出した[T. Iida, H. Ishihara *Phys. Rev. B* **77**, 245319 (1-16) (2008).]。

これらの現象や効果は励起共鳴を有する半導体に限らず、強い光誘起分極が生じる材料系であれば利用可能と考えられる。そこで、局在表面プラズモンの効果により常温でも広帯域の光に対して強い誘起分極が生じる金属ナノ粒子に注目した。特に、その光照射下での集団運動の機構を解明すれば、ナノ粒子複合体の形態・機能の同時制御を可能とする「光誘起力マテリアルデザイン」の原理開拓や、その原理を利用した光駆動型バイオセンサーや医療用光熱変換材料等へ応用展開できると着想し本課題を提案した。

コンセプト:「光誘起力マテリアルデザイン」の原理開拓とバイオ応用



2. 研究の目的

光照射や化学的表面修飾によるナノ粒子の組織化・機能制御の原理を解明し、新しい光駆動型バイオセンサーの開拓や、光発熱挙動を示す医療用ナノ複合体の設計指針確立への展開が本研究の目的であった。特に、以下の3つの項目を中心とした。

- (1) 光誘起力と電気的斥力、熱揺らぎの共存下での光機能性ナノ粒子複合体の製造原理開拓
- (2) 光トラップで過渡的に形成されたナノ複合体を利用した超高感度バイオセンサーの開発
- (3) 高効率光熱変換用ナノバイオマテリアルの作製原理開拓と医療応用の検討

これらの基礎研究から応用展開までを見据えた物理・化学・生命科学の若手研究者による異分野横断的な理論・実験の共同研究により目的達成を目指した。

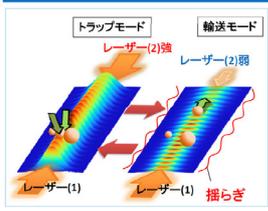
3. 研究の方法

本課題で対象とした金属ナノ粒子は、水などに分散した状態では表面がイオン化して電荷を有しており、ランダムな溶媒分子の衝突を受ける。それゆえ、光誘起力と電気的斥力、熱揺らぎの共存下での多数の金属ナノ粒子の運動評価が必須のため、代表者Gで開発してきた時間領域での理論的手法である「光誘起力ナノ・ダイナミクス法(LNDM)」をさらに高密度な場合や複雑な環境条件にも適用できるように離散化Maxwell方程式の近似的解法を導入した。また、エネルギー領域で安定・準安定状態を探索する新手法である「光誘起力ナノ・メトロポリス法(LNMM)」も開発して光照射下でのナノ粒子の集団運動の本質を探った。また、理論的に得られた原理の実験検証のため、センサー応用G(床波)および医療応用G(児島)が各々の目的に応じてサイズ領域や表面保護材の異なる金属ナノ粒子を提供し、光制御-分光G(伊都)との連携によりナノ複合体の形態・機能制御の検証実験を行った。さらに、センサー応用ユニット(飯田+伊都+床波)と医療応用ユニット(飯田+伊都+児島)の各チームそれぞれの目的に応じた金属-有機高分子ナノ複合体の作製を試み、各研究項目を推進した。

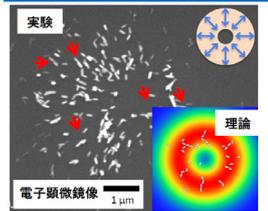
4. 研究成果

代表者Gで独自開発した理論手法である「光誘起力ナノ動力学法(LNDM)」を用いて、光照射下での金属ナノ粒子集団の運動を系統的に解明した[J. Phys. Chem. Lett. (2012). 大学HPや米国メディアVertical News誌でも紹介.]。その一例として、偏光分布を適切にデザインしたレーザー光を用いれば金属ナノ粒子を高密度配列でき、「プラズモニック超放射」により、広帯域かつ様々な方向の偏光を非常に強く散乱する構造体が作製できる可能性を示した。また、時間的に対称性が変化する多重光ポテンシャル井戸と揺らぎの効果によるナノ粒子の高効率輸送現象を利用して10nm以下の高

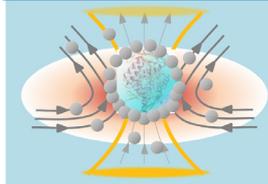
常温での光ナノ分離抽出
(飯田Gの理論的成果)
Nano Lett. 12, 5337 (2012).
◆日刊工業新聞で紹介



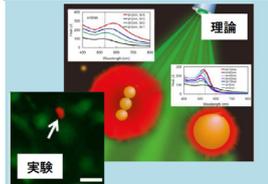
銀ナノロッドの選択的光集積
(飯田G+伊都G+床波Gの成果)
Sci Rep. 3, 3047 (2013).
◆新聞、Webニュースで紹介



微量タンパク質の光熱凝固
(飯田G+床波G+伊都Gの成果)
特開2013-254940:
JPCC117, 15247 (2013).



光発熱効果で病原細胞破壊
(飯田G+児島G+伊都Gの成果)
JPCC 115,19091 (2011);
Chem. Lett, in press(2014)



精度で数十nm程度の大きさのナノ粒子を分離抽出できる"Fluctuation-mediated Optical Screening(FOMS)"の原理を解明した[Nano Lett. (2012). 大学HPや日刊工業新聞でも紹介. 第34回応用物理学学会講演奨励賞, 第23回光物性研究会奨励賞.]. さらに、高密度金属ナノ粒子集積構造の光応答を超高速度に計算できる「クラスターDDA」と呼ばれる新しい近似手法も開発した。この手法を用いれば、条件次第では近似無し場合の3000倍近い計算速度も可能である。特に、センサー応用Gで作製した高密度金属ナノ粒子集積構造の光応答の物理的機構の解明にも成功し、光バイオセンサーの新原理に関する重要な知見も得た[J. Phys. Chem. C (2013), J. Phys. Chem. C (2014), 米国メディアVertical News誌で紹介. Best Poster Award in JSAMA2012].

さらに、医療応用Gとの連携により、近赤外の波長域で高効率の光発熱効果を示す金属ナノ粒子集合体の設計のための理論研究を行い、金属ナノ粒子中に閉じ込められた局在表面プラズモンの鏡像効果が長波長域での光発熱効果増強に重要な役割を果たすことが分かった[米国化学会J. Phys. Chem. C (2011)]. この理論によって最適な光熱変換特性を持つと見積もられた金ナノ粒子を実験的に作製し、これを添加した光応答性細胞培養基材を作製した。そして、光照射による細胞基材の物性変化について検討した。そして、この基材上で細胞培養を行い、直径3mmの光照射部位における選択的な細胞剥離に成功した[日経産業新聞等で紹介].

特に、代表者 G で期間中に開発したエネルギー領域での計算手法である「光誘起力ナノ・メトロポリス法(LNDM)」のプロトタイプを完成させ、異方的な金属ナノ粒子の選択的光集積化ができることを光制御-分光 G とセンサー応用 G との共同研究の下で解明した。そこでは、球状やロッド状など様々な形

状の銀ナノ粒子を含む分散液にドーナツ状の強度分布を有するレーザー光を照射して、サイズ・形状を揃えて抽出し、円環状に配列できることを明らかにした [Sci. Rep. (英国NPG) (2013)に掲載、複数の招待講演、多数の Web ニュースや新聞でも紹介]。特に、照射光の波長を変化させることで集積される銀ナノロッドのアスペクト比を制御でき、直線偏光、ラジアル偏光、アジミューサル偏光など偏光を切り替えることで配向制御ができ、さらには集積化により散乱スペクトルの制御が可能であることも解明した。ナノ粒子のサイズ・形状・配列および光応答特性を制御する技術は様々な研究分野や産業界で広く必要とされており、本課題で目的とする高感度バイオセンサーや医療用の光応答性ナノ粒子の特性制御への応用も期待できる。

また、センサー応用 G で作製した高い光発熱効果を示すプローブ粒子を用いて熱凝固性タンパク質の微量検出にも成功し、高感度バイオセンサー原理開拓に関する当初の研究目的も達成できたと考えている [特開2013-254940]。医療応用 G および光制御-分光 G との共同研究では、金ナノ粒子における光発熱効果の最適サイズが存在することを示した代表者 G における理論の実験検証を行い、病原細胞を局所的に光発熱効果で破壊できることも確認した[Chem. Lett. (2014)].

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 22 件)

- 1) C. Kojima, N. Oeda, S. Ito, H. Miyasaka, T. Iida, "Photothermogenic Properties of Different Sized Gold Nanoparticles for Application in Photothermal Therapy", Chemistry Letters, 査読有, in press, (2014). DOI: 10.1246/cl.140124
- 2) S. Okamoto, K. Inaba, T. Iida, H. Ishihara, S. Ichikawa, M. Ashida*, "Fabrication of single-crystalline microspheres with high sphericity from anisotropic materials", Scientific Reports (Nature Publishing Group), 査読有, Vol. 4 (2014). pp. 5186(1-4). DOI: 10.1038/srep05186
◆日経産業新聞等で紹介
- 3) S. Tokonami*, K. Nishida, S. Hidaka, Y. Yamamoto, H. Nakao, T. Iida*, "DNA-mediated Anomalous Optical Coupling of Heterogeneous Metallic Nanostructures", The Journal of Physical Chemistry C, 査読有, Vol. 118, No. 13, 2014, pp 7235–7241. DOI: 10.1021/jp501613b
◆VerticalNews で紹介
- 4) S. Tokonami*, K. Nishida, Y. Nishimura, S. Hidaka, Y. Yamamoto, H. Nakao, T. Iida*, "Enhanced Collective Optical Response of Vast Numbers of Silver Nanoparticles

- Assembled on a Microbead", Research on Chemical Intermediates, 査読有, Vol. 40, No.6 2014, pp.2337-2346.
DOI:10.1007/s11164-014-1610-0
- 5) M. Tamura, S. Ito, S. Tokonami, T. Iida*, "Theory for optical assembling of anisotropic nanoparticles by tailored light fields under thermal fluctuations", Research on Chemical Intermediates, 査読有, Vol. 40, No. 6 2014, pp.2303-2313
DOI:10.1007/s11164-014-1607-8
- 6) S. Ito*, H. Yamauchi, M. Tamura, S. Hidaka, H. Hattori, T. Hamada, K. Nishida, S. Tokonami, T. Itoh, H. Miyasaka, T. Iida*, "Selective Optical Assembly of Highly Uniform Nanoparticles by Doughnut-Shaped Beams", Scientific Reports (Nature Publishing Group), 査読有, Vol. 3, 2013, pp. 3047 (1-7). DOI:10.1038/srep03047
◆日刊工業新聞, Yahoo News 等で紹介
- 7) T. Iida, A. Nakamura, S. Hidaka, M. Tamura, T. Shiono, S. Furumiya, "Enhanced modulation of scattered light from phase-change nanoparticles by tailored plasmonic mirror image", Applied Physics Letters, 査読有, Vol. 103, No. 4, 2013, pp.041108(1-5). DOI: 10.1063/1.4813749
- 8) S. Tokonami*, S. Hidaka, K. Nishida, Y. Yamamoto, H. Nakao, T. Iida*, "Multipole Superradiance from Densely Assembled Metallic Nanoparticles", The Journal of Physical Chemistry C, 査読有, Vol. 117, No. 29, 2013, pp.15247-15252.
DOI: 10.1021/jp4028244
◆VerticalNews で紹介
- 9) N. D. Vy, T. Iida*, "Ambient-dependent optomechanical control of cantilever with mechanical nonlinearity by cavity-induced radiation force", Applied Physics Letters, 査読有, Vol.102, No. 9, 2013, pp.091101(1-4).
DOI: 10.1063/1.4794060
- 10) M. Tamura, T. Iida*, "Fluctuation Mediated Optical Screening of Nanoparticles", Nano Letters, 査読有, Vol. 12, No. 10, 2012, pp.5337-5341. DOI: 10.1021/nl302716c
◆日刊工業新聞で紹介
- 11) T. Iida*, M. Tamura, "Many-body Effects in Optically-trapped Metallic Nanoparticles under Thermal Fluctuations", Physica Status Solidi (c), 査読有, Vol. 9, No. 12, 2012, pp.2521-2524.
DOI: 10.1002/pssc.201200334
◆フロントカバーのイラストに選抜
- 12) T. Iida*, "Control of Plasmonic Superradiance in Metallic Nanoparticle Assembly by Light-Induced Force and Fluctuations", The Journal of Physical Chemistry Letters, 査読有, Vol. 3, No. 3, 2012, pp. 332-336.
DOI: 10.1021/jz2014924
◆VerticalNews で紹介
- 13) C. Kojima, Y. Watanabe, H. Hattori, T. Iida*, "Design of Photosensitive Gold Nanoparticles for Biomedical Applications Based on Self-consistent Optical Response Theory", The Journal of Physical Chemistry C, 査読有, Vol. 115, No. 39, 2011, pp.19091-19095.
DOI: 10.1021/jp206501h
- 他 9 件(プロシーディングス含む)
- [学会発表] (計 89 件)
- 内訳: 招待 20 件、国際 31 件、国内 38 件
- 1) N. D. Vy, T. Iida, "A theoretical study of optical microcavity-based laser cooling under different ambient conditions", OMC '14, 2014/4/24, Pacifico Yokohama, Kanagawa, Japan.
- 2) T. Iida, M. Tamura, S. Hidaka, H. Hattori, T. Hamada, K. Nishida, S. Tokonami, T. Itoh, H. Yamauchi, H. Miyasaka, S. Ito, "Theory for Bio-inspired Optical Manipulation under Fluctuations", OMC '14, 2014/4/23, Pacifico Yokohama, Kanagawa, Japan.
- 3) S. Ito, H. Yamauchi, M. Tamura, S. Hidaka, H. Hattori, T. Hamada, K. Nishida, S. Tokonami, T. Itoh, H. Miyasaka, T. Iida, "Selective assembly of microstructures of plasmonic nanorods with radiation pressure", OMC '14, 2014/4/23, Pacifico Yokohama, Kanagawa, Japan.
- 4) 飯田琢也、田村守、日高慎平、服部祐徳、濱田大地、西田敬亮、床波志保、伊藤民武、山内宏昭、宮坂博、伊都将司、「揺らぎの下でのナノ光アセンブリの理論」第 61 年応用物理学会春季大会、2014/3/17、青山学院大学相模原キャンパス
- 5) 伊都将司、山内宏昭、田村守、日高慎平、服部祐徳、濱田大地、西田敬亮、床波志保、伊藤民武、宮坂博、飯田琢也、「軸対称ベクトルビームによるプラズモニックナノ粒子の選択的パターンニング」、第 61 年応用物理学会春季大会、2014/3/17、青山学院大学相模原キャンパス
- 6) 西村勇姿、西田敬亮、日高慎平、山本陽二郎、伊都将司、床波志保、飯田琢也、「プラズモニック発熱効果による微量生体物質検出法の開拓」、第 61 年応用物理学会春季大会、2014/3/17、青山学院大学相模原キャンパス
- 7) 飯田琢也、「光と揺らぎで操るナノの世界: 物質科学から生命科学への展開」、大学院共通特別講義、2013/10/31、東京理科大学 (招待講演)
- 8) 飯田琢也、伊都将司、床波志保、児島千恵、「生体系にならう光と揺らぎの下でのナノ動力学」、日本物理学会 2013 年秋季大会、2013/9/25~9/28、徳島大学常三島キャンパス (招待講演)
- 9) 田村守、飯田琢也、「確率共鳴に基づく新奇ナノ光マニピュレーションの創成」、第 74 回応用物理学会秋季学術講演会、

- 2013/9/19、同志社大学京田辺キャンパス (招待講演)
- 10) T. Iida, M. Tamura, "Fluctuation-mediated High Accuracy Separation of Nanoparticles by Modulated Optical Standing Wave", ASIANALYSIS XII, 2013/8/24, Maidashi campus of Kyushu University, Fukuoka, Japan
 - 11) Y. Nishimura, K. Nishida, S. Hidaka, Y. Yamamoto, S. Ito, S. Tokonami, T. Iida, "Photothermal assembling of metallic nanoparticle-fixed bead for detecting biological analytes", ASIANALYSIS XII, 2013/8/22, Maidashi campus of Kyushu University, Fukuoka, Japan.
 - 12) 飯田琢也、床波志保、「光と揺らぎによるプラズモニック材料の動的制御とセンサ応用への展開」、ナノフォトニクスシンポジウム「ナノフォトニクスにおける複雑性・多様性と機能」、2013/7/17、慶応義塾大学 (招待講演)
 - 13) 飯田琢也、田村守、「多重光トラップと熱揺らぎを利用した高精度ナノ粒子選別法の提案」、第73回分析化学討論会、2013/5/19、北海道大学函館キャンパス
 - 14) T. Iida, "Theory of nano-optomechanics under fluctuations", The First Italy-Japan Workshop on Nanophotonics, 2013/4/22, University of Pisa, Pisa, Italy. (招待講演)
 - 15) 飯田琢也、田村守、日高慎平、西田敬亮、床波志保、「生体分子を模倣した新奇ナノ光選別技術とプラズモニック分析科学への展開」、レーザー学会関西支部第3回研究会「先端光計測技術」、2012/11/30、島津製作所京都三条工場 (招待講演)
 - 16) 飯田琢也、田村守、日高慎平、西田敬亮、床波志保、「揺らぎを利用した新奇ナノ光選別技術とプラズモニック・センサーの原理開拓」、先端物質科学研究所セミナー、2012/11/14、九州大学 (招待講演)
 - 17) 飯田琢也、田村守、日高慎平、西田敬亮、床波志保、「揺らぎの下でのプラズモニックナノ複合材料の光応答理論と新奇分析技術への展開」、第3回異分野融合先端研究コア(RCIS)研究セミナー、2012/10/5、岡山大学 異分野融合先端研究コア (招待講演)
 - 18) C. Kojima, N. Oeda, T. Iida, "Photothermogenic Properties of Different-Sized Gold Nanoparticles", GOLD2012, 2012/9/6, Keio Plaza Hotel Tokyo, Japan.
 - 19) 床波志保、中土井祐、西田敬亮、椎木弘、長岡勉、日高慎平、飯田琢也、「金属ナノ粒子集積化技術とバイオ分析」、第2回光科学異分野横断萌芽研究会、2012/8/7、岡崎コンファレンスセンター (招待講演)
 - 20) 飯田琢也、田村守、日高慎平、西田敬亮、床波志保、「揺らぎの下での金属ナノ粒子集合系の光応答理論と分析化学応用」、第2回光科学異分野横断萌芽研究会、2012/8/7、岡崎コンファレンスセンター (招待講演)
 - 21) T. Iida, M. Tamura, "Fluctuation-mediated Dynamics Control of Metallic Nanoparticles by Light Fields with Designed Spatio-Temporal Profiles", ICN+T2012, 2012/7/23, Paris, France.
 - 22) T. Iida, H. Hattori, "Theory for assembling metallic nanoparticles with high rotational symmetry and controlled optical functions by light fields with designed polarizations", EXCON 2012, 2012/7/3, Groningen, The Netherlands.
 - 23) 飯田琢也、"Control of Plasmonic Collective Phenomena in Metallic Nanoparticles by External Fields under Thermal Fluctuations", 電子研学術講演会、2012/6/15、北海道大学電子科学研究所 (招待講演)
 - 24) 飯田琢也、「光誘起力による金属ナノ粒子集合系の超放射制御の理論と分析応用」、第72回分析化学討論会、2012/5/19、鹿児島大学工学部郡元キャンパス
 - 25) 飯田琢也、「光電磁場で駆動された金属ナノ粒子集合系における局在表面プラズモンと輻射場の相互作用制御」、早稲田大学大学院先進理工学研究科主催公開セミナー、2012/3/19、早稲田大学西早稲田キャンパス (招待講演)
 - 26) T. Iida, "Cooperative Phenomena in Nanocomposites Dynamically Controlled by Light-induced Force and Fluctuations", 11th Tamura Symposium, 2011/12/3, Sakai, Japan. (招待講演)
 - 27) 飯田琢也、「光の力で物体を動かせるか?」、日本物理学会大阪支部公開シンポジウム、2011/10/16、大阪大学中之島センター (招待講演)
 - 28) T. Iida, "Theory of structure control of nanocomposites by multiple laser beams and thermal fluctuations", IQEC/CLEO Pacific Rim 2011, Sydney Convention and Exhibition, 2011/8/31, Sydney, Australia.
 - 29) 飯田琢也、「光と揺らぎで駆動するナノ物質集団の協力現象と光応用」、平成23年度先端領域若手研究リーダー育成拠点サイエンスカフェ特別講演、2011/6/28、山梨大学 (招待講演)
 - 30) S. Tokonami, T. Hamada, Y. Yamamoto, H. Nakao, H. Shiigi, T. Nagaoka, T. Iida, "Analysis and simulation of optical response of Au-nanoparticle-fixed beads for optical sensors of microscopic local environment", CLEO/Europe-EQEC 2011, 2011/5/25, International Congress Centre Munich, Munich, Germany.
 - 31) T. Iida, "Dynamic Control of Collective Modes of Localized Surface Plasmon in Metallic Nanoparticles by Optical Tweezers", CLEO/Europe-EQEC 2011, 2011/5/25, International Congress Centre Munich,

Munich, Germany.

- 32) 「ピンポイント細胞分離システムを実現するための光応答性ゼラチンゲルの最適化」児島千恵、三島直樹、大枝直矢、服部祐徳、山本康平、飯田琢也、第60回高分子討論会、2011/9/28、岡山大学津島キャンパス

他 57 件

〔図書〕(計6件)

- 1) 床波志保、飯田琢也 他、技術情報協会、バイオセンサの先端科学技術と新製品への応用開発「第4章6節金ナノ粒子固定化技術とセンサ応用」、2014、総ページ数: 7.
- 2) 飯田琢也、床波志保 他、シーエムシー出版、金属ナノ・マイクロ粒子の最新技術と応用「第4章1節光誘起力ナノ動力学法と金属ナノ粒子集積系の光応答理論」、2013、総ページ数: 10 (pp.102-111).
- 3) 田村守、飯田琢也、「光誘起力と揺らぎによるナノ粒子の分離抽出=分子モーターの仕組みに学ぶ次世代ナノ光技術=」、光アライアンス、2013、Vol.7、総ページ数: 5 (pp.41-45).
- 4) 飯田琢也、床波志保、「高密度金属ナノ粒子集積系の光機能デザイン-異分野融合による21世紀の持続可能社会の構築へ-」、未来材料、Vol.13、No.1、2013、総ページ数: 3 (pp.58-60).
- 5) 飯田琢也、服部祐徳、日高慎平、シーエムシー出版、メタマテリアル II 「第10章光誘起力によるプラズモニクナノ複合体の作製と光機能制御」、2012、総ページ数: 11 (pp.99-109).
- 6) 飯田琢也、「熱揺らぎの下での金属ナノ粒子の光マニピュレーション」、光技術コンタクト、Vol. 49、No.3、2011、総ページ数: 7 (pp.24-30).

〔産業財産権〕

○出願状況 (計6件)

- 1) 名称:被検出物質の検出装置および方法
発明者: 飯田琢也、床波志保、権利者: 大阪府立大学、種類: 特許、番号: 特願2013-114312、出願年月日: 平成25年5月30日、国内外の別: 国内
- 2) 名称: 光熱変換素子およびその製造方法、光熱発電装置ならびに被検出物質の検出方法、発明者: 飯田琢也、床波志保、小菅厚子、山本陽二郎、権利者: 大阪府立大学、種類: 特許、番号: 特願2013-254940(優先権出願)、出願年月日: 平成25年5月2日、国内外の別: 国内
- 3) 名称: 光熱変換素子およびその製造方法ならびに光熱発電装置、発明者: 飯田琢也、山本陽二郎、床波志保、小菅厚子、権利者: 大阪府立大学、種類: 特許、番号: 特願2012-109651、出願年月日: 平成24年5月11日、国内外の別: 国内

他 3 件

〔その他〕

○メディア発表、プレスリリース(計15件)

- 1) 日刊工業新聞、「ナノ粒子 均一粒子円環状に 大阪府大・阪大 薬材料の抽出など応用」、2013/11/4.
- 2) Yahoo!ニュース、「金属ナノ粒子の水溶液から均一な粒子だけを操作することに成功」、2013/10/30.
- 3) 大阪府立大学、大阪大学共同プレスリリース、「ドーナツビームと揺らぎの効果でナノ粒子の高均一化と配列に成功—医薬品の分離抽出、光エネルギー変換の革新に期待—」、2013/10/25.
- 4) 日経産業新聞、「特定細胞を分離・回収」、2013/2/22.
- 5) 日刊工業新聞、「光誘起力の「揺らぎ」利用 ナノ粒子分離抽出」、2012/9/6.
- 6) 大阪府立大学プレスリリース、「新理論を解明 分子モーターの仕組みをナノ粒子の光選別技術に応用」、2012/9/4.
- 7) VerticalNews, "New Findings from Japan Science and Technology Agency in the Area of Physical Chemistry Published", 2012/3/16.
- 8) 大阪府立大学プレスリリース、「金属ナノ粒子集合体の光機能を「光」と「揺らぎ」の力で制御する原理を発見」、2012/3/5.

他 7 件

○ホームページ等

http://www.nanosq.21c.osakafu-u.ac.jp/ttsl_lab/t_iida/

6. 研究組織

(1) 研究代表者

飯田 琢也 (IIDA, Takuya)

大阪府立大学・21世紀科学研究機構・講師
研究者番号: 10405350

(2) 研究分担者

床波 志保 (TOKONAMI, Shiho)

大阪府立大学・21世紀科学研究機構・講師
研究者番号: 60535491

伊都 将司 (ITO, Shoji)

大阪大学・基礎工学研究科・助教
研究者番号: 10372632

児島 千恵 (KOJIMA, Chie)

大阪府立大学・21世紀科学研究機構・講師
研究者番号: 50405346

(3) 連携研究者

なし