

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20H02700

研究課題名(和文) 光場操作によるナノ物質の光励起状態とエネルギー伝達の制御

研究課題名(英文) Active control of photo-excited states and energy propagation with manipulated optical fields

研究代表者

井村 考平 (Imura, Kohei)

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：80342632

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,000,000円

研究成果の概要(和文)：物質の光特性は、励起状態の特性と密接に関連していることから、波動関数を基軸とする励起状態制御法は、物質の機能制御の有望な方法となる。従来の枠組みを超えた物質機能を実現するためには、新しい概念に基づいた光励起状態制御法を開拓する必要がある。本研究では、光場操作によるナノ物質の光励起状態の制御法の構築と局在光場と強結合により新規光学特性の実現に取り組みこれらを達成した。本研究で得られた成果は、光励起状態の自在制御とエネルギー伝達制御の実現において、今後重要性を増すと期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

物質の光機能は、光エネルギーの有効活用やデバイス開発において重要である。これを自在に制御することができれば、環境負荷の低減や再生エネルギーの利用効率向上につながる可能性がある。しかし、これを制御するには、従来の枠組みを超えた制御法を構築する必要がある。本研究では、特殊な電場の空間構造をもつ光を使い物質機能の制御法を構築した。本研究で得られた成果は、光機能の制御とエネルギー伝達制御の実現において重要となることが期待される。

研究成果の概要(英文)：Optical properties of nanomaterials are closely related to wavefunctions of the excited states. Hence, novel control of excited states based on the wavefunction is promising for active control of materials' functions. To go beyond the conventional frameworks for material functions, novel method for control of excited states should be developed. In this project, we developed the novel method for manipulating the photoexcited states of the nanomaterials using the optical vector beam and localized optical fields. In this way, active control of photoexcited states in various nanomaterials have been achieved.

研究分野：物理化学

キーワード：ナノ物性 光場操作 光励起状態 エネルギー伝達

1. 研究開始当初の背景

化学合成法の進展により複雑な構造の分子合成が可能となり、特定の機能であれば、精密な設計に基づいた合成によりこれが実現される。しかし、分子の光機能を自在に制御するのは、いまだに困難である。物質の光特性は、励起状態の波動関数と密接に関係していることから、波動関数を基軸とする励起状態制御法は、物質の機能制御の有望な方法となる。従来の枠組みを超えた物質機能を実現するためには、新しい概念に基づいた光励起状態制御法を開拓する必要がある。物質の光機能やエネルギーの伝達特性は、分子の光励起状態と密接に関係している。分子の吸収特性は、静的・平面的な光電場と分子内の電気双極子モーメントとの相互作用により理解される。これは、平面波照射では、光磁場と磁気双極子の相互作用が無視できること、また、光電場の空間構造が分子と比べて格段に大きいことに由来している。光の空間スケールが分子と同じナノメートル程度になれば、この枠組みは破綻し新しい光選択則が実現する。サブ波長スケールのナノ物質は、光を空間的また時間的に閉じ込めて、物質近傍に局在光場を発生する。この局在光場と物質の相互作用は、光場の特異な電磁場空間特性から、従来の枠組みを超えた光学過程や光励起状態を可能とする。局在場と光場操作を組み合わせることで、新しい研究分野の展開が可能であり、その学術的追求の重要性がますます高まっている。研究開始当初、局在光場の空間特性と光電磁場ベクトルの操作(光場操作)により新しい光学選択則が実現すること、また急峻な光電場変化に起因する非線形性の増大が起こることが明らかとなっていた。このような背景のもと、励起光場の空間と電磁場ベクトルの操作により新しい光学選択則に基づくナノ物質の光励起状態制御とエネルギー伝達制御を実現し、新しい学理と研究分野を開拓すること着想した。

2. 研究の目的

本研究では、励起する光場の空間と偏光ベクトルの操作により、サブ波長スケールのナノ物質に著しい光増強電磁場を誘起することで、局在光による光学選択性の拡張、光磁場-物質相互作用の増強、さらには急峻な電場勾配による多極子光電磁場相互作用の顕在化を可能とし、光励起状態の自在制御を実現することを目的とした。開発する制御原理は、単一ナノ物質であれば光励起状態の時空間制御に、また複数のナノ物質であればナノ物質間の相互作用の制御やエネルギーの伝達制御に活用することが可能である。本研究では、光場操作による光励起状態の制御とこれを活用したエネルギーの伝達制御の学理を実現することを最終目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、局在光場による新規光学特性の実現と光場操作によるナノ物質の光励起状態制御、またエネルギー伝達制御に取り組み、光場操作による光物性とエネルギー伝達の学理構築を計画した。これらを実現するために、ナノ物質の固有モードの可視化と光学特性の顕微分光計測を行った。固有モードの可視化には近接場光学顕微鏡を、光学特性の光場操作には非線形光学顕微鏡を用いた。

局在光場による新規光学特性の実現では、複数のナノ物質の光励起状態を対象とした。ナノ物質に誘起される光場が、別の物質と相互作用することにより、新しい光学過程や光化学反応制御法について研究した。ここでは、金属ナノ物質近傍にJ会合体を分散させたハイブリット体を測定試料とした。近接場光によりナノ物質近傍に増強光場を誘起し、ハイブリット体の透過スペクトルや発光スペクトルを観測することで、強結合状態の分光とイメージ特性について解明することを目的とした。また、Si ナノ粒子と金ナノ物質のハイブリット体の非線形光学計測から、励起状態制御と散乱光の伝達制御法について研究した。

光場操作によるナノ物質の光励起状態とエネルギー伝達制御では、励起光の空間分布と電磁ベクトルを制御することで、ナノ物質の固有モードの励起確率を制御する方法の構築を計画した。励起光の偏光ベクトルの空間分布を制御することで、双極子禁制モードの励起が実現すると期待される。さらに、シリコンナノ粒子を用いた計測と電磁気解析から、光学カイラリティー密度の増大など従来の物質では実現しない光特性が実現することが明らかとなっている。本研究では、光場操作した光電磁場の空間構造の可視化と制御に関する研究を進めた。また、電気双極子と磁気双極子の干渉を活用することで方向選択的伝達(散乱特性の制御)を達成することを目指して研究を行なった。試料としては、金属ナノプレートやSiなどの高屈折率ナノ物質を対象とした。ナノ物質の光電磁場の可視化と光場操作による光機能化を実現し、その原理をマクロな機能制御に展開する研究を行なった。

4. 研究成果

光場操作によりナノ物質の特性を制御するためには、まずナノ物質に励起される固有モードについて明らかにする必要がある。近接場光学顕微鏡を用いて、様々な形状の貴金属プレートに励起される固有モードの空間特性と分光特性を研究した。三角プレートや六角プレートでは、波長に依存して特徴的な空間構造が可視化されることを明らかにした(図1)。これらの空間構造は、二次元井戸中の粒子の固有関数の二乗像によりよく再現されることから、プレート内部に励

起されるプラズモンモードに帰属される。二次元プレートに励起されるプラズモンモードの励起波長依存性から、三角プレートから六角プレートに励起される固有モードでは、多くの固有モードで固有モードのエネルギーの順番が維持される一方、特定のモードでは、その順番が入れ替わることが明らかとなった(Imaeda *et al.*, *J. Chem. Phys.* 156, 044702 (2022).)。

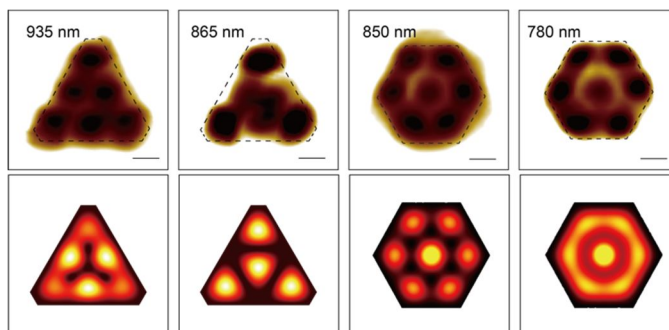


図1. 金ナノプレートの近接場透過像(上段)と固有モード(下段). 数値は観測波長を示す. 破線はプレートの概形を示す.

次に、プラズモン増強場と蛍光分子の近接場相互作用を単一粒子レベルで研究し、蛍光分子が金ナノプレートに近接して存在する場合には、励起光が消光される一方、10 nm 程度離れて存在する場合には、蛍光が増強することが明らかとなった。また、蛍光の寿命イメージングを達成する装置を開発し、これにより励起場と放射場のイメージングも可能とした。さらに、この装置を用いて、プレート近傍で分子の蛍光寿命が変化すること、局在光場と分子の相互作用が距離に依存して変化することを明らかにした(Hasegawa *et al.*, *J. Phys. Chem. C* 125, 21070 (2021).)。

金属ナノ物質と有機色素分子のJ会合体が近接して相互作用すると、金属ナノ物質に励起されるプラズモンとJ会合体に励起されるエキシトンが相互作用する。プラズモンとエキシトンが強結合相互作用するとき、エネルギー的に安定な結合性の電子状態(LB)とエネルギー的に不安定な反結合性の状態(UB)が生成する。これらの状態からの発光特性を解明することは、ナノ物質の光特性制御において本質的に重要である。金ナノロッドとJ会合体の相互作用を近接場光学顕微鏡により研究した結果、ロッドとJ会合体の遷移モーメントの配向に応じて、相互作用が変化すること、強結合相互作用により、透過光が増強することが明らかとなった。このことは、強結合相互作用により、従来の共鳴特性とは異なる電子状態が生成していることを示す。さらに、ハイブリッド体からの発光計測を行い、ロッド近傍では蛍光が増強すること、プラズモンに相互作用するエキシトンの個数により、増強特性が変化することが明らかとなった(図2)。エキシトンの個数が非常に多いときは、LBからのみ蛍光が放出される一方、エキシトンの個数が10個程度であるときは、UBとLBの両方から蛍光が放出されるが明らかとなった(Hasegawa and Imura, *J. Phys. Chem. C* 126, 5944 (2022).) これらの結果は、光場や近接場相互作用の制御により、光機能の制御が達成されることを示している。

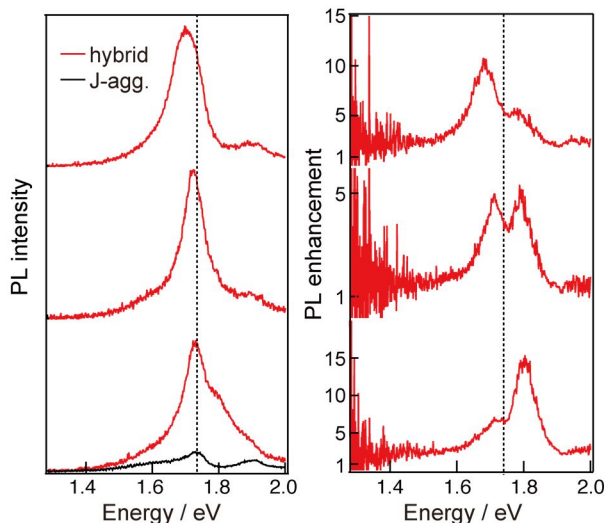


図2. 金ナノロッドとJ会合体のハイブリッド体近傍で観測した発光スペクトル(左)と発光増強スペクトル(右). 破線はエキシトンの発光エネルギーを示す.

さらに、銀ナノプレートとJ会合体の近接場相互作用を研究した結果、プレートに励起されるプラズモンの共鳴特性により、プラズモン-エキシトンの相互作用の強度が変化すること、あらたに生じる電子状態の特性が変化することが明らかとなった。この系において、近接場透過測定を行い、ハイブリッド体では光学特性が変化すること、エキシトンの共鳴波長において、透過光の増強が起こることが明らかとなった。さらに、共鳴波長で可視化した近接場透過像が特徴的な空間特性を示すこと、相互作用するプラズモンモードと相互作用しないプラズモンモードがあり、その結果、空間選択的な光特性制御が実現することが明らかとなった(Yokozawa *et al.*, *J. Phys. Chem. C* 125, 24515 (2021).)。

プラズモン間の強相互作用が誘起されると考えられる金ナノ粒子の自己組織化膜の研究からは、粒子の接合部位で、非常に大きな電場増強が起こり、非線形発光が強く励起されることが明らかとなった(図3)。また、非線形発光の励起光強度依存性から、比較的低い励起光強度でも多光子励起が起こり、白色光発生が実現することを明らかとした(Jimbo and Imura, *J. Phys. Chem. C* 126, 14960 (2022).) さ

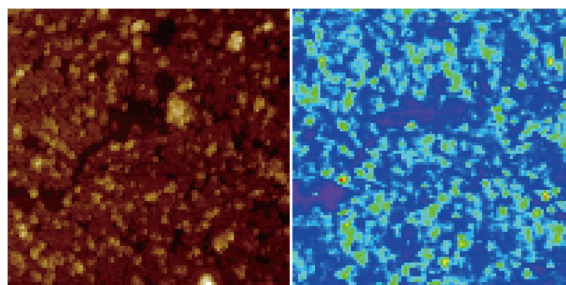


図3. 金ナノ粒子薄膜の表面形態像(左)と近接場非線形発光励起像(右). イメージサイズ: 6.6 μm × 6.2 μm. 励起波長: 800 nm.

らに、金ナノ粒子粒子薄膜では表面増強ラマン散乱も格段に増強されることが明らかとなった (Jimbo *et al.*, *Bull. Chem. Soc. Jpn.* 94, 2272 (2021).)。この系では、今後、発光増強や光化学反応への展開が期待される。

Si ナノ粒子と金ナノ構造のハイブリット構造の作製法を確立し、その光学特性の研究を行った。Si ナノ粒子の Mie 共鳴により、光電場磁場の増強が起こり、これが散乱光の異方性に大きな影響を及ぼすこと、これがマクロな光伝播制御に有望であることが明らかとなった。さらに、この系では、Si からの非線形発光が可視域に観測されること、放射過程において電気共鳴や磁気共鳴効果により発光が増強されることが明らかとなった。

光場操作による光励起状態制御技術を確立するために、サイズの異なる金ナノプレートを対象として研究を行った。これらのプレートでは、サイズに応じて異なる固有モードが励起される。これまでの研究から、固有モードは対称性を用いて分類できること、Lippmann-Schwinger 方程式を用いることで、固有モードの光選択則が理解できることを明らかにしている。例えば、三角プレート面内に分極したモード (E) は、プレート鉛直方向から入射した場合、直線偏光で励起することが可能である一方、面外方向に分極したモード A_1 は励起することができない禁制モードとなる。同様に、 A_2 モードは、通常は光学禁制となる。ビームの径内で偏光方向が変化する軸対称偏光として、ラジアルやアジマ

スビームがある。これらの光場は、その対称性からそれぞれ A_1 と A_2 モードに帰属され、これらの軸対称偏光により、 A_1 と A_2 のプラズモンモードの励起が実現することを着想した。実際に電磁気学計算を行い、この選択則が実現することを明らかにした (図 3)。次に、実験的にこの選択則を確かめるために、特殊な波長板を利用してラジアルやアジマスビームを生成し、波形制御した近赤外パルス光を三角金ナノプレートに照射した。プレートからは、第二高調波と可視域にブロードな発光が観測された。これらの発光を検出し、光励起像を可視化した結果、入射する軸対称偏光の種類により、励起像の空間分布が大きく変化することが明らかとなった (図 4)。例えば、ラジアル偏光を入射したときは、三角形の辺の中央部分で励起確率が高くなる一方、アジマス偏光を入射したときには、三角形の頂点付近で励起確率が高くなることが明らかとなった。これらの特徴的な空間パターンは、電磁気学シミュレーションにより定性的に再現することができることが明らかとなった。

また、励起される固有モードの寄与を解析したところ、ラジアル偏光では A_1 モードが、アジマス偏光では A_2 モードが優先的に励起されることが明らかとなった。また、詳しい解析から A_1 モードの励起では、面直に分極した固有モードが優先的に励起され、放射状に分布するモードはあまり寄与しないことが明らかとなった (Hasegawa *et al.*, *J. Phys. Chem. C* 128, 2536 (2024).) これらの結果は、固有モードを基軸とする選択則がナノ物質で成立することを示し、光場制御により光機能制御が達成されることを示す。

Si ナノ粒子の単体および集合構造体についても軸対称偏光を用いた顕微分光研究を行った。シリコンナノ粒子単体では、アジマス偏光により発光が強く励起されること、また軸対称偏光の種類により特徴的な空間分布を示す励起像が観測されることが明らかとなった。さらに、シリコンナノ粒子の多量体の電磁気学シミュレーションを行い光場制御により散乱スペクトルが大きく変化することが明らかとなった。集合構造における非線形な顕微分光研究からは、光場制御により発光励起像や発光特性が変化することが明らかとなった。

本研究では、光場の空間とベクトルの操作により、ナノ物質の波動関数を基軸とする光機能化と従来の枠組みを超える光励起状態の制御を実現することを目的とした。金属ナノ物質や半導体ナノ物質、またそのハイブリット体を研究対象として、光場操作によるナノ物質の光励起状態の制御法の構築を行なった。本研究により、局在光場による新規光学特性が実現すること、また光場の対称性によりナノ物質の光励起状態制御が実現することを明らかにした。

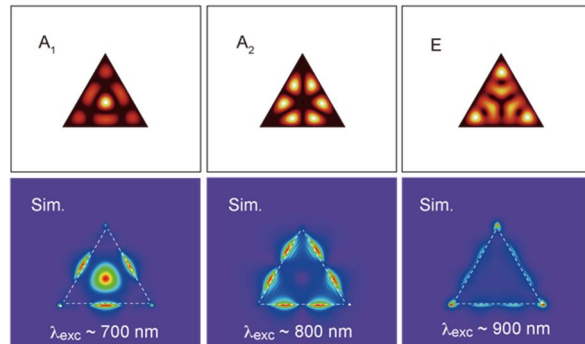


図 3. 三角ナノプレートの励起される固有モード (上段) と電磁気学計算により可視化した金三角ナノプレート (一辺 800 nm, 厚み 40 nm) の光電場像 (下段). 数値は励起波長を、波線はプレートの概形を示す。

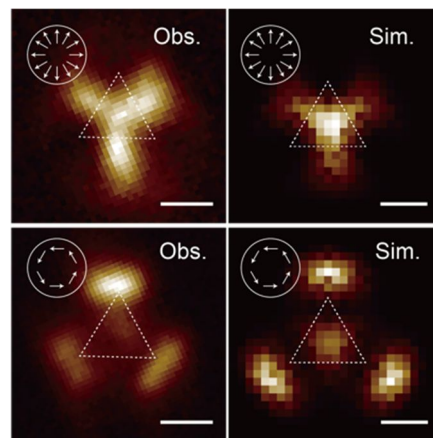


図 4. 金ナノプレートの二光子励起像 (左: 実測, 右: シミュレーション). 上段: ラジアル偏光励起, 下段: アジマス偏光励起. スケールバー: 200 nm.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Keisuke Imaeda, Kohei Imura	4. 巻 127
2. 論文標題 Nanoscopic Imaging of Photonic Modes Excited in Square-Shaped Perylene Microcrystals	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 4665 ~ 4671
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.3c00271	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 Atsuko Jimbo, Kohei Imura	4. 巻 126
2. 論文標題 Nonlinear Photoluminescence from Gold Nanoparticle Thin Films Studied by Scanning Near-Field Optical Microscopy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 14960 ~ 14966
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.2c03744	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 Atsuko Jimbo, Yui Nishikado, Kohei Imura	4. 巻 94
2. 論文標題 Optical Field and Chemical Environment Near the Surface Modified Gold Nanoparticle Assembly Revealed by Two-Photon Induced Photoluminescence and Surface Enhanced Raman Scattering	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 2272 ~ 2278
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20210160	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 Seiju Hasegawa, Keisuke Imaeda, Kohei Imura	4. 巻 125
2. 論文標題 Plasmon-Enhanced Fluorescence Near Single Gold Nanoplates Studied by Scanning Near-Field Two-Photon Excitation Microscopy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 21070 ~ 21076
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.1c06466	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 Asami Yokozawa, Seiju Hasegawa, Keisuke Imaeda, Kohei Imura	4. 巻 125
2. 論文標題 Visualization of Plasmon-Exciton Interactions by Scanning Near-Field Optical Microscopy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 24515 ~ 24520
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.1c07745	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 Keisuke Imaeda, Seiju Hasegawa, Kohei Imura	4. 巻 156
2. 論文標題 Observation of the plasmon mode transition from triangular to hexagonal nanoplates	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Journal of Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 044702 ~ 044702
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0078371	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 Tomoya Nagasue, Takeha Shinohara, Seiju Hasegawa, Kohei Imura, Keiko Tawa	4. 巻 30
2. 論文標題 Nanoantenna effect dependent on the center structure of Bull's eye-type plasmonic chip	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 7526 ~ 7538
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.452468	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 Seiju Hasegawa, Kohei Imura	4. 巻 126
2. 論文標題 Photoluminescence Properties of Gold Nanorod and J-Aggregate Hybrid Systems Studied by Scanning Near-Field Optical Microscopy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 5944 ~ 5949
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.2c00513	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 Hidetoshi Mizobata, Seiju Hasegawa, Mamoru Tamura, Takuya Iida, Kohei Imura	4. 巻 153
2. 論文標題 Near-field transmission and reflection spectroscopy for revealing absorption and scattering characteristics of single silver nanoplates	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 144703 ~ 144703
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0025328	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 Yoshio Kamura, Kohei Imura	4. 巻 5
2. 論文標題 Photoluminescence from Carbon Dot-Gold Nanoparticle Composites Enhanced by Photonic and Plasmonic Double-Resonant Effects	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 29068 ~ 29072
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.0c03588	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 Seiju Hasegawa, Honoka Ichikawa, Kohei Imura	4. 巻 128
2. 論文標題 Selective Excitation of Dark Plasmon Modes Using Cylindrical Vector Beams Studied by Microscopic Imaging of Nonlinear Photoluminescence	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 2536-2542
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.3c07144	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30件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 長谷川誠樹, 林ひな, 井村考平
2. 発表標題 CsPbBr ₃ マイクロプレートにおける光閉じ込めモードの近接場イメージング
3. 学会等名 日本化学会 第 103 春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 長谷川誠樹, 市川帆乃香, 井村考平
2. 発表標題 ラジアル・アジマス偏光励起光を用いた金ナノプレートの非線形発光特性の究明
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 篠原洗羽, 名和靖矩, 長谷川誠樹, 井村考平, 田和圭子
2. 発表標題 Bull's eye型プラズモニクチップにおけるナノアンテナ増強効果のプラズモン共鳴条件依存性
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 森田賢, 井村考平
2. 発表標題 紫外レーザーを用いた多環芳香族化合物の空間選択的多量化
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井村考平
2. 発表標題 プラズモニク物質の光学特性とその制御 - プラズモンの化学的応用に向けて -
3. 学会等名 第12回プラズモニク化学シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 林ひな, 長谷川誠樹, 井村考平
2. 発表標題 CsPbBr ₃ ペロブスカイトマイクロ結晶における局在モードの顕微分光
3. 学会等名 2022年度日本分光学会年次講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井村考平
2. 発表標題 ナノ分光法によるプラズモンの可視化とその制御
3. 学会等名 関西学院大学講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 市川帆乃香, 長谷川誠樹, 井村考平
2. 発表標題 金ナノプレートにおける二光子誘起発光の励起光空間特性依存性
3. 学会等名 第16回分子科学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 長谷川誠樹, 市川帆乃香, 飯島遥, 井村考平
2. 発表標題 空間位相変調光による金ナノプレートの第二高調波発生
3. 学会等名 第16回分子科学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 四方田真輝, 長谷川誠樹, 井村考平
2. 発表標題 Siナノ粒子 Auナノラインハイブリッド構造における非線形光学特性
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Nagisa Miwa, Kohei Imura
2. 発表標題 Optical field enhancement near gold nanoplate assembly studied by nonlinear optical microscopy
3. 学会等名 The 13th Asia-Pacific Conference on Near-Field Optics
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Seiju Hasegawa, Kohei Imura
2. 発表標題 Photoluminescence from Gold Nanorod and J-Aggregates Hybrids Studied by Scanning Near-Field Optical Microscopy
3. 学会等名 The 13th Asia-Pacific Conference on Near-Field Optics
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 長谷川 誠樹, 今枝 佳祐, 井村 考平
2. 発表標題 近接場光学顕微鏡によるプラズモン-エキシトン強結合状態の空間特性の可視化
3. 学会等名 第15回分子科学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 神保 敦子, 井村 考平
2. 発表標題 金ナノ粒子薄膜における多光子励起白色光発生
3. 学会等名 第15回分子科学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kohei Imura
2. 発表標題 Time-resolved and three dimensional near-field imaging of plasmons in gold mesoplates
3. 学会等名 ASIANALYSIS XV (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 深田 将史, 白山大樹, 井村 考平
2. 発表標題 位相ステップング法を用いた顕微吸収散乱分光法の開発
3. 学会等名 2021年度日本分光学会年次講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nagisa Miwa, Kohei Imura
2. 発表標題 Optical Characteristics of Gold Nanoplate Assemblies Studied by Two-Photon Excitation Microscopy
3. 学会等名 11th Asian Photochemistry Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kohei Imura
2. 発表標題 Plasmons in Two-Dimensional Metal Mesostuctures and Their Applications to Surface Enhanced Optical Processes
3. 学会等名 11th Asian Photochemistry Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井村 考平
2. 発表標題 Plasmons visualized by near-field optical microscopy
3. 学会等名 ナノ学会合同部会シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kohei Imura
2. 発表標題 High order plasmons in metal nanostructures for surface-enhanced spectroscopy
3. 学会等名 Pacifichem 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長谷川 誠樹, 井村 考平
2. 発表標題 近接場光学顕微鏡を用いたプラズモン-エキシトン強結合状態の光学特性の究明
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 豊東 雅典, 井村 考平
2. 発表標題 金薄膜上の金ナノプレートに励起される高次プラズモン結合
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤 陸, 香村 惟夫, 井村 考平
2. 発表標題 局在表面プラズモンとフォトニック結晶を用いたカーボンドットの発光増強
3. 学会等名 日本化学会 第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 尾形駿, 井村 考平
2. 発表標題 二硫化モリブテンナノ薄膜における発光特性と形状変化の励起光強度依存性
3. 学会等名 日本化学会 第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井村考平
2. 発表標題 光励起状態の時空間操作による巨視的応答制御
3. 学会等名 第43回光科学異分野横断セミナー
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長谷川誠樹, 今枝佳祐, 井村考平
2. 発表標題 金メソプレート近傍における励起場と放射場の増強
3. 学会等名 2020年度日本分光学会年次講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 乙部隼也, 井村考平
2. 発表標題 金ナノキューブに励起されるプラズモンモードの近接場分光特性
3. 学会等名 2020年度日本分光学会年次講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川嶋健哉, 今枝佳祐, 井村考平
2. 発表標題 金ナノロッドの光学特性における化学的及び物理的效果
3. 学会等名 2020年度日本分光学会年次講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 板東廣朗, 長谷川誠樹, 井村考平
2. 発表標題 Au-Cu ₂₀ ナノハイブリッド構造の発光特性のサイズ依存性
3. 学会等名 2020年度日本分光学会年次講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 神保 敦子, 井村考平
2. 発表標題 液-液界面における金ナノ粒子構造と色素分子との相互作用の研究
3. 学会等名 日本化学会 第101春季年会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔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
研究分担者	今枝 佳祐 (Imaeda Keisuke) (30754717)	北海道大学・理学研究院・助教 (10101)	
研究分担者	長谷川 誠樹 (Hasegawa Seiju) (50962487)	早稲田大学・理工学術院・助教 (32689)	

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