

令和 6 年 6 月 18 日現在

機関番号：32606

研究種目：挑戦的研究（開拓）

研究期間：2018～2023

課題番号：18H05351・20K20365

研究課題名（和文）過渡分子種を超高感度・超高速で検出する分光法の開拓

研究課題名（英文）Development of spectroscopy that detects transient species with high sensitivity and high time-resolution

研究代表者

岩田 耕一（Iwata, Koichi）

学習院大学・理学部・教授

研究者番号：90232678

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 20,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題の目的は、化学反応の中間体となる短寿命分子種を高感度に検出するための超高速分光法を開発することであった。この目的のために高安定なピコ秒時間分解ラマン分光計を新たに製作した。安定性に優れたフェムト秒レーザーを光源に利用することで高安定ピコ秒時間分解ラマン分光測定を実現した。このピコ秒時間ラマン分解計を利用して金および銀のナノ粒子近傍におけるターチオフェン分子の最低励起1重項状態における振動緩和過程を実測して、電子励起ターチオフェンと金属ナノ粒子との間の振動モード特異的な高速振動エネルギー移動を見出した。分子内および分子間の振動結合によるエネルギー伝達モデルを提案できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

新たな方式を採用した高安定ピコ秒時間分解ラマン分光計の出力安定性は二乗平均平方根0.8%であり、周波数・時間積はフーリエ変換限界の1.2から1.3倍であった。このピコ秒時間分解ラマン分光計の開発を報告した論文は国際学術誌で高い評価を受けて、カバー論文に選ばれた。この分光計を利用することで観測できた電子励起ターチオフェン分子の金および銀ナノ粒子近傍における振動緩和過程は、分子内および分子間の振動相互作用に誘起されたエネルギー伝達機構の存在や金属ナノ粒子によるモード選択的な振動位相緩和の加速やねじれ構造の緩和を示唆する重要な現象であった。

研究成果の概要（英文）：The aim of this research was to develop a time-resolved spectroscopy for the detection of transient chemical species with a high sensitivity and a high time-resolution. For this purpose, a stable picosecond time-resolved Raman spectrometer was first developed. Stable outputs from a femtosecond laser system were used as a light source for this spectrometer. Vibrational relaxation processes of terthiophene in the first excited singlet state was observed on gold or silver nanoparticles with this spectrometer. The results indicated the presence of mode-specific fast vibrational energy transfer between the electronically excited terthiophene and the metal nanoparticles. Energy transfer mechanism based on the intra- and inter-molecular vibrational coupling was proposed from these findings.

研究分野：分光物理化学

キーワード：ラマン分光法 時間分解測定 化学反応

1. 研究開始当初の背景

金や銀などの金属の平滑でない表面上で吸着分子のラマン散乱強度が著しく増大する「表面増強ラマン散乱 (Surface Enhanced Raman Scattering, SERS)」は、1970年代に報告されて以来ラマン分光学の主要な研究分野であり続けている。SERSは、分子のラマン散乱の確率が金属ナノ粒子などの表面近傍において表面プラズモン共鳴および金属への電荷移動遷移への共鳴によって著しく増大するために起こる現象、として説明される。SERSは微量分子を高感度に検出できるという有用性を持つことから、特に分光分析法としての観点から多くの研究者によって膨大な研究が行われてきた。近年では、SERSにおける測定感度を単分子検出が可能な水準にまで増感できるという主張がなされ、SERSによる単分子検出の可否を含めてラマン散乱の増強機構について活発な議論が行われている。ノースウエスタン大学(米国)の van Duyne をはじめとした多くの研究者によって、再現性のある SERS 実験の方法論の開発が進められてきてきた。大阪大学の河田らおよびイェーナ大学(ドイツ)の Deckert らは、金属探針の先端部での SERS 効果を利用した「先端増強ラマン分光法 (Tip Enhanced Raman Spectroscopy, TERS)」を開発した。本研究の開始時には、TERS によって 1 個の核酸塩基の種別やポルフィリン環の構造を識別できるラマン顕微分光法が実現していた。

ピコ秒のパルス光を用いたポンプ-プローブ法によってラマンスペクトルを時間分解測定する「ピコ秒時間分解ラマン分光法」は、1980年代後半からのレーザー技術の進歩にともなって飛躍的に発展した。この分光法を利用することで、光で誘起される分子構造の変化を数ピコ秒の単位で実測することが可能になった。この分光法で測定する自発ラマン散乱の強度は入射光強度や対象となる分子の数に単純に比例するため、得られたラマンスペクトルを解析する際の信頼性は高い。刻々と時間変化する化学反応の様子を追跡してその結果を定量的に考察したいときに、ピコ秒時間分解ラマン分光法は強力な実験手法となる。しかし、ピコ秒時間分解ラマンスペクトルを測定して正確に解析することは容易とは言えない。本研究の開始時にピコ秒時間分解ラマン分光計を安定して運用できていたのは、研究代表者らのグループを含めて世界で数か所に限られていた。

研究代表者は、長年にわたってラマン分光法を含む時間分解分光法の開発とその化学反応への応用を研究の主要な主題としてきた。これまでの研究では、新しい方式の時間分解ラマン分光計を製作して、自作の装置による高精度の測定を成功させてきた。一方で、ラマン分光学のコミュニティの一員として SERS に関する研究の成果を共有してきた。この状況の中で、表面増強効果を利用したより高感度のピコ秒時間分解ラマン分光法を開発するという研究課題を発想し、本研究を提案することとなった。

2. 研究の目的

本研究では、ピコ秒時間分解ラマン分光法と表面増強ラマン散乱分光法 (SERS) を融合させた「ピコ秒時間分解表面増強ラマン分光法」を開発することで、化学反応中間体などの短寿命過渡分子種を高速かつ高感度で検出する分光法を実現することをめざした。本課題で開発するピコ秒時間分解表面増強ラマン分光法では、金属ナノ粒子表面に配置した試料分子を光励起してその分子の電子励起状態を生成し、この励起分子のラマンスペクトルをピコ秒のプローブ光パルスで時間分解測定する。SERS によるラマン信号の増強を利用して、従来のピコ秒時間分解共鳴ラマン分光法をより高感度化する。

研究代表者の知る限りでは、金属表面あるいはその近傍での表面増強効果を利用して吸着した分子のピコ秒時間分解ラマンスペクトルを高感度で測定した例はなかった。このようなラマン分光測定が可能であることを実例によって示し、時間分解分光法による化学反応の追跡のための新たな実験法を提供することを、本研究の目的とした。

3. 研究の方法

研究代表者らの研究グループでは、平成 29 年度までの研究でピコ秒時間分解表面増強ラマン分光測定の実現のための予備実験を行っていた。この予備実験では、メタノール溶液中で調製した銀コロイド粒子の表面での SERS 効果を利用して、最低励起 1 重項(S_1)状態の 4-ヒドロキシ-*trans*-スチルベン¹のピコ秒時間分解ラマンスペクトルを測定することに成功していた。本研究では、この予備実験での成果を基盤として、短寿命過渡分子種を高感度および高速で検出する分光法を開拓するために、分光測定や試料調製の条件をそれぞれ最適化するという課題に設定して研究を進めた。

本研究で開発するピコ秒時間分解表面増強ラマン分光測定の分光計測部は、通常のピコ秒時間分解ラマン分光計と同一とした。この部分には、学習院大学に既設の 2 台のピコ秒時間分解ラマン分光計を用いた。1 台目のピコ秒時間分解ラマン分光計では、時間幅約 2 ps、繰り返し周波数 1 kHz のチタンサファイア再生増幅器出力の波長 (800 nm) を 2 台の光パラメトリック増幅器 (OPA) を利用してそれぞれ独立に変えられる。この 2 台の光パラメトリック増幅器の出力をさらに波長変換したものをポンプ光とプローブ光として用いる。プローブ光パルスの光

路には自作の「4f フィルター」を設置しており、OPA からの出力光の波数幅をフーリエ変換限界付近まで小さくすることができる。これらの特徴を有するピコ秒時間分解ラマン分光計は、研究代表者の知る限りで、本研究終了時においても世界で唯一である。ただし、このピコ秒時間分解ラマン分光計には、そのポンプ光およびプローブ光の出力安定性に難があった。これまでに実験例がない SERS スペクトルのピコ秒時間分解測定を試みる場合には、高度に安定したポンプ光およびプローブ光を準備する必要がある。このような状況の下で、新たな方式を採用したピコ秒時間分解ラマン分光計を製作した。この 2 台目のピコ秒時間分解ラマン分光計に本補助金で購入した OPA を新たに組み込んで、1 台目と同様にポンプ光とプローブ光の波長を独立に変えられるようにした。ピコ秒時間分解表面増強ラマン分光法において強く求められる光源の波長可変性に優れたピコ秒時間分解ラマン分光計を、より良いポンプ光とプローブ光の波長を選択しつつ利用することが可能になった。

ピコ秒時間分解ラマン分光計における波長可変性を利用して、表面に吸着した分子に最適なポンプ光およびプローブ光の波長を探索しつつ、時間分解ラマンスペクトルを測定した。金属表面上に吸着した色素分子のけい光が数ピコ秒で消光される例がこれまでに多く知られている。金属ナノ粒子への吸着によってこのような電子励起状態の短寿命化が起こった場合でも、時間分解ラマン分光計によるピコ秒の時間分解測定によって十分にラマンスペクトルを測定できる。共鳴ラマン分光測定のために必要となる過渡吸収帯の位置の特定のためには、研究代表者らの研究グループで自作した分光計を用いて、時間分解ラマン測定に先立って時間分解可視吸収スペクトルを測定した。

表面増強ラマンスペクトルは、金および銀のナノ粒子が分散されたコロイド溶液を試料として測定した。これらの金属のナノ粒子は、テトラクロリド金(III)酸および硝酸銀をそれぞれ水溶液中で水素化ホウ素ナトリウムによって還元して作成した。まずポンプ光照射のない状態でこれらの試料の定常ラマンスペクトルを測定して、金および銀のナノ粒子によるラマン散乱の表面増強効果を確認した。次に、ポンプ光を照射してポンプ-プローブ法による時間分解ラマンスペクトルを測定した。一般に、金属ナノ粒子は高強度の光照射によって損傷を受けやすい。コロイド溶液中の金属ナノ粒子がパルス光の照射によって融解あるいは失活することが報告されている。表面増強効果を利用したピコ秒時間分解ラマン分光測定を実現するためには、光照射に耐性を持った金属ナノ粒子を準備する必要がある。本研究の開始時には、シリカや高分子化合物などを用いて金属表面を保護することで光耐性を得られることが報告されていた。本研究では、金属ナノ粒子の表面を保護剤である界面活性剤で被覆することで、ピコ秒の光パルスの照射に耐える金および銀のナノ粒子を得られることを見出した。

4. 研究成果

前節で述べたように、化学反応の中間体となる短寿命過渡分子種を高感度に検出するためのピコ秒時間分解ラマン分光測定を実現して本研究課題の目的を達成するためには、安定性に優れたピコ秒時間分解ラマン分光計を利用する必要がある。ラマンスペクトルの測定の際に数ピコ秒の時間分解と数 cm^{-1} の波数分解を両立させるためには、フーリエ変換限界に近いピコ秒のプローブ光を用いる必要がある。研究代表者らは、光源にピコ秒レーザーではなくフェムト秒レーザーを用いて、フェムト秒レーザーの出力光を体積グレーティングノッチフィルターによって狭帯域化することで（時間軸では数ピコ秒まで光パルスの幅が増大する）、高安定でフーリエ変換限界に近いプローブ光を準備することに成功した。時間幅約 100 フェムト秒で繰り返し周波数 1 kHz のチタンサファイア再生増幅器出力の波長（800 nm）をフェムト秒仕様の OPA で変換した。その後、このフェムト秒パルスの波数幅（およそ 300 cm^{-1} ）を体積グレーティングノッチフィルターで半値全幅 4.7 cm^{-1} まで狭帯域化した。狭帯域化後の光パルスの時間幅の半値全幅は 5.7 ps だった。狭帯域化する必要のないポンプ光には、高安定なフェムト秒パルスで励起したもう 1 台の OPA の出力を狭帯域化することなく用いた。ポンプ光とプローブ光は同一のレーザーからの出力で励起された 2 台の OPA からそれぞれ得ているので、両者の間のタイミングジッターは光パルスの時間幅に対して無視できる程度に小さい。新たに製作したこのピコ秒時間分解ラマン分光計の性能を評価したところ、出力の揺らぎは二乗平均平方根で 0.8% に達していた（この値が小さい方が高性能である）。上述のプローブ光パルスの波数幅および時間幅は、フーリエ変換限界の 1.2 から 1.3 倍の周波数・時間積を与える。研究代表者らは、本節の冒頭に挙げた条件を満たす時間分解ラマン分光計を開発できたことになる。これは、SERS に限らず、一般的な時間分解ラマン分光測定においても他に例のない高性能なピコ秒時間分解ラマン分光計を開発することができたことも意味する。その重要性は大きく、このピコ秒時間分解ラマン分光計の開発について報告した論文を国際学術誌で発表したところ、当該の論文は編集者から高い評価を受けてカバー論文に選ばれた。

ピコ秒時間ラマン分光計を利用して、金および銀のナノ粒子近傍におけるターチオフェン分子の振動緩和を観測した。光照射によってターチオフェンを最低励起 1 重項(S_1)状態に電子励起して、この状態での振動緩和過程を時間分解測定した。前節で述べたように、この分光実験が成功したのは、表面を保護剤である界面活性剤で覆って金や銀のナノ粒子に高強度の光照射への耐性を持たせることに成功したためであった。この保護法を確立したことは、研究代表者らにとっては重要なブレークスルーであった。

金属ナノ粒子上あるいはその近傍で測定した光で電子励起されたターチオフェンのピコ秒時間分解ラマンスペクトルは、 S_1 ターチオフェンと金属ナノ粒子との間で 3 ピコ秒以内の高速な振動エネルギー移動が進行していることを示していた。分子と金属の間での振動エネルギーの実測例は少なく、今回の実験は貴重な結果を提供したことになる。この振動エネルギー移動がチオフェン環の C-S 伸縮振動に帰属される振動モードにおいてのみ進行していたことは、さらに興味深い。研究代表者らは、この実験結果に基づいて、分子内および分子間の振動結合によるエネルギー伝達モデルを提案することができた。本研究では、 S_1 状態のターチオフェンに加えて、光励起によって生成したターチオフェンラジカルカチオンの時間分解ラマンスペクトルも測定した。この実験においては、C-S 伸縮振動に帰属されるラマンバンドの幅が金属ナノ粒子の存在下で増大することを見出した。この結果から、金属ナノ粒子によるモード選択的な振動位相緩和の加速やチオフェン環間のねじれ構造の緩和の可能性を指摘できた。

本研究では、新たに開発した高性能のピコ秒時間分解ラマン分光計を用いることで、金属と電子励起状態のターチオフェンとの間での振動エネルギー移動がターチオフェンの C-S 伸縮振動モードでのみ顕著に進行することを観測した。これは予想外の知見であった。ターチオフェンラジカルカチオンの時間分解ラマンスペクトルからは、振動モード選択的な振動位相緩和の加速あるいはチオフェン環間のねじれ構造の緩和が示唆されたが、これも予想外かつ興味深い実験結果であった。新たな方式での高性能な実験装置を自作することが、研究開始時には想定していなかった新たな研究の展開に結実したと考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Takaya Tomohisa, Shinohara Masanori, Iwata Koichi	4. 巻 802
2. 論文標題 Torsional relaxation dynamics of vinylene groups in photoexcited MEH-PPV as studied by time-resolved resonance stimulated Raman spectroscopy in the 900?1500?nm region	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemical Physics Letters	6. 最初と最後の頁 139779 ~ 139779
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cplett.2022.139779	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 Goryo Shion, Iwata Koichi	4. 巻 14
2. 論文標題 Photoionization of 3-Methylindole Embedded in Sodium Dodecyl Sulfate and Dodecyltrimethylammonium Chloride Micelles: Migration of Electrons Generated in Micelle Cores and Their Solvation in Outside Water	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1479 ~ 1484
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcllett.2c03799	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 Tsukasa Tokita, Tomohisa Takaya, Koichi Iwata	4. 巻 52
2. 論文標題 Development of a highly stable picosecond time-resolved Raman spectrometer with a femtosecond light source	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Raman Spectroscopy	6. 最初と最後の頁 2051-2057
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jrs.6232	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 Mizuho Kajita, Tomohisa, Takaya, Koichi Iwata	4. 巻 24
2. 論文標題 Dynamics of electron ejection on photoionization of trans-stilbene and biphenyl in acetonitrile as observed with femtosecond time-resolved near-IR absorption spectroscopy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 5411-5418
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1cp05533j	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 Noto Naoki, Takahashi Keigo, Goryo Shion, Takakado Akira, Iwata Koichi, Koike Takashi, Akita Munetaka	4. 巻 85
2. 論文標題 Laser Flash Photolysis Studies on Radical Monofluoromethylation by (Diarylamino)naphthalene Photoredox Catalysis: Long Lifetime of the Excited State is Not Always a Requisite	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 13220 ~ 13227
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.0c01999	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 Zhan Yi-Yang, Liao Jingyuan, Kajita Mizuho, Kojima Tatsuo, Takahashi Satoshi, Takaya Tomohisa, Iwata Koichi, Hiraoka Shuichi	4. 巻 2
2. 論文標題 Supramolecular fluorescence sensor for liquefied petroleum gas	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Communications Chemistry	6. 最初と最後の頁 107-1 ~ 107-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42004-019-0212-6	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 Takaya Tomohisa, Enokida Ippei, Furukawa Yukio, Iwata Koichi	4. 巻 106
2. 論文標題 Near-infrared resonance stimulated Raman study of short-lived transients in PTB7 films	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Vibrational Spectroscopy	6. 最初と最後の頁 103011 ~ 103011
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.vibspec.2019.103011	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 Tomohisa Takaya, Ippei Enokida, Yukio Furukawa, Koichi Iwata	4. 巻 24
2. 論文標題 Structure and Dynamics of Charge Carriers Photogenerated in Pristine and Blended Poly(3-hexylthiophene) Films: Direct Observation by Femtosecond Time-Resolved Near-IR Inverse Raman Spectroscopy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Molecules	6. 最初と最後の頁 431-1-431-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/molecules24030431	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 Manping Ye, Koichi Iwata	4. 巻 48
2. 論文標題 Ultrafast Electron Solvation in Room Temperature Ionic Liquid Observed by Femtosecond Time-Resolved Near-IR Spectroscopy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chem. Lett.	6. 最初と最後の頁 422-425
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.181043	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

〔学会発表〕 計23件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 Koichi Iwata
2. 発表標題 Electrons Released from Photoexcited Organic Molecules in Solution Recorded with Femtosecond Time-resolved Near-infrared Spectroscopy
3. 学会等名 The 8th Quantum Science (QS) symposium, ICCMSE 2022-Computational Chemistry and Computational Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuki Otomo, Tsukasa Tokita, Koichi Iwata
2. 発表標題 Initial Step of Photoinduced Fast Bimolecular Reaction between Terthiophene and Carbon Tetrachloride Examined with Time-Resolved Spectroscopy
3. 学会等名 11th Asian Photochemistry Conference (APC2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Koichi Iwata, Tomohisa Takaya, Masato Anan, Yohei Kamiya
2. 発表標題 Simultaneous relaxation of carotenoids in electronic and vibrational states. Time-resolved near-infrared absorption and non-linear Raman study
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tsukasa Tokita, Koichi Iwata
2. 発表標題 Thermal dissipation process of photoexcited molecule with metal nanoparticles evaluated by picosecond time-resolved Raman spectroscopy
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Chiaki Hiraoka, Tsukasa Tokita, Akira Takakado, Koichi Iwata
2. 発表標題 Thermal diffusivity of ternary lipid bilayers observed with picosecond time-resolved Raman spectroscopy
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Mizuho Kajita, Koichi Iwata
2. 発表標題 Two-photon ionization mechanism of biphenyl in polar solvents observed with femtosecond time-resolved near-IR absorption spectroscopy
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大友 由樹, 時田 司, 岩田 耕一
2. 発表標題 ターチオフェンと四塩化炭素の光誘起高速二分子反応における反応初期状態検出の試み
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 時田 司, 岩田 耕一
2. 発表標題 ピコ秒時間分解ラマン分光法で観測した 金属ナノ粒子近傍の S1 - ターチオフェンの高速振動エネルギー移動
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 平岡 千明, 時田 司, 高門 輝, 岩田 耕一
2. 発表標題 ピコ秒時間分解分光法による赤血球および大腸菌の生体膜物性測定を試み
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 時間分解近赤外分光法で観測した溶液中での芳香族化合物の光イオン化による電子放出
2. 発表標題 梶田 瑞穂, 高屋 智久, 岩田 耕一
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 時田 司, 岩田 耕一
2. 発表標題 金属ナノ粒子近傍の S1 ターチオフェンの振動モード選択的な高速熱エネルギー移動過程の観測
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 時田司, 岩田耕一
2. 発表標題 ピコ秒時間分解ラマン分光法で観測した Ag ナノ粒子近傍の S1 ターチオフエンの急速振動緩和過程
3. 学会等名 分子科学会オンライン討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 時田司, 岩田耕一
2. 発表標題 ピコ秒時間分解ラマン分光法による金属ナノ粒子存在下における S1 -ターチオフエンの構造変化と急速振動緩和過程の観測
3. 学会等名 2020年日本分光学会年次講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平岡千明, 時田司, 高門輝, 岩田耕一
2. 発表標題 ピコ秒時間分解ラマン分光法を用いた三成分系人工脂質二重膜における熱拡散定数の評価
3. 学会等名 2020年日本分光学会年次講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 時田司, 高屋智久, 岩田耕一
2. 発表標題 高感度高安定フーリエ変換限界ピコ秒時間分解ラマン分光法の試み
3. 学会等名 2019年日本分光学会年次講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koichi Iwata
2. 発表標題 Electron Solvation Processes Examined with Femtosecond Time - resolved Near-infrared and Visible Absorption Spectroscopy
3. 学会等名 15th International Conference of Computational Methods in Science and Engineering (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tsukasa Tokita, Tomohisa Takaya, Koichi Iwata
2. 発表標題 Development of highly stable and Fourier transform limited picosecond time-resolved Raman spectrometer
3. 学会等名 Tenth International Conference on Advanced Vibrational Spectroscopy (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 時田 司, 高屋 智久, 岩田 耕一
2. 発表標題 電子励起状態分子の表面増強ラマン分光法の試み
3. 学会等名 第13回分子科学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tsukasa Tokita, Tomohisa Takaya, Koichi Iwata
2. 発表標題 Attempt of surface enhanced Raman spectroscopy for electronically excited molecules
3. 学会等名 2019 Gakushuin-NCTU Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koichi Iwata
2. 発表標題 Perspective of time-resolved spectroscopy in near-infrared for studying loose electrons-polyene excited states, solvated electrons and photoinduced charge carriers
3. 学会等名 The 8th International Conference on Perspectives in Vibrational Spectroscopy (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tsukasa Tokita, Tomohisa Takaya, Koichi Iwata
2. 発表標題 Development of picosecond time-resolved Raman spectrometer with simple optical setup and high stability
3. 学会等名 26th International Conference on Raman Spectroscopy (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tsukasa Tokita, Tomohisa Takaya, Koichi Iwata
2. 発表標題 Development of stable picosecond time-resolved Raman spectrometer with simple optical setup
3. 学会等名 4th NCTU-Gakushuin Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 時田 司, 高屋 智久, 岩田 耕一
2. 発表標題 高安定ピコ秒時間分解ラマン分光計の製作と 過渡分子種の高感度検出の試み
3. 学会等名 第12回分子科学討論会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

岩田研究室ホームページ
<https://www-cc.gakushuin.ac.jp/~20040130/>

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
研究協力者	時田 司 (Tokita Tsukasa)		
研究協力者	高屋 智久 (Takaya Tomohisa)		

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