

令和 6 年 5 月 16 日現在

機関番号：63903

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01895

研究課題名(和文) 先端のコヒーレント振動分光による反応性ポテンシャルエネルギー曲面形状の実験的探究

研究課題名(英文) Investigating the shape of reactive potential energy surfaces using ultrafast coherent vibrational spectroscopy

研究代表者

倉持 光 (Kuramochi, Hikaru)

分子科学研究所・協奏分子システム研究センター・准教授

研究者番号：40709367

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)：紫外・近赤外領域のサブ10フェムト秒パルス光源を新たに構築し、これをベースに励起状態の振動モード間の相関を観る2次元ラマン分光装置、極限的時間分解能を有するポンプ・プローブ分光装置を開発し、その応用を推進した。励起子分裂を起こす典型系であるTIPS-pentaceneの2次元ラマン分光においては、単純な調和振動子に基づいたモデルでは説明できない、励起状態振動モード間のカップリングの存在が示唆されるなど、本研究を通じて電子励起状態に関して従来法では得られない新たな知見を得るための技術的基盤を構築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

電子励起状態における振動モード間のカップリングは、反応が起こるポテンシャルエネルギー曲面の形状を決定づける重要なパラメータであるが、従来の実験手法ではこうした情報を得ることは極めて困難であった。本研究で開発を進めた新しい分光手法によってこうした情報が実験的に得られるようになったことは、大きな学術的意義がある。先端的分光計測法の開発により、化学反応ダイナミクス研究の新しい可能性を開拓した。

研究成果の概要(英文)：We developed a new light source to generate <10 fs pulses in the ultraviolet to near-infrared region. Based on this light source, two-dimensional Raman spectroscopy for observing the couplings between excited-state vibrational modes and a pump-probe spectroscopy with extreme time resolution have been developed. In 2D Raman spectroscopy of TIPS-pentacene, a typical system that shows singlet exciton fission, the obtained data suggested the existence of couplings between the excited-state vibrational modes, which cannot be explained by a simple harmonic oscillator model. The present project succeeded in establishing a technological basis for obtaining new knowledge on electronic excited states that cannot be obtained by conventional methods.

研究分野：物理化学

キーワード：超高速分光 電子励起状態 多次元分光 コヒーレンス 非線形分光 ラマン分光

1. 研究開始当初の背景

反応性ポテンシャルエネルギー曲面の形状に関する研究は、これまで主に理論的アプローチによって先導され、その実験研究は遅れを取ってきた。実際に、反応性電子励起状態における振動モード間のカップリングや反応座標、円錐交差における分子構造などといったポテンシャルエネルギー曲面に関する詳細な情報を引き出すことは、最先端の理論・計算化学的手法をもってすれば可能であるが、こうした情報に実験的に迫った例は気相中の数原子分子系に限られている。特に、膨大な核の動きの自由度を有する凝縮相多原子分子系については、様々な時間分解計測法を用いてその反応ダイナミクスを詳細に研究できるようになったが、実験的に得られるデータをポテンシャルエネルギー曲面の形状の情報に焼き直すことは依然として困難を極める。この様に、凝縮相多原子分子の反応性電子励起状態のポテンシャルエネルギー曲面形状に関する実験的探究はほとんど未開拓の状態にあった。その反応を律する複雑なポテンシャルエネルギー曲面の形状や反応座標、円錐交差を形成する核座標を実験的に明らかにすることは、基礎科学的な観点から重要なだけでなく、反応経路のデザインによる新しい材料開発に指針を与え、さらに得られる知見をもとにすれば位相・波形制御した光により分子を特定の振動座標方向に励振することで化学反応・分子機能を制御することも可能であることから、応用の観点からも大きな学術的意義を持つ。

2. 研究の目的

本研究では、振動コヒーレンスの観測に基づいた先端的な超高速分光法を開発・駆使することで、反応性励起状態ポテンシャルエネルギー曲面の形状を決定づける振動モード間の非調和カップリングや反応を誘起・促進する振動モード、そして反応や電子状態間の遷移において重要な役割を果たす円錐交差を形成する振動モードを実験的に解明することを目的とした。特に、理論計算と定量的に比較可能な実験データを得ることで、凝縮相多原子分子の反応性ポテンシャルエネルギー曲面、そして化学反応ダイナミクスを理解する新しい知的基盤を創り出すことを目指した。

3. 研究の方法

3つの極短パルスを用いる励起状態選択的な2次元ラマン分光による振動モード間の非調和カップリングおよび反応を誘起・促進する振動モードの解明、さらに極限的な時間分解能で行うポンプ-プローブ分光による円錐交差を形成する振動モードの解明を本研究の骨子とした。これら2つの相補的な実験手法から得られる知見を元に、反応性ポテンシャルエネルギー曲面形状の実験的理解の深化に取り組んだ。

4. 研究成果

【紫外～近赤外領域での極短パルス光発生】

励起状態選択的な2次元ラマン分光では、分子を光励起とともに電子励起状態において励振するための反応開始光と、電子励起状態または反応生成物をインパルス誘導ラマン遷移により励振・検出するためのラマン励起光・プローブ光の3つの極短パルスが必要である。反応開始光は分子の基底状態の電子遷移に、ラマン励起光・プローブ光は励起状態または反応生成物の電子遷移に共鳴し、また全てのパルスは分子の全てのラマン振動を励振するためにその時間幅が10 fs以下であることが求められる。そこで、われわれは広帯域で独立して波長可変な極短パルス光源の開発に取り組んだ。図1aに光源の概略図を示す。Yb:KGW レーザー再生増幅器をベースとして、自己位相変調 (SPM) や非同軸光パラメトリック増幅 (Noncollinear OPA) など、様々な非線形光学過程を用いることで、紫外～近赤外領域 (300 - 1300 nm) において波長可変な広帯域光を発生させた (図1b)。出力の分散はチャープミラー対とパルス整形器を用いることで補償し、上記の全ての波長領域においてサブ10 fsパルス光を発生させることに成功した (図1c)。

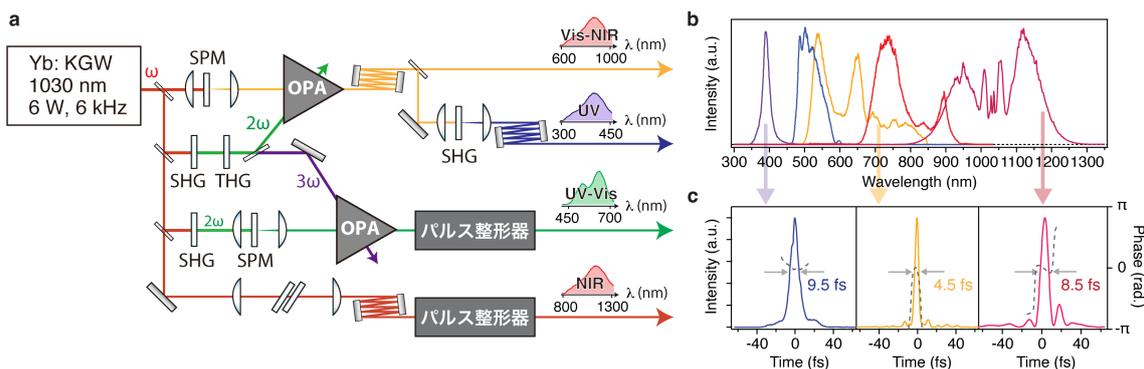


図1 (a) 紫外～近赤外領域での極短パルス光発生の概略図。 (b) 出力の典型的なスペクトル。 (c) 出力の典型的な強度および位相波形。

【高速掃引型 2 次元ラマン分光装置の開発】

2次元ラマン分光では3つのパルス間の遅延時間 ΔT , τ をそれぞれ独立にステップ掃引しながら、ラマン励起光によって誘起される吸光度変化を測定する。そして、得られる2つの時間軸を持ったデータを2次元フーリエ変換することで2次元ラマンスペクトルを得る。この測定において、十分な波数分解能と広い周波数帯域を持った2次元ラマンスペクトルを得るには、 ΔT , τ をそれぞれ >100 点ずつ、合計 >10000 点以上の遅延時間において吸光度変化を測定する必要がある。一方で、遅延時間の掃引に用いるリニアステージは指定した位置に到達するのにおよそ 100 ミリ秒を要し、この間信号取得を行うことはできないため、測定時間に占めるデッドタイムの割合が必然的に大きくなってしまふ(図 2a)。そこで、われわれは効率良く信号雑音比の高い2次元ラマンスペクトルを得るべく、リニアステージを連続的に掃引しながらその間絶えず信号取得を行い、さらに信号を得た時点におけるリニアステージの位置をリアルタイムで取得する、高速掃引型2次元ラマン分光装置を新たに開発した。これにより、測定のデッドタイムをほぼゼロとした(図 2b)。実際にラマン励起光・プローブ光 (7.6 fs, 650-900 nm) のみを用い、高速掃引とステップ掃引で、それぞれ同じ測定時間で取得した時間領域ラマン信号の比較を図 3 に示す。高速掃引型測定における信号雑音比はステップ掃引型のおよそ1.7倍であり、高速掃引による顕著な信号雑音比の改善が確認された。この結果は、高速掃引ではステップ掃引のわずか3分の1の測定時間で同じ信号雑音比が得られることを示している。このように、遅延時間の高速掃引に基づき、効率良く高い信号雑音比で2次元ラマンスペクトル測定を行うための基盤技術の開発に成功した。

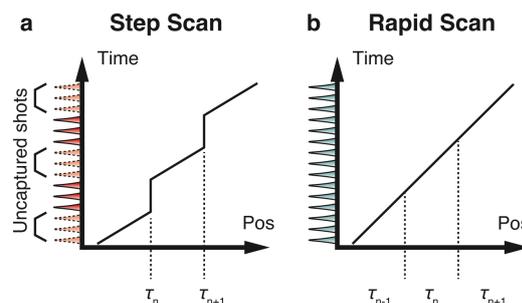


図 2. ステップ掃引型測定 (a) と高速掃引型測定 (b) の概念図。ステップ掃引型測定ではある位置 (遅延時間) においてステージを静止させ測定を行うのに対し、高速掃引型測定ではステージを連続的に掃引しながら測定を行う。

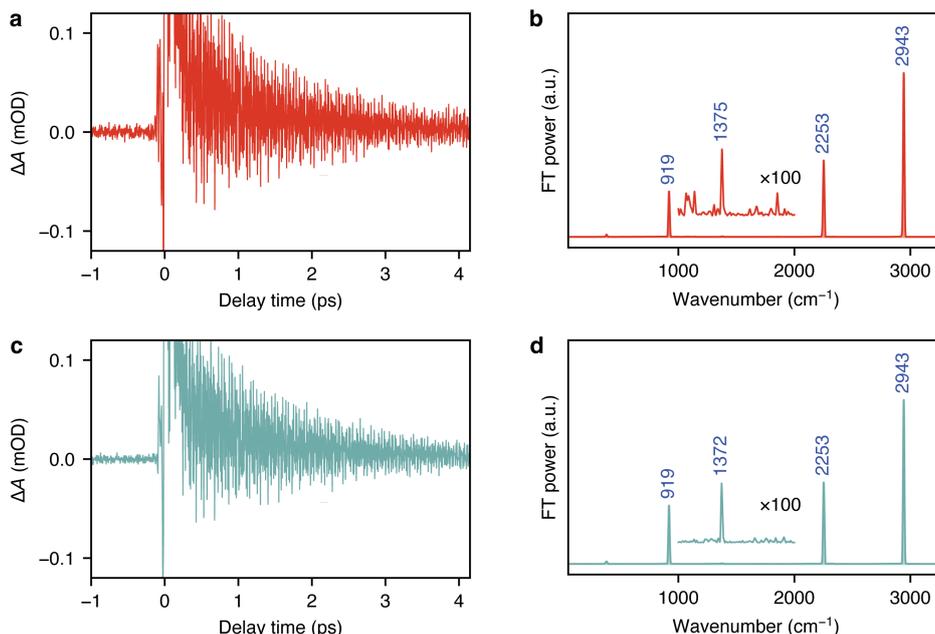


図 3 同じ測定時間で、ステップ掃引型(a)と高速掃引型(c)の測定で得られたアセトニトリルの非共鳴時間領域ラマン信号の比較。ノイズレベルは負の遅延時間におけるバックグラウンド信号からそれぞれ $3.5 \mu\text{OD}$ (ステップ掃引), $2.1 \mu\text{OD}$ (高速掃引) と見積もられた (いずれも rms)。ステップ掃引測定(b)と高速掃引測定(d)で得られたアセトニトリルの非共鳴 ISRS 信号のフーリエ変換パワースペクトル。

【TIPS-pentacene の励起状態選択的 2 次元ラマン分光】

新たに構築した高速掃引型 2 次元ラマン分光の原理検証実験として、TIPS-pentacene の 2 次元ラマン分光に取り組んだ。TIPS-pentacene は光電変換における Shockley-Queisser 限界を超える可能性をもたらす励起子増幅過程として注目される“一重項励起子分裂”を示す典型分子である。近年、この一重項励起子分裂過程に関して、励起状態における振動-振動、電子-振動間のカップリングの重要性が示唆されているが、これらを実験的に解明することは非常に困難であった。われわれは、2次元ラマン分光における検出光の波長を励起一重項状態 (S_1)、または励起子分裂によって生じる三重項状態 ($^1(\text{TT})$) の電子遷移に共鳴させることによって、振動-振動、電子-振動間

のカップリングを2次元ラマンスペクトル上のクロスピークの観測を通じて可視化できることに着目した. 本研究ではまず, TIPS-pentacene 励起状態における振動-振動相関の基礎的な情報を得るべく, 希薄溶液に対して測定を行った. 7 fs 反応開始光 (500 - 700 nm), 9 fs ラマン励起光・プローブ光 (700 - 900 nm) を用いて得られた TIPS-pentacene クロロホルム溶液の励起状態 2 次元ラマンスペクトルを図 4 に示す. データは 0 - 2000 cm^{-1} の広い周波数窓において, 励起状態の振動モード間の相関を強く示唆する多くのクロスピークを明瞭に捉えている. これらクロスピークは, その強度パターンなど, 以前報告された励起状態 2 次元ラマン分光の単純な理論では再現できない, 多くの特異的な特徴を見せている. われわれは, 今回得られたデータをもとに, 励起状態選択的 2 次元ラマン分光から得られる情報を精査するべく, その理論的解釈を進めている. また, 励起子分裂過程を律する振動-振動, 電子-振動間のカップリングを解明すべく, 実際に励起子分裂を示す TIPS-pentacene 薄膜に対する 2 次元ラマン分光を開始した.

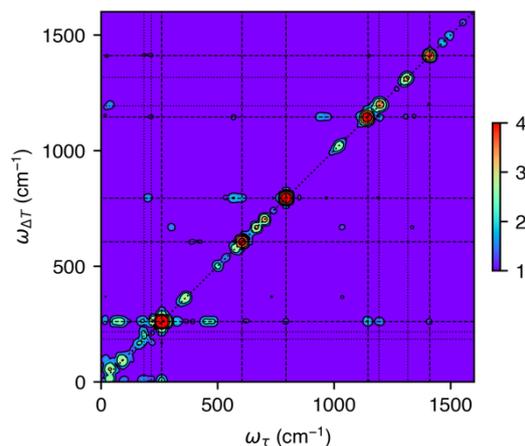


図 4 TIPS-pentacene S_1 状態の 2 次元ラマンスペクトル.

【10 fs 時間分解吸収分光による電子状態間遷移を生き残る振動コヒーレンスの起源の解明】

近年, 視覚の初期過程をはじめとする超高速光化学過程が, その前後で特定の分子振動の位相が保たれるコヒーレントな過程であることが示唆されている. 特に, 円錐交差に関わる特定の振動モードが電子状態間遷移を生き残ると提案され大きな注目を集めているが, その真偽は明らかではない. われわれは, 一重項励起子分裂過程に着目し, その実験的検証に取り組んだ. 新たに 500 - 1700 nm をプローブ波長領域とする超広帯域 10 fs 時間分解吸収分光装置を構築し, TIPS-pentacene 薄膜に対して測定を行ったところ, およそ 80 fs で起こる一重項励起子分裂, さらに $^1(\text{TT})$ に由来すると考えられる振動コヒーレンスが観測され, 一重項励起子分裂過程が振動コヒーレントな過程であることが示唆された. しかし一方で, S_1 状態と $^1(\text{TT})$ 状態の励起状態吸収が大きく重なっていることが明らかとなり, 観測された振動コヒーレンスを単純に $^1(\text{TT})$ 状態に帰属することは困難であることが分かった. 観測されたコヒーレンスの起源をより詳細に検証すべく, $^1(\text{TT})$ 状態生成過程を振動選択的に追跡する, 10 fs 時間分解ラマン分光測定を進めている.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Hikaru Kuramochi, Takuro Tsutsumi, Kenichiro Saita, Zhengrong Wei, Masahisa Osawa, Pardeep Kumar, Li Liu, Satoshi Takeuchi, Tetsuya Taketsugu, Tahei Tahara	4. 巻 16
2. 論文標題 Ultrafast Raman observation of the perpendicular intermediate phantom state of stilbene photoisomerization	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Nature Chemistry	6. 最初と最後の頁 22 ~ 27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41557-023-01397-6	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 Ryo Kimura, Yusuke Yoneda, Hikaru Kuramochi, Shohei Saito	4. 巻 22
2. 論文標題 Environment-sensitive fluorescence of COT-fused perylene bisimide based on symmetry-breaking charge separation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Photochemical & Photobiological Sciences	6. 最初と最後の頁 2541 ~ 2552
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s43630-023-00468-4	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 Yusuke Yoneda, Hikaru Kuramochi	4. 巻 127
2. 論文標題 Rapid-Scan Resonant Two-Dimensional Impulsive Stimulated Raman Spectroscopy of Excited States	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry A	6. 最初と最後の頁 5276 ~ 5286
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpca.3c02489	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 Daisuke Yoshioka, Yusuke Yoneda, I-Ya Chang, Hikaru Kuramochi, Kim Hyeon-Deuk, Yoichi Kobayashi	4. 巻 17
2. 論文標題 Quasi-Reversible Photoinduced Displacement of Aromatic Ligands from Semiconductor Nanocrystals	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACS Nano	6. 最初と最後の頁 11309 ~ 11317
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnano.2c12578	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 Kumar Pardeep, Kuramochi Hikaru, Takeuchi Satoshi, Tahara Tahei	4. 巻 14
2. 論文標題 Photoexcited Plasmon-Driven Ultrafast Dynamics of the Adsorbate Probed by Femtosecond Time-Resolved Surface-Enhanced Time-Domain Raman Spectroscopy	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 2845 ~ 2853
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcllett.2c03813	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 Iwamura Munetaka, Urayama Rina, Fukui Airi, Nozaki Koichi, Liu Li, Kuramochi Hikaru, Takeuchi Satoshi, Tahara Tahei	4. 巻 25
2. 論文標題 Spectroscopic mapping of the gold complex oligomers (dimer, trimer, tetramer, and pentamer) by excited-state coherent nuclear wavepacket motion in aqueous solutions	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 966 ~ 974
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2CP04823J	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 倉持 光、田原 太平	4. 巻 53
2. 論文標題 フェムト秒時間分解時間領域ラマン分光で観る光化学反応の超高速構造ダイナミクス	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 光化学	6. 最初と最後の頁 132 ~ 137
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Kumar Pardeep, Fron Eduard, Hosoi Haruko, Kuramochi Hikaru, Takeuchi Satoshi, Mizuno Hideaki, Tahara Tahei	4. 巻 12
2. 論文標題 Excited-State Proton Transfer Dynamics in LSSmOrange Studied by Time-Resolved Impulsive Stimulated Raman Spectroscopy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 7466 ~ 7473
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcllett.1c01653	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

1. 著者名 Kuramochi Hikaru, Tahara Tahei	4. 巻 143
2. 論文標題 Tracking Ultrafast Structural Dynamics by Time-Domain Raman Spectroscopy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 9699 ~ 9717
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.1c02545	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 Kuramochi Hikaru, Takeuchi Satoshi, Kamikubo Hironari, Kataoka Mikio, Tahara Tahei	4. 巻 125
2. 論文標題 Skeletal Structure of the Chromophore of Photoactive Yellow Protein in the Excited State Investigated by Ultraviolet Femtosecond Stimulated Raman Spectroscopy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry B	6. 最初と最後の頁 6154 ~ 6161
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.1c02828	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 Kuramochi Hikaru	4. 巻 15
2. 論文標題 Femtosecond Structural Dynamics of Complex Molecular Systems Studied by Time-Domain Raman Spectroscopy Using Few-Cycle Pulses	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Molecular Science	6. 最初と最後の頁 A0117 ~ A0117
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3175/molsci.15.A0117	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 倉持光、竹内佐年、岩村宗高、田原太平	4. 巻 51
2. 論文標題 フェムト秒時間分解インパルス誘導ラマン分光による光誘起結合生成ダイナミクスの実時間構造追跡	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 光学	6. 最初と最後の頁 8 ~ 14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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33件(うち招待講演 9件/うち国際学会 8件)

1. 発表者名 江原 巧, 宮田 潔志, 小野 利和, 村中 厚哉, 米田 勇祐, 倉持 光, 恩田 健
2. 発表標題 Al(III)二核三重螺旋錯体の発光機能と励起状態ダイナミクス
3. 学会等名 第34回配位化合物の光化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ryo Kimura, Yusuke Yoneda, Hikaru Kuramochi, Shohei Saito
2. 発表標題 COT-fused Perylene Bisimides: Symmetry Breaking Charge Separation (SB-CS) and Intramolecular Charge Transfer (ICT)
3. 学会等名 2023年光化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松岡 亮太, 米田 勇祐, 倉持 光, 三浦 智明, 生駒 忠昭, 西郷 将生, 江原 巧, 宮田 潔志, 恩田 健, 草本 哲郎
2. 発表標題 安定発光時ラジカルが形成するエキシマー的励起種の電子状態解明
3. 学会等名 2023年光化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 米田 勇祐, 倉持 光
2. 発表標題 高速スキャンによる励起状態共鳴次元ラマン分光法の開発と応用
3. 学会等名 第17回分子科学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 木村 周慈, 江原 巧, 宮田 潔志, 米田 勇祐, 倉持 光, 谷 洋介, 恩田 健
2. 発表標題 チエニルジケトン誘導体における構造変化を伴う超高速項間交差過程
3. 学会等名 第17回分子科学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 米田勇祐, 倉持 光
2. 発表標題 室温・溶液中における単一分子レベルの発光励起分光
3. 学会等名 第17回分子科学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takumi Ehara, Kiyoshi Miyata, Toshikazu Ono, Atsuya Muranaka, Yusuke Yoneda, Hikaru Kuramochi, Ken Onda
2. 発表標題 Excited-state dynamics of D3-symmetric dinuclear triple-stranded helicates using Al(III) ions studied by transient absorption spectroscopy
3. 学会等名 38th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hikaru KURAMOCHI
2. 発表標題 Catching the Phantom State of Photoisomerization
3. 学会等名 The 8th Asian Spectroscopy Conference (ASC2023) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 米田 勇祐, 小西 智暉, 齊藤 尚平, 倉持 光
2. 発表標題 フェムト秒時間分解時間領域ラマン分光による非平衡な励起状態平面化ダイナミクスの観測
3. 学会等名 日本化学会 第104春季年会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 倉持 光
2. 発表標題 数サイクルパルスを用いた複雑分子系の極限時間分解分光
3. 学会等名 自然科学研究機構先端光科学研究分野プロジェクト研究会 「放射光の量子性・干渉性に基づく革新的計測手法の探索」(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Munetaka Iwamura, Koichi Nozaki, Hikaru Kuramochi, Satoshi Takeuchi, Tahei Tahara
2. 発表標題 Nuclear-Wavepacket-Motions of the Metallophilic Oligomers in Solutions
3. 学会等名 The 8th Asian Spectroscopy Conference (ASC2023) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Korenobu Matsuzaki, Hikaru Kuramochi, Tahei Tahara
2. 発表標題 Inhomogeneity of hydrated electrons revealed by transient two-dimensional electronic spectroscopy
3. 学会等名 The 24th East Asian Workshop on Chemical Dynamics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Li Liu, Hikaru Kuramochi, Munetaka Iwamura, Koichi Nozaki, Tahei Tahara
2. 発表標題 Ultrafast dynamics of large [Au(CN) ₂] ⁻ oligomers in the triplet excited state observed by time-domain Raman spectroscopy
3. 学会等名 The 34th CCS Congress (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小林 洋一, 吉岡 大祐, 米田勇祐, 倉持 光, 金 賢得
2. 発表標題 半導体ナノ結晶の表面有機配位子の擬可逆的光脱離過程
3. 学会等名 ナノ学会第20回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Daisuke Yoshioka, Yusuke Yoneda, Yoshinori Okayasu, Yuki Nagai, Hikaru Kuramochi, Hyeom-Deuk Kim, Yoichi Kobayashi
2. 発表標題 Quasi-reversible photoelimination of organic ligands on semiconductor nanocrystals
3. 学会等名 2022年光化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩村 宗高, 野崎 浩一, Li Liu, 倉持 光, 竹内 佐年, 田原 太平
2. 発表標題 フェムト秒過渡吸収で観測されるジシアノ金会合体の核波束運動と水溶液の濃度依存性
3. 学会等名 第16回分子科学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松崎 維信, 倉持 光, 田原 太平
2. 発表標題 サブ10フェムト秒パルスを用いた過渡2次元電子分光法による水和電子の不均一性の観測
3. 学会等名 第16回分子科学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Li Liu, Hikaru Kuramochi, Munetaka Iwamura, Koichi Nozaki, Tahei Tahara
2. 発表標題 Ultrafast structural changes of large [Au(CN) ₂] ⁻ oligomers in triplet excited state observed by femtosecond time-resolved impulsive stimulated Raman spectroscopy
3. 学会等名 第16回分子科学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉岡 大祐, 米田 勇祐, 倉持 光, 金 賢得, 小林 洋一
2. 発表標題 ZnSナノ結晶の表面有機配位子の擬可逆的光脱離過程の解明
3. 学会等名 第16回分子科学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉岡 大祐, 米田 勇祐, I-Ya Chang, 倉持 光, 金 賢得, 小林 洋一
2. 発表標題 コロイドZnSナノ結晶に配位したペリレンビスイミド誘導体の疑可逆的な光脱離
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 松岡 亮太, 米田 勇祐, 倉持 光, 三浦 智明, 生駒 忠昭, 西郷 将生, 江原 巧, 宮田 潔志, 恩田 健, 草本 哲郎
2. 発表標題 発光性ジラジカルが形成するエキシマー的励起種の電子状態解明
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 木村 周慈, 江原 巧, 宮田 潔志, 米田 勇祐, 倉持 光, 谷 洋介, 恩田 健
2. 発表標題 チエニルジケトン誘導体の光励起に伴う配座ダイナミクスと高速項間交差
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 江原 巧, 宮田 潔志, 小野 利和, 村中 厚哉, 米田 勇祐, 倉持 光, 恩田 健
2. 発表標題 Al(III)二核三重螺旋錯体のJahn-Teller歪みを伴う発光機構の解明
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 岩村宗高, 浦山里奈, 福井愛理, 野崎浩一, Li Liu, 倉持 光, 竹内佐年, 田原太平
2. 発表標題 水溶液中におけるジシアノ金(I)錯体の励起5量体から5量体の時間分解吸収・発光および振動スペクトル
3. 学会等名 第33回配位化合物の光化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tsukasa Takanashi, Honoka Watanabe, Munetaka Iwamura, Koichi Nozaki, Yukatsu Shichibu, Katsuaki Konishi, Hikaru Kuramochi, Tahei Tahara
2. 発表標題 Ultrafast Excited-state Dynamics in Au Hexa-core Clusters Observed by Femtosecond Time-resolved Absorption Spectroscopy
3. 学会等名 the 24th International Symposium on the Photochemistry and Photophysics of Coordination Compounds (ISPPCC) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Munetaka Iwamura, Honoka Watanabe, Koichi Nozaki, Tsukasa Takanashi, Hikaru Kuramochi, Tahei Tahara
2. 発表標題 Ultrafast Dynamics of Platinum(II) Complex Oligomers
3. 学会等名 the 24th International Symposium on the Photochemistry and Photophysics of Coordination Compounds (ISPPCC) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hikaru Kuramochi
2. 発表標題 Mapping multi-dimensional excited-state dynamics using nonlinear electronic and vibrational spectroscopy
3. 学会等名 ACS Publications Summit: The Journal of Physical Chemistry Letters (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 倉持光
2. 発表標題 数サイクルパルスを用いた極限分光計測による複雑分子系のフェムト秒構造化学研究
3. 学会等名 第15回 分子科学討論会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高梨司、渡邊ほのか、岩村宗高、野崎浩一、七分勇勝、小西克明、倉持光、田原太平
2. 発表標題 フェムト秒時間分解吸収分光による金六核クラスターにおける超高速励起状態ダイナミクスの観測
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 Li Liu, Hikaru Kuramochi, Munetaka Iwamura, Koichi Nozaki, Tahei Tahara
2. 発表標題 Vibration of large K[Au(CN) ₂] oligomers (tetramer and pentamer) in the excited triplet state observed by time-resolved impulsive stimulated Raman spectroscopy
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 Tomoaki Konishi, Yuri Saida, Wataru Yajima, Ryo Shikata, Masaki Hada, Yuushi Shimoda, Kiyoshi Miyata, Yusuke Yoneda, Hikaru Kuramochi, Yumi Nakaike, Mitsuo Hara, Ryuma Sato, Takuya Yamakado, Ryota Kotani, Shohei Saito
2. 発表標題 Real-time control of liquid crystalline adhesive by turning ultraviolet light on and off
3. 学会等名 2021年 光化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 倉持光
2. 発表標題 数サイクルパルスで観る機能性複雑分子の超高速電子・構造ダイナミクス
3. 学会等名 M&BE研究会「時代を切り拓く有機分子・バイオエレクトロニクス」(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hikaru Kuramochi
2. 発表標題 Mapping Structural Dynamics in Photochemistry with Ultrafast Nonlinear Spectroscopy
3. 学会等名 日本化学会 第102春季年会 Asian International Symposium - Photochemistry - (招待講演)
4. 発表年 2022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
---------------------------	-----------------------	----

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