

令和 3 年 6 月 23 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2015～2019

課題番号：15H05753

研究課題名(和文)液体の超高速光電子分光による溶液化学反応の研究

研究課題名(英文)Ultrafast photoelectron spectroscopy of solution chemistry

研究代表者

鈴木 俊法 (Suzuki, Toshinori)

京都大学・理学研究科・教授

研究者番号：10192618

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 151,300,000円

研究成果の概要(和文)：純液体や溶液内部に起こる高速な電子過程や非断熱化学反応を、液面から放出される光電子の運動エネルギー分布の変化を通じてリアルタイムに追跡する方法論を確立した。極端紫外光を用いることで非弾性散乱の影響を抑制し、溶媒和電子の励起状態から基底状態への内部転換、基底状態の電子束縛エネルギー、溶媒和時間をリアルタイムに追跡し、さらに気液界面近傍の有機分子やイオンの光化学反応の研究を開拓した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

化学反応に関与する電子運動を観測する超高速光電子分光は、過去に溶液化学の研究には用いられていなかった。本研究では、放射光施設でなければ得られなかった極端紫外光をテーブルトップレーザーで発生し、液体ジェットに照射することで、溶液反応を光励起直後の状態から生成物まで完全に観測することを可能にした。溶液化学・生命科学・界面化学・環境化学などの研究に大きな発展をもたらす新規方法論を確立した。

研究成果の概要(英文)：Ultrafast electron dynamics and non-adiabatic chemical reactions in pure liquids and solutions were traced in real time through changes in the kinetic energy and angular distributions of photoelectrons emitted through the liquid surface. For this purpose, we pioneered ultrafast photoemission spectroscopy, especially using extreme ultraviolet ultrashort pulses generated by high-order harmonic generation. We have succeeded in measuring the ground-state electron binding energy and the solvation time of solvated electrons in water, methanol, and ethanol, and tracking the internal conversion of solvated electrons from their excited state to the ground state in real time. We have also extended our research to the studies of photochemical reactions of various organic molecules and ions near the gas-liquid interface. The ultrafast extreme ultraviolet photoelectron spectroscopy was also applied to the fundamental gas-phase reactions such as the electrocyclic ring-opening reactions.

研究分野：物理化学

キーワード：超高速分光 光電子分光 水溶液 溶媒和電子 極端紫外 フェムト秒

## 1. 研究開始当初の背景

20世紀初頭の量子力学の建設以来、量子力学や統計力学が分子の諸問題に応用され、分子の構造・反応・物性の理解が格段に深まった。例えば、基底電子状態における分子構造はもとより、小分子の気相反応に関しては理論計算による定量的予測が可能になりつつある。しかし、構造的乱れの激しい溶液中での化学反応は問題が遙かに複雑であり、21世紀となった今日においても、その解明は多くの難問に阻まれている。溶液の化学反応を理解するためには溶質と溶媒が一体となったダイナミクスの理解が必要であるが、溶液全体を量子力学的に取り扱う計算は困難である。一方で、量子力学と古典力学を組み合わせた近似計算も未だ黎明期にある。このような状況の中で、溶液化学の分子論的理解を深めるためには、電子状態と動的な変化を明らかにする新しい実験研究が必要である。

溶液化学における聖杯は「水溶液の解明」と言って良いであろう。水は生命に不可欠であり、自然界で最も重要な溶媒である。加えて、水は水素結合に基づく特異な物性を持つ液体であり、基礎科学的な観点からも最も挑戦的な課題だからである。水溶液の化学反応では、溶質が極性分子である水から強い静電相互作用を受けることはもちろんのこと、水素結合による水和殻の秩序構造形成、溶質の電子の水和殻への非局在化、溶質-水和殻間の電子・プロトン移動反応等が起こる。このような多彩な相互作用は、溶媒を誘電体に近似するような粗いモデルでは全く記述できない。水溶液の本質的な問題を理解するために、溶液の電子状態ダイナミクスを実験的に解明する革新的な実験手段が必要である。

## 2. 研究の目的

溶液の電子状態ダイナミクスを研究する新手法として、代表者が開発した「溶液の超高速光電子分光」を強力に推進し、溶液化学の新しい研究分野を開拓する。光電子分光を用いれば、過渡的な分子種や物質の電子エネルギー(eBE)を、与えた光のエネルギー(hv)と放出される光電子の運動エネルギー(eKE)の差( $eBE = hv - eKE$ )として直接観測することができ、いわば電気化学的な測定を超高速に実現できる。申請者は1999年のJST さきがけ研究以来、液体の超高速光電子分光に粘り強く挑戦し、2010年に直径25ミクロンの液体ジェットを真空中に導入し、フェムト秒紫外レーザー光を照射して電子状態の時間発展を観測する、液体の超高速紫外光電子分光に成功した。その後、本基盤研究を開始するまでの4年間に、液体の超高速光電子分光に最適な実験装置の開発、光電子分光の観測深さの解明、液体の流動帯電の解明、時間・角度分解分光法の開発などを急ピッチに進め、技術的基礎を固めてきた。本基盤研究(S)では、革新的な実験技術、すなわち短波長極短パルスレーザーを導入することによって、我が国がリードする研究を飛躍的に発展させることを目指した。分子のイオン化エネルギーを超える光子エネルギーを用いれば、溶液化学に関わるあらゆる状態を観測することが可能になり、高速な電子状態変化、酸化還元反応、電子移動反応等を、電子エネルギーの直接測定によって追跡することができる。これは、過去に行われてきた溶液の研究にはない画期的なものである。

## 3. 研究の方法

液体試料は内径25ミクロンの溶融石英キャピラリーから真空中に液体流として射出し、紫外光で光励起して光化学反応を開始し、遅延時間をおいた極端紫外光でイオン化し、液面から放出される光電子のエネルギー分布を磁気ボトル飛行時間型電子エネルギー分析器で測定した(図1(A))。光源はチタンサファイアレーザーである。本研究費で、高出力Qスイッチレーザーを購入し既存の1kHz再生増幅器を高出力化して実験に用いると共に、本研究に最も適した光源として10kHzのone boxチタンサファイア再生増幅器を新たに導入して光源構築を行った。研究採択時には、四光波混合による真空紫外レーザー(光子エネルギー9.3 eV)の利用を考えていたが、採択後に研究計画を変更し、高次高調波発生を用いた極端紫外極短パルスレーザーの開発を取り入れることにした。この計画変更により、当初計画していた放射光施設を用いた軟X線光電子分光は不要となり、実験室における極端紫外光を用いた実験で代替できるようになった。高次高調波の導入は、様々な意味で大きな研究の発展に繋がった。

## 4. 研究成果

<光源開発> 申請時に計画していたフィラメンテーション四光波混合による波長133 nm (光子

エネルギー 9.3 eV)の光源開発に加えて、採択後に高次高調波発生による光子エネルギー20 eV以上の新規光源開発を行うことを決定した。その理由は、液体の光電子分光において避けられない電子の非弾性散乱を抑制することにある。光電子分光の観測深さは数ナノメートルであるが、この距離の間に光電子は液体内部で溶媒分子(水など)と衝突しエネルギーを失う可能性がある。非弾性散乱の影響が大きければ光電子分光が与える情報は大きく損なわれる。我々は2016年に紫外光を用いた液体の超高速光電子分光を行い、非弾性散乱の影響をいち早く確認した。その解決策を検討した結果、より短波長の光源を用いるのが最適と判断した。なぜなら、電子の弾性散乱および振動非弾性散乱の断面積は電子の運動エネルギーの増大と共に急激に減少するからである。高エネルギー側まで電子の非弾性散乱の影響は残るが、電子的非弾性散乱における電子のエネルギー損失量は数 eV 単位になるため、非弾性散乱された電子は大きくエネルギーを失い、散乱されていない電子と分離することは容易である。

一方、高次高調波発生では多数の波長の極端紫外光が同時発生するため、そのままでは光電子分光に利用できない。単一次数(波長)の高調波を分光することが必須である。我々は、種々の手法を試した結果、高次高調波発生に一般的に良く用いられる 800 nm の励起光(driver laser)ではなく 400 nm の励起光を用いることにした。こうすることで、発生する高調波のエネルギー間隔が 6.2 eV になり波長分離性が良くなるからである。波長分離装置として当初は NTT-AT が製作した多層膜鏡を用いたが、これらの鏡では大気への暴露による鏡の劣化や鏡自体の特性である波長選択性が不十分である点が問題となった。そこで、多層膜鏡の利用をやめ off-axis mount の回折格子を用いた分光器を製作した。多層膜鏡では特定の高調波しか反射できないが、回折格子分光器によって異なる光子エネルギーの極端紫外光を自由に選択できるようになったことは大きな利点であった。極端紫外光が実験室で得られるようになったため、申請時に計画していた放射光施設における軟 X 線光電子分光を行う必要が無くなったことは、他のメリットとなった。高次高調波発生と回折格子分光器による光源が十分な光量を与えるかなど不明の点は多々あったが、いち早く 1 kHz の光源を構築したことで性能が確かめられ、本研究の主要装置となる繰り返し周波数 10 kHz の one box チタンサファイアレーザーを導入した。パルスエネルギーは 0.7 mJ で、光パラメトリック増幅器による紫外光発生と高次高調波発生による極端紫外光発生を行った。10 kHz 光源は、液体の光電子分光で問題となりやすい空間電荷効果(電子同士のクーロン反発)を避けるために有効に作用した。

〈溶媒和と電子の研究〉 溶液の光電子分光における特筆すべき成果の一つは、溶媒和電子の光電子スペクトルを初めて正確に測定したことである(図 1(B), (C), (D), (E))。溶媒和電子は電子が極性溶媒中の溶媒分子に取り囲まれた化学種であり、長年、放射線化学の研究対象とされてきた。極端紫外光を用いることで非弾性散乱の影響を完全に除去し、Gauss 形状の極めて明瞭なスペクトルを観測することに成功した。

理論研究者との共同研究も進めた。例えば、溶液中の電子分布を密度汎関数法(Car-Parrinello 法)によって計算するチューリヒ大学の理論グループと共同し、メタノール中の溶媒和電子の挙動を明らかにした。放射線化学の実験では、He 温度の極低温メタノールガラスを放射線でイオン化するとメチル基による電子の溶媒和が起こり、液体窒素温度まで温度上昇させると溶媒配向が変化して OH 基による溶媒和が起こると推定されていた。我々は室温のメタノールに対する超高速光電子分光で電子の溶媒和過程を観測し、浅いトラップから深いトラップにピコ秒で構造転移する様子を明らかにした(図 2)。これを液体の量子力学的計算で解析した結果、配向するメタノールの個数によって溶媒和電子のエネルギーがほぼ線形に安定化されることが確認された。パルス電子線と過渡吸収分光で行われてきた従来の放射線化学研究では、高速に起こる電子のダイナミクスや溶媒和動力学をリアルタイムに観測することはできなかった。我々の研究は新しい研究の突破口を拓いたものと言える。

以上のような溶媒和電子の基底状態におけるエネルギーや緩和過程の研究に加えて、電子励起状態からの内部転換についても研究を行った(図 3)。水と電子の生成+励起+観測という 3 パルスを用いた超高速光電子分光と光電子角度分布の測定を組み合わせた高度な実験に世界で初めて成功し、水、メタノール、エタノール中の溶媒和電子の励起状態の寿命を決定した。特に水の場合、その寿命がわずか 50 フェムト秒(fs)であって現在の如何なる理論計算の予測よりも短いことを明確にした。この成果は、従来の過渡吸収分光や水と電子の理論モデルの再検討を促す結果となっている。

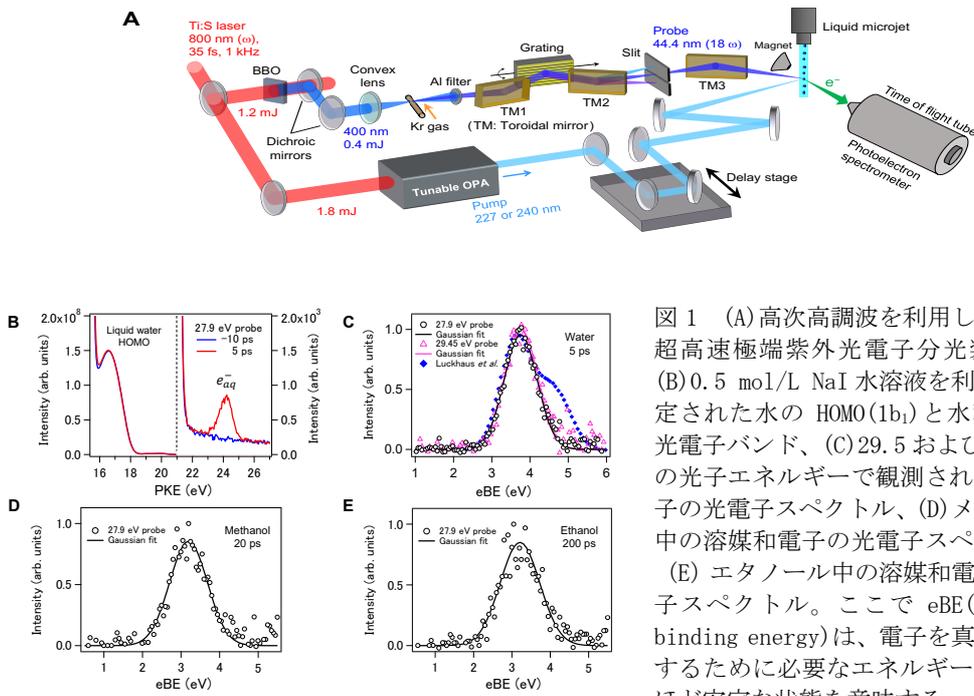


図1 (A) 高次高調波を利用した液体の超高速極端紫外光電子分光装置図、(B) 0.5 mol/L NaI 水溶液を利用して測定された水の HOMO(1b<sub>1</sub>) と水和電子の光電子バンド、(C) 29.5 および 27.9 eV の光子エネルギーで観測された水和電子の光電子スペクトル、(D) メタノール中の溶媒和電子の光電子スペクトル、(E) エタノール中の溶媒和電子の光電子スペクトル。ここで eBE (electron binding energy) は、電子を真空に放出するために必要なエネルギーで大きいほど安定な状態を意味する。

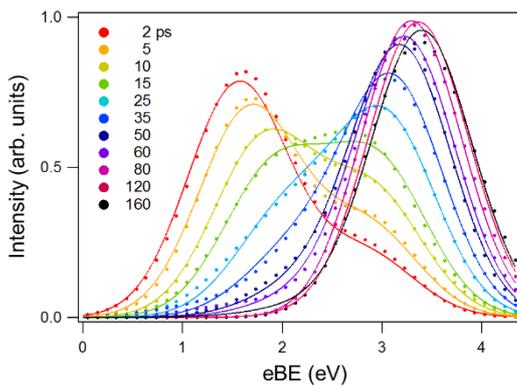


図2 液体メタノールの光イオン化によって発生した溶媒和電子の光電子スペクトルの時間発展。徐々に安定な状態に溶媒和している。

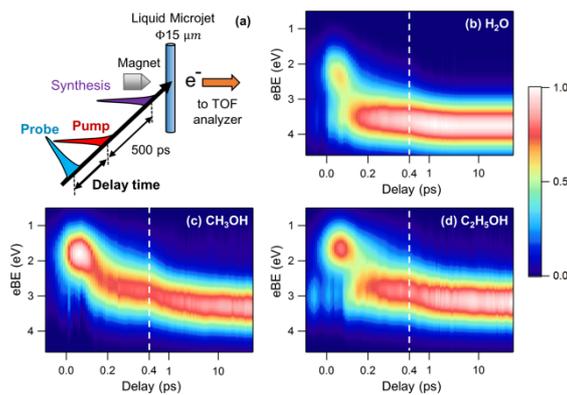


図3 3パルスによる溶媒和電子の内部転換の測定: (a) 実験配置、(b) 水、(c) メタノール、(d) エタノール

〈Spectral Retrieval 法の開発〉 光子エネルギーが低い場合、電子非弾性散乱の効果で液体の光電子スペクトルが影響される。それが極端紫外光を必要とした理由であることは既に述べた。一方、非弾性散乱の影響を受けた光電子分光スペクトルを先鋭なスペクトルに回復することはできないか。本研究では、その方法 (spectral retrieval 法) を開発することに成功した。この方法では、液体の伝導帯にあらかじめ既知の運動エネルギー分布を持つ電子を発生し、この分布が非弾性散乱によって影響される様子を実験的に測定した。これに基づいて、非弾性散乱を線形変換としてパラメータ化し、観測データに逆変換をかけて元の分布を再現することに成功した。

〈気相孤立分子の光化学と非断熱ダイナミクス〉 孤立分子の超高速光電子分光では、代表者らの 9.3 eV の真空紫外光を用いた時間分解能 25-30fs の実験が世界的に最先端の実験研究の一つであったが、今回の高次高調波光源の開発によって観測できるエネルギー範囲が大きく拡大された。気体孤立分子の光化学反応の研究は、溶液反応における溶媒効果をより明確にすることにも繋がるため、気体と液体の研究を並行して行うことには意義がある。気相反応の代表例の一つは、1, 3-シクロヘキサジエン (CHD) の開環反応である。この反応は、ノーベル化学賞の対象となった Woodward-Hoffmann 則に従う反応であり、太陽光の下でのビタミン D の生合成に関係する。一方、CHD の電子励起状態はヘキサトリエンの基底電子状態に相関しないため、反応が非断熱遷移を要することは余り広く知られていない。我々は紫外光パルスで 1, 3-シクロヘキサジエンを光励起し、1, 3, 5-ヘキサトリエンへの開環反応を極端紫外光電子分光で追跡した。特に、世界で初めてフィラメンテーション四光波混合で発生した極短紫外光と高次高調波発生による極短極端紫外光を組み合わせ、48 fs という極めて短い交差相関時間を実現し、10 fs 程度の動力学を追跡することに成功している。実験の結果、光励起によって生成する一電子励起状態が約 30 fs 後に二電子励起状態に変化し、70 fs 以内に C-C 結合が開裂してヘキサトリエンが生成する様子が極めて明瞭に観測された。生成したヘキサトリエンは振動量子ビートを明瞭に示した。この最新の実験結果を解析するため、Cardiff 大学の Knowles 教授らが行った XMS-CASPT2 (extended multi-state complete active space second order perturbation theory) レベルのポテンシャルエネルギー曲面上の古典軌跡計算に、Würzburg 大学の Mitric 教授らが XMS-CASPT2 レベルの光イオン化動力学計算を組み合わせ、我々の実験結果を再現することができた。この成果は、現時点における最も精密な実験と理論計算を比較したものとなっている。

〈液膜発生デバイスの開発〉 液体の光電子分光は直径 25 ミクロンの液体流を対象として行ってきたが、高次高調波発生によって得られる極端紫外光の集光径は 100 ミクロン程度であるため、光を有効に生かせない問題があった。また、狭い時空間内に多数の光電子を発生すると、それらの間の空間電荷効果 (クーロン反発) によって電子の運動エネルギースペクトルが変形するため、大きな試料面積の方が望ましい。そこで、当初の予定には無かったが、2 本の液体流を真空中で衝突させて液膜を発生させる手法の開発に挑戦した。その結果、2 本の液体噴射ノズルを一つのマイクロチップに実装することで長時間安定した液膜を得ることに成功した。図 4 のように、幅 0.5 mm、長さ 1.5 mm の液膜が発生できている。デバイスが完成したのは研究期間終了間際であったが、今後の実験に大きな可能性を拓く画期的な成果が得られた。



〈界面化学への展開〉 先に述べたように、数ナノメートルの観測深さを持つ光電子分光では、溶質が溶媒に十分分散されている場合には溶媒和された溶質のスペクトルを与え、疎水性分子や分極率の大きなイオンでは気液界面の電子状態や反応が観測できる。本研究では、アニリン分子や TBAI (tetrabutylammonium iodide) を例として研究した。アニリン分子について観測される光電子強度をバルク液体の濃度の関数として測定すると、濃度と共に光電子強度が飽和し表面張力測定で評価されるアニリン分子の表面濃度と良く一致することが確認された。TBAI の場合には、比較的低濃度から溶質が気液界面に凝集し、I<sup>-</sup> から光励起で脱離した電子が気液界面の TBA<sup>+</sup> イオン近傍にトラップされ、バルク水溶液中の水和電子の電子エネルギーとは異なるダイナミクスや電子エネルギーを示した。このような成果は、超高速光電子分光が気液界面の光化学反応を研究する有力な手段となることを明確に示すものである。気液界面の化学は非線形分光によっても研究されているが、光電子分光は検出感度が高く、電子スペクトルは電子状態に関する直接的な情報を与える。地球表面の 70% は海洋であり、大気中のエアロゾル表面の化学反応は環境化学の大きな問題である。光電子分光は界面化学反応の研究に寄与する研究手法になることが明確に示された。現在、界面科学を研究する理論化学者と共同研究を開始している。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計31件（うち査読付論文 31件 / うち国際共著 11件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 S. Karashima, Y-I. Suzuki, and T. Suzuki	4. 巻 12
2. 論文標題 Ultrafast extreme ultraviolet photoelectron spectroscopy of nonadiabatic photodissociation of CS <sub>2</sub> from 1B <sub>2</sub> (1 u+) state: product formation via an intermediate electronic state	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 3755-3761
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcllett.1c00864	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 S. Thuermer, T. Shinno, and T. Suzuki	4. 巻 125
2. 論文標題 Valence photoelectron spectra of liquid methanol and ethanol measured using He radiation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Physical Chemistry A	6. 最初と最後の頁 2492-2503
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpca.1c00288	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 Y. Yamamoto and T. Suzuki	4. 巻 11
2. 論文標題 Ultrafast dynamics of water radiolysis: hydrate electron formation, solvation, recombination, and scavenging	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 5510-5516
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcllett.0c01468	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 J. Nishitani, S. Karashima, C. W. West, and T. Suzuki	4. 巻 152
2. 論文標題 Surface potential of liquid microjet investigated using extreme ultraviolet photoelectron spectroscopy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 144503
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5/0005930	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 C. W. West, J. Nishitani, C. Higashimura, and T. Suzuki	4. 巻 -
2. 論文標題 Extreme ultraviolet time-resolved photoelectron spectroscopy of aqueous aniline solution: enhanced surface concentration and pump-induced space charge effect	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Molecular Physics	6. 最初と最後の頁 e1748240
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00268976.2020.1748240	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 S. Adachi and T. Suzuki	4. 巻 22
2. 論文標題 Methyl substitution effects on the non-adiabatic dynamics of benzene: lifting three-state quasi-degeneracy at conical intersections	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 2814-2818
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9cp06164a	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 D. Linschel et al, and T. Suzuki	4. 巻 11
2. 論文標題 Femtosecond X-ray emission study of the spin cross-over dynamics in haem proteins	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Communication	6. 最初と最後の頁 4145
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-020-17923-w	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 S. Adachi, T. Schatteburg, A. Humeniuk, R. Mitric, and T. Suzuki	4. 巻 21
2. 論文標題 Probing ultrafast dynamics during and after passing through conical intersections	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 13902-13905
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8cp04426k	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 S. Karashima and T. Suzuki	4. 巻 123
2. 論文標題 Charge-transfer-to-solvent reaction in a hydrophobic tetrabutylammonium iodide molecular layer in aqueous solution	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry B	6. 最初と最後の頁 3769-3775
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.8b12210	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 S. Karashima, Y. Yamamoto, and T. Suzuki	4. 巻 10
2. 論文標題 Ultrafast internal conversion and solvation of electrons in water, methanol and ethanol	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 4499-4504
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcclett.9b01750	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 R. Uenishi, T. Horio, and T. Suzuki	4. 巻 123
2. 論文標題 Time-resolved photoelectron imaging of acetone with 9.3 eV photoexcitation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry A	6. 最初と最後の頁 6848-6853
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpca.9b05179	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 J. Nishitani, Y. Yamamoto, C. W. West, S. Karashima, and T. Suzuki	4. 巻 5
2. 論文標題 Binding energy of solvated electrons and retrieval of true UV photoelectron spectra of liquids	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 eaaw6896
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.aaw6896	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 A. Hara, Y. Yamamoto, and T. Suzuki	4. 巻 151
2. 論文標題 Solvated electron formation from the conduction band of liquid methanol: transformation from a shallow to deep trap state	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 114503
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5116818	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 S. Adachi and T. Suzuki	4. 巻 8
2. 論文標題 UV-driven harmonic generation for time-resolved photoelectron spectroscopy of polyatomic molecules	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 1784
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app8101784	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 S. Adachi, H. Kohguchi, and T. Suzuki	4. 巻 9
2. 論文標題 Unravelling the electronic state of NO <sub>2</sub> product in ultrafast photodissociation of nitromethane	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 270-273
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcllett.7b03032	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 N. Kurahashi and T. Suzuki	4. 巻 47
2. 論文標題 On the relation between the interfacial charge of a discharging nozzle and electrification of a liquid microjet	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 16-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.170892	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 S. Adachi, Y. Watanabe, Y. Sudo, and T. Suzuki	4. 巻 683
2. 論文標題 Few-cycle pulse generation from noncollinear optical parametric amplifier with static dispersion compensation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemical Physics Letters	6. 最初と最後の頁 7-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cplett.2017.04.001	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 S. Adachi, M. Sato, T. Suzuki, and S. Y. Grebenshchikov	4. 巻 95
2. 論文標題 Unexpectedly broad photoelectron spectrum as a signature of ultrafast electronic relaxation of Rydberg states of carbon dioxide	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review A	6. 最初と最後の頁 33422
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevA.95.033422	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 J. Nishitani, C. W. West, and T. Suzuki	4. 巻 4
2. 論文標題 Angle-resolved photoemission spectroscopy of liquid water at 29.5eV	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Structural Dynamics	6. 最初と最後の頁 44014
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.4979857	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 該当する

1. 著者名 T. Horio, R. Spesyvtsev, Y. Furumido, and T. Suzuki	4. 巻 147
2. 論文標題 Real-time detection of S(1D2) photofragments produced from the 1B2(1 u+) state of CS2 by vacuum ultraviolet photoelectron imaging using 133 nm probe pulses	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 13932
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.4982219	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 D. Luckhaus, Y. Yamamoto, T. Suzuki, and R. Signorell	4. 巻 3
2. 論文標題 Genuine binding energy of the hydrated electron	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 e1603224
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.1603224	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 Y. Obara, H. Ito, T. Ito, N. Kurahashi, S. Thuermer, H. Tanaka, T. Katayama, T. Togashi, S. Owada, Y. Yamamoto, S. Karashima, J. Nishitani, M. Yabashi, T. Suzuki, and K. Misawa	4. 巻 4
2. 論文標題 Femtosecond time-resolved X-ray absorption spectroscopy of anatase TiO <sub>2</sub> nanoparticles using XFEL	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Structural Dynamics	6. 最初と最後の頁 44033
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.4989862	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 J. Nishitani, C. W. West, C. Higashimura, and T. Suzuki	4. 巻 684
2. 論文標題 Time-resolved photoelectron spectroscopy of polyatomic molecules using 42-nm vacuum ultraviolet laser based on high harmonics generation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemical Physics Letters	6. 最初と最後の頁 397-401
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cpllett.2017.07.025	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 S. Adachi, T. Suzuki	4. 巻 42
2. 論文標題 Self-compression of femtosecond deep-ultraviolet pulses by filamentation in krypton	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Optics Letters	6. 最初と最後の頁 1883- 1886
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OL.42.001883	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 M. Sato, Y. Suzuki, T. Suzuki, S. Adachi	4. 巻 9
2. 論文標題 Pump-probe photoelectron spectroscopy by a high-power 90 nm vacuum-ultraviolet laser	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 22401
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/APEX.9.022401	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 Y. Yamamoto, S. Karashima, S. Adachi, and T. Suzuki	4. 巻 120
2. 論文標題 Wavelength dependence of UV photoemission from solvated electrons in bulk water, methanol and ethanol	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Physical Chemistry A	6. 最初と最後の頁 1153-1159
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpca.5b09601	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 S. Karashima, Y. Yamamoto, and T. Suzuki	4. 巻 116
2. 論文標題 Resolving non-adiabatic dynamics of hydrated electrons using ultrafast photoemission anisotropy	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 137601
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.116.137601	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 M. Sato, S. Adachi, and T. Suzuki	4. 巻 120
2. 論文標題 Photoisomerization of vibrationally hot tetramethylethylene produced by ultrafast internal conversion from the excited state	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Physical Chemistry A	6. 最初と最後の頁 5099-5102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpca.6b00410	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 T. Horio, R. Spesyvtsev, K. Nagashima, R. A. Ingle, Y. Suzuki, and T. Suzuki	4. 巻 145
2. 論文標題 Full observation of ultrafast cascaded radiationless transitions from S2( *) state of pyrazine using vacuum ultraviolet photoelectron imaging	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 44306
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.4955296	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 T. Horio, Y. Suzuki, and T. Suzuki	4. 巻 145
2. 論文標題 Ultrafast photodynamics of pyrazine in the vacuum ultraviolet region studied by time-resolved photoelectron imaging using 7.8-eV pulses	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 44307
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.4955298	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 H. Okuyama, Y-I. Suzuki, S. Karashima, and T. Suzuki	4. 巻 145
2. 論文標題 Charge-transfer-to-solvent reactions from I- to water, methanol, and ethanol studied by time-resolved photoelectron spectroscopy of liquids	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 74502
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.4960385	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74件 (うち招待講演 21件 / うち国際学会 43件)

1. 発表者名 Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Spiers Memorial Lecture: Introduction to ultrafast spectroscopy and imaging of photochemical reactions
3. 学会等名 Time-resolved imaging of photo-induced dynamics Faraday Discussion of Royal Society of Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本 遥一、西谷 純一、唐島 秀太郎、鈴木 俊法
2. 発表標題 液体の超高速光電子分光とスペクトル回復法による溶媒和電子の束縛エネルギーと非断熱遷移の研究
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 足立 俊輔
2. 発表標題 ベンゼンの励起状態ダイナミクス:メチル基付与の影響
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 足立 俊輔
2. 発表標題 Probing ultrafast dynamics during and after passing through conical intersections
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoichi Yamamoto, Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Solvated Electron Formation from Conduction Band of Liquid Methanol
3. 学会等名 第35回化学反応討論会 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shunsuke Adachi, Takuya Suzuki, Shotaro Kudo, Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Non-adiabatic dynamics of benzene and its methyl derivatives studied by vacuum-UV time-resolved photoelectron spectroscopy
3. 学会等名 第35回化学反応討論会 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Ultrafast VUV photoelectron spectroscopy of non-adiabatic dynamics in the gas and condensed phases
3. 学会等名 The 26th Colloquium on High-Resolution Molecular Spectroscopy (HRMS Dijon 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Binding energies of solvated electrons and retrieval of true photoelectron spectra of liquids
3. 学会等名 XVIIIth International Symposium on Molecular Beams (ISMB2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本 遥一、西谷 純一、唐島 秀太郎、鈴木 俊法
2. 発表標題 溶媒和電子の束縛エネルギーの決定とスペクトル回復法の開発
3. 学会等名 原子衝突学会第44回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Ultrafast photoelectron spectroscopy of solvated electrons
3. 学会等名 The 35th International Symposium on Free Radicals (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大田 哲郎、西谷 純一、唐島 秀太郎、鈴木 俊法
2. 発表標題 高次高調波を利用した液体の光イオン化光電子・質量分析装置
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 秦 隆敏、Thuermer Stephan、鈴木 俊法
2. 発表標題 液体の水、メタノール、エタノールのHe(II)光電子分光
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 足立 俊輔、矢野 晃生、鈴木 俊法
2. 発表標題 水の窓軟X線を用いた液相での過渡吸収分光実現に向けた装置開発
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木 俊法、西谷 純一、山本 遥一、West Christopher, 唐島 秀太郎
2. 発表標題 液体の超高速光電子分光におけるスペクトル回復法の開発と溶媒和電子への適用
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 唐島 秀太郎, 鈴木 俊法
2. 発表標題 水表面に凝集したTBAI層における溶媒電荷移動反応
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 西谷 純一、山本 遥一、唐島 秀太郎、鈴木 俊法
2. 発表標題 液体の超高層光電子分光とスペクトル回復法による溶媒和電子の束縛エネルギーと非断熱遷移の研究
3. 学会等名 第62回放射線化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shunsuke Adachi
2. 発表標題 Probing Conical Intersection Dynamics Facilitating Photostability and Photodamage in Heterocyclic Molecule
3. 学会等名 XXI International Conference on Ultrafast Phenomena(UP2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 原 彩乃、山本 遥一、鈴木 俊法
2. 発表標題 液体メタノールの光イオン化と溶媒和電子生成過程の光電子分光
3. 学会等名 第12回分子科学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 唐島 秀太郎、鈴木 俊法
2. 発表標題 時間角度分解光電子分光法による水和電子の非断熱遷移の研究
3. 学会等名 第12回分子科学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上西 隆太、堀尾 琢哉、鈴木 俊法
2. 発表標題 時間分解光電子画像観測法による電子環状反応における超高速電子状態変化の観測
3. 学会等名 第12回分子科学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 足立 俊輔、Tom Schatteburg、Alexander Humenick、Roland Mitric、鈴木 俊法
2. 発表標題 円錐交差の通過中および通過後の反応ダイナミクスを探る
3. 学会等名 第12回分子科学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 足立 俊輔、鈴木 拓弥、鈴木 俊法
2. 発表標題 円錐交差通過後のダイナミクスを探る：ベンゼンの反応分岐
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Ultrafast Extreme Ultraviolet Photoelectron Spectroscopy of Aqueous Solutions
3. 学会等名 NSRRC 24th Users' Meeting & Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Vacuum ultraviolet photoionization of liquid methanol and solvated electron formation
3. 学会等名 10th Asian Photochemistry Conference (APC2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Junichi Nishitani
2. 発表標題 Time and angle resolved VUV photoemission spectroscopy of aqueous solution
3. 学会等名 Gordon research conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 東村智佳
2. 発表標題 単一次数高次高調波パルスを用いた時間分解光電子分光
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第38回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 足立俊輔
2. 発表標題 ヘテロ環式化合物の光安定性を評価する: フランの超高速無輻射緩和過程の観測
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第38回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 足立俊輔
2. 発表標題 ニトロメタンの超高速光解離に伴うカスケード反応の時間分解光電子分光
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第38回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 足立俊輔
2. 発表標題 環状分子の光安定性と光損傷に関する二種類の円錐交差ダイナミクス
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shunsuke Adach
2. 発表標題 Probing conical intersection dynamics of furan by VUV time-resolved photoelectron spectroscopy
3. 学会等名 第34回化学反応討論会 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Christopher W. West, Junichi Nishitani, Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Ultrafast UV pump-EUV probe photoelectron spectroscopy of aqueous solutions
3. 学会等名 第34回化学反応討論会 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 足立俊輔
2. 発表標題 ベンゼンの励起状態ダイナミクス: メチル基付与の影響
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Time-resolved hard X-ray absorption spectroscopy of aqueous solutions using an X-ray free electron laser
3. 学会等名 International Symposium on "Diversity of Chemical Reaction Dynamics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Time and angle resolved photoelectron spectroscopy on non-adiabatic dynamics
3. 学会等名 ASPIRE Network Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shunsuke Adachi, Motoki Sato, Toshinori Suzuki
2. 発表標題 UV-driven harmonic generation for time-resolved ultraviolet photoelectron spectroscopy of polyatomic molecules
3. 学会等名 The 6th Advanced Lasers and Photon Sources (ALPS '17) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shunsuke Adachi, Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Self-compression of sub-mJ, 14 fs pulses in a deep ultraviolet filament
3. 学会等名 The 6th Advanced Lasers and Photon Sources (ALPS '17) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Christopher W. West, Junichi Nishitani, Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Angle-resolved photoemission spectroscopy of liquid water using extreme ultraviolet radiation at 29.5 eV
3. 学会等名 第33回化学反応討論会 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takuya Horio, Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Ultrafast VUV photoionization imaging spectroscopy of the dissociation dynamics of CS <sub>2</sub> from C(1B <sub>2</sub> ) state
3. 学会等名 第33回化学反応討論会 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yo-ichi Yamamoto, Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Ultrafast Photoemission Spectroscopy of Liquid Water Using Ultrashort 134 nm Pulses
3. 学会等名 第33回化学反応討論会 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Christopher W. West,
2. 発表標題 Time- and Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy of Liquid Water and Gaseous Polyatomic Molecules using Single-Order High Harmonic
3. 学会等名 FEMTO13 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Junichi Nishitani, Christopher W. West, Chika Higashimura, Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Time- and angle-resolved photoemission spectroscopy using extreme ultraviolet radiation at 29.5 eV
3. 学会等名 6th International conference on Attosecond Physics (ATT02017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takuya Horio
2. 発表標題 Full observation of cascaded radiationless transitions from S2 ( $\pi^*$ ) state of pyrazine by ultrafast VUV photoelectron imaging
3. 学会等名 34th International Symposium on Free Radicals ( 国際学会 )
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Junichi Nishitani, Christopher W. West., Chika Higashimura, Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Development of time-and angle-resolved photoelectron spectroscopy using vacuum ultraviolet light source at 29.5eV
3. 学会等名 34th International Symposium on Free Radicals ( 国際学会 )
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shutaro Karashima, Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Resolving non-adiabatic dynamics of hydrated electrons using ultrafast photoemission anisotropy
3. 学会等名 34th International Symposium on Free Radicals ( 国際学会 )
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shunsuke Adachi, Hiroshi Kohguchi, Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Ultrafast photodissociation of nitromethane and subsequent reaction
3. 学会等名 34th International Symposium on Free Radicals ( 国際学会 )
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yo-ichi Yamamoto, Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Ultrafast photemission spectroscopy of liqued water using ultrashort 134 nm pulses
3. 学会等名 34th International Symposium on Free Radicals ( 国際学会 )
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takuya Horio, Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Full observation of cascaded radiationless transitions from S2 ( * ) state of pyrazine by ultrafast VUV photoelectron imaging
3. 学会等名 34th International Symposium on Free Radicals ( 国際学会 )
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 足立 俊輔、高口 博志、鈴木 俊法
2. 発表標題 ニトロメタンの光解離および解離フラグメントの後続反応の観測
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 堀尾琢哉、鈴木 俊法
2. 発表標題 二硫化炭素S3(1B2)状態からの高速前期解離過程の研究
3. 学会等名 第11回分子科学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 東村智佳、西谷純一、West Christopher W.、鈴木俊法
2. 発表標題 29.5eV真空紫外光をプローブ光とする時間分解光電子分光の開拓
3. 学会等名 第11回分子科学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 堀尾琢哉
2. 発表標題 真空紫外光を用いた超高速光電子画像観測
3. 学会等名 日本分光学会中国四国支部H28年度年次講演会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Time and angle-resolved photoemission spectroscopy of electronic dynamics in aqueous solutions
3. 学会等名 International Conference on Molecular Energy Transfer in Complex Systems 2017(iCOMET 2017)（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木俊法
2. 発表標題 水溶液中の電子ダイナミクスの超高速光電子分光
3. 学会等名 東北大学電子通信研究所共同プロジェクト研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Time and angle-resolved photoelectron spectroscopy of non-adiabatic dynamics in gas and liquid phases
3. 学会等名 The 77th Okazaki Conference Series: International Symposium on Ultrafast Dynamics in Molecular and Material Sciences (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Time-resolved hard X-ray absorption spectroscopy of aqueous solutions using an X-ray free electron laser
3. 学会等名 International Symposium on "Diversity of Chemical Reaction Dynamics" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Time and angle resolved photoelectron spectroscopy on non-adiabatic dynamics
3. 学会等名 ASPIRE Network Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Ultrafast photoemission spectroscopy on electron dynamics in liquid water
3. 学会等名 SOLEIL Seminar
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shunsuke Adachi
2. 発表標題 UV-driven harmonic generation for time-resolved ultraviolet photoelectron spectroscopy of polyatomic molecules
3. 学会等名 The 6th Advanced Lasers and Photon Sources (ALPS ' 17) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shunsuke Adachi
2. 発表標題 Self-compression of sub-mJ, 14 fs pulses in a deep ultraviolet filament
3. 学会等名 The 6th Advanced Lasers and Photon Sources (ALPS ' 17) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Time and angle-resolved photoelectron spectroscopy of non-adiabatic dynamics in gas and liquid phases
3. 学会等名 Stereodynamics 2016 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Ultrafast photoelectron spectroscopy of photo-induced electronic dynamics in gas and liquid phases
3. 学会等名 9th Asian Photochemistry Conference (APC2016) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yo-ichi Yamamoto
2. 発表標題 Time- and angle- resolved photoemission spectroscopy of aqueous solutions
3. 学会等名 2016 KYOTO-KAIST-NTHU Junior Chemist Symposium (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 唐島秀太郎
2. 発表標題 時間角度分解光電子分光法による水和電子の励起状態ダイナミクスの研究
3. 学会等名 第96回化学春季年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Takuya Horio
2. 発表標題 Ultrafast Photoelectron Imaging of Photodissociation Dynamics of CS <sub>2</sub>
3. 学会等名 International Symposium on Molecular Science - Physical Chemistry / Theoretical Chemistry (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Takuya Horio
2. 発表標題 Complete observation of cascaded radiationless transitions by VUV photoelectron imaging
3. 学会等名 The 32nd Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yo-ichi Yamamoto
2. 発表標題 Wavelength Dependence of UV Photoemission from Solvated Electrons in Bulk Water, Methanol, and Ethanol
3. 学会等名 The 32nd Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Takuya Horio
2. 発表標題 Comprehensive study of cascaded radiationless transitions in pyrazine using ultrafast VUV photoelectron imaging
3. 学会等名 The 20th East Asian Workshop on Chemical Dynamics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Full observation of cascaded radiationless transitions from S2 ( $\pi^*$ ) state of pyrazine using ultrafast VUV photoelectron spectroscopy
3. 学会等名 National Chiao Tung University Seminar
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Toshinori Suzuki
2. 発表標題 Full observation of cascaded radiationless transitions from S2( $\pi, \pi^*$ ) state of pyrazine using ultrafast VUV photoelectron imaging
3. 学会等名 Advanced Particle Imaging Techniques: 1986-2016 and beyond (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 堀尾琢哉
2. 発表標題 真空紫外光電子イメージング法によるピラジンS2( *)状態からの超高速カスケード無輻射遷移の完全観測
3. 学会等名 第10回分子科学討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 唐島秀太郎
2. 発表標題 超高速角度分解光電子分光法による水和電子の励起状態ダイナミクスの研究
3. 学会等名 第10回分子科学討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Takuya Horio
2. 発表標題 Excited-state dynamics of polyatomic molecules studied by sub-20fs time-resolved photoelectron imaging
3. 学会等名 IUPAC2015 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 唐島秀太郎
2. 発表標題 時間角度分解光電子分光法による水和電子の励起状態ダイナミクスの研究
3. 学会等名 第9回分子科学討論会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Takuya Horio
2. 発表標題 Ultrafast intramolecular dynamics of polyatomic molecules in the VUV region probed by time-resolved photoelectron imaging
3. 学会等名 The 19th East Asian Workshop on Chemical Dynamics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2015年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

京都大学大学院理学研究科化学専攻物理化学研究室 <a href="http://kuchem.kyoto-u.ac.jp/bukka/index.html">http://kuchem.kyoto-u.ac.jp/bukka/index.html</a>
--

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	足立 俊輔 (ADACHI Shunsuke) (90431874)	京都大学・理学研究科・准教授  (14301)	
研究分担者	山本 遥一 (YAMAMOTO Yo-ichi) (70837319)	京都大学・理学研究科・助教  (14301)	
研究分担者	堀尾 琢哉 (HORIO Takuya) (40443022)	九州大学・理学院・准教授  (17102)	

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