

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 4 日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H03004

研究課題名(和文) テラヘルツ波アシステッド電子散乱を用いたフェムト秒気体電子回折

研究課題名(英文) Femtosecond gas electron diffraction by THz-wave-assisted electron diffraction

研究代表者

歸家 令果 (Kanya, Reika)

東京都立大学・理学研究科・教授

研究者番号：10401168

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,500,000円

研究成果の概要(和文)：単一サイクルレーザーパルスに適用可能なレーザーアシステッド電子散乱理論を開発し、テラヘルツ波アシステッド電子回折の方法論を確立するとともに、数値シミュレーションによってその有用性を検証した。テラヘルツ波アシステッド電子回折法を実現するために、パルス面傾斜励起法による単一サイクルTHz波発生と電気光学サンプリング法の光学系を構築し、レーザーアシステッド電子散乱装置に組み込むことによって、テラヘルツ波アシステッド電子散乱観測装置を組み上げた。また、中空ファイバー型パルス圧縮器を開発し、近赤外域の数サイクルレーザー光を発生させ、数サイクルレーザーアシステッド電子散乱過程の観測に初めて成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題で開発した理論の適用範囲は、テラヘルツ波によるレーザーアシステッド電子散乱過程に留まらず、近赤外領域の数サイクル・単一サイクルパルスによるレーザーアシステッド電子散乱過程にも渡り、数サイクルレーザーアシステッド電子散乱過程の初観測の成果とともにアト秒領域のダイナミクス研究への応用の可能性を示すものである。本課題は、テラヘルツ波アシステッド電子散乱過程を探求する初めての試みであり、テラヘルツ波の新たな利用法の創出につながる学術的基盤を確立することとなった。

研究成果の概要(英文)：A theoretical framework of laser-assisted electron scattering induced by single-cycle laser pulses and a protocol of THz-wave-assisted electron diffraction method were developed, and their feasibilities were confirmed by numerical simulations. In order to demonstrate THz-wave-assisted electron diffraction method experimentally, optical systems for the tilted-pulse-front pumping method and the electro-optical sampling method were constructed. An apparatus for THz-assisted electron scattering was constructed by incorporating the optical systems into a laser-assisted electron scattering apparatus. Furthermore, a hollow-core-fiber type pulse compressor was developed for generation of few-cycle laser pulses in the near-infrared region, and few-cycle laser assisted electron scattering processes were observed for the first time.

研究分野：物理化学

キーワード：反応動力学 分子構造 電子回折法 強光子場科学 電子散乱

1. 研究開始当初の背景

高速電子線を用いた分子による弾性散乱角度分布測定は気体電子回折法と呼ばれ、分子の幾何学的構造を測定するための有用な手法として古くから利用されてきた。近年は電子線をパルス化することによって、分子の幾何学的構造の変化を時間分解測定する気体パルス電子回折法が精力的に行われてきたが、時間分解能としては 1 ps 程度が限界であった。このピコ秒の壁を大きく超える手法として、応募者らはレーザーアシステッド電子散乱 (laser-assisted electron scattering; LAES) と呼ばれる散乱過程を利用したレーザーアシステッド電子回折法 (laser-assisted electron diffraction; LAED) を提唱した。LAES 過程とは、レーザー場中で電子線が原子・分子によって散乱される際に、散乱電子のエネルギーが光子エネルギーの整数倍だけ増減する現象であり、レーザー場が存在する瞬間に入射電子が標的原子・分子によって散乱されるときにのみ誘起される。LAED 法では、LAES 過程を超高速の光ゲートとして利用し、瞬間的な電子散乱波を抽出することによって、 <10 fs の時間分解能で電子回折像を測定することが可能となる。さらに応募者らは、Xe 原子を試料としてフェムト秒レーザーによって誘起される LAES 過程を初めて観測し、静的な CCl_4 分子を試料として LAED 法の実現にも初めて成功した。最近では、強レーザー場中で原子が光ドレスト状態を形成したことを示す LAES 信号を、その理論的予測から 30 年以上を経て初めて観測した。現在、超短パルスレーザーによる LAES 過程の観測に成功しているのは応募者らの研究グループのみであり、この新たな電子散乱法の動向が注目されていた。

2. 研究の目的

本研究では、分子の幾何学的構造の超高速時間発展を気体電子回折実験によって解明することを目的として、単一サイクルテラヘルツ波の照射下で標的分子に高速電子を衝突させることによって、 <10 fs の時間分解能で電子回折像を得ることができるテラヘルツ波アシステッド電子回折 (THz-wave-assisted electron diffraction; TAED) 法を開発する。また、この TAED 法を実現するための散乱電子測定装置やテラヘルツ波発生光学系を開発するとともに、散乱電子信号分布の数値シミュレーション法を確立し、散乱電子信号分布から分子の幾何学的構造を決定する理論的な枠組みを構築する。この手法を用いて、超短パルスレーザーによって光励起された分子の構造変化を <10 fs の時間分解能で追跡する。

3. 研究の方法

(1) TAED 法の理論的基盤の整備

単一サイクルパルス光による LAES 信号や TAED 法についての理論的研究は現在まで報告されておらず、研究代表者が行った理論的な検討が初めてである。本研究では、これをさらに進めて TAED 法の理論的基盤を整備する。従来の気体電子回折法の手法を発展させることによって、電子のエネルギー分散角分布から電子回折パターンを抽出し、そこから分子の幾何学的構造を決定する方法論を確立する。

(2) TAED 法の数値シミュレーション

数値シミュレーションによって TAED 法の有用性を検証する。はじめに標的分子の核配置を古典的に取り扱う近似のもとで、運動量移行 (s) とエネルギーシフト (E) の関数として THz 波による LAES 信号の強度分布を計算する。研究方法(1)で開発した解析手法を用いて、得られた信号強度分布から核配置の分布関数が導き出せることを示す。続いて、標的分子の構造変化を考慮して同様のシミュレーションを実施する。さらに、実際の実験における電子線パルスや THz 波パルス、励起光パルスの時空間的形狀や互いの重なり具合を考慮して数値シミュレーションを行い、実際の実験において最適なビーム条件を検討する。

(3) 近赤外数サイクルパルス発生

中空ファイバーとチャープミラーを用いたパルス圧縮装置を製作し、時間幅が sub-10 fs の近赤外レーザーパルスを発生する。中空ファイバーに導入する希ガスの圧力条件や入射レーザーパルスの集光条件や強度を生成パルスの時間幅が最短になるように最適化する。自己相関法や二次元スペクトルシェアリング干渉法などを用いて、生成パルスの電場時間波形を同定する。

(4) 単一サイクル THz 波パルス発生と電気光学サンプリング法

パルス面傾斜励起法を用いて、位相整合条件を満たすように波面を傾斜させた波長 800 nm のフェムト秒パルスを LiNbO_3 非線形結晶に照射し、光整流効果によって高強度のシングルサイクル THz パルスを発生する。発生した THz 波パルスの強度が最大になるように各種条件を最適化する。また、電子光学サンプリング法の光学系を構築することによって、THz 波の電場時間波形を測定できるシステムを整備する。さらに、既設の LAES 観測装置を改造することによって、散乱点に THz 波を集光点する光学系を組み、TAED 観測装置を開発する。

(5) THz 波アシステッド電子散乱の観測と TAED 法の実現

Xe 原子を試料として、THz 波アシステッド電子散乱過程を初めて観測する。さらに、 CCl_4 分子を試料として、THz 波アシステッド電子散乱過程を観測する。観測された散乱電子のエネルギー分散角分布に電子回折の干渉パターンが現れることを実証する。数サイクルレーザーパルスを用いた励起光として用いることによって、 <10 fs の時間分解能で TAED 測定を実施する。

4. 研究成果

(1) TAED 法の理論的基盤の整備

従来のレーザーアシステッド電子散乱理論を単一サイクルパルスに適用できるように拡張し、気体電子回折法における分子構造決定法と組み合わせることによって、散乱電子のエネルギー分散角分布から電子回折パターンを抽出し、そこから分子の幾何学的構造を決定する方法論を確立した。

本理論の適用範囲は、テラヘルツ波による LAES 過程に留まらず、近赤外領域の数サイクルパルスや単一サイクルパルスによる LAES 過程にも渡り、アト秒領域のダイナミクス研究への応用の可能性も示された。さらに、LAES 過程を半古典的近似で取り扱う手法は、LAES 過程の直観的な理解を深め、LAES 過程におけるサイクル内干渉の効果やサイクル間干渉の効果、搬送波包絡線位相の効果等を散乱電子の半古典的軌道の干渉として理解することに繋がった。

(2) TAED 法の数値シミュレーション

数値シミュレーションを用いて、成果(1)の方法論の有用性を検証した。時間とともに標的分子の古典的核配置が変化する二原子分子モデルを用いて、THz 波照射下での散乱電子信号分布を計算した。成果(1)の方法論を用いて、得られた散乱電子信号分布を解析した結果、時間依存電子回折パターンを抽出することができた(図 1)。抽出された電子回折パターンから核間距離の時間発展を復元した結果、核間距離の誤差は 0.001 \AA 以下であり、非常に高い精度で核間距離を決定することが判明した。また、 10 fs を切る時間分解能が達成できることも確認された。

OCS 分子をモデル分子とした THz 波アシステッド電子散乱信号の数値シミュレーションを実施し、様々な THz 電場強度での電子散乱信号強度の計算を実施することによって、時間分解電子回折像を得るためにはピーク電場強度 13 kV/cm の単一サイクル THz 波が必要であることが判明した(図 2)。

中赤外単一サイクルレーザー光による LAED 法の数値シミュレーションを実施し、成果(1)の方法論を用いてエネルギー分散角分布を解析することによって、時間分解電子回折像を得ることに成功し(図 3)、光イオン化に伴う H_2^+ 分子の超高速構造変形をアト秒オーダーの時間分解能で追跡できることを示した。

(3) 近赤外数サイクルパルス発生と LAES 過程の観測

中空ファイバーとチャープミラーを用いたパルス圧縮装置を製作した(図 4(a))。中空ファイバーに導入するアルゴンガスの圧力条件や入射近赤外レーザーパルスの集光条件や強度を最適化することによって、最短パルスの生成条件を探索した。二次元スペクトルシェアリング干渉(2DSI)法を用いて、生成パルスの電場時間波形を計測した結果、時間幅 7.4 fs の超短パルスを発生できていることが判明した(図 4(b))。この数サイクルパルスは時間分解 TAED 法の際のポンプ光として利用することができる。

運動エネルギー 1 keV の電子線を用いて、時間幅 7.4 fs の超短パルスレーザーの照射下で Xe 原子による電子散乱実験を行うことによって、数サイクルレーザーパルスによる LAES 過程の

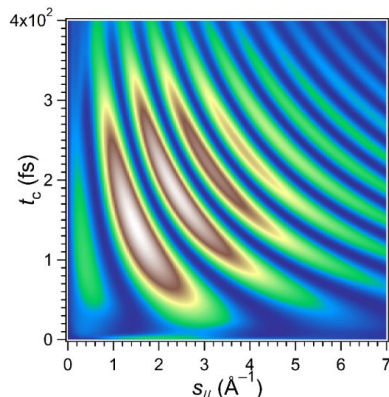


図 1. THz 波照射下での散乱電子のエネルギー分散角分布から抽出された時間分解電子回折パターン。

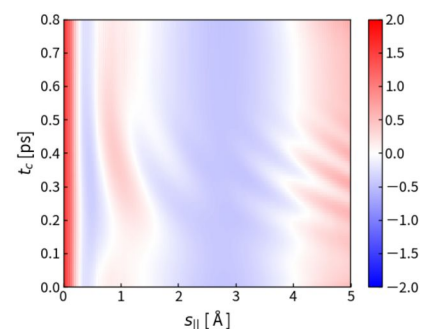


図 2. THz 波ピーク強度 13 kV/cm での TAED シミュレーションによって抽出された時間分解電子回折パターン。

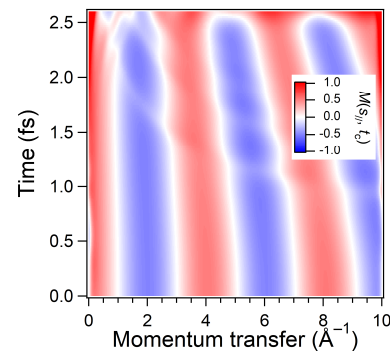


図 3. 中赤外域の単一サイクルパルスによる LAED シミュレーションによって抽出された時間分解電子回折パターン。

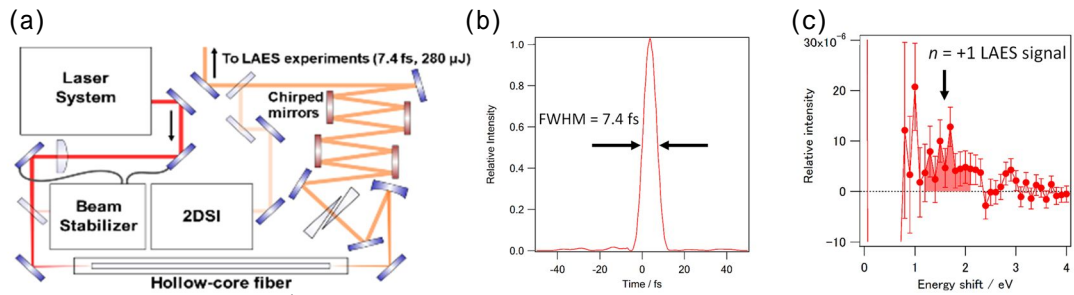


図 4. (a) 中空ファイバー型パルス圧縮装置の概略図 . (b) 2DSI 法で計測した数サイクルパルスの時間波形 . (c) LAES 信号のエネルギースペクトル .

観測に成功した(図 4(c))。これは、数サイクルレーザーパルス LAES 過程の観測に世界で初めて成功したものであり、成果(1)の理論を応用した分子のアト秒ダイナミクス研究の可能性を示すものである。

(4) 単一サイクル THz 波パルス発生と電気光学サンプリング法

パルス面傾斜励起法による単一サイクル THz 波発生の光学系と THz 波の時間波形計測のための電子光学サンプリング法の光学系を構築した(図 5(a))。位相整合条件を満たすように波面を傾斜させた 1030 nm のピコ秒レーザーパルスを LiNbO₃ 非線形結晶に照射し光整流効果によって、1.7 mW、100 kHz の THz 波パルスを発生した。波形計測の結果、ピーク電場強度 1.1 kV/cm の単一サイクル THz 波が発生されていることが判明した。

得られた THz 波強度が TAED 法の実現に必要な強度である 13 kV/cm に達していないことが判明したため、THz 波発生のためのドライブパルスを変更した。繰り返し周波数 5 kHz の Ti:Sa レーザーシステムの出力である波長 790 nm、パルス幅 40 fs、パルスエネルギー 500 μJ のフェムト秒光パルスをドライブパルスとしたパルス面傾斜励起法の光学系を再構築し、THz 波発生と電場波形の測定に成功した。

さらに、レーザーアシステッド電子散乱装置を改修して、散乱点におけるテラヘルツ波の時間波形を電気光学サンプリング法によって計測できる光学システムを構築した(図 5(b))。構築した光学システムを用いて、電気光学サンプリング法を実施し、テラヘルツ波の時間波形を測定した結果、時間幅 0.96 ps、電場強度 18.1 kV/cm の単一サイクルテラヘルツ波を散乱点に集光できることを確認した(図 6)。

得られた THz 波強度は TAED 法の実現に必要な強度である 13 kV/cm を十分に超えており、テラヘルツ波アシステッド電子散乱過程の初観測(研究計画(5))のための準備を全て完了することができた。

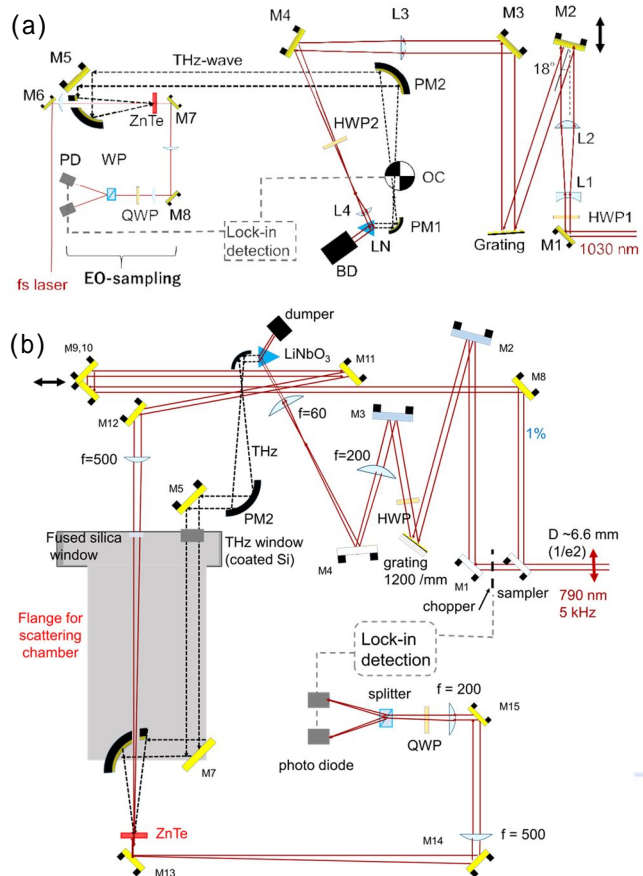


図 5. (a) 1030 nm のドライブパルスを用いた THz 波発生および電気光学サンプリングの光学系 . (b) 790 nm のドライブパルスを用いた THz 波発生および電気光学サンプリングの光学系、および、散乱点への THz 波集光光学系 .

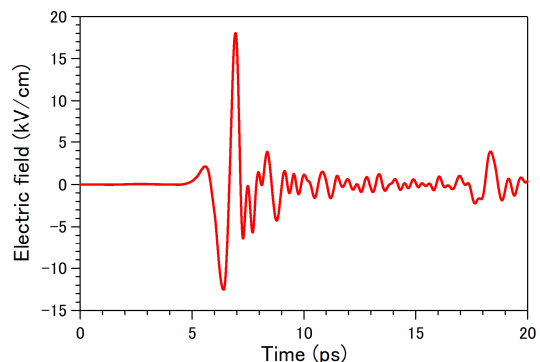


図 6. 電気光学サンプリング法で測定した散乱点における THz 波電場の時間波形 .

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Takahiro Suzuki, Reika Kanya, and Kaoru Yamanouchi	4. 巻 154
2. 論文標題 Photodissociation of [Ar-N2] ⁺ induced by near-IR femtosecond laser fields by ion-trap time-of-flight mass spectrometry	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 174303-1-10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1063/5.0049560	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 Qiqi Zhang, Shinichi Fukahori, Toshiaki Ando, Reika Kanya, Atsushi Iwasaki, Tim Rathje, Gerhard G. Paulus, and Kaoru Yamanouchi	4. 巻 152
2. 論文標題 Absolute carrier-envelope-phase dependences of single and double ionization of methanol in a near-IR few-cycle laser field	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 194304-1-11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1063/5.0006485	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 Reika Kanya and Kaoru Yamanouchi	4. 巻 7
2. 論文標題 Femtosecond laser-assisted electron scattering for ultrafast dynamics of atoms and molecules	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Atoms	6. 最初と最後の頁 85-1-22
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/atoms7030085	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 Shinichi Fukahori, Toshiaki Ando, Shun Miura, Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi, Tim Rathje, and Gerhard G. Paulus	4. 巻 95
2. 論文標題 Determination of the absolute carrier-envelope phase by angle-resolved photoelectron spectra of Ar by intense circularly polarized few-cycle pulses	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review A	6. 最初と最後の頁 053410-1~14
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevA.95.053410	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 Yuya Morimoto, Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi	4. 巻 115
2. 論文標題 Laser-Assisted Electron Scattering and Diffraction for Ultrafast Imaging of Atoms and Molecules	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Progress in Photon Science, Springer Series in Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 47~52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-52431-3_5	査読の有無 無
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47件 (うち招待講演 21件 / うち国際学会 34件)

1. 発表者名 Michihiro Kitanaka, Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 Development of single-cycle THz light source for THz-wave-assisted electron diffraction
3. 学会等名 Symposium on Recent Development in Ultrafast Intense Laser Science 2 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Motoki Ishikawa, Kakuta Ishida, Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 Measurements of two-dimensional differential cross section of femtosecond LAES signals of Ar atoms
3. 学会等名 Symposium on Recent Development in Ultrafast Intense Laser Science 2 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shuhei Sudo, Motoki Ishikawa, Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 Development of a photocathode-type pulsed electron gun for time-resolved electron diffraction measurements
3. 学会等名 日本化学会 第101春季年会 (2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Motoki Ishikawa, Kakuta Ishida, Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 Measurements of two-dimensional differential cross section of femtosecond LAES signals of Ar atoms
3. 学会等名 日本化学会 第101春季年会 (2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Reika Kanya
2. 発表標題 Determination of collision times in laser-assisted electron scattering for ultrafast imaging of atoms and molecules
3. 学会等名 The 6th Quantum Science (QS) symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Michihiro Kitanaka, Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 Progress of THz-wave-assisted electron diffraction apparatus
3. 学会等名 Symposium on Recent Development in Ultrafast Intense Laser Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Motoki Ishikawa, Kakuta Ishida, Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 Laser-assisted electron scattering by Ar in a femtosecond intense laser field
3. 学会等名 Symposium on Recent Development in Ultrafast Intense Laser Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Reika Kanya
2. 発表標題 Femtosecond laser-assisted electron scattering and diffraction old stories and future prospects
3. 学会等名 Symposium on Recent Development in Ultrafast Intense Laser Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 Attosecond streaking of electron diffraction patterns by laser-assisted electron scattering
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 Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 Attosecond streaking of electron diffraction patterns by laser-assisted electron scattering
3. 学会等名 The 18th International Symposium on Ultrafast Intense laser Science (ISUILS 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kota Kumakura, Motoki Ishikawa, Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 Observation of laser-assisted electron scattering signals with sub-10 fs laser pulses
3. 学会等名 The 20th International Symposium on Correlation, Polarization and Ionization in Atomic and Molecular Collisions (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 Determination of collision times in laser-assisted electron scattering for ultrafast imaging of atoms and molecules
3. 学会等名 XXXIst International Conference on Photonic, Electronic, and Atomic Collisions (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 Determination of collision times in laser-assisted electron scattering for ultrafast imaging of atoms and molecules
3. 学会等名 28th Annual International Laser Physics Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 Laser-assisted streaking of electron diffraction patterns for ultrafast molecular imaging
3. 学会等名 International Symposium on Ultrafast Molecular Dynamics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 Ultrafast streaking of scattered electrons by single-cycle IR-laser-assisted electron scattering
3. 学会等名 The 9th Shanghai-Tokyo Advanced Research on Ultrafast Intense Laser Science Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 歸家令果, 石田角太, 森本裕也, 山内 薫
2. 発表標題 多サイクル、および、単一サイクルレーザーパルスによるレーザーアシステッド電子散乱過程における衝突時刻のアト秒精度での決定
3. 学会等名 第15回 AMO 討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takashi Hiroi, Yuya Morimoto, Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 Development of an apparatus for femtosecond laser-assisted (e,2e) experiments
3. 学会等名 The XXI International Conference on Ultrafast Phenomena (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 歸家令果, 石田角太, 森本裕也, 山内 薫
2. 発表標題 多サイクル、および、単一サイクルレーザーパルスによるレーザーアシステッド電子散乱過程における衝突時刻のアト秒精度での決定
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 熊倉洸太, 石川源基, 歸家令果, 山内 薫
2. 発表標題 sub-10 fsレーザーパルスによるレーザーアシステッド電子散乱の観測
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 Reika Kanya
2. 発表標題 Ultrafast streaking of electron diffraction patterns by laser-assisted electron scattering
3. 学会等名 The 5th Ultrafast Dynamic Imaging of Matter (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takashi Hiroi, Yuya Morimoto, Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 Development of an apparatus for femtosecond laser-assisted (e,2e) experiments
3. 学会等名 The 17th International Symposium on Ultrafast Intense laser Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kota Kumakura, Motoki Ishikawa, Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 Observation of laser-assisted electron scattering signals with sub-10 fs laser pulses
3. 学会等名 The 17th International Symposium on Ultrafast Intense laser Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Reika Kanya
2. 発表標題 Determination of collision times with attosecond precision in laser-assisted electron scattering by multi-cycle and single-cycle laser pulses
3. 学会等名 International Workshop Attosecond Physics at the Nanoscale (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Reika Kanya
2. 発表標題 Laser-assisted electron scattering for ultrafast imaging of atoms and molecules
3. 学会等名 The 13th Asian International Seminar on Atomic and Molecular Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Qiqi Zhang, Shinichi Fukahori, Toshiaki Ando, Reika Kanya, Atsushi Iwasaki, Tim Rathje, Gerhard G. Paulus, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 CEP dependence of the dissociative ionization of methanol in the intense few-cycle laser fields
3. 学会等名 3rd ETH Zurich-UTokyo Strategic Partnership Symposium on the UN Sustainable Development Goals and Innovation (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Reika Kanya
2. 発表標題 Ultrafast streaking of electron diffraction patterns by laser-assisted electron scattering
3. 学会等名 International Symposium on Ultrafast Electronic and Structural Dynamics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takashi Hiroi, Yuya Morimoto, Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 Photoionization of excited states of rare gas atoms prepared by electron impact excitation
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takashi Hiroi, Yuya Morimoto, Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 Electron impact excitation spectroscopy of highly excited H2
3. 学会等名 The 4th STEPS Symposium on Photon Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 Femtosecond gas electron diffraction by THz-wave assisted electron scattering: Numerical simulations of time-resolved electron diffraction patterns
3. 学会等名 The 3rd Computational Chemistry (CC) Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 歸家令果, 山内 薫
2. 発表標題 テラヘルツ波アシステッド気体電子回折法: 時間依存電子回折パターンの数値シミュレーション
3. 学会等名 第14回原子・分子・光科学 (AMO) 討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 廣井卓思, 森本裕也, 歸家令果, 山内 薫
2. 発表標題 レーザーアシステッド電子衝突イオン化の観測のための装置開発
3. 学会等名 第14回原子・分子・光科学 (AMO) 討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Reika Kanya, Yuya Morimoto, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 Light-dressing effect in atoms and molecules in laser-assisted elastic electron scattering
3. 学会等名 XIX International Workshop on Low Energy Positron and Positronium Physics and XX International Symposium on Electron Molecule Collisions and Swarms (POSMOL 2107) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 Ultrafast gas electron diffraction by THz-wave assisted electron scattering: Numerical simulations of time-resolved electron diffraction patterns
3. 学会等名 The 30th International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions (ICPEAC 2107) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Reika Kanya, Yuya Morimoto, Kakuta Ishida, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 Laser-assisted electron scattering and diffraction for ultrafast molecular imaging
3. 学会等名 International Symposium on (e,2e), Double Photoionization and Related Topics, 19th International Symposium on Polarization and Correlation in Electronic and Atomic Collisions ((e,2e) 2107) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 Ultrafast gas electron diffraction by THz-wave-assisted electron scattering: Numerical simulations of time-resolved electron diffraction patterns
3. 学会等名 The 2nd International Symposium on Attosecond Science (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Motoki Ishikawa, Kakuta Ishida, Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 Observation of laser-assisted electron scattering processes by an angle-resolved time-of-flight type electron analyzer
3. 学会等名 The 2nd International Symposium on Attosecond Science (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 廣井卓思, 森本裕也, 歸家令果, 山内 薫
2. 発表標題 レーザーアシステッド電子衝突イオン化の観測装置の開発
3. 学会等名 原子衝突学会第42回年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 石川源基, 石田角太, 歸家令果, 山内 薫
2. 発表標題 角度分解飛行時間型電子分析器によるレーザーアシステッド電子散乱過程の観測
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 廣井卓思, 森本裕也, 歸家令果, 山内 薫
2. 発表標題 レーザーアシステッド電子衝突イオン化観測装置の開発
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 Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 Numerical simulation of ultrafast gas electron diffraction by THz-wave-assisted electron scattering
3. 学会等名 The 14th International Conference on Multiphoton Processes (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Motoki Ishikawa, Kakuta Ishida, Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 Observation of laser-assisted electron scattering processes by an angle-resolved time-of-flight type electron analyzer
3. 学会等名 The 16th International Symposium on Ultrafast Intense laser Science (ISUILS2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takashi Hiroi, Yuya Morimoto, Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 Development of an apparatus for electron impact ionization in an intense laser field
3. 学会等名 The 16th International Symposium on Ultrafast Intense laser Science (ISUILS2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kakuta Ishida, Yuya Morimoto, Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 High-order multiphoton laser-assisted elastic electron scattering by Xe in a femtosecond near-infrared intense laser field: Plateau in energy spectra of scattered electrons
3. 学会等名 The 16th International Symposium on Ultrafast Intense laser Science (ISUILS2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 THz-wave-assisted electron diffraction: Numerical simulations of time-resolved electron diffraction patterns
3. 学会等名 シンポジウム テラヘルツ科学の最前線
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Reika Kanya
2. 発表標題 Ultrafast molecular imaging by laser-assisted electron scattering
3. 学会等名 The 21st East Asian Workshop on Chemical Dynamics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 Laser-assisted Electron Scattering and Diffraction
3. 学会等名 The Third STEPS Symposium on Photon Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takashi Hiroi, Yuya Morimoro, Reika Kanya, Kaoru Yamanouchi
2. 発表標題 Laser-assisted electron impact ionization
3. 学会等名 The Third STEPS Symposium on Photon Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

東京都立大学理学部化学科反応物理化学研究室ホームページ
<https://www.comp.tmu.ac.jp/pcmsr/index.html>

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