

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 17 日現在

機関番号：82401

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H01067

研究課題名(和文)円偏光フェムト秒コヒーレント軟X線の発生と超高速スピンドYNAMICSへの展開

研究課題名(英文)Generation of circularly polarized femtosecond coherent soft x-rays and its application to ultrafast spin dynamics

研究代表者

高橋 栄治 (Takahashi, Eiji)

国立研究開発法人理化学研究所・光量子工学研究センター・チームリーダー

研究者番号：80360577

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 32,300,000円

研究成果の概要(和文)：超短パルス・中赤外レーザーを開発し、それを励起光とした高次高調波発生により円偏光フェムト秒軟 X 線光源を実現した。具体的には励起レーザーとして、3 μm 、30 mJ、50 fs の中赤外レーザー、及び 1.7 μm 、100 mJ、10 fs のレーザーシステム開発に成功した。円偏光高調波発生では、200 eV に達する軟 X 線発生を実現すると共に、励起レーザーに対する発生光子エネルギーのスケールリング則を実験的に確立した。さらに、高調媒質ガスを高圧力で封入できる特殊セル、および発生した高調波ビームを利用するためのフェムト秒軟 X 線・ポンプ・プローブ計測実験装置を構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究から得られた成果より、フェムト秒の時間幅を持つコヒーレント軟 X 線ビームを磁気円二色性計測に利用できる目処がたった。大型放射光を用いた磁気円二色性計測における時間分解能がサブナノ秒であることを考えると、測定時間分解能が3桁以上改善されたことになる。円偏光高次高調波の励起レーザー波長に対する光子エネルギースケールリング則を用いる事で、3d 遷移元素の L 端の励起が可能なフェムト秒円偏光軟 X 線光源を実現することができ、結果、スピン・磁気軌道モーメントの超高速ダイナミクス観測を通して、本研究成果がスピントロニクス等の磁性材料に関連する分野に大きな波及効果をもたらすと期待できる。

研究成果の概要(英文)：We have developed ultrafast mid-infrared lasers and demonstrated circularly polarized femtosecond soft x-ray light sources based on high-order harmonic generation. Specifically, we have developed a 3 μm , 30 mJ, 50 fs mid-infrared laser and a 1.7 μm , 100 mJ, 10 fs laser system as pump lasers on high-order harmonic generation. We have also constructed a high-pressure gas cell that can be filled with medium gas up to 1 atm for harmonic generation and a femtosecond soft x-ray pump-probe measurement system for utilizing the generated harmonic beams. On the circularly polarized harmonic generation, its maximum photon energy reached 200 eV. In addition, we have established a photon energy scaling law to realize > 700 eV harmonic beam which corresponds L-edge of 3d transition metal.

研究分野：レーザー工学

キーワード：量子エレクトロニクス スピントロニクス 高次高調波 コヒーレント軟X線 アト秒科学

1. 研究開始当初の背景

スピントロニクス関連分野において磁性体スピンダイナミクスを高時間分解能で測定する為、フェムト秒レーザーによる可視光磁気光学効果が広く用いられている。一方で大型放射光を用いた X 線磁気円二色性 (XMCD: X-ray Magnetic Circular Dichroism) 測定は、直接に 3d 軌道への光学遷移を調べることから、元素選択的にスピン・磁気軌道モーメントの定量評価が可能な測定法として可視光磁気光学効果とは相補的な測定方法として発展してきた。近年では、XMCD 測定を X 線顕微技術と組み合わせる事で、磁性材料の化学状態と磁気構造との相関を高空間分解能で観察することも可能になりつつある。しかしながら大型放射光を用いて行う XMCD の時間分解能は、放射光から得られる円偏光軟 X 線の特性からサブナノ秒程度で制限される為、比較的遅い系でのスピンダイナミクス研究にしか適用することができない (図 1)。また大型装置である為、研究室単位での自由な光源利用ができないという問題も抱えている。大型放射光に代わるラボスケールのフェムト秒・軟 X 線磁性プローブ光が開発されれば、磁性体や超伝導体の物質特性を決定する初期電子状態の観察が可能となることから、スピンダイナミクス機構の解明や、その高度な制御手法の開発につながるとして、磁性材料・デバイス研究分野から夢の光源としてその実現が切望され続けている。

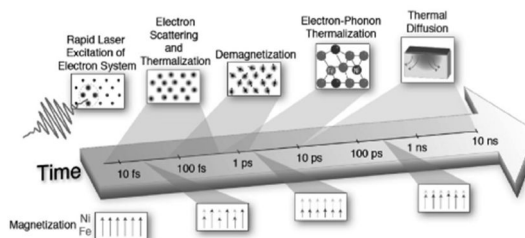


図 1. 磁性体の時間ダイナミクス

2. 研究の目的

磁性材料のスピン・軌道磁気モーメントを定量化する XMCD の測定時間分解能は、磁気プローブ光として使用される軟 X 線のパルス幅により決定され、大型放射光を用いた場合サブナノ秒域で制限されている。本研究では、申請者が独自に開発した高輝度・軟 X 線高次高調波光源を発展させることで円偏光フェムト秒コヒーレント軟 X 線発生を行い、XMCD の時間分解能を三桁以上向上させ、且つ装置の小型化を実現する事を目的とした。研究目的達成のため、二重チャープ光パラメトリック増幅法 (Dual-chirped OPA: DC-OPA) を用いた世界最高出力の超短パルス中赤外レーザーを開発し、それを励起光とした高次高調波発生を基にするラボスケールの軟 X 線磁気プローブ光発生に関する研究に取り組んだ。

3. 研究の方法

研究代表者は、高次高調波発生を用いて XUV 域から軟 X 線域において高輝度短波長光源の開発を行い、アト秒科学や微細イメージング等に应用してきた。特に長波長レーザーを用いた高調波の高効率短波長化を実証し、500 eV 域のコヒーレント軟 X 線の発生に成功している。また高出力の長波長レーザーを実現する方法として、DC-OPA と呼ばれる独自レーザー増幅手法を提案し、波長 1 - 2 ミクロンにおいて高出力レーザー光源の実現している。本研究課題においては、これら申請者が培ってきた長波長レーザー技術、多波長合成技術、短波長高次高調波発生法を融合することで、未踏光源である円偏光フェムト秒コヒーレント軟 X 線光源開発に取り組んだ。下記のその開発項目毎の手法の詳細を示す。

(1) DC-OPA による中赤外域・テラワット級超短パルスレーザーの開発

円偏光レーザーパルスによる高次高調波発生において、位相整合が使用できる中性原子からの円偏光軟 X 線・高次高調波を得るには、中赤外域の励起レーザーが必要となる。一方で、高調波の発生効率も励起レーザー波長の⁻⁵乗に比例するため、如何にして高出力の中赤外パルスを開発するかが実用的円偏光軟 X 線光源を実現する上で重要となる。本課題で開発を行う DC-OPA ベースの中赤外域テラワット級超短パルスレーザーのレイアウトを図 2 に示す。このレーザー装置は Ti:sapphire レーザー装置に OPA 装置が内包されているような構成となっている。フロントエンドのレーザーは 1 kHz の繰り返しをもつ Ti:sapphire レーザー (0.8 μm) であり、そこから 1 kHz のチャープ光とパルス圧縮光 (25 fs) を取り出す。25 fs の光パルスをポンプとして、白色光スタートの OPA 装置により中赤外シード光として、1 - 4 μm (図 2 挿入図) までの光パルスを発生させる。シード光は後段に設置された音響光学素子に入射され、DC-OPA の条件に従い二次分散の付加とスペクトル整形が行われる。フロントエンドレーザーからの非圧縮パルスは後段に設置された 10 Hz 動作のマルチパス増幅により 1 J まで増幅される。この 10 Hz 増幅パルスが DC-OPA のポンプ光として使用される。ポンプ光に対するチャープコントロールには、回折格子対で構成されたパルスストレッチャーを使用している。回折格子間

隔を変化させることで、ポンプ光に付加する分散量と符号を変化させることが可能である。DC-OPA の増幅段は 2 段もしくは 3 段構成となっており、OPA に使用する非線形結晶にあわせてポンプエネルギーの分割比を決定している。DC-OPA から出力された光パルスは、パルスコンプレッサーにより圧縮される。パルス圧縮には発生波長、補償分散量、CEP 安定化の必要性、パルスエネルギーに応じて合成石英プリズムペア、無水石英バルク、CaF₂ バルク、サファイヤバルクのいずれかを選択している。

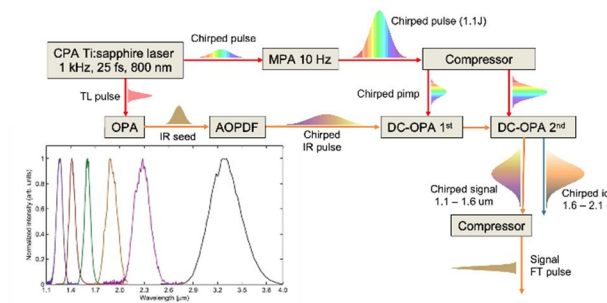


図 2. DC-OPA を用いた中赤外レーザーシステムの概略図

(2) 高次高調波発生による円偏光フェムト秒コヒーレント軟 X 線の発生

中赤外域テラワット級レーザーから出力された光パルスをマッハチンダータイプの干渉計に通し、各腕に $\lambda/2$, $\lambda/4$ 波長板を設置し逆回り円偏光を持つ二つのパルスを生じさせる。逆回り円偏光パルスを長焦点の光学系でターゲットガス集光し、申請者によって実証されている高調波の波長スケールに則し光子エネルギーを増加させる。長焦点光学系を用いて高調波発生断面積を増加させる事で、位相整合におけるターゲットガス圧を劇的に低下させることが可能になることから、従来のような中空ファイバーでサンドイッチした高圧ガスセルを用いる必要がなく、高エネルギーレーザーが高調波媒質に投入可能となる。これまでの予備実験より得られている発生変換効率から、50 mJ 程度の励起レーザーを用いればナノジュール以上の円偏光軟 X 線高調波パルスが得られることが期待できる。一方で、円偏光高調波発生では励起レーザー波長に対する光子エネルギーのスケールが直線偏光の場合と異なることが予想される。そこで励起レーザー波長に対する円偏光高調波の光子エネルギースケールを実験的に確立する実験にも併せて取り組む。得られた高次高調波ビームを軟 X 分光器で測定し、エネルギー保存則及びスピン角運動量保存則に従うような光子エネルギーを持つ高調波が発生しているかを確かめる。

4. 研究成果

(1) (2) に円偏光高調波発生に使用する励起レーザー開発に関する成果、(3) (4) に円偏光フェムト秒コヒーレント軟 X 線の発生研究成果についてまとめる。

(1) MgO:LiNbO₃ Type-I DC-OPA による 3 μm テラワット級超短パルスレーザー

DC-OPA の非線形結晶として MgO:LiNbO₃ Type-I を使用し、3 μm 域の中赤外パルスレーザーを開発した。図 3 (a) に MgO DC-OPA から得られた 3 μm パルスのスペクトルを示した。MgO:LiNbO₃ DC-OPA は 2 段で構成しており、2 段目の DC-OPA 増幅段におけるシードエネルギーは 0.5 μJ (ポジティブチャープ: 4 ps)、ポンプエネルギー 450 mJ (ネガティブチャープ: 4.5 ps)、励起強度 25 GW/cm² としている。DC-OPA 出力として波長 3.3 μm において 30 mJ、さらに差周波成分 (1050 nm) において 85 mJ の光パルスを得ることに成功した。800 nm をポンプとした場合、MgO 結晶では 1.5 - 3.5 μm 域で位相整合が可能であることから、今後サブ 2 サイクルのパルス幅を持つ 3 μm 光源の開発を DC-OPA を用いて行うことを予定している。CaF₂ バルクをパルス圧縮器とした 30 mJ、3.3 μm 光のパルス幅計測結果を図 3(b) に示す。圧縮後のパルス幅は 70 fs でありフーリエ限界パルス幅 (66 fs) に近い時間幅が得られている。パルス圧縮時には、シード光のチャープ量を音響光学素子により 3 次分散まで制御することで分散補償を最適化している。

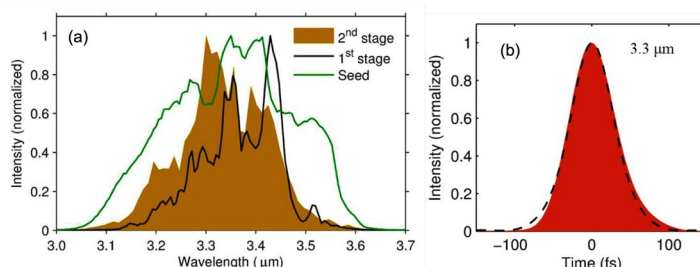


図 3. MgO:LiNbO₃ DC-OPA の(a) 増幅スペクトルと、(b)パルス圧縮後の時間プロファイル

(2) BiB₃O₆ DC-OPA による 1.7 μm, サブ 2 サイクル, 10 テラワット級超短パルスレーザー

DC-OPA の増幅帯域は使用する非線形結晶の位相整合により決定されるため、広い位相整合帯域を持つ結晶を用い、且つ最適なチャープ条件を選ぶことで数サイクルの DC-OPA レーザーを実現することができる。そこで非線形結晶に BiBO (BiB₃O₆) を使用した数サイクル DC-OPA レーザーの開発を行った。数サイクルのパルス幅を実現する為には、オクターブのバンド幅を持つ

シード光を準備する必要がある．そこでフロンエンドレーザーである 1-kHz Ti:sapphire レーザーからの出力パルスをクリプトンガスに集光し自己位相変調 (Self-phase modulation: SPM) によりそのスペクトル幅の広帯域化を行った．SPM により 0.8 μm パルスを波長帯域 0.5 - 1 μm まで広帯域化した後に，分散補償ミラーによりパルス圧縮を行い，次に BiBO Type-II 結晶における自己差周波発生を用いてパッシブに CEP が安定化された広帯域 1.7 μm シード光 (1.2- 2.4 μm) を発生させた．得られた 1.7 μm 広帯域シード光は後段に設置された音響光学素子により DC-OPA に最適化された分散量が付加される．

BiBO DC-OPA は三段増幅により構成されており，増幅非線形媒質には BiBO Type-I 結晶を使用している．DC-OPA の全光学経路が 15 m を超え大気中に含まれる水由来の吸収や分散の影響が顕著となるため，数サイクル DC-OPA の光学経路は窒素を充填した密閉箱の中で構築されている．

図 4 (a) に最終段の DC-OPA からの出力スペクトルを示した．1.2 μm から 2.2 μm までの増幅帯域幅が確保されており，フーリエ限界パルス幅としてサブ 2 サイクルを実現できるスペクトル帯域となっている．得られた 1.7 μm パルスの出力エネルギーは 102 mJ (最終段ポンプエネルギー: 740 mJ, 5 ps) であり，変換効率として約 13 % が得られた．パルス圧縮には大型の無水石英材料 ($\phi = 100$ mm, $L = 150$ mm) を使用し，10.1 fs のパルス幅を実現した (図 4 挿入図)．また CEP 値は 10 Hz の繰り返しレーザーにも関わらず 210 mrad rms の安定度を達成した．

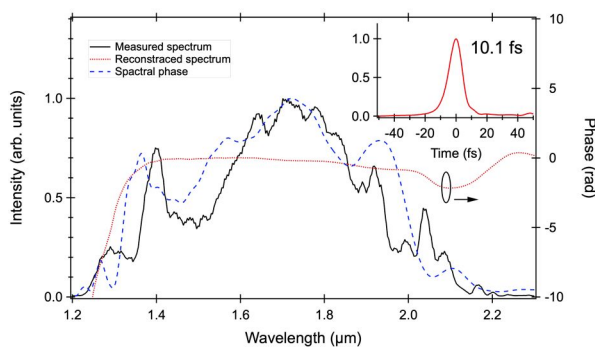


図 4. BiBO DC-OPA の増幅スペクトルと，パルス圧縮後の時間プロファイル

(3) 円偏光フェムト秒コヒーレント軟 X 線の発生

当初の計画では，非共軸集光による円偏光高調波発生を目指したが，実験を行ったところ，逆回りの円偏光高調波ビームが高光子エネルギーになるほど空間的に密接する (空間分離が難しい) ことが判明した．計画段階では分離が可能と予測したが，高調波を高効率に発生する事を優先した集光光学系構築の制限から，最終的に本研究では共軸集光の 2 波長励起レーザーを用いた軟 X 線高調波発生を採用した．図 5 に，2 色の共軸逆回り円偏光基本波によってアルゴンガスから発生した高次高調波のスペクトルを示す．2 色の光パルスには OPA のポンプ光 (800 nm) とシグナル光を使用した．2 色の共軸逆回り円偏光による円偏光高次高調波発生法では，隣り合う次数の位置に左回りと右回りの円偏光高次高調波が発生することが知られており，今回測定されたスペクトルもその特徴を有している．計算から予想されるスペクトル光子エネルギーと実験結果はよく一致しており，カットオフエネルギーとして 55 eV 程度が得られた．またシグナル光の波長を 1320 nm から 1450 nm へとシフトさせることで，発生する円偏光高次高調波の光子エネルギーをシフトさせることが可能であり，この手法を用いることで離散的な高調波スペクトルの光子エネルギー域の補填を行うことが可能である．

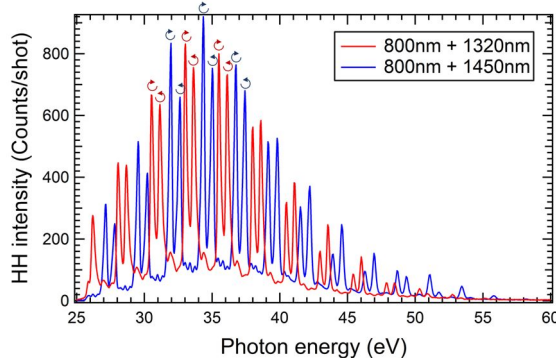


図 5. アルゴンガスからの円偏光高次高調波のスペクトル

次に高調波のカットオフ光子エネルギーの軟 X 線域への拡大を目指し，ターゲットガス種をアルゴンからネオン及びヘリウムに変更して円偏光高調波発生を行った．2 色の基本波のうち 1 色目にはポンプ光 (800 nm) ，2 色目にはシグナル光 (1280 - 1450 nm) またはアイドラ光 (1800 - 1950 nm) を使用した円偏光高次高調波発生を行い，励起レーザー波長に対する円偏光高調波発生光子エネルギーのスケール則の確立を試みた．図 6 に 800 nm と 1450 nm の基本波を使用した際の円偏光高次高調波スペクトルを示したヘリウムを使用した際のカットオフエネルギーは約 180 eV であり，現在の円偏光高調波発生最短波長を更新する事に成功し

た .計算から求められた高次高調波の偏光度は 90 % 程度であり ,高い偏光度を有していることが期待できる .

励起レーザー波長に対する円偏光高調波の光子エネルギーのスケーリング則の実験では ,ポンプ光の波長を 800 nm に固定し ,シグナル光とアイドラ光の波長を変化させることで円偏光高次高調波の波長依存性を調べた .図 7 (a) に円偏光高調波のカットオフ光子エネルギーと 2 色の励起レーザー波長比 $R = \lambda_2 / (\lambda_1 + \lambda_2)$, $\lambda_1 = 800$ nm , $\lambda_2 = 1280, 1350, 1400, 1450, 1800, 1950$ nm , の関係を示した .白点が先行研究の値 ,赤点が本研究で得られたカットオフ光子エネルギー値を示している . $R = 0.5$ の時 ,即ち同色の励起レーザー時は直線偏光の一色の基本波による高次高調波発生に対応している .この結果から ,カットオフ光子エネルギーと励起レーザー波長比は一次関数の関係があることが実験的に示された .図 2 (b) に λ_1 を 1400 nm としたときのカットオフエネルギーの予測値を示した .本考察より , $R > 0.54$ となる時 ,即ち $\lambda_1 = 1400$ nm , λ_2 を 1640 nm より長波長とすることで円偏光高調波発生のカットオフエネルギーが炭素の K 吸収端 (284 eV) を超えることが示された .励起レーザー波長に対する光子エネルギースケーリング則の実験的な確立により ,水の窓域 (> 285 eV) ,および鉄等の強磁性体の L 吸収端 (> 700 eV) をカバーする円偏光高調波を発生するための励起レーザー条件を決定することに成功した .本研究により見いだされた光子エネルギースケーリング則に従いレーザーシステムを開発することで ,XMCD を用いた超高速スピントロニクス研究に利用できる円偏光高次高調波ビームの実現に目処がたった .

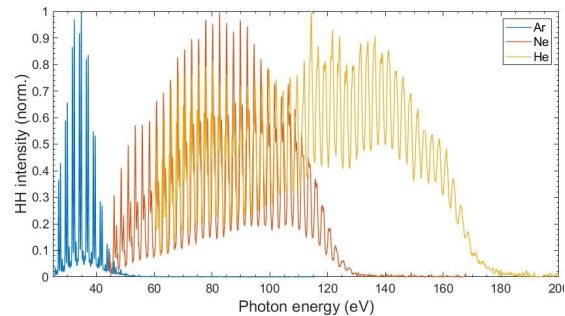


図 6. 800 nm と 1450 nm の基本波を使用した際の円偏光高次高調波スペクトル

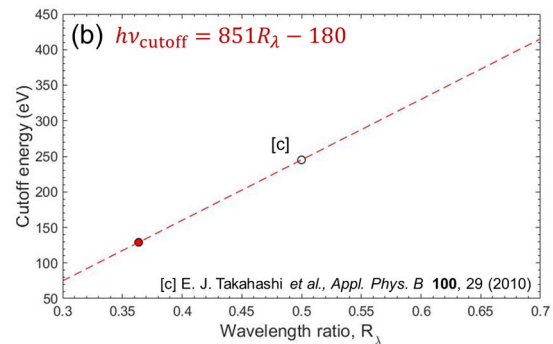
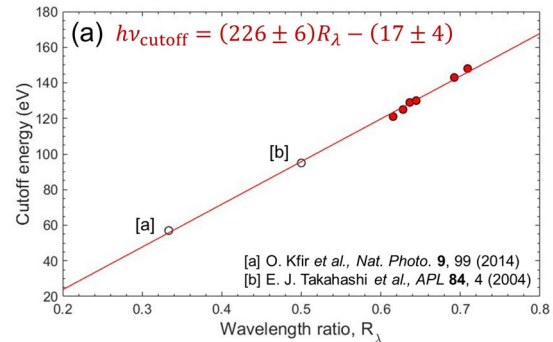


図 7. (a) 2 色の励起レーザー波長の比に対するカットオフエネルギー . $\lambda_1 = 800$ nm (b) $\lambda_1 = 1400$ nm としたときのカットオフエネルギーの予測値

(4) 軟 X 線高次高調波ビームラインの構築

中赤外・超短パルスレーザーシステムにより発生した 200 eV を超える軟 X 線高調波ビームに対して分散がのらない(フェムト秒のパルス幅が保たれる)観測装置を実現するため ,反射光学系のみを用いた高調波利用ビームラインの構築を行った .高調波発生において軟 X 線ビームと強力な励起レーザーが同一光軸上を伝搬するため ,サンプル照射前に二つのビームの空間分離を行う必要がある .そこで軟 X 線多層膜ミラー技術を駆使し ,斜入射光学系において励起レーザーを減衰させつつ ,軟 X 線ビームに対して高い反射率を実現できるダイクロイックミラーを設計・導入した .軟 X 線域で動作する本ダイクロイックミラーにより ,励起光を金属フィルタが導入可能な強度まで十分に減衰できる .さらに ,ダイクロイックミラーを空間的に分割することにより ,軟 X 線ビームを自分割する光学系の構築までを完了した .

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 4件／うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Fu Yuxi, Nishimura Kotaro, Shao Renzhi, Suda Akira, Midorikawa Katsumi, Lan Pengfei, Takahashi Eiji J.	4. 巻 3
2. 論文標題 High efficiency ultrafast water-window harmonic generation for single-shot soft X-ray spectroscopy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Communications Physics	6. 最初と最後の頁 92
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s42005-020-0355-x	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 Xu Lu, Nishimura Kotaro, Suda Akira, Midorikawa Katsumi, Fu Yuxi, Takahashi Eiji J.	4. 巻 28
2. 論文標題 Optimization of a multi-TW few-cycle 17- μm source based on Type-I BBO dual-chirped optical parametric amplification	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 15138 ~ 15138
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1364/oe.392045	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 Nishimura Kotaro, Fu Yuxi, Suda Akira, Midorikawa Katsumi, Takahashi Eiji J.	4. 巻 92
2. 論文標題 Apparatus for generation of nanojoule-class water-window high-order harmonics	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments	6. 最初と最後の頁 063001 ~ 063001
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1063/5.0045342	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 Xue Bing, Tamaru Yuuki, Fu Yuxi, Yuan Hua, Lan Pengfei, Mucke Oliver D., Suda Akira, Midorikawa Katsumi, Takahashi Eiji J.	4. 巻 2021
2. 論文標題 A Custom-Tailored Multi-TW Optical Electric Field for Gigawatt Soft-X-Ray Isolated Attosecond Pulses	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ultrafast Science	6. 最初と最後の頁 1 ~ 13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.34133/2021/9828026	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 Fu Yuxi, Midorikawa Katsumi, Takahashi Eiji J.	4. 巻 8
2. 論文標題 Towards a petawatt-class few-cycle infrared laser system via dual-chirped optical parametric amplification	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 7692
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-25783-0	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 Xue Bing, Midorikawa Katsumi, Takahashi Eiji J.	4. 巻 9
2. 論文標題 Gigawatt-class, tabletop, isolated-attosecond-pulse light source	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Optica	6. 最初と最後の頁 360 ~ 360
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OPTICA.449979	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 Y. Fu, K. Midorikawa, and E. J. Takahashi	4. 巻 25
2. 論文標題 Dual-Chirped Optical Parametric Amplification: A Method for Generating Super-Intense Mid-Infrared Few-Cycle Pulses	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JSTQE.2019.2925720	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 B. Xue, Y. Tamaru, Y. Fu, H. Yuan, P. Lan, O. D. Mueck, A. Suda, K. Midorikawa, and E. J. Takahashi	4. 巻 6
2. 論文標題 Fully stabilized multi-TW optical waveform synthesizer: Toward gigawatt isolated attosecond pulses	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 eaay2802
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.aay2802	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 Yuxi Fu, Hua Yuan, Katsumi Midorikawa, Pengfei Lan and Eiji J. Takahashi	4. 巻 8
2. 論文標題 Towards GW-scale isolated attosecond pulse far beyond carbon K-edge driven by mid-infrared waveform synthesizer	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 2541
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app8122451	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 Yuxi Fu, Bing Xue, Katsumi Midorikawa and Eiji J. Takahashi	4. 巻 112
2. 論文標題 TW-scale mid-infrared pulses near 3.3 μm directly generated by dual-chirped optical parametric amplification	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 241105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5038414	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. Fu, E. J. Takahashi, K. Midorikawa	4. 巻 9
2. 論文標題 Energy Scaling of Infrared Femtosecond Pulses by Dual-Chirped Optical Parametric Amplification	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEEE Photonics Journal	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/jphot.2017.2704096	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 V. H. Trinh, T. Morishita, E. J. Takahashi, K. Midorikawa	4. 巻 220
2. 論文標題 Probing two-electron dynamics of helium in time domain via fluorescence channel	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena	6. 最初と最後の頁 133-136
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.elspec.2017.03.015	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79件（うち招待講演 19件 / うち国際学会 47件）

1. 発表者名 Bing Xue, Yuuki Tamaru, Yuxi Fu, Hua Yuan, Pengfei Lan, Oliver D. Mueck, Akira Suda, Katsumi Midorikawa, Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 Precision control of intense cycle sculpted electric fields by fully stabilized three-channel optical waveform synthesizer
3. 学会等名 2019 Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 Gigawatt soft-x-ray attosecond super-continuum
3. 学会等名 11th The International Conference on Information Optics and Photonics (CIOP2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 Femtosecond soft x ray sources via high-order harmonics for ultrafast MCD measurements
3. 学会等名 第43回日本磁気学会学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋 栄治
2. 発表標題 フルコヒーレント・アト秒軟X線光源の高強度化と展開
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuxi Fu, Katsumi Midorikawa, Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 Millijoule class far-infrared femtosecond laser at 10 μm
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 Lu Xu, Yuxi Fu, Katsumi Midorikawa, Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 Multi-TW sub-3-cycle pulses at 1.7 μm by DC-OPA
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 西村 光太郎, Yuxi Fu, 須田 亮, 緑川 克美, 高橋 栄治
2. 発表標題 ナノジュール級水の窓高次高調波発生と軟 X 線吸収分光 への展開
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 Yuxi Fu, Hua Yuan, Pengfei Lan, and Katsumi Midorikawa, Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 Strong 50-attosecond water window pulses by a midinfrared waveform synthesizer
3. 学会等名 7th International Conference on ATTOSECOND SCIENCE AND TECHNOLOGY (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuxi Fu, Katsumi Midorikawa, Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 High-energy, tunable midinfrared to THz laser generated by dual-chirped difference frequency generation
3. 学会等名 7th International Conference on ATTOSECOND SCIENCE AND TECHNOLOGY (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kotaro Nishimura, Yuxi Fu, Bing Xue, Akira Suda, Katsumi Midorikawa, Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 Nanojoule water window soft x-ray harmonics source
3. 学会等名 7th International Conference on ATTOSECOND SCIENCE AND TECHNOLOGY (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋 栄治
2. 発表標題 二重チャープ光パラメトリック増幅によるテラワット級中赤外レーザーシステムの開発
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第40回年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋 栄治
2. 発表標題 超高速軟X線イメージングを拓く高次高調波光源
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuxi Fu, Kotaro Nishimura, Hua Yuan, Pengfei Lan, Bing Xue, Akira Suda, Katsumi Midorikawa, and Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 Development and applications of TW-class infrared femtosecond laser
3. 学会等名 The 19th Laser Society of Japan and IEE joint seminar (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Bing Xue, Yuuki Tamaru, Yuxi Fu, Hua Yuan, Pengfei Lan, Oliver D. Muecke, Akira Suda, Katsumi Midorikawa, Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 Precision control of intense cycle-sculpted electric fields by fully stabilized three-channel optical waveform synthesizer
3. 学会等名 CLEO 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuxi Fu, Katsumi Midorikawa, and Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 TW-class infrared femtosecond laser source and its applications
3. 学会等名 The 9th Asian Workshop on Generation and Application of Coherent XUV and X-ray Radiation (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Bing Xue, Yuxi Fu, Pengfei Lan, Yuuki Tamaru, Olive D. Mucke, Akira Suda, Katsumi Midorikawa, and Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 Intense soft X-ray super continuum generation with sub-cycle level synthesized electric field
3. 学会等名 The 9th Asian Workshop on Generation and Application of Coherent XUV and X-ray Radiation (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Bing Xue, Yuuki Tamaru, Yuxi Fu, Oliver D. Muecke, Akira Suda, Katsumi Midorikawa, Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 Sub-uJ, 25 eV bandwidth continuum soft X-ray harmonic generated by a TW-scale three-channel waveform synthesizer
3. 学会等名 31st Annual Conference of the IEEE Photonics Society (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Eiji. J. Takahashi, Shin-ichi Masuda, Eisuke Miura
2. 発表標題 Evaluation of efficient laser plasma acceleration driven by a relativistic mid-infrared laser field
3. 学会等名 31st Annual Conference of the IEEE Photonics Society (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuxi Fu, Kotaro Nishimura, Hua Yuan, Pengfei Lan, Akira Suda, Katsumi Midorikawa, and Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 Energy scaling of soft x-ray high harmonics and 'water window' isolated attosecond pulses using a TW infrared femtosecond laser
3. 学会等名 International Symposium on Advanced Photonics: Attosecond Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Eiji. J. Takahashi, Shin-ichi Masuda, Eisuke Miura
2. 発表標題 Efficient laser wakefield acceleration by using mid-infrared pulses
3. 学会等名 CLEO 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 Kotaro Nishimura, Yuxi Fu, Akira Suda, Katsumi Midorikawa, and Eiji J.Takahashi
2 . 発表標題 Energy scaling of soft-x-ray high harmonics driven by a loosely-focused TW-scale mid-infrared pulse
3 . 学会等名 CLEO 2018 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Yuxi Fu, Kotaro Nishimura, Bing Xue, Akira Suda, Katsumi Midorikawa, and Eiji J. Takahashi
2 . 発表標題 Generation of high-energy mid-infrared pulses at 3.3 μm by dual-chirped optical parametric amplification
3 . 学会等名 CLEO 2018 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Kotaro Nishimura, Yuxi Fu, Akira Suda, Katsumi Midorikawa, and Eiji J.Takahashi
2 . 発表標題 Generation of High-flux Soft X-ray High Harmonics Driven by Loosely Focused TW-class Infrared Pulses
3 . 学会等名 The 21st International Conference on Ultrafast Phenomena (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Yuxi Fu, Kotaro Nishimura, Bing Xue, Akira Suda, Katsumi Midorikawa, and Eiji J. Takahashi
2 . 発表標題 Generation of 30-mJ mid-infrared femtosecond pulses at 3.3 μm by a DC-OPA
3 . 学会等名 The 21st International Conference on Ultrafast Phenomena (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 Kotaro Nishimura, Yuxi Fu, Akira Suda, Katsumi Midorikawa, and Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 Phase-matched soft x-ray high-order harmonics driven by loosely focused TW femtosecond infrared pulses
3. 学会等名 The 13th Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kotaro Nishimura, Yuxi Fu, Akira Suda, Katsumi Midorikawa, and Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 Improvement of Conversion Efficiency in Soft X-ray High Harmonic Generation by Using a Loose-Focusing Geometry
3. 学会等名 The 9th Asian Workshop on Generation and Application of Coherent XUV and X-ray Radiation (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuxi Fu, Katsumi Midorikawa and Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 A high-energy mid-infrared to THz laser
3. 学会等名 Frontiers in Optics and Laser Science 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Bing Xue, Yuxi Fu, Kotaro Nishimura, Oliver Mucke, Akira Suda, Katsumi Midorikawa, Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 An intense soft X-ray harmonic super-continuum generated by a three-channel optical waveform synthesizer
3. 学会等名 Frontiers in Optics and Laser Science 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuxi Fu, Hua Yuan, Pengfei Lan, Katsumi Midorikawa, and Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 Towards gigawatt-scale attosecond soft x-ray pulse in the 'water window' region
3. 学会等名 The 11th Asia-Pacific Laser Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 High power mid-infrared laser by DC-OPA
3. 学会等名 The 9th International Symposium on Ultrafast Phenomena and Terahertz Waves (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuxi Fu, H. Yuan, Pengfei Lan, Katsumi Midorikawa and Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 High-energy 50-attosecond 'water window' X-ray driven by a high-energy infrared waveform synthesizer
3. 学会等名 Frontiers in Optics and Laser Science 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西村光太郎、Yuxi Fu、須田亮、緑川克美、高橋栄治
2. 発表標題 赤外レーザーにおける高次高調波エネルギースケールリング
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 Bing Xue, Yuxi Fu, Koutaro Nishimura, Akira Suda, Katsumi Midorikawa, Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 Generating sub-100nJ soft X-ray super continuum at 120-eV region by a fully stabilized three-channel optical waveform synthesizer
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 西村光太郎、Yuxi Fu、須田亮、緑川克美、高橋栄治
2. 発表標題 ルーズフォーカス法を用いた軟X線域高次高調波発生効率の劇的改善
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 Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 Dual-chirped optical parametric amplification: DC-OPA - Towards few hundred mJ infrared pulses -
3. 学会等名 The 8th Asian Workshop on Generation and Application of Coherent XUV and X- ray Radiation (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Bing Xue, Eiji J. Takahashi, Yuxi Fu, Katsumi Midorikawa
2. 発表標題 Stable intense continuum harmonics generation by high-energy three-channel optical waveform synthesizer
3. 学会等名 ATTO 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Eiji J. Takahashi, Yuxi Fu, Bing Xue, Katsumi Midorikawa
2. 発表標題 Future prospects of dual-chirped optical parametric amplification
3. 学会等名 ATTO 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuxi Fu, Eiji J. Takahashi, Bing Xue, Katsumi Midorikawa
2. 発表標題 TW-scale infrared fs laser with 100-mJ-order pulse energy by dual-chirped optical parametric amplification
3. 学会等名 ATTO 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuxi Fu, Eiji J. Takahashi, Bing Xue, Katsumi Midorikawa
2. 発表標題 Generation of a 200-mJ class infrared femtosecond laser by dual-chirped optical parametric amplification
3. 学会等名 CLEO 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Bing Xue, Eiji J. Takahashi, Yuxi Fu, Katsumi Midorikawa
2. 発表標題 Intense attosecond soft x-ray pulse by a high-energy three-channel waveform synthesizer
3. 学会等名 CLEO 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Eiji J. Takahashi, Yuxi Fu, Katsumi Midorikawa
2. 発表標題 235-mJ femtosecond infrared pulse by DC-OPA
3. 学会等名 The European Conference on Lasers and Electro-Optics and the European Quantum Electronics Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Eiji J. Takahashi, Bing Xue, Yuxi Fu, Katsumi Midorikawa
2. 発表標題 High-flux attosecond soft x-ray by a high-energy three-channel waveform synthesizer
3. 学会等名 The European Conference on Lasers and Electro-Optics and the European Quantum Electronics Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Eiji J. Takahashi, Yuxi Fu, Katsumi Midorikawa
2. 発表標題 TW-class infrared femtosecond laser by DC-OPA
3. 学会等名 ICO The 24th Congress of the International Commission for Optics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 High-energy infrared femtosecond pulse for attosecond sciences
3. 学会等名 Ultrafast Optics XI (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuxi Fu, Katsumi Midorikawa, Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 High-energy 3.3-um femtosecond laser pulse by dual-chirped optical parametric amplification
3. 学会等名 Ultrafast Optics XI (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 Generation of TW-scale mid-IR femtosecond pulse using dual-chirped optical parametric amplification
3. 学会等名 SPIE Photonics WEST (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 Few-tens-mJ ultrafast mid-infrared pulse generated by MgO:LiNbO3 dual-chirped optical parametric amplification
3. 学会等名 High-Intensity Sources and High-Field Phenomena (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuxi Fu, Eiji J. Takahashi, Bing Xue Katsumi Midorikawa
2. 発表標題 200 mJ infrared fs laser source by DC-OPA
3. 学会等名 第64回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuxi Fu, 緑川 克美, 高橋 栄治
2. 発表標題 DC-OPA を用いた高強度・超短パルス3.3 umレーザーシステムの開発
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 西村 光太郎, Yuxi Fu, 須田 亮, 緑川 克美, 高橋 栄治
2. 発表標題 TW級1.5 um 赤外レーザーを用いたコヒーレント軟X線発生
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 Bing Xue, Eiji J. Takahashi, Yuxi Fu, Pengfei Lan, Kotaro Nishimura, Akira Suda, Oliver D. Mucke, Franz X. Kertner, and Katsumi Midorikawa
2. 発表標題 3チャンネル光シンセサイザーを用いた高次高調波スーパーコンティニュームの発生及び安定化
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 西村 光太郎, Yuxi Fu, 須田 亮, 緑川 克美, 高橋 栄治
2. 発表標題 長波長レーザー励起における高次高調波エネルギースケール則の実証
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 Y. Fu, H. Yuan, P. Lan, K. Midorikawa, E. J. Takahashi
2. 発表標題 High-flux sub-50 attosecond 'water window' X-ray generation with a DC-OPA waveform synthesizer
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 Yuxi FU, Katsumi MIDORIKAWA, Eiji J. TAKAHASHI
2. 発表標題 High-energy 3.3- μ m femtosecond laser pulse by dual-chirped optical parametric amplification
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 Yuxi FU, Katsumi MIDORIKAWA, Eiji J. TAKAHASHI
2. 発表標題 High-flux sub-50 attosecond 'water window' X-ray generation with a DC-OPA waveform synthesizer
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 西村 光太郎, Yuxi Fu, 須田 亮, 緑川 克美, 高橋 栄治
2. 発表標題 赤外レーザーにおける高次高調波エネルギースケールリング
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 Yuxi Fu, Kataro Nishimura, Bing Xue, Akira Suda, Katsumi Midorikawa, Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 High-energy mid-infrared femtosecond pulses generated by DC-OPA
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 Lu Xu, Bing Xue, Katsumi Midorikawa, and Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 A CEP stable, sub-two-cycle, over 100 mJ IR DC-OPA: Towards a sub-microjoule water window isolated attosecond
3. 学会等名 2022年第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 Lu Xu, Bing Xue, Katsumi Midorikawa, and Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 102 mJ a few-cycle IR laser system based on BiBO dual-chirped optical parametric amplification
3. 学会等名 High-Brightness Sources and Light-Driven Interactions Congress (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Bing Xue, Katsumi Midorikawa, and Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 Realization of compact GW-scale soft x-ray isolated attosecond pulses
3. 学会等名 High-Brightness Sources and Light-Driven Interactions Congress (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 High Efficiency Ultrafast Soft X-Ray Harmonic Generation Which Is a Complementary Partner to Free Electron Lasers
3. 学会等名 High-Brightness Sources and Light-Driven Interactions Congress (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Bing Xue, Katsumi Midorikawa, and Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 1.1-GW 213-as soft-x ray isolated attosecond pulse created by a fully stabilized 50-mJ three-channel optical waveform synthesizer
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第42回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西村 光太郎, Xue Bing, 須田 亮, 緑川 克美, 高橋 栄治
2. 発表標題 長波長基本波による円偏光高次高調波の短波長化
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第42回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Lu Xu, Katsumi Midorikawa, Nobuhisa Ishii, Jiro Itatani, and Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 52 mJ CEP-stable sub-2-cycle 1.7um laser based on DC-OPA
3. 学会等名 IEEE Photonics Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西村 光太郎, Xue Bing, 須田 亮, 緑川 克美, 高橋 栄治
2. 発表標題 コヒーレント軟X線円偏光高次高調波光源の開発
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Bing Xue, Katsumi Midorikawa, and Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 1.1-GW 213-as soft-x ray isolated attosecond pulse created by a fully stabilized 50-mJ three-channel optical waveform synthesizer
3. 学会等名 CLEO US 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋 栄治
2. 発表標題 高出力軟 X 線アト秒高次高調波光源の現状と展開
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 B. Xue, H. Mashiko, K. Oguri, K. Midorikawa, and E. J. Takahashi
2. 発表標題 GW-scale 216-as soft-x ray isolated attosecond pulse created by a fully stabilized 50-mJ three-channel optical waveform synthesizer
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西村 光太郎、 X. Bing、 須田 亮、 緑川 克美、 高橋 栄治
2. 発表標題 円偏光高次高調波発生における励起レーザー波長依存性
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第41回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 L. Xu、 N. Ishii、 K. Midorikawa、 E. J. Takahashi
2. 発表標題 Multi-TW、 CEP-stable、 a few-cycle 1.6 um pulse from BiBO dual-chirped optical parametric amplification
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第41回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋栄治
2. 発表標題 高強度アト秒パルス発生用光シンセサイザーの開発
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第41回年次大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuxi Fu、 西村光太郎、 Renzhi Shao、 須田亮、 緑川克美、 Pegfei Lan、 高橋栄治
2. 発表標題 サブkeV 高次高調波の高強度化
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第41回年次大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 L. Xu, K. Nishimura, A. Suda, K. Midorikawa, Y. Fu, and E. J. Takahashi
2. 発表標題 2.2 TW few-cycle intense pulses at 1.7 um based on a BBO dual-chirped optical parametric amplification
3. 学会等名 High-brightness Sources and Light-driven Interactions Congress 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Nishimura, L. Xu, A. Suda, K. Midorikawa, Yuxi Fu, and E. J. Takahashi
2. 発表標題 Demonstration of a Nano-Joule Class Water Window High Harmonic Light Source
3. 学会等名 High-brightness Sources and Light-driven Interactions Congress 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 High-energy mid-infrared femtosecond pulses for attosecond science
3. 学会等名 The 22nd international conference on ultrafast phenomena 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Eiji J. Takahashi
2. 発表標題 Multi-TW optical waveform synthesizer for gigawatt soft-x-ray isolated attosecond pulses
3. 学会等名 CLEO/PR 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Nishimura, L. Xu, A. Suda, K. Midorikawa, Y. Fu, E. J. Takahashi
2. 発表標題 A Robust Scaling up Method of Output Energy and Photon Energy on High-Order Harmonic Generation: towards Sub- μ J Water Window Soft X-Rays
3. 学会等名 CLEO US 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 L. Xu, K. Nishimura, A. Suda, K. Midorikawa, and E. J. Takahashi
2. 発表標題 Octave-spanning 1.7 μ m dual-chirped optical parametric amplification by the dual pumping
3. 学会等名 CLEO US 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 E. J. Takahashi
2. 発表標題 Dual-chirped optical parametric amplification for energy scaling of near-IR, mid-IR, and far-IR pulses
3. 学会等名 CLEO US 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020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	豊田 光紀 (Toyoda Mitsunori) (40375168)	東京工芸大学・工学部・准教授 (32708)	

6. 研究組織（つづき）

	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	菊池 伸明 (Kikuchi Nobuaki) (80436170)	東北大学・多元物質科学研究所・助教 (11301)	

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			
ドイツ	Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY			
中国	HUST			