

令和 4 年 6 月 6 日現在

機関番号：82118

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2017～2021

課題番号：17H06141

研究課題名(和文)フェムト秒時間分解X線溶液散乱による分子構造の超高速ダイナミクスの直接観測

研究課題名(英文) Visualizing ultrafast dynamics of molecular structure with femtosecond X-ray solution scattering

研究代表者

足立 伸一 (Adachi, Shin-ichi)

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・その他・理事

研究者番号：60260220

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 134,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、フェムト秒時間分解X線溶液散乱の計測手法を高度化することにより、溶液中の分子構造の超高速ダイナミクスを直接観測することを目的とした。この目的に沿って、計測の時間分解能100フェムト秒以下を実現し、光励起直後から1ピコ秒の間に、金錯体三量体の分子構造が時々刻々と振動しながら変化してゆく時間発展の様子を逐一追跡することに成功した。また、これに並行して、時間分解X線計測法を溶液X線散乱のみならず、X線分光やX線結晶回折など多方面に展開した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、溶液光反応の初期過程における1ピコ秒以下の分子構造の変化を100フェムト秒以下の時間精度で直接観測することに成功した。このような研究成果は、この研究分野における世界的な研究潮流の最先端を行くものであり、極めてオリジナリティーの高い研究成果である。また、本研究手法は、実用的な人工光合成系の実現や、有機薄膜太陽電池の高効率化など、光化学分野でのイノベーションに向けた課題解決のための実験手法としても重要である。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to directly observe the ultrafast dynamics of molecular structures in solution by advanced femtosecond time-resolved X-ray solution scattering technique. In line with this objective, we have achieved a temporal resolution of less than 100 femtoseconds and succeeded in tracing the time evolution of the molecular structure of a gold complex trimer as it changes from moment to moment in the period of one picosecond immediately after photoexcitation. In parallel with this, we have developed time-resolved X-ray measurement methods not only for solution X-ray scattering but also for X-ray spectroscopy and X-ray diffraction.

研究分野：物理化学

キーワード：X線 自由電子レーザー 反応ダイナミクス 時間分解

## 1. 研究開始当初の背景

近年、フェムト秒オーダーの極短パルス幅を有する X 線を発生させる X 線自由電子レーザー (X-ray Free Electron Laser, XFEL) が日本、米国を始めとする世界各地で建設され、一般ユーザーによる利用を開始したことから、X 線領域での短パルス特性や干渉性を活かした先端研究が急速に発展している。特に日本国内では、兵庫県の SPring-8 サイトに建設された XFEL 施設 SACLA (SPring-8 Angstrom Compact Free Electron Laser) の利用が開始され、我々を含めて、国内外のユーザーによる先端的な利用研究が急速に進展している。本研究課題では、XFEL 施設 SACLA のフェムト秒極短パルス X 線を活用して、液相の超高速化学反応におけるコヒーレントな分子振動を分子構造の変化として X 線散乱法により直接観測することを目指し、研究を実施した。

我々は、2003 年より、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) の電子蓄積リング PF-AR を利用してピコ秒オーダーの時間分解 X 線溶液散乱計測のためのビームライン整備を進め、ヨウ化物イオンや二量体ヘモグロビンなど、無機化合物から高分子まで幅広い分子量を持つ分子の溶液構造の時間変化をピコ秒～ナノ秒の時間オーダーで計測することに成功してきた。我々はこれらの成果を基盤として、より高速な液相化学反応の素過程を計測することを目指して、2012 年より、SACLA を利用したピコ秒時間分解 X 線溶液散乱計測を開始し、ヨウ化物イオンやシアノ金錯体などの無機化合物の溶液を中心に実験を行った。その結果、シアノ金錯体 ( $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ ) の三量体を試料とする系において、光励起後に金原子間に結合が形成する過程を時間分解能 0.5 ピコ秒で観測することに世界で初めて成功した [Kim, Kim, Nozawa, Sato, Ihee, Adachi *et al.*, *Nature*, **518**, 385 (2015)]。このシアノ金錯体のフェムト秒時間分解 X 線溶液散乱の研究成果が、本研究課題の全体構想の出発点となっている。

## 2. 研究の目的

これまでの研究代表者らの装置開発と利用研究の成果を踏まえ、ピコ秒時間分解 X 線溶液散乱計測手法をさらに進展させるためには、本研究課題において、以下の 2 つの課題を解決する必要がある。

- 計測の時間分解能：100 フェムト秒以下への改善
- 計測試料の適用範囲の拡大

時間分解能の改善については、当初の時間分解 X 線溶液散乱計測の時間分解能の下限 (約 0.5 ピコ秒) をさらに向上させ、100 フェムト秒以下の時間分解能の実現を目指した。これにより、液相光化学反応の超高速な初期過程におけるコヒーレントな分子構造の変化 (原子間距離の時間変化) の直接観測を実現することを第 1 の目的とした。また、計測試料の適用範囲の拡大については、シアノ金錯体のフェムト秒時間分解 X 線溶液散乱で実現した計測をさらに広い測定対象に適用することを第 2 の目的とした。特に、金属錯体による光触媒反応の光励起初期過程における活性中心付近の構造変化をターゲットとし、光触媒反応の励起ダイナミクスの詳細に迫ることを目指した。

## 3. 研究の方法

本研究課題の第 1 の研究目的である「100 フェムト秒以下の時間分解能」を実現するためには、X 線領域で 10 フェムト秒以下のパルス光源特性を有する SACLA と紫外可視域のフェムト秒パルスレーザーと組み合わせ、「ショットごとに時間ジッターを独立に計測する測定」を実装する必要がある。この計測法は SACLA 施設側で開発が行われ、研究協力者の片山がこの装置機能の実装を担当した。韓国 KAIST の Ihee は、研究代表者らと長年の共同研究関係にあり、世界の時間分解 X 線計測分野を牽引する世界的な権威である。本研究課題では、主に 100 フェムト秒以下の時間分解能の時間分解 X 線計測とデータ解析を担当し、成果の創出において相互協力を行

った。また、本研究課題の2番目の研究目的である「計測試料の適用範囲の拡大」については、本研究課題で整備される時間分解能 100 フェムト秒以下の時間分解 X 線計測システムを幅広く応用展開するために、研究メンバーが相互に連携しながら試料と測定手法の両面から適用範囲の拡大に取り組んだ。参加メンバーのそれぞれが得意とする試料と測定手法があり、光触媒活性を有する金属錯体、光誘起相転移を示す金属酸化物薄膜や有機薄膜など、様々な試料に対して時間分解 X 線計測の適用を試みた。特に近年のグリーンイノベーションを志向する研究分野においては、光触媒活性の高効率化による実用的な人工光合成系の実現や、有機薄膜太陽電池の高効率化に向けた取り組みなど、光化学分野でのイノベーションニーズが高まっている。そのような新しい試料系への取り組みは、基礎科学の分野だけでなく、社会のニーズとしても重要である。金属錯体を研究対象とする場合、金属原子の内殻吸収のエネルギーはちょうど 5-30 keV 程度の X 線領域にあるため、X 線吸収分光法を用いた時間分解計測が有効な測定手法となる。本研究課題では、X 線吸収分光計測を得意とする野澤、片山らが中心となって、100 フェムト秒以下の時間分解能での時間分解 X 線吸収分光計測を実施し研究成果を創出した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 計測の時間分解能 100 フェムト秒以下への改善

まず本研究課題の第1の研究目的である「計測の時間分解能：100 フェムト秒以下への改善」について記述する。平成29年度に、研究代表者らが開発してきたピコ秒時間分解 X 線溶液散乱計測システムに対して、研究協力者の片山らが SACLA で開発した「ショットごとの時間ジッターの独立な計測システム（アライバル・タイミング・モニターシステム）」を導入した。また同時に、新規の高速読み出し型 X 線検出器の導入によって、ショットごとの X 線散乱データの独立な測定（30Hz 読み出し）が実現した。本計測システムの時間分解能については、論文[Katayama *et al.*, *Nature Comm.*, **10**, 3606 (2019)]にて報告している。計測システムの立ち上がり信号の時間形状から求められる装置関数を、ガウス関数でフィットした際の半値全幅から、計測の時間分解能を 70 フェムト秒と評価した。

##### (2) 時間分解 X 線溶液散乱計測とデータ解析

平成29年度中に上記の装置整備を完了し、実際にアライバル・タイミング解析を加味した計測を開始した。研究代表者らが平成27年に発表した、シアノ金錯体 ( $\text{Au}(\text{CN})_2$ ) を試料とする時間分解 X 線溶液散乱実験の論文では、溶液中の金錯体の三量体の光励起後に金原子間に結合

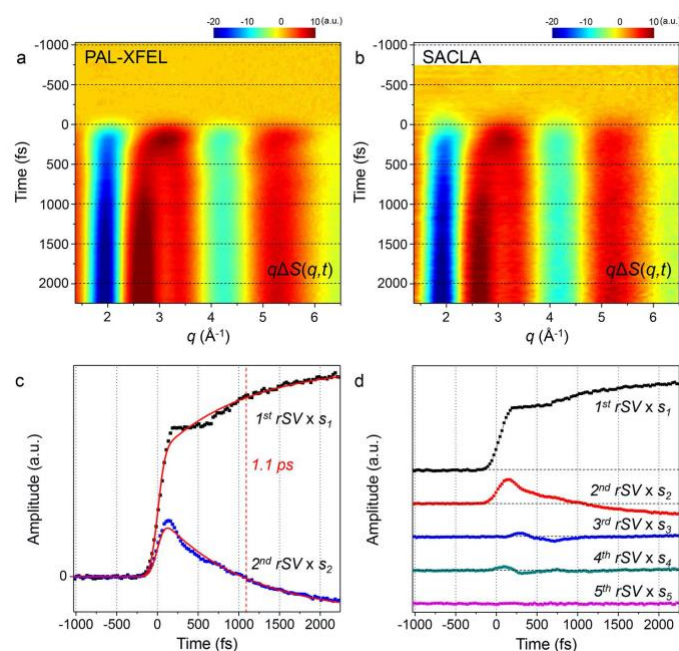


図1. 時間分解 X 線溶液散乱の生データ(a)(b)と、特異値分解(SVD)による解析後の主成分のデータ(c)(d)

が形成する過程を、時間分解能 500 フェムト秒で観測したことを報告した [Kim, Kim, Nozawa, Sato, Ihee, Adachi *et al.*, *Nature*, **518**, 385 (2015)]。しかしながらこの論文では、レーザー励起直後から 1 ピコ秒の間に光励起初期過程の構造変化に由来するコヒーレントな振動の兆候が見られたものの、励起直後から 1 ピコ秒までに起こるイベントをより高い時間分解能で詳細に解析するに足る実験データが得られていなかった。そこで、平成 29 年より、本研究課題において、上記の時間分解 X 線溶液散乱計測システムを用いることにより、同じシアノ金錯体溶液を試料として、液相光化学反応の超高速初期過程の直接観測を試みた。まず光励起初期過程の時間分解 X 線溶液散乱データにおいて、図 2(c)と(d)に示すように、レーザー励起直後から 1 ピコ秒の間に、散乱強度が時間的に振動する成分が明瞭に観測された。このことは、上記の時間分解能の改善が、我々の当初の思惑通りに効果を発揮したことによる実験成果であるといえる。図 2(a)は韓国の PAL-XFEL、(b)は SACLA でそれぞれ測定した X 線散乱データである。どちらの施設においても同様な測定データが得られており、PAL-XFEL の測定の方が、SACLA の場合よりもやや時間分解能の高い測定データとなっている。本研究課題の成果は、令和 2 年の中間評価の時点で論文投稿中であったが、2020 年に *Nature* 誌に受理された [Kim, Nozawa, Katayama, Adachi, Ihee *et al.* *Nature* **582**, 520 (2020)]。この論文では、溶液光反応の 1 ピコ秒以下の初期過程における分子構造の変化を 100 フェムト秒以下の時間精度で X 線計測により直接観測することに成功したことを報告した。このような研究例はこれまでに世界的にも例がなく、極めてオリジナリティーの高い研究成果であると自負している。

### (3) 計測試料の適用範囲の拡大

次に、本研究課題の第 2 の研究目的である「計測可能な試料の適用範囲の拡大」について記述する。試料および計測法の両面から、アライバル・タイミング解析を加味した時間分解計測の適用範囲の拡大に向けた取り組みを行った。試料については、光触媒活性を有する金属錯体、光誘起相転移を示す金属酸化物薄膜や有機薄膜など、様々な試料に対して時間分解 X 線計測の適用を試みた。特に近年のグリーンイノベーションを志向する研究分野においては、光触媒活性の高効率化による実用的な人工光合成系の実現や、有機薄膜太陽電池の高効率化に向けた取り組みなど、光化学分野でのイノベーションニーズが高まっているが、その一方で、その基盤を支えるべき反応機構解明のための基礎的な技術開発が必要とされている。そのような新しい試料系への取り組みは、基礎科学の分野だけでなく、社会のニーズとしても重要である。金属錯体を研究対象とする場合、金属原子の内殻吸収のエネルギーはちょうど 5-30 keV 程度の X 線領域にあるため、X 線吸収分光法を用いた時間分解計測が有効な測定手法となることが期待されている。本研究課題では、その一例として銅 1 価フェナントロリン錯体の光励起後の構造変化と分子振動の計測を試み、Cu-K 吸収端での X 線吸収分光スペクトルの解析から、光励起直後の電子移動 (MLCT) に伴う錯体構造のヤーン・テラー歪みと分子振動を明らかにした [Katayama *et al.*, *Nature Comm.*, **10**, 3606 (2019)]。このような時間分解 X 線計測の応用展開を目指した検討を、他の試料や計測法についても積極的に進めた。

以上のように、当初の目的としていた、計測の時間分解能 100 フェムト秒以下の実現と、それを活かした時間分解溶液散乱計測への適用、液相光化学反応の超高速初期過程におけるコヒーレントな分子構造の変化（原子間距離の時間変化）の直接観測の実現、時間分解 X 線計測試料の適用範囲のさらなる拡大という本課題の研究目標に対して、令和 2 年度中までに、ほぼ全目標を達成したため、令和 3 年度から始まる次期課題への取り組みに向けて、最終年度前年度応募を行った。令和 3 年度からは、新たに特別推進研究に採択され、時間分解 X 線溶液散乱法の適用範囲を軽元素のみから構成される分子群にも拡大することを目的とした研究課題に取り組んでいる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計66件（うち査読付論文 66件 / うち国際共著 34件 / うちオープンアクセス 18件）

1. 著者名 Watanabe Kenta, Iwashina Katsuya, Iwase Akihiko, Nozawa Shunsuke, Adachi Shin-ichi, Kudo Akihiko	4. 巻 32
2. 論文標題 New Visible-Light-Driven H <sub>2</sub> - and O <sub>2</sub> -Evolving Photocatalysts Developed by Ag(I) and Cu(I) Ion Exchange of Various Layered and Tunneling Metal Oxides Using Molten Salts Treatments	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry of Materials	6. 最初と最後の頁 10524 ~ 10537
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.chemmater.0c03461	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 Sasaki Norihiko, Mabesoone Mathijs F. J., Kikkawa Jun, Fukui Tomoya, Shioya Nobutaka, Shimoaka Takafumi, Hasegawa Takeshi, Takagi Hideaki, Haruki Rie, Shimizu Nobutaka, Adachi Shin-ichi, Meijer E. W., Takeuchi Masayuki, Sugiyasu Kazunori	4. 巻 11
2. 論文標題 Supramolecular double-stranded Archimedean spirals and concentric toroids	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 3578
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-020-17356-5	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 Aratsu Keisuke, Shimizu Nobutaka, Takagi Hideaki, Haruki Rie, Adachi Shin-ichi, Yagai Shiki	4. 巻 49
2. 論文標題 Effect of Solvent on the Thermodynamic Stability of Toroidal Supramolecular Polymers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 178 ~ 181
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.190789	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 Kim Jong Goo, Nozawa Shunsuke, Ichiyonagi Kouhei, Fukaya Ryo, Lee Jae Hyuk, Katayama Tetsuo, Togashi Tadashi, Owada Sigeki, Yabashi Makina, Adachi Shin-ichi, Ihee Hyotcherl他	4. 巻 582
2. 論文標題 Mapping the emergence of molecular vibrations mediating bond formation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 520 ~ 524
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-020-2417-3	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 Chang Jaewon, Baek Yonugseok, Lee Injee, Sekiguchi Hiroshi, Ichianagi Kouhei, Mio Kazuhiro, Nozawa Shunsuke, Fukaya Ryo, Adachi Shin-ichi, Kuramochi Masahiro, Sasaki Yuji C.	4. 巻 556
2. 論文標題 Diffracted X-ray blinking measurements of interleukin 15 receptors in the inner/outer membrane of living NK cells	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biochemical and Biophysical Research Communications	6. 最初と最後の頁 53 ~ 58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2021.03.144	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 Uemura Yohei, Yokoyama Toshihiko, Katayama Tetsuo, Nozawa Shunsuke, Asakura Kiyotaka	4. 巻 10
2. 論文標題 Tracking the Local Structure Change during the Photoabsorption Processes of Photocatalysts by the Ultrafast Pump-Probe XAFS Method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 7818 ~ 7818
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app10217818	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 Kanazawa Tomoki, Yamaguchi Ryusei, Uchiyama Tomoki, Lu Daling, Nozawa Shunsuke, Uchimoto Yoshiharu, Maeda Kazuhiko	4. 巻 4
2. 論文標題 Structure Activity Relationship in a Cobalt Aluminate Nanoparticle Cocatalyst with a Graphitic Carbon Nitride Photocatalyst for Visible Light Water Oxidation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ChemPhotoChem	6. 最初と最後の頁 5175 ~ 5180
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cptc.202000086	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 Takagi Sota, Kyono Atsushi, Nozawa Shunsuke, Kawai Nobuaki, Inukai Koji, Fukaya Ryo, Funamori Nobumasa, Adachi Shin-ichi, Ichianagi Kouhei	4. 巻 47
2. 論文標題 In Situ Observation of the Phase Transition Behavior of Shocked Baddeleyite	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	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) 10.1029/2020GL089592	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 Mio Kazuhiro, Ishihara Masaki, Fujimura Shoko, Sasaki Daisuke, Nozawa Shunsuke, Ichianagi Kouhei, Fukaya Ryo, Adachi Shin-ichi, Kuramochi Masahiro, Sekiguchi Hiroshi, Kubo Tai, Sasaki Yuji C.	4. 巻 529
2. 論文標題 X-ray-based living-cell motion analysis of individual serotonin receptors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biochemical and Biophysical Research Communications	6. 最初と最後の頁 306 ~ 313
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2020.05.200	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 Sato Kosuke, Yamanaka Ken-ichi, Nozawa Shunsuke, Fukuzawa Hironobu, Katayama Tetsuo, Morikawa Takeshi, Nonaka Takamasa, Dohmae Kazuhiko, Ueda Kiyoshi, Yabashi Makina, Asahi Ryoji	4. 巻 59
2. 論文標題 Charge Trapping Process in Photoexcited Nitrogen-Doped Titanium Oxides	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 10439 ~ 10449
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.0c00696	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 Kanazawa Tomoki, Kato Kosaku, Yamaguchi Ryusei, Uchiyama Tomoki, Lu Daling, Nozawa Shunsuke, Yamakata Akira, Uchimoto Yoshiharu, Maeda Kazuhiko	4. 巻 10
2. 論文標題 Cobalt Aluminate Spinel as a Cocatalyst for Photocatalytic Oxidation of Water: Significant Hole-Trapping Effect	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Catalysis	6. 最初と最後の頁 4960 ~ 4966
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.0c00944	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 Takagi Sota, Ichianagi Kouhei, Kyono Atsushi, Nozawa Shunsuke, Kawai Nobuaki, Fukaya Ryo, Funamori Nobumasa, Adachi Shin-ichi	4. 巻 27
2. 論文標題 Development of shock-dynamics study with synchrotron-based time-resolved X-ray diffraction using an Nd:glass laser system	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Synchrotron Radiation	6. 最初と最後の頁 371 ~ 377
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1107/S1600577519016084	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 Kanazawa Tomoki, Eguchi Miharuru, Nozawa Shunsuke, Maeda Kazuhiko	4. 巻 93
2. 論文標題 Improved Electrochemical Water Oxidation over Chromium-Substituted Cobalt Aluminate Spinels	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 13 ~ 19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20190272	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 Kim Hanui, Kim Jong Goo, Kim Tae Wu, Lee Sang Jin, Nozawa Shunsuke, Adachi Shin-ichi, Yoon Kihwan, Kim Joonghan, Ihee Hyotcherl	4. 巻 12
2. 論文標題 Ultrafast structural dynamics of in-cage isomerization of diiodomethane in solution	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 2114 ~ 2120
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0SC05108J	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 Kinschel Dominik, Katayama Tetsuo, Yabashi Makina, Suzuki Toshinori, Misawa Kazuhiko, Chergui Majed他	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 Communications	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 Togashi Tadashi, Owada Shigeki, Kubota Yuya, Sueda Keiichi, Katayama Tetsuo, Tomizawa Hiromitsu, Yabuuchi Toshinori, Tono Kensuke, Yabashi Makina	4. 巻 10
2. 論文標題 Femtosecond Optical Laser System with Spatiotemporal Stabilization for Pump-Probe Experiments at SACLA	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 7934 ~ 7934
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app10217934	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 Panman Matthijs R., Katayama Tetsuo, Owada Shigeki, Hub Jochen S., Westenhoff Sebastian他	4. 巻 125
2. 論文標題 Observing the Structural Evolution in the Photodissociation of Diiodomethane with Femtosecond Solution X-Ray Scattering	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 226001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.125.226001	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 Kim Kyung Hwan, Katayama Tetsuo, Nilsson Anders, Perakis Fivos他	4. 巻 125
2. 論文標題 Anisotropic X-Ray Scattering of Transiently Oriented Water	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 76002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.125.076002	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 Stan Claudiu Andrei, Motomura Koji, Blaj Gabriel, Kumagai Yoshiaki, Li Yiwen, You Daehyun, Ono Taishi, Kalita Armin, Togashi Tadashi, Owada Shigeki, Tono Kensuke, Yabashi Makina, Katayama Tetsuo, Ueda Kiyoshi	4. 巻 10
2. 論文標題 The Magnitude and Waveform of Shock Waves Induced by X-ray Lasers in Water	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 1497 ~ 1497
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app10041497	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 Lehmkhler Felix, Hankiewicz Birgit, Schroer Martin A., Moller Leonard, Ruta Beatrice, Sheyfer Dina, Sprung Michael, Tono Kensuke, Katayama Tetsuo, Yabashi Makina, Ishikawa Tetsuya, Gutt Christian, Grebel Gerhard	4. 巻 6
2. 論文標題 Slowing down of dynamics and orientational order preceding crystallization in hard-sphere systems	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 eabc5916
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.abc5916	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 Niwa Yasuhiro, Takahashi Kei, Ichiyonagi Kouhei, Kimura Masao	4. 巻 62
2. 論文標題 Time-Resolved Observation of Phase Transformation in Fe <sub>2</sub> C System during Cooling via X-ray Absorption Spectroscopy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 155 ~ 160
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-M2020301	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 Matsuhashi Chihiro, Ueno Takuya, Uekusa Hidehiro, Sato-Tomita Ayana, Ichiyonagi Kouhei, Maki Shojiro, Hirano Takashi	4. 巻 56
2. 論文標題 Isomeric difference in the crystalline-state chemiluminescence property of an adamantylideneadamantane 1,2-dioxetane with a phthalimide chromophore	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 3369 ~ 3372
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9CC10012A	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 Shibayama Naoya, Sato-Tomita Ayana, Ohki Mio, Ichiyonagi Kouhei, Park Sam-Yong	4. 巻 117
2. 論文標題 Direct observation of ligand migration within human hemoglobin at work	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	6. 最初と最後の頁 4741 ~ 4748
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1073/pnas.1913663117	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 Fukaya Ryo, Yamaya Nao, Ishikawa Tadahiko, Koshihara Shin-ya, Okimoto Yoichi, Onda Ken, Isayama Akira, Sasagawa Takao, Horigane Kazumasa	4. 巻 22
2. 論文標題 Picosecond dynamics in layered cobalt perovskites studied by time-resolved Raman spectroscopy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Comptes Rendus. Physique	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) 10.5802/crphys.35	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 Koide Akihiro, Uemura Yohei, Kido Daiki, Wakisaka Yuki, Takakusagi Satoru, Ohtani Bunsho, Niwa Yasuhiro, Nozawa Shunsuke, Ichiyonagi Kohei, Fukaya Ryo, Adachi Shin-ichi, Katayama Tetsuo, Togashi Tadashi, Owada Shigeki, Yabashi Makina, Yamamoto Yusaku, Katayama Misaki, 他3名	4. 巻 22
2. 論文標題 Photoinduced anisotropic distortion as the electron trapping site of tungsten trioxide by ultrafast W L1-edge X-ray absorption spectroscopy with full potential multiple scattering calculations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 2615 ~ 2621
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9CP01332F	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 Aratsu Keisuke, Takeya Rika, Paw Brian R., Hollamby Martin J., Kitamoto Yuichi, Shimizu Nobutaka, Takagi Hideaki, Haruki Rie, Adachi Shin-ichi, Yagai Shiki	4. 巻 11
2. 論文標題 Supramolecular copolymerization driven by integrative self-sorting of hydrogen-bonded rosettes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 1623
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-020-15422-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Katayama Tetsuo, Northey Thomas, Gawelda Wojciech, Milne Christopher J., Vanko Gyorgy, Lima Frederico A., Bohinc Rok, Nemeth Zoltan, Nozawa Shunsuke, Sato Tokushi, Khakhulin Dmitry, Sziachetko Jakub, Togashi Tadashi, Owada Shigeki, Adachi Shin-ichi, Bressler Christian, Yabashi Makina, Penfold Thomas J.	4. 巻 10
2. 論文標題 Tracking multiple components of a nuclear wavepacket in photoexcited Cu(I)-phenanthroline complex using ultrafast X-ray spectroscopy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 3606
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-019-11499-w	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 Ichiyonagi Kouhei, Takagi Sota, Kawai Nobuaki, Fukaya Ryo, Nozawa Shunsuke, Nakamura Kazutaka G., Liss Klaus-Dieter, Kimura Masao, Adachi Shin-ichi	4. 巻 9
2. 論文標題 Microstructural deformation process of shock-compressed polycrystalline aluminum	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 7604
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-43876-2	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 Kitamoto Yuichi, Pan Ziyang, Prabhu Deepak D., Isobe Atsushi, Ohba Tomonori, Shimizu Nobutaka, Takagi Hideaki, Haruki Rie, Adachi Shin-ichi, Yagai Shiki	4. 巻 10
2. 論文標題 One-shot preparation of topologically chimeric nanofibers via a gradient supramolecular copolymerization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 4578
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-019-12654-z	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 Ishizuka Tomoya, Kogawa Taichi, Makino Misaki, Shiota Yoshihito, Ohara Kazuaki, Kotani Hiroaki, Nozawa Shunsuke, Adachi Shin-ichi, Yamaguchi Kentaro, Yoshizawa Kazunari, Kojima Takahiko	4. 巻 58
2. 論文標題 Formation of a Ruthenium(V)-Imido Complex and the Reactivity in Substrate Oxidation in Water through the Nitrogen Non-Rebound Mechanism	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 12815 ~ 12824
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.9b01781	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 Suzuki Atsuhito, Aratsu Keisuke, Datta Sougata, Shimizu Nobutaka, Takagi Hideaki, Haruki Rie, Adachi Shin-ichi, Hollamby Martin, Silly Fabien, Yagai Shiki	4. 巻 141
2. 論文標題 Topological Impact on the Kinetic Stability of Supramolecular Polymers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 13196 ~ 13202
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b06029	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 Fukuzawa Hironobu, Takanashi Tsukasa, Kukk Edwin, Katayama Tetsuo, 他50名	4. 巻 10
2. 論文標題 Real-time observation of X-ray-induced intramolecular and interatomic electronic decay in CH2I2	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 2186
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-019-10060-z	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 Kubli Martin, Savoini Matteo, Abreu Elsa, Katayama Tetsuo, 他20名	4. 巻 9
2. 論文標題 Kinetics of a Phonon-Mediated Laser-Driven Structural Phase Transition in Sn2P2Se6	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 525 ~ 525
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app9030525	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 Nishiyama Toshiyuki, Kumagai Yoshiaki, Niozu Akinobu, Katayama Tetsuo, 他30名	4. 巻 123
2. 論文標題 Ultrafast Structural Dynamics of Nanoparticles in Intense Laser Fields	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 123201
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.123.123201	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 Hull C., Raj S., Lam R., Katayama T., Pascal T., Drisdell W.S., Saykally R., Schwartz C.P.	4. 巻 736
2. 論文標題 Early time dynamics of laser-ablated silicon using ultrafast grazing incidence X-ray scattering	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemical Physics Letters	6. 最初と最後の頁 136811 ~ 136811
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cpllett.2019.136811	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 Owada Shigeki, Nakajima Kyo, Togashi Tadashi, Katayama Tetsuo, Yumoto Hirokatsu, Ohashi Haruhiko, Yabashi Makina	4. 巻 26
2. 論文標題 Arrival timing diagnostics at a soft X-ray free-electron laser beamline of SACLA BL1	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Synchrotron Radiation	6. 最初と最後の頁 887 ~ 890
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1107/S1600577519002315	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 Kubota Y., Suzuki M., Katayama T., Yamamoto K., Tono K., Inubushi Y., Seki T., Takanashi K., Wadati H., Yabashi M.	4. 巻 26
2. 論文標題 Polarization control with an X-ray phase retarder for high-time-resolution pump-probe experiments at SACLA	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Synchrotron Radiation	6. 最初と最後の頁 1139 ~ 1143
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1107/S1600577519006222	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 Katayama Tetsuo, Nozawa Shunsuke, Umena Yasufumi, Lee SungHee, Togashi Tadashi, Owada Shigeki, Yabashi Makina	4. 巻 6
2. 論文標題 A versatile experimental system for tracking ultrafast chemical reactions with X-ray free-electron lasers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Structural Dynamics	6. 最初と最後の頁 054302 ~ 054302
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5111795	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 Katayama Tetsuo, Hirano Takashi, Morioka Yuki, Sano Yasuhisa, Osaka Taito, Owada Shigeki, Togashi Tadashi, Yabashi Makina	4. 巻 26
2. 論文標題 X-ray optics for advanced ultrafast pump-probe X-ray experiments at SACLA	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Synchrotron Radiation	6. 最初と最後の頁 333 ~ 338
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1107/S1600577518018362	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 Yamamoto Kohei, Kubota Yuya, Suzuki Motohiro, Hirata Yasuyuki, Katayama Tetsuo, 他17名	4. 巻 21
2. 論文標題 Ultrafast demagnetization of Pt magnetic moment in L10-FePt probed by magnetic circular dichroism at a hard x-ray free electron laser	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 New Journal of Physics	6. 最初と最後の頁 123010 ~ 123010
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1367-2630/ab5ac2	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 Hada Masaki, Miyata Kiyoshi, Ohmura Satoshi, Arashida Yusuke, Ichianagi Kohei, Katayama Ikufumi, Suzuki Takayuki, Chen Wang, Mizote Shota, Sawa Takayoshi, Yokoya Takayoshi, Seki Toshio, Matsuo Jiro, Tokunaga Tomoharu, Itoh Chihiro, Tsuruta Kenji, Fukaya Ryo, Nozawa Shunsuke, Adachi Shin-ichi, 他5名	4. 巻 13
2. 論文標題 Selective Reduction Mechanism of Graphene Oxide Driven by the Photon Mode versus the Thermal Mode	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Nano	6. 最初と最後の頁 10103 ~ 10112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnano.9b03060	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 Prabhu Deepak D., Aratsu Keisuke, Kitamoto Yuichi, Ouchi Hayato, Ohba Tomonori, Hollamby Martin J., Shimizu Nobutaka, Takagi Hideaki, Haruki Rie, Adachi Shin-ichi, Yagai Shiki	4. 巻 4
2. 論文標題 Self-folding of supramolecular polymers into bioinspired topology	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 eaat8466
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.aat8466	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 Yang Cheolhee, Choi Minseo, Kim Jong, Kim Hanui, Muniyappan Srinivasan, Nozawa Shunsuke, Adachi Shin-ichi, Henning Robert, Kosheleva Irina, Thee Hyotcherl	4. 巻 19
2. 論文標題 Protein Structural Dynamics of Wild-Type and Mutant Homodimeric Hemoglobin Studied by Time-Resolved X-Ray Solution Scattering	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Molecular Sciences	6. 最初と最後の頁 3633 ~ 3633
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms19113633	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 Lemke Henrik Till, Breiby Dag Werner, Adachi Shin-ichi, Koshihara Shinya, Kuhlman Thomas Scheby, Mariager Simon Oddsson, Nielsen Thomas Norskov, Wulff Michael, Solling Theis Ivan, Harrit Niels, Feidenhans 'l Robert, Nielsen Martin Meedom (全17名)	4. 巻 3
2. 論文標題 Tuning and Tracking of Coherent Shear Waves in Molecular Films	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 9929 ~ 9933
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.8b01400	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 Kajitani Takashi, Motokawa Kyuri, Kosaka Atsuko, Shoji Yoshiaki, Haruki Rie, Hashizume Daisuke, Hikima Takaaki, Takata Masaki, Yazawa Koji, Morishima Ken, Shibayama Mitsuhiro, Fukushima Takanori	4. 巻 18
2. 論文標題 Chiral crystal-like droplets displaying unidirectional rotational sliding	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Materials	6. 最初と最後の頁 266 ~ 272
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41563-018-0270-7	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 Spah Alexander, Pathak Harshad, Kim Kyung Hwan, Perakis Fivos, Mariedahl Daniel, Amann-Winkel Katrin, Sellberg Jonas A., Lee Jae Hyuk, Kim Sangsoo, Park Jaehyun, Nam Ki Hyun, Katayama Tetsuo, Nilsson Anders	4. 巻 21
2. 論文標題 Apparent power-law behavior of water's isothermal compressibility and correlation length upon supercooling	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 26 ~ 31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8CP05862H	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 Esposito Vincent, Rettig Laurenz, Inubushi Yuichi, Katayama Tetsuo, Kawaguchi Tomoya, Lemke Henrik, Ogawa Kanade, Owada Shigeki, Tanaka Yoshikazu, Togashi Tadashi, Tono Kensuke, Yabashi Makina, Johnson Steven L., Beaud Paul, Staub Urs (全27名)	4. 巻 5
2. 論文標題 Dynamics of the photoinduced insulator-to-metal transition in a nickelate film	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Structural Dynamics	6. 最初と最後の頁 064501 ~ 064501
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5063530	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 Wall Simon, Yang Shan, Vidas Luciana, Chollet Matthieu, Glowina James M., Kozina Michael, Katayama Tetsuo, Henighan Thomas, Jiang Mason, Miller Timothy A., Reis David A., Boatner Lynn A., Delaire Olivier, Trigo Mariano	4. 巻 362
2. 論文標題 Ultrafast disordering of vanadium dimers in photoexcited V02	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 572 ~ 576
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aau3873	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 Tamasaku Kenji, Shigemasa Eiji, Inubushi Yuichi, Inoue Ichiro, Osaka Taito, Katayama Tetsuo, Yabashi Makina, Koide Akihiro, Yokoyama Toshihiko, Ishikawa Tetsuya	4. 巻 121
2. 論文標題 Nonlinear Spectroscopy with X-Ray Two-Photon Absorption in Metallic Copper	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 83901
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.121.083901	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 Kumagai Yoshiaki, Fukuzawa Hironobu, Motomura Koji, Iablonskyi Denys, Nagaya Kiyonobu, Wada Shin-ichi, Ito Yuta, Takanashi Tsukasa, Sakakibara Yuta, Katayama Tetsuo, Togashi Tadashi, Tono Kensuke, Yabashi Makina, Golubev Nikolay V., Gokhberg Kirill, Cederbaum Lorenz S., Kuleff Alexander I., Ueda Kiyoshi (全34名)	4. 巻 8
2. 論文標題 Following the Birth of a Nanoplasma Produced by an Ultrashort Hard-X-Ray Laser in Xenon Clusters	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review X	6. 最初と最後の頁 31034
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevX.8.031034	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 Inoue Ichiro, Hara Toru, Inubushi Yuichi, Tono Kensuke, Inagaki Takahiro, Katayama Tetsuo, Amemiya Yoshiyuki, Tanaka Hitoshi, Yabashi Makina	4. 巻 21
2. 論文標題 X-ray Hanbury Brown-Twiss interferometry for determination of ultrashort electron-bunch duration	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review Accelerators and Beams	6. 最初と最後の頁 80704
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevAccelBeams.21.080704	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 Uemura Yohei, Kido Daiki, Koide Akihiro, Wakisaka Yuki, Niwa Yasuhiro, Nozawa Shunsuke, Ichiyanagi Kohei, Fukaya Ryo, Adachi Shin-ichi, Katayama Tetsuo, Togashi Tadashi, Owada Shigeki, Yabashi Makina, Hatada Keisuke, Iwase Akihide, Kudo Akihiko, Takakusagi Satoru, Yokoyama Toshihiko, Asakura Kiyotaka	4. 巻 53
2. 論文標題 Capturing local structure modulations of photoexcited BiVO4 by ultrafast transient XAFS	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 7314 ~ 7317
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CC02201H	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 Yamauchi Mitsuaki, Adhikari Bimalendu, Prabhu Deepak D., Lin Xu, Karatsu Takashi, Ohba Tomonori, Shimizu Nobutaka, Takagi Hideaki, Haruki Rie, Adachi Shin-ichi, Kajitani Takashi, Fukushima Takanori, Yagai Shiki	4. 巻 23
2. 論文標題 Supramolecular Polymerization of Supermacrocycles: Effect of Molecular Conformations on Kinetics and Morphology	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 5270 ~ 5280
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201605873	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 Adhikari Bimalendu, Yamada Yuki, Yamauchi Mitsuaki, Wakita Kengo, Lin Xu, Aratsu Keisuke, Ohba Tomonori, Karatsu Takashi, Hollamby Martin J., Shimizu Nobutaka, Takagi Hideaki, Haruki Rie, Adachi Shin-ichi, Yagai Shiki	4. 巻 8
2. 論文標題 Light-induced unfolding and refolding of supramolecular polymer nanofibres	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 15254 ~ 15254
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/ncomms15254	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 Iwase Akihiko, Nozawa Shunsuke, Adachi Shin-ichi, Kudo Akihiko	4. 巻 353
2. 論文標題 Preparation of Mo- and W-doped BiVO <sub>4</sub> fine particles prepared by an aqueous route for photocatalytic and photoelectrochemical O <sub>2</sub> evolution	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry	6. 最初と最後の頁 284 ~ 291
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jphotochem.2017.11.025	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 -

1. 著者名 Kojima Takahiko, Ogishima Fumiya, Nishibu Takahisa, Kotani Hiroaki, Ishizuka Tomoya, Okajima Toshihiro, Nozawa Shunsuke, Shiota Yoshihito, Yoshizawa Kazunari, Ohtsu Hiroyoshi, Kawano Masaki, Shiga Takuya, Oshio Hiroki	4. 巻 -
2. 論文標題 Intermediate-Spin Iron(III) Complexes Having a Redox-Noninnocent Macrocyclic Tetraamido Ligand	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.8b00037	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 Owada Shigeki, Nakajima Kyo, Togashi Tadashi, Kayatama Tetsuo, Yabashi Makina	4. 巻 25
2. 論文標題 Single-shot arrival timing diagnostics for a soft X-ray free-electron laser beamline at SACLA	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Synchrotron Radiation	6. 最初と最後の頁 68 ~ 71
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1107/S1600577517015284	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 Nakajima Kyo, Joti Yasumasa, Katayama Tetsuo, Owada Shigeki, Togashi Tadashi, Abe Toshinori, Kameshima Takashi, Okada Kensuke, Sugimoto Takashi, Yamaga Mitsuhiro, Hatsui Takaki, Yabashi Makina	4. 巻 25
2. 論文標題 Software for the data analysis of the arrival-timing monitor at SACLA	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Synchrotron Radiation	6. 最初と最後の頁 592 ~ 603
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1107/S1600577517016654	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 Kim Kyung Hwan, Spaeh Alexander, Pathak Harshad, Perakis Fivos, Mariedahl Daniel, Amann-Winkel Katrin, Sellberg Jonas A., Lee Jae Hyuk, Kim Sangsoo, Park Jaehyun, Nam Ki Hyun, Katayama Tetsuo, Nilsson Anders	4. 巻 358
2. 論文標題 Maxima in the thermodynamic response and correlation functions of deeply supercooled water	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 1589 ~ 1593
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aap8269	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 Epp S. W., Hada M., Zhong Y., Kumagai Y., Motomura K., Mizote S., Ono T., Owada S., Axford D., Bakhtiarzadeh S., Fukuzawa H., Hayashi Y., Katayama T., Marx A., Muller-Werkmeister H. M., Owen R. L., Sherrell D. A., Tono K., Ueda K., Westermeier F., Miller R. J. D.	4. 巻 4
2. 論文標題 Time zero determination for FEL pump-probe studies based on ultrafast melting of bismuth	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Structural Dynamics	6. 最初と最後の頁 054308 ~ 054308
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.4999701	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 Kim Kyung Hwan, Pathak Harshad, Spaeh Alexander, Perakis Fivos, Mariedahl Daniel, Sellberg Jonas A., Katayama Tetsuo, Harada Yoshihisa, Ogasawara Hirohito, Pettersson Lars G.M., Nilsson Anders	4. 巻 119
2. 論文標題 Temperature-Independent Nuclear Quantum Effects on the Structure of Water	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.119.075502	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 Obara Yuki, Ito Hironori, Ito Terumasa, Kurahashi Naoya, Thurmer Stephan, Tanaka Hiroki, Katayama Tetsuo, Togashi Tadashi, Owada Shigeki, Yamamoto Yo-ichi, Karashima Shutaro, Nishitani Junichi, Yabashi Makina, Suzuki Toshinori, Misawa Kazuhiko	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 044033 ~ 044033
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Albertazzi Bruno, Ozaki Norimasa, Zhakhovsky Vasily, Faenov Anatoly, Habara Hideaki, Harmand Marion, Hartley Nicholas, Ilnitsky Denis, Inogamov Nail, Inubushi Yuichi, Ishikawa Tetsuya, Katayama Tetsuo et al.	4. 巻 3
2. 論文標題 Dynamic fracture of tantalum under extreme tensile stress	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 e1602705
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.1602705	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 Takanashi Tsukasa, Nakamura Kosuke, Kukk Edwin, Motomura Koji, Katayama Tetsuo, Togashi Tadashi, Tono Kensuke, Yabashi Makina, Kono Hirohiko, Ueda Kiyoshi et al.	4. 巻 19
2. 論文標題 Ultrafast Coulomb explosion of a diiodomethane molecule induced by an X-ray free-electron laser pulse	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 19707 ~ 19721
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CP01669G	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 Tono Kensuke, Togashi Tadashi, Inubushi Yuichi, Katayama Tetsuo, Owada Shigeki, Yabuuchi Toshinori, Kon Akira, Inoue Ichiro, Osaka Taito, Yumoto Hirokatsu, Koyama Takahisa, Ohashi Haruhiko, Yabashi Makina	4. 巻 -
2. 論文標題 Overview of optics, photon diagnostics and experimental instruments at SACLA: development, operation and scientific applications	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. SPIE	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2268238	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 野澤俊介、足立伸一、佐藤篤志	4. 巻 45
2. 論文標題 XFELの短パルス性を用いた原子結合過程の直接観測	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 レーザー研究	6. 最初と最後の頁 470-474
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35件 (うち招待講演 23件 / うち国際学会 21件)

1. 発表者名 足立伸一
2. 発表標題 Ultrafast molecular structural dynamics studies with time-resolved X-ray methods
3. 学会等名 2020年web光化学討論会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tetsuo Katayama
2. 発表標題 Ultrafast time-resolved X-ray experiments at SACLA
3. 学会等名 QCrOM2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 野澤俊介
2. 発表標題 XFELを用いたフェムト秒X線溶液散乱による光化学反応中の反応経路の可視化
3. 学会等名 第34回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shin-ichi Adachi
2. 発表標題 Complementarity of SR and XFEL sources for tracking chemical reactions in solution with ultrashort X-ray pulses
3. 学会等名 Time-Resolved Chemistry and APS-U(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin-ichi Adachi
2. 発表標題 Complementarity of SR and XFEL sources for tracking chemical reactions in solution with ultrashort X-ray pulses
3. 学会等名 International Young Researchers Workshop on Synchrotron Radiation Science 2019 (YRSR2019)(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin-ichi Adachi
2. 発表標題 Capturing structural dynamics of photocatalyst by ultrafast X-ray spectroscopy
3. 学会等名 The 5th International Conference on Ultrafast Structural Dynamics (ICUSD)(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin-ichi Adachi
2. 発表標題 Tracking Chemical Reactions in Solution with Ultrashort X-ray Pulses
3. 学会等名 The 1st Workshop of Reaction Infography (R-ing) Unit (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tetsuo Katayama
2. 発表標題 Tracking ultrafast chemical reaction with X-ray free electron laser
3. 学会等名 International workshop on science at x-ray free electron lasers: Chemical physics and materials science in extreme x-rays light and extreme fields (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin-ichi Adachi
2. 発表標題 Tracking chemical reactions in solution with ultrashort X-ray pulses
3. 学会等名 One-Day Indo-Japan Symposium on Structural Dynamics at Different Time and Length Scale (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin-ichi Adachi
2. 発表標題 Complementarity of SR and XFEL sources for tracking chemical reactions in solution with ultrashort X-ray pulses
3. 学会等名 Time-resolved Structural Studies - Synergy and complementarity between the ESRF and the European XFEL (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin-ichi Adachi
2. 発表標題 Visualizing Chemical Reactions in Solution with Ultrashort X-ray Pulses
3. 学会等名 pi-Figuration Japan-Spain Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shin-ichi Adachi
2. 発表標題 Introduction to the Photon Factory and Time-resolved Applications
3. 学会等名 Indian Beam Line Users' Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shin-ichi Adachi
2. 発表標題 Sub-MHz hard X-ray pump-probe (XPP) experiment at KEK PF-AR
3. 学会等名 ACS Fall Meeting, Division of Physical Chemistry, "Chemical Applications of Ultrafast X-ray/XUV Spectroscopy and Scattering" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shin-ichi Adachi
2. 発表標題 Visualizing chemical reactions in solution with femtosecond X-ray scattering
3. 学会等名 Conference on Laser and Synchrotron Radiation Combination Experiment (LSC2018), Optics and Photonics International Congress (OPIC) 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 Tetsuo Katayama
2. 発表標題 Wave packet observation of Cu(I) complex by ultrafast x-ray absorption spectroscopy
3. 学会等名 Science@FEL (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tetsuo Katayama
2. 発表標題 Tracking ultrafast chemical reaction with X-ray free electron laser
3. 学会等名 International workshop on science at x-ray free electron lasers: Chemical physics and materials science in extreme x-rays light and extreme fields (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryo Fukaya
2. 発表標題 Time-resolved X-ray diffraction study of perovskite cobalt oxides for detecting transient spin-orbital-lattice interaction
3. 学会等名 Conference on Laser and Synchrotron Radiation Combination Experiment (LSC2018), Optics and Photonics International Congress (OPIC) 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 深谷 亮
2. 発表標題 時間分解X線回折で観る強相関電子系遷移金属酸化物の電子 格子相関ダイナミクス
3. 学会等名 第17回SPring-8ユーザー協同体顕微ナノ材料科学研究会、第14回日本表面真空学会 放射光表面化学研究部会、第3回日本表面真空学会 プローブ顕微鏡研究部会、合同シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 深谷 亮
2. 発表標題 時間分解X線回折で観るLaCoO <sub>3</sub> 薄膜の電子秩序 - 構造相関
3. 学会等名 第二回コバルト研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 深谷 亮
2. 発表標題 フェムト秒時間分解X線回折によるLaCoO <sub>3</sub> 薄膜の電子 格子相関ダイナミクスの直接観測
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福本恵紀
2. 発表標題 時間分解光電子顕微鏡による2次元半導体のキャリアダイナミクス観察
3. 学会等名 日本物理学会 2018年秋季大会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keiki Fukumoto
2. 発表標題 Imaging photogenerated electron dynamics in zero-gap to wide-gap semiconductors
3. 学会等名 Ultrafast Control of Materials (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shin-ichi Adachi
2. 発表標題 Visualizing chemical reactions in solution with femtosecond X-ray scattering
3. 学会等名 6th International Conferences on Photoinduced Phase Transitions (PIPT) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shin-ichi Adachi
2. 発表標題 Visualizing chemical reactions in solution with femtosecond X-ray scattering
3. 学会等名 Gordon Research Conference (X-Ray Science) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 野澤俊介
2. 発表標題 分子生成過程の可視化について
3. 学会等名 Korean Physical Society (KPS) Spring Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 野澤俊介
2. 発表標題 電荷移動反応に伴う構造歪みの可視化
3. 学会等名 日本放射光学会第9回若手研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 野澤俊介
2. 発表標題 量子ビームを用いた動的構造解析と人工光合成系への応用
3. 学会等名 新学術領域研究「革新的光物質変換」第1回公開シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野澤俊介
2. 発表標題 光反応過程における量子ビームを用いた動的構造解析
3. 学会等名 第3回 元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型> / 大型研究施設連携シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野澤俊介
2. 発表標題 量子ビームを用いた天然・人工光合成系における動的構造解析
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野澤俊介
2. 発表標題 人工光合成で世界を救え！～加速器を使った新エネルギー研究～
3. 学会等名 KEKサイエンスカフェ
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tetsuo Katayama
2. 発表標題 Wave packet observation of Cu(I) complex by ultrafast x-ray spectroscopy
3. 学会等名 9th Ringberg workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tetsuo Katayama
2. 発表標題 Ultrafast time-resolved x-ray spectroscopies at SACLA
3. 学会等名 IUCr 2017 Congres (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 片山哲夫
2. 発表標題 時間分解X線吸収分光によるCu(I)錯体の擬Jahn-Teller歪みと分子波束振動の観測
3. 学会等名 第31回日本放射光学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 片山哲夫
2. 発表標題 超高速X線科学のためのX線光学素子の性能評価
3. 学会等名 2017年度精密工学会秋季大会学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 足立伸一
2. 発表標題 加速器を利用した物質・生命科学研究
3. 学会等名 KEKサマーチャレンジ2017
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 日本化学会、福本 恵紀、野澤 俊介、足立 伸一	4. 発行年 2019年
2. 出版社 共立出版	5. 総ページ数 126
3. 書名 X線分光	

1. 著者名 Shin-ichi Adachi and Hyotcherl Ihee	4. 発行年 2017年
2. 出版社 Royal Society of Chemistry	5. 総ページ数 463
3. 書名 X-ray Free Electron Lasers (Chapter 13)	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>フェムト秒時間分解X線溶液散乱による分子構造の超高速ダイナミクスの直接観測  <a href="http://research.kek.jp/people/adachis/kibans/">http://research.kek.jp/people/adachis/kibans/</a></p>
---

## 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	野澤 俊介  (Nozawa Shunsuke)  (20415053)	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所・准教授    (82118)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	片山 哲夫  (Katayama Tetsuo)		

## 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			
韓国	KAIST	POSTECH		
スウェーデン	Lund University	University of Gothenburg	Uppsala University	
デンマーク	Technical University of Denmark			
ドイツ	European XFEL	DESY		
スイス	EPFL	Paul Scherrer Institute		