

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 5 月 14 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K13814

研究課題名(和文) 赤外6 fs光とテラヘルツ光の二重励起による協奏的電子・フォノンハイブリッド操作

研究課題名(英文) Hybrid manipulation of solids by using 6 fs near infrared and terahertz lights

研究代表者

岩井 伸一郎 (Iwai, Shinichiro)

東北大学・理学研究科・教授

研究者番号：60356524

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：i) 有機伝導体 (BEDT-TTF)₂I₃における電荷局在(Ishikawa et al., Nature commun. 2014)の機構を解明するために、7 fsパルスの偏光制御を行い、強電場誘起の電荷短距離秩序の構造を明らかにした。ii) また、同物質において、THz発生 of 励起光強度依存性を調べたところ強励起下では、入射光による光誘起相転移(絶縁体-金属転移)が結晶内部で起こり、THz波発生を抑制して、THz波の波形を大きく変化させることを明らかにした。iii) 光強電場効果のプロープとして、フォノンの吸収(短距離秩序を反映)と、THz発生(長距離秩序を反映)が有効であることを示した。

研究成果の概要(英文)：i) Polarization selectivity of light-field-induced charge localization was investigated in an organic metal BEDT-TTF₂I₃ with a triangular lattice. Dependences of transient reflectivity spectra on polarizations of the 7-fs pump and probe lights indicate that a short-range charge order (CO) is efficiently induced from the metallic phase for the pump polarization perpendicular to the 1010-type CO axis. ii) The time-domain waveform of the terahertz (THz) electric field emitted from the same compound can be significantly modulated depending on incident fluence of femtosecond pulses. As revealed by time-resolved experiments, this modulation arises from the cooperative nature of photoinduced melting of the charge order accompanying quenching of infrared-activity of the intermolecular vibrations which strongly couple with the emission. iii) We have shown that the phonon absorption (for a short-range) and the THz generation (for a long-range) are available for detecting strong field effects.

研究分野：光物性実験、超高速分光

キーワード：強相関電子系 光誘起相転移 超高速現象 有機伝導体 遷移金属酸化物

1. 研究開始当初の背景

光による強相関電子系の制御は、「光キャリアドープ」やそれに伴う構造変化によるものから、瞬時光強電場によるものへと変質しつつある。近年のフェムト秒レーザー技術の発展により < 10 fs 以上の極端パルスレーザーによって物質を損傷させることなく、>MV/cm の光強電場を印可させることが可能になってきた。我々は、30年以上前に提案された理論「動的局在」(光の高周波強電場による非摂動的な電荷の局在現象)に類似の現象を、強相関電子系において実現し、金属から電荷秩序を形成することに成功した(Nature commun. 2014)。しかし、この測定では、形成された「秩序」が短距離なのか、長距離なのか? 定常状態の低温相と同じものなのか? など、未解明なことが多かった。

2. 研究の目的

上記の状況に鑑み、本研究では、光強電場によって物質中にできた状態を THz 光を含む様々なプローブで明らかにすること、およびそれを、THz 光を含む複合外場で制御することを目的とした。

3. 研究の方法

- (1) 近赤外 6 fs 1.3 サイクル光を励起光とし、近赤外 6 fs および THz をプローブ光とするポンププローブ分光の偏光解析
- (2) THz 発生分光
- (3) テラヘルツ発生顕微分光

4. 研究成果

(1) 二次元有機伝導体 (α -(ET)₂I₃) における電荷局在(Ishikawa et al., Nature commun. 2014)の機構を解明するために、7 fs パルスの偏光制御 (Fig.1) を行った。i) 過渡的な電荷局在 (短距離電荷秩序) のプローブ偏光依存性は、低温相において観測される a 軸方向に平行な 1010 型の電荷秩序に等しい。ii) この a 軸方向に平行な 1010 型の電荷秩序に類似の電荷局在状態は、a 軸に垂直な偏光の光電場により効率的に形成される。理論計算との比較から、このことは一次元軸上の単純な動的局在では説明できず、二次元三角格子上の電子のホッピングとクーロン反発のネットワークを考慮する必要があることが分かった。(Kawakami et al., Phys. Rev. B95, 201105(R)(2017)。

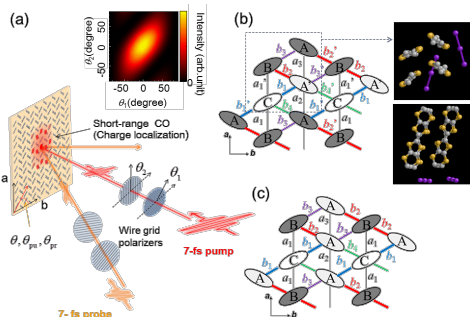


Fig. 1: 偏光解析の模式図

(2) 動的局在を示す二次元有機伝導体 α -(ET)₂I₃ において、近赤外強電場に対する応答を調べていたところ、「テラヘルツ波発生の波形が、励起赤外光の強度に依存して変化する」という興味深い現象を見出した。この物質では、反転対称性の破れに伴う二次の非線形光学効果により、(第二高調波発生と同様に) THz 波発生が観測されることを報告してきた (Itoh et al., Appl. Phys. Lett. 2014)。これまでに、その強度が極めて強いことや、テラヘルツ波がピコ秒以上持続することなど、フォノンに共鳴していることによる増強効果が示唆される。本研究では、入射光強度に対する発生 THz の波形を詳細に調べたところ、強励起下では、入射光による光誘起相転移 (絶縁体 - 金属転移) が結晶内部で起こり、THz 波発生を抑制して、THz 波の波形を大きく変化させることを明らかにした。この結果は、THz 波の波形制御技術の新しい機構すなわち、近赤外光電場による効果 (光誘起相転移) と結晶内部で発生する THz 分極 (フォノンアシスト THz 波発生) が競合する効果として期待できる (Itoh et al., Appl. Phys. Lett. 112, 093302(2018))。

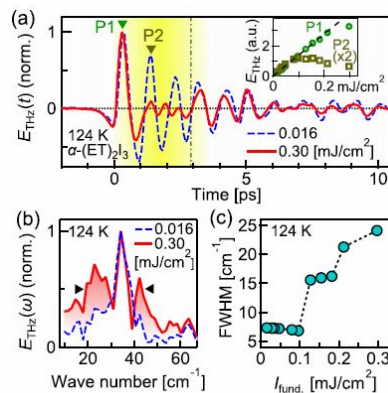


Fig.2(a) α -(ET)₂I₃ において発生した THz 実時波形 (青; 弱励起、赤: 強励起) (b) 時間波形をフーリエ変換して得られたスペクトル (c) スペクトルの半値幅の励起強度依存性

(3) 電荷秩序 (CO) に伴う強誘電性 (電子強誘電性) を示す一次元有機伝導体 (TMTTF)₂X (X=AsF₆, PF₆, SbF₆) において、光強電場効果によって生じた状態をアサインするためのプローブを開拓するために、定常テラヘルツ吸収分光、定常テラヘルツ発生分光 (およびその顕微測定) 近赤外光励起 - テラヘルツ吸収分光を行った。強誘電性電荷秩序の形成に伴って赤外活性となるフォノンピーク (Fig.3 の赤丸) の温度依存性を詳細に明らかにした。また、電荷秩序相において空間反転対称性の破れによる THz 波発生 (Fig. 3 の緑色の丸) を確認した。

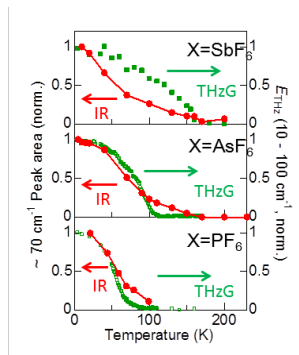


Fig. 3 (TMTTF)₂X (X=AsF₆, PF₆, SbF₆)における THz 吸収ピーク (~70 cm⁻¹) の温度依存性 (赤丸) と THz 発生強度の温度依存性 (緑丸)

Fig. 3 からわかるように、X=AsF₆ と PF₆ において、THz 吸収ピーク (赤丸) は電荷秩序 (= 強誘電) の転移温度よりも約 30 K 程度高温から徐々に増加を始めるのに対し、THz 発生強度 (緑丸) はほぼ転移温度でより急峻に立ち上がる。このことは、前者が短距離秩序、後者が長距離秩序を反映しているためと考えられる。これらのプローブは、光強電場による秩序形成をプローブとして有用である。Fig. 4 に (TMTTF)₂X 発生顕微分光の結果を示す。>100 μm に及ぶ巨視的な強誘電ドメインとドメイン瘻が観測された。今後は、光照射によるドメイン構造の変化について調べる予定である。

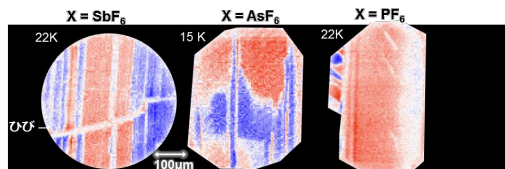


Fig. 4 (TMTTF)₂X (X=AsF₆, PF₆, SbF₆) の THz 発生顕微分光の結果。分解能 ~5 μm

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

Hirotake Itoh, Rina Fujiwara, Yohei Kawakami, Kaoru Yamamoto, Yuto Nakamura, Hideo Kishida, and Shinichiro Iwai, "Modulation of terahertz emission in time-domain waveform via a photoinduced phase transition in a charge ordered organic ferroelectric", *Appl. Phys. Lett.*, 査読有, 112, 2018, 093302-1-5, DOI: <https://doi.org/10.1063/1.4995798>

Y. Kawakami, Y. Yoneyama, T. Amano, H. Itoh, K. Yamamoto, Y. Nakamura, H.

Kishida, T. Sasaki, S. Ishihara, Y. Tanaka, K. Yonemitsu, and S. Iwai, "Polarization selectivity of charge localization induced by 7-fs nearly single-cycle light-field in an organic metal", *Phys. Rev. B*, 査読有, 95, 2017, 201105-1-5,

DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.95.201105>

Y. Hattori, S. Iguchi, T. Sasaki, S. Iwai, H. Taniguchi, and H. Kishida, "Electric-field-induced intradimer charge disproportionation in the dimer-Mott insulator

(BEDT-TTF)₂ICl₂", *Phys. Rev. B*, 査読有, 95, 2017, 085149-1-5,

DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.95.085149>

岩井伸一郎、単一サイクル近赤外パルス光によって誘起される金属 - 絶縁体転移のポンプ・プローブ光学測定、*光学*、査読有、45、2016、425-431、

<http://myosj.or.jp/kogaku/backnumber/45-11/>

Y. Naitoh, Y. Kawakami, T. Ishikawa, Y. Sagae, H. Itoh, K. Yamamoto, T. Sasaki, M. Dressel, S. Ishihara, Y. Tanaka, K. Yonemitsu, and S. Iwai, "Ultrafast response of plasmlike reflectivity edge in (TMTTF)₂AsF₆ driven by a 7-fs 1.5-cycle strong-light field", *Phys. Rev. B*, 査読有, 93, 2016, 165126-1-5, DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.93.165126>

[学会発表] (計 41 件)

天野辰哉、赤嶺勇人、米山雄登、川上洋平、伊藤弘毅、中村優斗、岸田英夫、石原純夫、Laurent Cario、Etienne Janod、Benoit Corraze、Maciej Lorenc、岩井伸一郎、「反強磁性モット絶縁体 V₂O₃ の赤外 6 fs 分光 III」, 日本物理学会第 73 回年次大会、2018/3/24、東京理科大学野田キャンパス (千葉県・野田市)。

伊藤弘毅、藤原里菜、村上泰樹、川上洋平、山本薫、Martin Dressel、岩井伸一郎、「有機電子型強誘電体 (TMTTF)₂X (X=AsF₆, PF₆, SbF₆) のテラヘルツ波発生分光 II」, 日本物理学会第 73 回年次大会、東京理科大学野田キャンパス (千葉県・野田市) 2018/3/25。

川上洋平、天野辰哉、米山雄登、赤嶺勇人、伊藤弘毅、川口玄太、山本浩史、岸田英夫、伊藤桂介、佐々木孝彦、石原純夫、田中康寛、米満賢治、岩井伸一郎、「6 fs 単一サイクル光強電場による有機超伝導体の非線形電荷振動」, 日本物理学会第 73 回年次大会、2018/3/25、東京理科大学野田キャンパス (千葉県・野田市)。

赤嶺勇人、天野辰哉、川上洋平、伊藤弘

毅、山本薫、中村優斗、岸田英夫、佐々木孝彦、石原純夫、米満賢治、岩井伸一郎、「6 fs 単一サイクル赤外光による $-(\text{ET})_2\text{I}_3$ の電荷秩序融解 II ; 反射率変化と SHG 強度の変化」、日本物理学会第 73 回年次大会、2018/3/25、東京理科大学野田キャンパス (千葉県・野田市)。

村上泰樹、藤原里菜、伊藤弘毅、川上洋平、山本薫、Martin Dressel、岩井伸一郎、「有機電子型誘電体の顕微テラヘルツ波発生分光 II」、2018/3/25、日本物理学会第 73 回年次大会、東京理科大学野田キャンパス (千葉県・野田市)。

S. Iwai, "Ultrafast Dressed Charge State with Driving Field of Light in Organic Conductors", 12th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Magnets (ISCOM2017), 2017/9/29, Miyagi Zao Royal Hotel (宮城県・蔵王町)。(招待講演)

H. Itoh, H. Obatake, R. Fujiwara, Y. Kawakami, K. Yamamoto, M. Dressel and S. Iwai, "Photoinduced Melting and Stabilization of the Charge Ordering in $(\text{TMTTF})_2\text{X}$ Observed via Intermolecular Vibration", 12th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Magnets (ISCOM2017), 2017/9/25-27, Miyagi Zao Royal Hotel (宮城県・蔵王町)。

Y. Kawakami, Y. Yoneyama, T. Amano, H. Itoh, K. Yamamoto, Y. Nakamura, H. Kishida, T. Sasaki, S. Ishihara, Y. Tanaka, K. Yonemitsu and S. Iwai, "Polarization Selectivity of Charge Localization Induced by 7-fs Nearly Single-Cycle Light-Field in an Organic Metal", 12th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Magnets (ISCOM2017), 2017/9/25-27, Miyagi Zao Royal Hotel (宮城県・蔵王町)。

伊藤弘毅、藤原里菜、川上洋平、岸田英夫、吉田幸大、齋藤軍、佐々木孝彦、岩井伸一郎、「ダイマーモット絶縁体 $-(\text{ET})_2\text{X}$ ($\text{X}=\text{Cu}_2(\text{CN})_3$, $\text{Ag}_2(\text{CN})_3$, $\text{B}(\text{CN})_4$) におけるダイマー内分極のテラヘルツ応答」、日本物理学会 2017 年秋季大会、2017/9/23、岩手大学上田キャンパス (岩手県・盛岡市)。

岩井伸一郎、「電荷秩序、揺らぎによるテラヘルツ発生と光誘起相転移」、日本物理学会 2017 年秋季大会シンポジウム「反転対称性の破れと超高速非線型ダイナミクスの新展開」、2017/9/22、岩手大学上田キャンパス (岩手県・盛岡市)。(招待講演)

伊藤弘毅、藤原里菜、村上泰樹、川上洋平、山本薫、Martin Dressel、岩井伸一郎、

「有機電子型強誘電体 $(\text{TMTTF})_2\text{X}$ ($\text{X}=\text{AsF}_6$, PF_6 , SbF_6) のテラヘルツ波発生分光」、日本物理学会 2017 年秋季大会、2017/9/22、岩手大学上田キャンパス (岩手県・盛岡市)。

川上洋平、天野辰哉、米山雄登、伊藤弘毅、山本薫、中村優斗、岸田英夫、佐々木孝彦、石原純夫、米満賢治、岩井伸一郎、「6 fs 単一サイクル赤外光による $-(\text{ET})_2\text{I}_3$ の電荷秩序融解」、日本物理学会 2017 年秋季大会、2017/9/22、岩手大学上田キャンパス (岩手県・盛岡市)。

米山雄登、天野辰哉、川上洋平、伊藤弘毅、米山直樹、伊藤桂介、佐々木孝彦、米満賢治、石原純夫、岩井伸一郎、「6 fs 単一サイクル赤外光によって生成される型 ET 塩のドレスト電子状態」、日本物理学会 2017 年秋季大会、2017/9/22、岩手大学上田キャンパス (岩手県・盛岡市)。

藤原里菜、村上泰樹、伊藤弘毅、川上洋平、山本薫、米山直樹、小林亮太、橋本顕一郎、井口敏、佐々木孝彦、中村優斗、岸田英夫、Martin Dressel、岩井伸一郎、「有機電子型誘電体の顕微テラヘルツ波発生分光」、日本物理学会 2017 年秋季大会、2017/9/22、岩手大学上田キャンパス (岩手県・盛岡市)。

天野辰哉、米山雄登、川上洋平、伊藤弘毅、中村優斗、岸田英夫、石原純夫、Laurent Cario、Etienne Janod、Benoit Corraze、Maciej Lorenc、岩井伸一郎、「反強磁性モット絶縁体 V_2O_3 の赤外 6 fs 分光 II」、日本物理学会 2017 年秋季大会、2017/9/22 岩手大学上田キャンパス (岩手県・盛岡市)。

S. Iwai, "Ultrafast excitation of Mott-Hubbard system by nearly single-cycle infrared pulse", International School and Workshop on Electronic Crystals ECRYS-2017, 2017/8/29, Institut d'Etudes Scientifiques de Cargese, Cargese (France)。(招待講演)

S. Iwai, "Dressed charge state with driving light field in strongly correlated organic materials", 45th RAP Seminar, 2017/7/14, RIKEN Sendai Campus (宮城県・仙台市)。(招待講演)

S. Iwai, "Strong field effects of correlated organic materials driven by 7 fs light", 12th International Conference on Optical Probes of Organic and Hybrid Semiconductors (OP2017), 2017/6/19, Hotel Le Concorde, Quebec (Canada)。

H. Itoh, R. Fujiwara, Y. Kawakami, K. Yamamoto, Y. Nakamura, H. Kishida and S. Iwai, "Time-domain THz spectroscopy of photoinduced phase transition in charge ordered organic ferroelectrics $-(\text{ET})_2\text{I}_3$ ", 6th International

- Conferences on Photoinduced Phase Transitions (PIPT6), 2017/6/7, Sendai International Center (宮城県・仙台市).
S. Iwai, “Dressed charge state induced by driving field of 6- fs infrared light in organic dimer Mott system”, 6th International Conferences on Photoinduced Phase Transitions (PIPT6), 2017/6/6, Sendai International Center (宮城県・仙台市).
- ⑳ Y. Kawakami, T. Kato, Y. Yoneyama, T. Amano, H. Itoh, K. Itoh, T. Sasaki, Y. Nakamura, H. Kishida, L. Cario, E. Janod, B. Corraze, M. Lorenc and S. Iwai, “Ultrafast orbital excitation by 6 fs pulse in V_2O_3 ”, 6th International Conferences on Photoinduced Phase Transitions (PIPT6), 2017/6/5, Sendai International Center (宮城県・仙台市).
- ㉑ R. Fujiwara, H. Itoh, H. Obatake, Y. Kawakami, K. Yamamoto, M. Dressel and S. Iwai, “Photoinduced melting and stabilization of the charge ordering in $(TMTTF)_2X$ observed via intermolecular vibration”, 6th International Conferences on Photoinduced Phase Transitions (PIPT6), 2017/6/5-6, Sendai International Center (宮城県・仙台市).
- ㉒ Y. Yoneyama, Y. Kawakami, T. Amano, H. Itoh, N. Yoneyama, T. Sasaki, K. Yonemitsu, S. Ishihara and S. Iwai, “Ultrafast Mott-criticality driven by strong-field of single-cycle infrared pulse in organic salts”, 6th International Conferences on Photoinduced Phase Transitions (PIPT6), 2017/6/5-6, Sendai International Center (宮城県・仙台市).
- ㉓ 加藤隆寛、伊藤弘毅、川上洋平、山本薫、中村優斗、岸田英夫、岩井伸一郎、「テラヘルツ波発生を用いた型ET塩における光誘起相転移の観測V」、日本物理学会第72回年次大会、2017/3/19、大阪大学豊中キャンパス(大阪府・豊中市)。
- ㉔ 大島洋和、藤原里菜、伊藤弘毅、川上洋平、山本薫、Martin Dressel、岩井伸一郎、「擬一次元有機伝導体 $(TMTTF)_2X$ ($X=PF_6, AsF_6, SbF_6$)のテラヘルツ時間分解分光」、日本物理学会第72回年次大会、2017/3/19、大阪大学豊中キャンパス(大阪府・豊中市)。
- ㉕ 川上洋平、加藤隆寛、米山雄登、天野辰哉、伊藤弘毅、伊藤桂介、佐々木孝彦、中村優斗、岸田英夫、Laurent Cario, Etienne Janod, Maciej Lorenc、Herve Cailleau、Eric Collet、岩井伸一郎、「反強磁性モット絶縁体 V_2O_3 の赤外6 fs分光」、日本物理学会第72回年次大会、2017/3/18、大阪大学豊中キャンパス(大阪府・豊中市)。
- ㉖ 天野辰哉、米山雄登、川上洋平、伊藤弘毅、山本薫、中村優斗、岸田英夫、佐々木孝彦、石原純夫、田中康寛、米満賢治、岩井伸一郎、「三角格子有機伝導体における光誘起電荷局在の偏光解析」、日本物理学会第72回年次大会、2017/3/17、大阪大学豊中キャンパス(大阪府・豊中市)。
- ㉗ 伊藤弘毅、大島洋和、藤原里菜、川上洋平、岸田英夫、吉田幸大、齋藤軍治、岩井伸一郎、「ダイマーモット絶縁体 $-(ET)_2B(CN)_4$ におけるテラヘルツ波発生および時間領域分光II」、日本物理学会第72回年次大会、2017/3/17、大阪大学豊中キャンパス(大阪府・豊中市)。
- ㉘ 藤原里菜、大島洋和、伊藤弘毅、川上洋平、米山直樹、小林亮太、橋本顕一郎、井口敏、佐々木孝彦、岩井伸一郎、「金属-絶縁体転移を示す有機伝導体 $''-(ET)_2RbCo(SCN)_4$ のテラヘルツ時間領域分光III」、日本物理学会第72回年次大会、2017/3/17、大阪大学豊中キャンパス(大阪府・豊中市)。
- ㉙ 米山雄登、川上洋平、天野辰哉、加藤隆寛、伊藤弘毅、米山直樹、佐々木孝彦、米満賢治、石原純夫、岩井伸一郎、「型ET塩の金属モット絶縁体相境界における超高速臨界現象III」、日本物理学会第72回年次大会、2017/3/17、大阪大学豊中キャンパス(大阪府・豊中市)。
- ㊀ 加藤隆寛、内藤陽太、米山雄登、伊藤弘毅、川上洋平、伊藤桂介、佐々木孝彦、Laurent Cario, Etienne Janod, Maciej Lorenc, Herve Cailleau, Eric Collet、岩井伸一郎、「 V_2O_3 の金属相における赤外6 fs分光II」、2016/9/14、日本物理学会2016年秋季大会、金沢大学角間キャンパス(石川県・金沢市)。
- ㊁ 岩井伸一郎、「単一サイクル赤外強電場が拓く超高速電子相転移」、日本物理学会2016年秋季大会 シンポジウム「光が切り開く新しい時空間観測技術」、2016/9/13、金沢大学角間キャンパス(石川県・金沢市)。(招待講演)
- ㊂ 伊藤弘毅、大島洋和、藤原里菜、川上洋平、岸田英夫、吉田幸大、齋藤軍治、岩井伸一郎、「ダイマーモット絶縁体 $-(ET)_2B(CN)_4$ におけるテラヘルツ波発生および時間領域分光」、日本物理学会2016年秋季大会、2016/9/13、金沢大学角間キャンパス(石川県・金沢市)。
- ㊃ 川上洋平、内藤陽太、加藤隆寛、米山雄登、伊藤弘毅、米山直樹、佐々木孝彦、米満賢治、石原純夫、岩井伸一郎、「型ET塩の金属モット絶縁体相境界における超高速臨界現象II」、日本物理学会2016年秋季大会、2016/9/13、金沢大学角間キャンパス(石川県・金沢市)。
- ㊄ 大島洋和、藤原里菜、伊藤弘毅、川上洋平、山本薫、Martin Dressel、岩井伸一郎、「分子間振動で見る $(TMTTF)_2X$ の光誘起相転移III」、2016/9/13、日本物理学会2016年秋季大会、金沢大学角間キャンパス(石

川島・金沢市)。

- ③⑥ S. Iwai, “ Strong-light-field effects on correlated system driven by nearly single-cycle 7fs, >10 MV/cm infrared pulse ”, International Research School: Electronic States and Phases Induced by Electric or Optical Impacts (IMPACT2016), 2016/8/30, Institut d’Etudes Scientifiques de Cargese, Cargese (France). (招待講演)
- ③⑦ 岩井伸一郎、「光の瞬時強電磁場が拓く超高速光物性」、平成28年度物性研究所短期研究会「パイ電子系物性科学の最前線」、2016/8/8、東京大学物性研究所(千葉県・柏市)。(招待講演)
- ③⑧ 岩井伸一郎、「単一サイクル近赤外光による強相関電子系の瞬時磁場効果」、先端ナノデバイス・材料テクノロジー第151委員会 第2回研究会、2016/7/28、理化学研究所(埼玉県・和光市)。(招待講演)
- ③⑨ S. Iwai, Y. Naitoh, Y. Kawakami, H. Itoh, S. Ishihara, K. Yamamoto, K. Yonemitsu, “ Light-field induced reduction of “plasma” frequency in organic conductor ”, International Conference on Ultrafast Phenomena, 2016/7/19, Santa Fe Community Convention Center, Santa Fe (USA).
- ④⑩ S. Iwai, Y. Naitoh, Y. Kawakami, H. Itoh, S. Ishihara, K. Yamamoto, H. Kishida, K. Yonemitsu, “ Optical freezing of charge motion in organic metal ”, International Conference on Ultrafast Phenomena, 2016/7/19, Santa Fe Community Convention Center, Santa Fe (USA).
- ④⑪ 岩井伸一郎、「THz-MIR光を用いた強相関電子固体の超高速分光」、理研シンポジウム：超短パルス長波長光源の進展とその応用、2016/4/26、理化学研究所(埼玉県・和光市)。(招待講演)

〔図書〕(計1件)

岩井伸一郎、共立出版、基本法則から読み解く物理学最前線 12、2016、148

〔その他〕

ホームページ等

東北大学大学院理学研究科 物理学専攻
超高速分光研究室(岩井研究室)
<http://femto.phys.tohoku.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岩井 伸一郎 (Iwai, Shinichiro)
東北大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号：6 0 3 5 6 5 2 4