

令和 4 年 5 月 12 日現在

機関番号：32641

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2021

課題番号：16K05459

研究課題名（和文）強い光電場による有効相互作用の変調と創出および電子状態コヒーレント制御の理論

研究課題名（英文）Theory of Modulation of Effective Interactions and Coherent Manipulation of Electronic States by Strong Optical Fields

研究代表者

米満 賢治 (Yonemitsu, Kenji)

中央大学・理工学部・教授

研究者番号：60270823

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：型有機導体に対して、光照射により過渡的に電荷秩序を形成するには、電子移動を抑制する動的局在だけでなく、電子移動と競合関係にある電子間相互作用が重要なことを示した。型有機導体など二量体構造をもつものに対して、強い光照射で大きい電荷不均化を起こした後に、電子間相互作用により電荷振動が同期して誘導放出が起きることを、数値計算と解析計算から明らかにした。さらに、八ニカム格子上で量子スピン液体状態にある多軌道電子系において、円偏光により面直の磁化を形成することを数値計算と量子フロケ理論から明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

強い光をととても短い時間だけ物質に照射することで起きる変化を理論的に示した。そのうち空間反転対称性を破るもの（過渡的に電荷分極をつくるもの）と時間反転対称性を破るもの（過渡的に磁化をつくるもの）は実現している。用いたエネルギー（あるいは振動数）の光では直接的に電子を動かし、上述の巨視的变化はともに電子が隣の原子に移動する程度の時間内で超高速に起きている。このように、多数の電子を一斉にかつ直接的に操作する方法とその帰結を、量子多体理論から明らかにし、共同研究により実証した。

研究成果の概要（英文）：For organic conductors with π -type structure, it is shown that photoinduced transient charge order requires not only dynamical localization that suppresses electronic mobility but also electron-electron interactions that compete with the electronic mobility. For organic conductors with π -type dimerized structure, after strong photoexcitation that produces large charge disproportionation, charge oscillations are synchronized through electron-electron interactions, and a stimulated emission occurs. The mechanism is clarified through numerical simulations and an analysis of equations of charge motion. Furthermore, for a multi-orbital electron system on a honeycomb lattice that exhibits a quantum-spin-liquid state, the inverse Faraday effect is observed, where a circularly polarized light field produces magnetization perpendicular to the lattice. This fact is demonstrated by calculations of photoinduced magnetization dynamics, and its origin is clarified by quantum Floquet theory.

研究分野：物性理論

キーワード：有機導体 量子スピン液体 光誘起相転移 動的局在 非線形同期振動 逆ファラデー効果

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 光照射による固体の電子状態の変化が様々な物質群や電子相に対して実験と理論によって研究されていた。理論的には特に、時間的に周期的な駆動力が働く中での電子状態のストロボ的な時間発展を議論するために、フロケ理論の高周波数展開に基づく有効ハミルトニアンや有効相互作用が様々な状況で導かれ、新たな電子状態の可能性が議論されていた。高周波数展開の最低次で導かれる動的局在について現象自体はよく知られているが、相関電子系に対してようやく実現されたばかりだった。高周波数展開の高次で導かれる相互作用の変調については、まだほとんど研究されていない状況であった。さらに、円偏光によるトポロジカルな効果がいろいろな場面で指摘されてくるようになっていた。

(2) 本研究は理論によるものだが、実験研究と密接に情報交換し、共同で研究を進めている。その実験側では電子状態を直接的に操作できる近赤外領域で、1サイクル程度の短時間のパルス光が使えるようになっていた。またパルス光の時間幅が小さくなるだけでなく、パルス波形(キャリアエンベロープ位相)が制御されようとしていた。これは電子状態の時間発展を観測する際の分解能がよくなるだけでなく、電子状態をコヒーレントに制御することがいずれ可能になることを意味していた。そのような実験がなされると、得られる新しい結果を理論的に解析する必要が出てくる。

2. 研究の目的

(1) 光誘起相転移を研究する上で理想的な舞台のひとつとして、ハミルトニアンのエネルギースケールが小さく多様な電子相をもつ有機導体があったが、強いスピン軌道相互作用をもつ重い元素を含む相関電子系にも対象を広げる。それらに対して、多様な電子状態を実現するのに本質的な役割を果たしている電子間相互作用、スピン軌道相互作用、そして電子移動そのものが、直線偏光や円偏光の下でどのように変調し、新たな相互作用や有効場を生じるかを解析する。

(2) レーザー光は振動数、光電場の強さ、パルスの時間幅などの自由度があるが、キャリアエンベロープ位相を制御することでさらにパルス波形という新たな自由度をもつので、パルス波形に依存した光誘起ダイナミクスを追求する。安定なパルス波形をもつレーザー光を用いると、多数の電子をパルス波形で決まる同じ位相で動かすことができること、光照射後に電子相を変えるだけでなく、より短い時間スケールでは電子状態の対称性を直接変換できることを検証する。

3. 研究の方法

(1) ある特徴的な構造をもつ物質に特有の現象では、その物質に即した遍歴電子模型を用い、より普遍的な現象に対しては、より一般的な遍歴電子模型を用いて、光誘起多電子ダイナミクスを計算する。電子相関が本質的で実空間でとらえるべき現象に対しては厳密対角化を用い、むしろ波数空間でとらえるべき現象に対しては時間依存ハートレー・フォック近似や時間依存ハートレー・フォック・ポゴリューボフ近似を用いて、本研究で購入した計算機などを利用し数値的に時間依存シュレディンガー方程式を解くことで直接的に時間発展を追う。

(2) 上とは相補的なアプローチとして、時間的に周期的な駆動力が働く中での電子状態のストロボ的な時間発展を議論するためにフロケ理論を展開する。この時間発展を支配する有効ハミルトニアンを光電場の振動数が高い極限から展開するか、さらにクーロン相互作用の大きい極限からも展開することによって、光電場印加中に現れる有効場と有効相互作用を求めるとともに、数値的に得られる電子状態の時間発展の解析に利用する。

4. 研究成果

(1) 型有機導体における動的局在と過渡的電荷秩序
サイト間距離が一定の単純な格子上で相互作用がない特殊な系において、連続光を照射したときの電子の運動のうち、その連続光の振動周期よりも長い時間スケールの運動は、トランスファー積分よりも小さい見かけ上の有効トランスファー積分で記述できることが知られている。この有効トランスファー積分は、隣り合うサイトに電子が移動するときを得るエネルギー(光電場の振幅に比例する)を光子のエネルギー(光電場の振動数に比例する)で割った無次元量の関数であり、この比が特定の値をとるときに有効トランスファー積分がゼロになる動的局在が知られている。しかし、現実の物質ではサイト間の距離も方向も一定ではなく、さらに相互作用があるために動的局在が起きるかどうかは自明でない。動的局在に似た光誘起電子運動凍結が、擬2次元有機導体 $-(\text{BEDT-TTF})_2\text{I}_3$ の高温金属相でパルス光照射後に起き、当該物質のトランスファー積分ネットワークや電子間相互作用の異方性がどう関与するかは謎だった。

そこで、当該物質の金属相が有する図1のような結晶構造の下で、光誘起多電子ダイナミクスを厳密対角化に基づき計算した。この結晶構造では大きいトランスファー積分で繋がった赤線で示す三量体が配置されている。すると、結晶学的に等価なサイトの間のクーロン反発が重要だということがわかった。この等価性が金属相を保持しており、わずかな外場により三量体の対称性が破れると、隣接サイト間相互作用の異方性が有効的に増大し、電荷が局在化して過渡的な電荷秩序が発現しやすくなった。

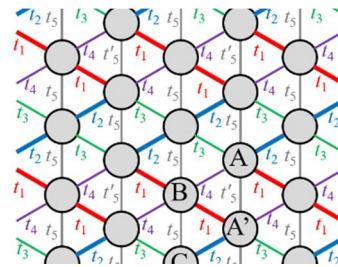


図1 型有機導体をもつ三量体を含む結晶構造

(2) 型有機導体を含む二量体格子での電荷振動の同期現象とその発現機構

有機超伝導体としてよく知られ二量体構造をもつ $-(\text{BEDT-TTF})_2\text{X}$ において、強い光照射の後で主な伝導度スペクトルの高エネルギー側の狭いエネルギー領域に、反射率も透過率も増大する誘導放出が起きることが実験グループにより観測された。これを理論的に説明するため、様々な二量体構造をもつ遍歴電子系の光誘起ダイナミクスを厳密対角化に基づいて計算した。二量体構造に由来する副格子の間では、一般に異なる方向に対して異なる大きさのトランスファー積分が存在する。そのため、弱く光励起すると多くの異なる振動数で電荷振動が起きる。ところが電子間のオンサイト斥力が大きいときに強く光励起すると、電荷振動が同期する結果、図2に示す電子ブリージングモードに対応する非線形振動が起きて、そのまま減衰することがわかった。

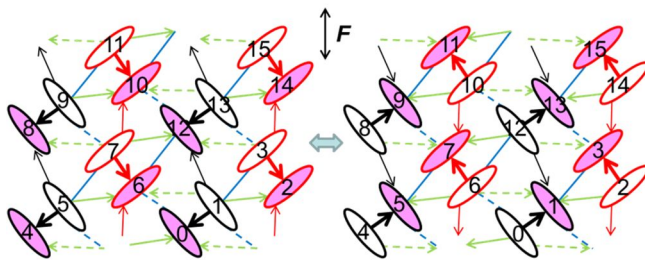


図2 電子ブリージングモード

二量体構造をもつ系で強い光照射の後に現れる電荷振動の同期現象がどれほど強固なものか調べるために、正方格子に基に単純化した二量格子でトランスファー積分に乱数を加えた模型を扱った。各ボンドの電流密度の時間変化を複素数 $\exp(i\phi)$ の偏角 ϕ の時間変化に読み替え、この複素数のボンド平均により同期秩序パラメタを定義する。乱数分布があるときに同期秩序パラメタが光電場強度 (F)、オンサイト斥力 (U) の関数としてどのように変化するかを図3に示す。オンサイト斥力が十分に大きいと、乱数の効果に打ち勝って、同期秩序パラメタがほぼ最大値になるが、その付近では負温度状態が形成される。この負温度状態は、誘導放出を実現する例として知られる二準位系の反転分布の多電子系への拡張とみなせる。

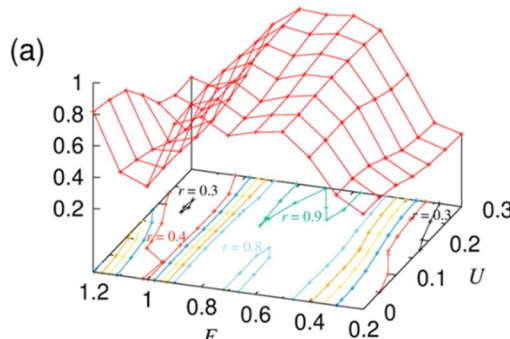


図3 光照射後の同期秩序パラメタの時間平均のオンサイト斥力 (U) および光電場強度 (F) 依存性

光電場強度が大きすぎると熱化のために同期秩序パラメタは小さくなる。これまで述べたような同期した電荷振動の発現機構を解明するために、本来の並進対称性をもつ系に戻り、副格子間の電荷密度差、電流密度、ボンド密度の3成分をもつ擬スピンを考える。擬スピンはボンドの方向や波数に依存するが、それぞれの運動方程式を解析した。時間依存平均場近似によると、これは擬磁場中の歳差運動を導くブロッホ方程式となる。この擬磁場は相互作用によって傾き、時間変化する。その傾き方はオンサイト斥力の場合、電荷密度波や超伝導などの静的な長距離秩序を導くオンサイト引力とは逆になり、振動する電流を強めて過渡的な電荷密度差を大きくする。さらに、この傾きはボンドの方向や波数に依存しない共通のものとなる。そのために図4の青い線で示すように、電荷不均化が大きければどのように初期状態を設定するかによらず、電荷振動が同期することがわかった。さらに、最近接サイト間斥力がある場合は励起子を生成しない条件でないといと電荷振動が同期しないこと、相互作用が弱いかまたは強い極限で可積分系に近づくとすべての電荷振動が永遠に続くために電荷振動が同期しないことがわかった。

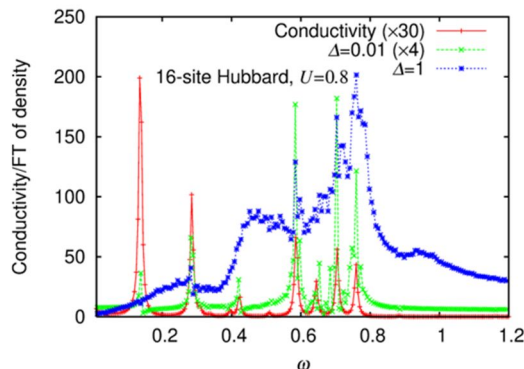


図4 平衡状態での光学伝導度スペクトル (赤) と平衡状態に近い (緑) または遠い (青) 電荷不均化初期状態からの電荷振動のフーリエスペクトル

(3) 空間反転対称な 型有機導体における第二高調波発生

二量体構造をもつ上述の $(\text{BEDT-TTF})_2\text{X}$ は空間反転対称性をもつので、通常の条件で第二高調波は発生しない。しかし、強く光照射したときにキャリアエンベロープ位相に依存する強さで第二高調波が発生することが実験グループにより観測された。空間反転対称性をもつ系においても、これまで電流を流すことで第二高調波が発生した例はあった。しかし、光電場そのものが空間反転対称性を破るには、電子の散乱時間よりも短い時間の位相をそろえた多電子の運動が重要になる。つまり、通常の時間領域では散逸が効いて電場と電流は比例関係にあるが、散乱時間よりも短い時間領域では電場は電子の加速度に比例するので、それらを時間積分したベクトルポテンシャルと電流が比例関係にある。このことを踏まえて、当該物質のバンド構造を反映する遍歴電子模型を用いて、散乱過程をすべて含む厳密対角化および散乱は記述できないがキャリアエンベロープ位相の効果を系統的に取り入れられる時間依存ハートレー・フォック近似によって、電流の時間微分から高調波のスペクトルを計算した。すると実験と矛盾しない、キャリアエンベロープ位相に依存した第二高調波スペクトルが図 5 に示すように得られた。この位相をそろえた多電子の運動が実現するには、光照射中にも電荷振動が同期することが重要だと考えられる。

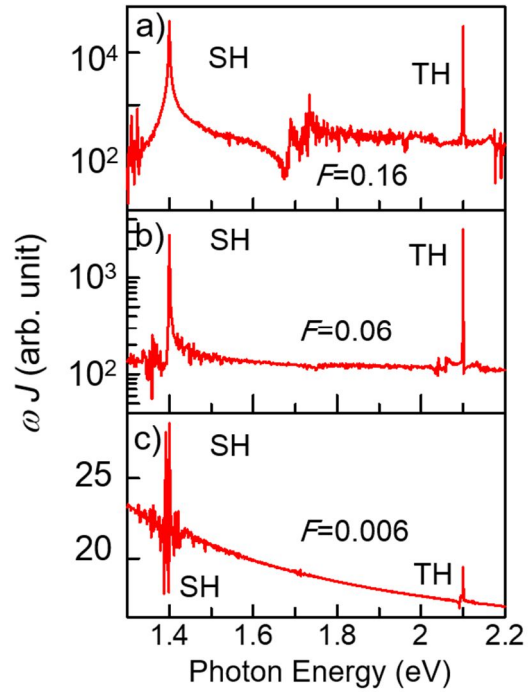


図5 異なる振幅 F で光電場を印加中の第二 (SH) 第三 (TH) を含む高調波スペクトル

(4) ハニカム格子上的 3 軌道電子系における円偏光誘起磁化

量子スピン液体状態にある -RuCl_3 に円偏光を照射することで磁化が面直に発生する逆ファラデー効果が実験グループによって観測された。そこで、この発現機構を理論的に解析した。当該物質がハニカム格子上的各サイトに 3 種の d 軌道 (d_{yz} , d_{xz} , d_{xy}) をもち、隣接するサイト間では同種軌道間、異種軌道間ともに正孔が移動し、オンサイトのスピン軌道相互作用とクーロン相互作用をもつことを反映した 3 軌道ハバード模型を扱った。数値的には厳密対角化に基づいて光誘起ダイナミクスを計算し、解析的にはフロケ理論の高周波数展開を用いて有効磁場を求めた。印加する光電場の振動数をモットギャップよりも小さく設定すると、基本的に各サイトに正孔が 1 個ずつの状態のままで、ある正孔の有効角運動量が $1/2$ から $3/2$ へ遷移することに対応するスピン軌道励起子を生成する。円偏光照射の場合は、面直の磁化が発生し、その向きが円偏光のヘリシティに依存する。これはフロケ理論の高周波数展開で得られ、スピン軌道相互作用とは無関係に発生する有効磁場による。大雑把に表現すると、円偏光照射下のハニカム格子上的正孔は、円偏光のヘリシティに依存して時間とともに運動の向きを変え、正孔が滞在する d 軌道の種類も変化し、その時間順序がヘリシティによって決まることによる。円偏光の振動数を変えて、有効角運動量が $3/2$ の正孔が隣接サイトに存在する、いわゆるダブルのスピン軌道励起子を生成すると、対応する 2 個の正孔の運動は相関をもち、正孔が滞在する d 軌道の種類の時間順序が反転するため、図 6 の青線に示すように面直磁化が反転することもわかった。

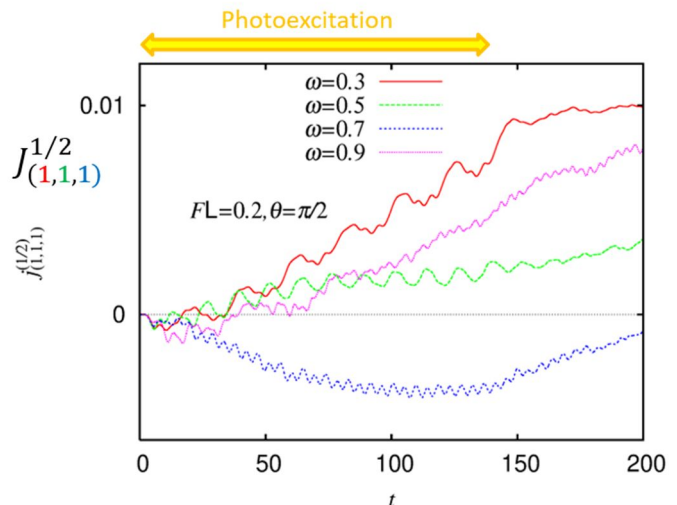


図6 異なる振動数 ω での左回り円偏光照射時の擬スピン $1/2$ の面直成分の時間発展

(5) 国内外における位置づけとインパクト、今後の展望など

現在は様々な物質に対して光誘起非平衡動的現象が理論、実験ともに調べられていて、それぞれ方法論も発展している。よく研究されているのは、たとえば電荷密度波や超伝導のギャップ程度の低エネルギーのテラヘルツのパルスを使い、秩序パラメタの変調により起きる非線形現象である。しかし本研究は、電子のサイト間移動やオンサイト斥力のような微視的過程に対するエネルギーに匹敵し、電子を直接動かすことのできる近赤外の光パルスを使うことで、電子状態がどのような新しい挙動を示すかに注目した。これらを、実験グループとの情報交換を密にして調べてきた。有機導体を舞台にした動的局在、誘導放出、第二高調波発生は、それまで予想されなかった現象であり、注目を集めることができた。また量子スピン液体状態を示す多軌道電子系における円偏光誘起の面直磁化発生は、典型的な磁性体よりもけた違いに大きく出しており、局所的に軌道角運動量を発生する新奇な機構によるためと考えられる。前者は空間反転対称性の破れが、後者は時間反転対称性の破れが、それぞれ位相をそろえて多電子を駆動することによって可能になった。今後は時空間の対称性を同時にかつ直接的に操作して起きる光誘起現象が追求されると期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 K. Yonemitsu and P. Werner	4. 巻 90
2. 論文標題 Mechanism for Synchronization of Charge Oscillations in Dimer Lattices	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 044713 -1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.044713	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 N. Arakawa and K. Yonemitsu	4. 巻 104
2. 論文標題 Polarization-dependent magnetic properties of periodically driven -RuCl_3	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 214413 -1-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.104.214413	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 T. Shimada and K. Yonemitsu	4. 巻 89
2. 論文標題 Competition between Interactions and Randomness in Photoinduced Synchronization of Charge Oscillations on a Dimer Lattice	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 084701 -1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.89.084701	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. Tanaka and K. Yonemitsu	4. 巻 102
2. 論文標題 Photoinduced dynamics of excitonic order and Rabi oscillations in the two-orbital Hubbard model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 075118 -1-20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.075118	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. Kawakami, T. Amano, H. Ohashi, H. Itoh, Y. Nakamura, H. Kishida, T. Sasaki, G. Kawaguchi, H. M. Yamamoto, K. Yamamoto, S. Ishihara, K. Yonemitsu, and S. Iwai	4. 巻 11
2. 論文標題 Petahertz non-linear current in a centrosymmetric organic superconductor	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 4138 -1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-020-17776-3	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 N. Arakawa and K. Yonemitsu	4. 巻 103
2. 論文標題 Floquet engineering of Mott insulators with strong spin-orbit coupling	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 L100408 -1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.103.L100408	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 K. Yonemitsu	4. 巻 87
2. 論文標題 Photoinduced High-Frequency Charge Oscillations in Dimerized Systems	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 044708 -1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.87.044708	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. Kawakami, T. Amano, Y. Yoneyama, Y. Akamine, H. Itoh, G. Kawaguchi, H. M. Yamamoto, H. Kishida, K. Itoh, T. Sasaki, S. Ishihara, Y. Tanaka, K. Yonemitsu, and S. Iwai	4. 巻 12
2. 論文標題 Nonlinear charge oscillation driven by a single-cycle light field in an organic superconductor	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nature Photonics	6. 最初と最後の頁 474-478
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41566-018-0194-4	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. Kawakami, H. Itoh, K. Yonemitsu, and S. Iwai	4. 巻 51
2. 論文標題 Strong light-field effects driven by nearly single-cycle 7fs light-field in correlated organic conductors	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics	6. 最初と最後の頁 174005 -1-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6455/aad40a	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 K. Yonemitsu	4. 巻 87
2. 論文標題 Charge Oscillations Emerging after Application of an Intense Light Field to Superconductors on a Dimer Lattice	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 124703 -1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.87.124703	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 T. N. Ikeda, H. Tsunetsugu, and K. Yonemitsu	4. 巻 9
2. 論文標題 Photoinduced Dynamics of Commensurate Charge Density Wave in 1T-TaS ₂ Based on Three-Orbital Hubbard Model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 70 -1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app9010070	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. Kawakami, Y. Yoneyama, T. Amano, H. Itoh, K. Yamamoto, Y. Nakamura, H. Kishida, T. Sasaki, S. Ishihara, Y. Tanaka, K. Yonemitsu, and S. Iwai	4. 巻 95
2. 論文標題 Polarization selectivity of charge localization induced by a 7-fs nearly single-cycle light field in an organic metal	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 201105(R)-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.95.201105	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 K. Yonemitsu	4. 巻 86
2. 論文標題 High-Frequency Analysis of Effective Interactions and Bandwidth for Transient States after Monocycle Pulse Excitation of Extended Hubbard Model	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 064702-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.86.064702	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. Tanaka, M. Daira, and K. Yonemitsu	4. 巻 97
2. 論文標題 Photoinduced enhancement of excitonic order in the two-orbital Hubbard model	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 115105-1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.97.115105	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. Naitoh, Y. Kawakami, T. Ishikawa, Y. Sagae, H. Itoh, K. Yamamoto, T. Sasaki, M. Dressel, S. Ishihara, Y. Tanaka, K. Yonemitsu, and S. Iwai	4. 巻 93
2. 論文標題 Ultrafast response of plasma-like reflectivity edge in (TMTTF) ₂ AsF ₆ driven by a 7-fs 1.5-cycle strong-light field	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 165126-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.93.165126	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 K. Yonemitsu	4. 巻 86
2. 論文標題 Photoinduced Enhancement of Anisotropic Charge Correlations on Triangular Lattices with Trimers	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 024711-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.86.024711	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 -

〔学会発表〕 計52件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 11件）

1. 発表者名 米満賢治, Philipp Werner
2. 発表標題 ダイマー格子系における電荷振動の同期の機構
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 K. Yonemitsu
2. 発表標題 Ultrafast spin/charge dynamics in quantum-spin materials: Symmetry aspects
3. 学会等名 The 7th International Conference on Photoinduced Phase Transitions and Cooperative Phenomena (PIPT7) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 米満賢治
2. 発表標題 -RuCl ₃ の三軌道ハバード型における光誘起磁化ダイナミクス
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 天野辰哉, 川上洋平, 伊藤弘毅, 今野克哉, 青山拓也, 今井良宗, 大串研也, 若林裕助, 後藤貫太, 中村優斗, 岸田英夫, 米満賢治, 岩井伸一郎
2. 発表標題 スピン軌道モット絶縁体 -RuCl ₃ における超高速磁気光学応答
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川上洋平, 天野辰哉, 伊藤弘毅, 山本薫, 中村優斗, 岸田英夫, 佐々木孝彦, 米満賢治, 岩井伸一郎
2. 発表標題 電子型強誘電体 -(ET)2I3の6 fs SHG分光
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 K. Yonemitsu
2. 発表標題 Photoinduced time reversal symmetry breaking: Photoinduced magnetization in quantum spin liquid of -RuCl_3
3. 学会等名 Computational Physics Group Seminar, University of Fribourg
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Yonemitsu
2. 発表標題 Photoinduced space inversion symmetry breaking: Second-Harmonic Generation
3. 学会等名 Computational Physics Group Seminar, University of Fribourg
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Yonemitsu
2. 発表標題 Synchronized charge oscillations in organic conductors $\text{-(ET)}_2\text{X}$
3. 学会等名 Computational Physics Group Seminar, University of Fribourg
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 島田利哉, 米満賢治
2. 発表標題 ダイマー格子における電荷振動の光誘起同期現象に対するサイト間相互作用の効果
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 荒川直也, 米満賢治
2. 発表標題 光照射した -RuCl ₃ のFloquet理論による解析
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 荒川直也, 米満賢治
2. 発表標題 光照射した -RuCl ₃ の磁氣的性質の偏光依存性
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 天野辰哉, 大橋拓純, 川上洋平, 伊藤弘毅, 今野克哉, 青山拓也, 今井良宗, 大串研也, 若林裕助, 後藤貫太, 中村優斗, 岸田英夫, 米満賢治, 岩井伸一郎
2. 発表標題 キタエフスピン液体候補物質 -RuCl ₃ における超高速スピンドYNAMICS III
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 K. Yonemitsu
2. 発表標題 Photoinduced Charge Oscillations in Correlated Dimer Systems
3. 学会等名 International Conference on Frontiers of Correlated Electron Sciences (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Yonemitsu
2. 発表標題 Nonlinear Conduction and Selective Order Melting in an Organic Conductor with a Triangular Lattice
3. 学会等名 Non-Equilibrium Steady States in Correlated Materials (NESS 2019), Workshop on nonlinear conduction phenomena (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中康寛、米満賢治
2. 発表標題 二軌道ハバードモデルにおけるエキシトニック秩序の光誘起ダイナミクスとラビ振動
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川上洋平, 天野辰哉, 伊藤弘毅, 岸田英夫, 佐々木孝彦, 石原純夫, 米満賢治, 岩井伸一郎
2. 発表標題 6 fs 単一サイクル近赤外パルスによる有機超伝導体の第2、第3高調波発生
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Yonemitsu
2. 発表標題 Photoinduced Charge Oscillations in Dimerized Organic Conductors
3. 学会等名 The 13th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Magnets (ISCOM2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川上洋平, 天野辰哉, 伊藤弘毅, 川口玄太, 山本浩史, 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
2. 発表標題 6 fs単一サイクル近赤外パルスによる有機超伝導体の第2、第3高調波発生II
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 島田利哉, 米満賢治
2. 発表標題 強く光照射した後に電荷振動が同期する現象に対する相互作用と乱雑さの効果
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 米満賢治
2. 発表標題 -RuCl ₃ の三軌道模型における光誘起擬スピン偏極ダイナミクス
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 天野辰哉, 赤嶺勇人, 大橋拓純, 川上洋平, 伊藤弘毅, 今野克哉, 長谷川慶直, 佐々木宏也, 青山拓也, 今井良宗, 大串研也, 若林裕助, 米満賢治, 岩井伸一郎
2. 発表標題 キタエフスピン液体候補物質 -RuCl ₃ における超高速スピンドイナミクス II
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Yonemitsu
2. 発表標題 Synchronized charge oscillation after a strong optical electric field is applied to superconductors with dimerized crystal structures
3. 学会等名 Gordon Research Conference on Conductivity & Magnetism in Molecular Materials (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 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
2. 発表標題 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II
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川上洋平, 天野辰哉, 赤嶺勇人, 伊藤弘毅, 川口玄太, 山本浩史, 岸田英夫, 佐々木孝彦, 石原純夫, 米満賢治, 岩井伸一郎
2. 発表標題 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III
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 米満賢治
2. 発表標題 ダイマー格子上の超伝導状態を強く光励起した後に現れる電荷振動
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 池田達彦, 常次宏一, 米満賢治
2. 発表標題 TaS ₂ における電荷密度波の光誘起ダイナミクスの理論
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 K. Yonemitsu
2. 発表標題 Photoinduced Enhancement of Anisotropic Charge Correlations in Quarter-Filled Triangular Systems with Trimers
3. 学会等名 6th International Conference on Photoinduced Phase Transitions (PIPT6) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Yonemitsu
2. 発表標題 Conditions for Photoinduced Enhancement/Suppression of Orders: Charge Order and Excitonic Condensation
3. 学会等名 International School and Workshop on Electronic Crystals (ECRYS-2017) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Yonemitsu
2. 発表標題 Photoinduced Charge Localization and Electronic Ferroelectricity in Quarter-Filled Triangular Systems with Trimers
3. 学会等名 The 12th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Magnets (ISCOM2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Kawakami, Y. Yoneyama, T. Amano, H. Itoh, K. Yamamoto, Y. Nakamura, H. Kishida, T. Sasaki, S. Ishihara, Y. Tanaka, K. Yonemitsu, S. Iwai
2. 発表標題 Polarization Selectivity of Charge Localization Induced by 7-fs Nearly Single-Cycle Light-Field in an Organic Metal
3. 学会等名 The 12th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Magnets (ISCOM2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 米満賢治
2. 発表標題 拡張ハバード模型に対するフロケ理論の高周波数展開と1サイクル・パルス励起後の電子相関
3. 学会等名 日本物理学会2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 池田達彦, 米満賢治, 常次宏一
2. 発表標題 TaSe ₂ における電荷密度波の光誘起ダイナミクス
3. 学会等名 日本物理学会2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田中康寛, 大良学, 米満賢治
2. 発表標題 エキシトニック絶縁体における光誘起ダイナミクスと秩序の増大
3. 学会等名 日本物理学会2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 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
2. 発表標題 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
3. 学会等名 日本物理学会2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 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
2. 発表標題 6 fs単一サイクル赤外光によって生成される ET 塩のドレスト電子状態
3. 学会等名 日本物理学会2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 米満賢治
2. 発表標題 様々な二量系でみられる光誘起高周波電荷振動
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 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
2. 発表標題 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
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 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
2. 発表標題 6 fs単一サイクル赤外光による (ET)2I3の電荷秩序融解II; 反射率変化とSHG強度の変化
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Yonemitsu
2. 発表標題 Charge orders induced by strong optical electric field and anisotropic transfers/ interactions
3. 学会等名 Gordon Research Conference on Conductivity & Magnetism in Molecular Materials (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 K. Yonemitsu
2. 発表標題 Photoinduced Interaction Modulation and Charge Localization: Order Formed in a Quasi-Two-Dimensional Organic Conductor
3. 学会等名 International Research School: Electronic States and Phases Induced by Electric or Optical Impacts (IMPACT 2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 K. Yonemitsu
2. 発表標題 Photoinduced Charge Localization and Ordering in Organic Conductors with Anisotropic Transfers/Interactions
3. 学会等名 The 12th Japan-China Joint Symposium on Conduction and Photoconduction in Organic Solids and Related Phenomena (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 米満賢治
2. 発表標題 -(BEDT-TTF)2I3におけるパルス励起後の電子相関とフロケ理論の高周波数展開
3. 学会等名 日本物理学会2016年秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 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
2. 発表標題 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
3. 学会等名 日本物理学会2016年秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 米満賢治
2. 発表標題 三量体を含む三角格子上の拡張ハバード模型における光誘起電荷秩序化傾向と有効相互作用の異方性増大
3. 学会等名 日本物理学会第72回年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 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
2. 発表標題 k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
3. 学会等名 日本物理学会第72回年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 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
2. 発表標題 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
3. 学会等名 日本物理学会第72回年次大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 光スイッチ素子、光スイッチ装置、光通信システム及び光コンピュータ	発明者 岩井伸一郎、川上洋平、天野辰哉、大串研也、米満賢治	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願 2020 - 203352	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 光スイッチ素子、光スイッチ装置、光通信システム及び光コンピュータ	発明者 岩井伸一郎、川上洋平、天野辰哉、大串研也、米満賢治	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2021/044368	出願年 2021年	国内・外国の別 外国

〔取得〕 計0件

〔その他〕

中央大学理工学部米満研究室 http://www.phys.chuo-u.ac.jp/labs/yonemitsu/ 理工学部教授米満賢治 https://researchers.chuo-u.ac.jp/Profiles/3/0000277/profile.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			
スイス	フリブール大学			