

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 7 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的研究（開拓）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H05324・20K20343

研究課題名（和文）量子クエンチに基づく強相関電子系の新規量子相の探索

研究課題名（英文）Investigation of new quantum phases by quantum quench in correlated electron systems

研究代表者

島野 亮（Shimano, Ryo）

東京大学・低温科学研究センター・教授

研究者番号：40262042

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 20,000,000円

研究成果の概要（和文）：超伝導と電荷密度波(CDW)といった多重の秩序が競合共存する系を対象に、光学的量子クエンチの手法を用いて、新たな量子相の探究を行った。遷移金属ダイカルコゲナイド物質ではCDWの振幅モード励起を介した相転移を初めて実現した。鉄系超伝導体では、光照射により超伝導が増強することを非線形テラヘルツ分光から明瞭に実証した。ストライプ秩序を発現するLa214系銅酸化物高温超伝導体では、電荷秩序とスピン秩序、超伝導との競合・相関をダイナミクスから調べる新たな手掛かりを得た。Y123系銅酸化物高温超伝導体では光励起により平衡状態の超伝導とは異なるコヒーレントな電子状態が発現している可能性が高いことを見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

光学的量子クエンチによる新たな物質相の探索という新しいアプローチを具現化し、遷移金属ダイカルコゲナイド物質、鉄系超伝導体、銅酸化物高温超伝導体において非熱的電子相制御に道を拓いた本研究は、非平衡物性科学の進展に大きく貢献したといえる。鉄系超伝導体の光誘起超伝導増強、銅酸化物高温超伝導体の光誘起相の解明は、その多様な基底状態、超伝導発現機構の解明にも貢献すると期待される。量子相の人為的相制御の実証は量子物質の機能応用の観点からも社会還元につながる重要な進展である。

研究成果の概要（英文）：We have investigated new matter phases induced by ultrafast quantum quench method in correlated electron systems, including transition metal dichalcogenides, iron-based superconductors and high Tc cuprate superconductors, by using ultrafast laser spectroscopy techniques. Light-induced non-thermal transitions to hidden states are demonstrated in those materials, revealing the essential interplay between competing quantum phases.

研究分野：光物性物理

キーワード：量子クエンチ 非平衡 超伝導 電荷密度波 光誘起相転移 テラヘルツ 非線形光学応答 超高速分光

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19（共通）

1．研究開始当初の背景

強相関電子物質の特徴は、その物性が電荷、スピン、格子の自由度の闘ぎ合い、絡み合いの帰結としてもたらされていることにあり、一つの秩序発現の背後にはそれと競合する秩序あるいは隠れた対称性が存在する。それら相互に絡み合う多重秩序や隠れた対称性を抽出することは強相関電子系の物性発現を理解するうえで本質的に重要である。競合する秩序を人為的に制御することができれば、強相関物質が潜在的に有する物質機能を顕在化させることが可能となる。このような観点から、これまで元素置換や磁場・圧力印加といった静的な制御による研究が進められ、広範な物質系で電子相図の解明が行われてきた。一方、光励起の手法は、磁場や圧力印加等の静的な制御とは異なる動的な物性制御の手法を提供してきた。例えば、光誘起相転移現象の研究では、高エネルギー（ $\sim 1\text{eV}$ ）の光励起状態を利用し、そこからの緩和過程を介して準安定状態を実現する試みが進められてきた。近年では、可視・近赤外光領域より低エネルギーの励起を介して新たな電子相の発現を誘起する「量子クエンチ」実験が超短パルス光源技術の進歩とともに可能となってきた。ここでの「量子クエンチ」とは、ある秩序相においてその秩序に関連するパラメータを非断熱的に瞬時に変化させることを意味する。量子クエンチの手法が固体凝縮系で可能であることを示す例として、近年、研究代表者が行った s 波超伝導体 NbN の秩序変数の振幅振動、いわゆるヒッグスモードの観測実験がある [R. Matsunaga et al. Phys.Rev.Lett.111,057002(2013)]。この実験では超伝導体に超伝導ギャップ程度の光子エネルギーの強いモノサイクルテラヘルツ波パルス照射することで、超伝導ギャップを非断熱的に収縮させ、その結果秩序変数の振幅が振動する様子、いわゆるヒッグスモードを明瞭に観測することに成功している。その背景には超短光パルス技術、テラヘルツ電磁波技術の進展があり、制御された光パルスによる非熱的な励起、低エネルギー励起の選択的励起による量子物質の相制御への期待が高まってきた。銅酸化物超伝導体においても格子振動を選択的に励起すると超伝導を示唆する応答が現れることが報告され光誘起超伝導として高い関心を集めていた [S. Kaiser et al., Phys.Rev.B89, 184516(2014)]。

2．研究の目的

以上の背景のもと本研究では、量子クエンチを基軸とする強相関電子物質の物質相探索という新しい物性研究のアプローチを提案した。ここでは、波長やパルス幅を最適化した光・テラヘルツ波を用いて準粒子、集団励起、フォノンといった低エネルギー帯にある特定の励起の選択的な駆動を介して、電子間相互作用の変調、準粒子分布の瞬時変化を誘起し、新たな秩序、隠れた対称性の顕在化を図ることを目的とした。本研究では対象として 1) 超伝導と電荷密度波(CDW)やスピン密度波といった多重の秩序が競合・共存する系(遷移金属ダイカルコゲナイド(TMD)系、2) 鉄系超伝導体、3) 銅酸化物高温超伝導体を取り上げ、熱平衡状態では現れない量子相の顕在化、競合・共存秩序の相関の解明、光による相変化を探究することを目的とした。

3．研究の方法

本研究提案の中核をなす実験技術は、エネルギー選択的な超短光パルスによる量子物質の非断熱励起方法の開発、秩序変数ダイナミクスを 1 ピコ秒以下の超高速時間領域で捉えるプローブ技

【研究計画調書の概要（つづき）】

術の開発である。このために、高強度テラヘルツ波パルス光源の開発、中赤外パルス光源の開発を行い、高強度テラヘルツ波ポンプ-テラヘルツ波プローブ分光システム、中赤外光ポンプ-テラヘルツ波プローブ分光、光ポンプ-中赤外プローブ分光システムといった数 meV から数 eV に亘る広範な時間分解分光技術を開発、整備することから研究を開始した。

物質系としては以下にあげる 3 つの系を対象とした。

1) 遷移金属ダイカルコゲナイド物質、 $3R\text{-TaSe}_2$: この系は温度低下とともに 100 K で電荷密度波状態(CDW)が発現し、極低温 2 K で超伝導になる。この系において CDW の振幅モード(アンブリチュードン)を大振幅励起することによる相転移現象とそのダイナミクスを調べた。

2) 鉄系超伝導体 $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$: 鉄セレン超伝導体はキャリアドーブや圧力印加等の外的要因によって超伝導転移温度が 5 倍以上に大きく変化することが知られている。これまでの研究により超伝導転移温度とフェルミ面の大きさと相関していることも明らかにされてきたが、超伝導発現の機構は依然未解明である。本研究ではこのような外部刺激によって超伝導転移温度が大きく変化する鉄系超伝導体に注目し、光による超伝導の制御、光誘起超伝導の発現を調べることとした。特に、光励起下での超伝導秩序変数のダイナミクスをピコ秒の時間分解能で捉える手法として、超伝導秩序変数の振幅モードであるヒッグスモードに注目した。これまでの研究により超伝導体では、ヒッグスモードが媒介して高効率のテラヘルツ波第三高調波(THz-THG)が発生することを明らかにしており、この性質を利用して非平衡超伝導を調べることにした。

3) 銅酸化物高温超伝導体: 近年、銅酸化物高温超伝導体 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ (YBCO) に対して高強度の光を照射すると、転移温度以上で THz 周波数帯の c 軸光学伝導度の虚部が過渡的に増大する様子が観測され、光誘起超伝導と解釈された。しかし、光学伝導度虚部の増大は超伝導成分が準粒子励起によるドルーデ成分なのかを区別することができず、その解釈は定まっていない。さらに、過渡的な光学伝導度虚部の増大は数ピコ秒程度で緩和してしまうことから、抵抗測定や磁化率測定といった手法では観測することができないという実験上の課題があった。そこで本研究ではピコ秒領域の過渡現象にも適用可能な非線形テラヘルツ分光を利用したヒッグスモードの観測、ジョセフソンプラズマ振動に起因する第三高調波発生を通して、光誘起超伝導の検証を行うこととした。

4. 研究成果

1) 遷移金属ダイカルコゲナイド物質、 $3R\text{-TaSe}_2$: 分子線エピタキシー法により作成された厚さ 16 nm の試料を対象に研究を行った。本試料は、絶対温度 100 K 以下で金属相から CDW 相に相転移し、さらに低温の 2 K で超伝導になる。この物質が CDW 相にあるときに、周波数にして 2.7 THz にある電荷密度波の振幅モードを、テラヘルツ波パルスによる二光子励起過程で直接励起できることをテラヘルツポンプテラヘルツプローブ分光、テラヘルツポンプ光プローブ分光から見出した。驚くべきことにこの振幅モードを揺らすと、系が金属的な状態から、絶縁体的な状態へと変化することがテラヘルツ光学伝導度測定から明らかになった。さらに、光学伝導度スペクトルに現れるギャップエネルギーが、平衡状態の CDW の振幅モードの周波数で揺れることから、誘起された絶縁体相と平衡状態の CDW 相が競合秩序であることを明らかにした。本研究は、電荷密度波状態に対して、低エネルギーの振幅モードの直接励起を介して相転移が起きることを示した初めての例であり、電子相制御に新たな道を拓くものである。

2) 鉄系超伝導体 $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$: パルスレーザー堆積法により製膜された $\text{FeSe}_{0.5}\text{Te}_{0.5}$ に対し

【研究計画調書の概要（つづき）】

て、まず、光励起を行わない平衡状態において転移温度以下で THz-THG が発生することを確認し、その強度が超流動密度を反映していることを明らかにした。続いて、近赤外から中赤外領域の様々な波長のレーザーパルスを励起した際の超伝導秩序変数のダイナミクスを調べた。その結果、光パルスを照射すると THz-THG の強度が過渡的に増大し、超伝導秩序変数が増強する振る舞いを見出した。一方、光パルスを照射した後の非平衡状態の複素光学伝導度をテラヘルツ時間領域分光法により測定したところ、光学伝導度虚部に超流動密度の増加を示唆するスペクトル構造が現れることを見出した。この光学伝導度虚部のダイナミクスは THz-THG 測定の結果と非常によく一致したことから、光励起によって超伝導が増強したと結論した。光学伝導度スペクトルを詳細に検討し、光照射によって、電子バンドと正孔バンド間のバンド間相互作用が増強し、超伝導増強現象が起こった可能性が高いことを明らかにした。ヒッグスモードの観測から光照射による超伝導増強を明確な形で示したのは本研究が初めてである。電子-正孔バンド間のバンド間ペアリング相互作用は鉄系超伝導体の超伝導発現機構において重要な役割を果たしていると考えられている。光励起の微視的過程の解明は今後の課題として残ったが、その理解は FeSe_{1-x}Tex の超伝導クーパ対形成の機構解明にも貢献すると期待される。

3) 銅酸化物高温超伝導体：

- ・銅酸化物高温超伝導体 Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+x}(Bi2212)を対象にヒッグスモードの観測を行った。Bi2212 に対してテラヘルツ(THz)ポンプ・近赤外光プローブ分光を行い、超伝導秩序変数の振幅の集団励起であるヒッグスモードの観測に成功した。さらに、ヒッグスモードのオンセット温度が超伝導転移温度よりもはるか高温から発現していることを見出し、局所的クーパ対形成温度を反映している可能性が高いことをトンネル分光による先行研究との比較から示した。
- ・ヒッグスモードが超伝導秩序の超高速のプローブとなることを利用して、ヒッグスモードを用いた非平衡超伝導の解明を目指した。不足ドーブ YBCO バルク結晶に対し高強度の近赤外光あるいは中赤外光を照射し、誘起された非平衡ダイナミクスを THz 周波数帯の c 軸反射率変化を通して測定した。転移温度以上において、THz 周波数帯の光学伝導度虚部の過渡的な増大を観測し、先行研究と整合する実験結果を得た。しかし、この転移温度以上の光励起非平衡状態において、高強度 THz 波パルスによって駆動されるヒッグスモードやジョセフソン電流に起因する非線形光学応答は観測されなかったことから、過渡的な光学伝導度虚部の増大を示す光励起非平衡状態は平衡状態の超伝導とは異なると考えられると結論した。光励起による光学伝導度虚部の増大は擬ギャップ温度付近まで観測されることから、本研究の結果は擬ギャップの解釈にも新たな手掛かりをあたえるものであり、今後の理論的考察にも貢献するものと考えられる。
- ・ストライプ秩序型系超伝導体：超伝導と競合する電荷秩序、スピンストライプ秩序が発現する銅酸化物高温超伝導体 La_{2-y-x}NdySrxCuO₄ バルク単結晶に対して、ストライプ秩序のクエンチによる競合秩序のダイナミクスを調べた。低温での近赤外光、中赤外光励起照射下でのテラヘルツ反射率変化を測定すると、電荷ストライプ秩序の融解に対応する信号、スピンストライプ秩序の融解に対応する信号が、ダイナミクスの違いとして明瞭に現れることを見出した。さらに電荷秩序の融解が超伝導を誘発している可能性が示唆され、超伝導と電荷秩序、スピンストライプ秩序との相関を調べる有効な手法となることを見出した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Naotaka Yoshikawa, Masayuki Takayama, Naoki Shikama, Tomoya Ishikawa, Fuyuki Nabeshima, Atsutaka Maeda, Ryo Shimano	4. 巻 100
2. 論文標題 Charge carrier dynamics of FeSe thin film investigated by terahertz magneto-optical spectroscopy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 035110-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.100.035110	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 Hiroaki Niwa, Naotaka Yoshikawa, Kaito Tomari, Ryusuke Matsunaga, Dongjoon Song, Hiroshi Eisaki, and Ryo Shimano	4. 巻 100
2. 論文標題 Light-induced nonequilibrium response of the superconducting cuprate $\text{La}_{(2-x)}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 104507-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.100.104507	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 Ryo Shimano and Naoto Tsuji	4. 巻 11
2. 論文標題 Higgs Mode in Superconductors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Annual Review of Condensed Matter Physics	6. 最初と最後の頁 103-124
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1146/annurev-conmatphys-031119-050813	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 Yuta Murotani and Ryo Shimano	4. 巻 99
2. 論文標題 Nonlinear optical response of collective modes in multiband superconductors assisted by nonmagnetic impurities	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 224510-1-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.99.224510	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 Kota Katsumi, Zhi Zhong Li, Helene Raffy, Yann Gallais, Ryo Shimano,	4. 巻 102
2. 論文標題 Superconducting fluctuations probed by the Higgs mode in Bi2Sr2CaCu2O8+x thin films	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 054510-1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.054510	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 Hao Chu 他28名	4. 巻 11
2. 論文標題 Phase-resolved Higgs response in superconducting cuprates	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature communications	6. 最初と最後の頁 1793-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-020-15613-1	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 Hiroaki Niwa, Naotaka Yoshikawa, Masashi Kawaguchi, Masamitsu Hayashi, and Ryo Shimano	4. 巻 29
2. 論文標題 Switchable generation of azimuthally- and radially-polarized terahertz beams from a spintronic terahertz emitter	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 13331-13343
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.422484	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 Naotaka Yoshikawa, Hiroki Suganuma, Hideki Matsuo, Yuki Tanaka, Pierre Hemme, Maximilien Cazayous, Yann Gallais, Masaki Nakano, Yoshihiro Iwasa, and Ryo Shimano	4. 巻 -
2. 論文標題 Ultrafast switching to an insulating-like metastable state by amplitudon excitation of a charge density wave	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Physics, in press	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) 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 該当する

1. 著者名 K. Isoyama, N. Yoshikawa, K. Katsumi, J. Wong, N. Shikama, Y. Sakishita, F. Nabeshima, A. Maeda, and R. Shimano	4. 巻 -
2. 論文標題 Light-induced enhancement of superconductivity in iron-based superconductor FeSe _{0.5} Te _{0.5}	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communications Physics, in press	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) なし	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47件 (うち招待講演 14件 / うち国際学会 18件)

1. 発表者名 Kazuki Isoyama, Naotaka Yoshikawa, Keisuke Tomita, Naoki Shikama, Tomoya Ishikawa, Fuyuki Nabeshima, Atsutaka Maeda, Ryo Shimano
2. 発表標題 Mid-infrared Pulse Induced Nonequilibrium Dynamics in FeSe Thin Film
3. 学会等名 CIFAR Quantum Materials Summer School (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kota Katsumi, Zhi Zhong Li, Helene Raffy, Yann Gallais, Ryo Shimano
2. 発表標題 Study of superconducting fluctuation in cuprate superconductors through the observation of Higgs mode oscillation
3. 学会等名 Spectroscopies in Novel Superconductors (SNS 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroaki Niwa, Naotaka Yoshikawa, Dongjoon Song Song, Hiroshi Eisaki, Ryo Shimano
2. 発表標題 Photoexcited dynamics of superconductivity in La _{1-2x} Sr _x CuO ₄ probed by Josephson plasma resonance
3. 学会等名 Spectroscopies in Novel Superconductors (SNS 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naotaka Yoshikawa, Kazuki Isoyama, Keisuke Tomita, Naoki Shikama, Tomoya Ishikawa, Fuyuki Nabeshima, Atsutaka Maeda, Ryo Shimano
2. 発表標題 Nonequilibrium dynamics of iron-based superconductor FeSe induced by mid-infrared light excitation
3. 学会等名 Spectroscopies in Novel Superconductors (SNS 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuta Murotani and Ryo Shimano
2. 発表標題 Effects of nonmagnetic impurity scattering on nonlinear terahertz response by Higgs and Leggett modes
3. 学会等名 Spectroscopies in Novel Superconductors (SNS 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kota Katsumi, Zhi Zhong Li, Helene Raffy, Yann Gallais, Ryo Shimano
2. 発表標題 Superconducting fluctuation probed by the terahertz pulse-driven Higgs mode in Bi ₂ Sr ₂ CaCu _{2-8x} thin films
3. 学会等名 Max Planck-UBC-UTokyo Centre for Quantum Materials 2019 Workshop (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryo Shimano
2. 発表標題 Dynamical control of superconducting order parameter by light
3. 学会等名 International Conference on Frontiers of Correlated Electron Sciences(FCES) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryo Shimano
2. 発表標題 Higgs spectroscopy of high T_c cuprates in equilibrium and nonequilibrium
3. 学会等名 Spectroscopies in Novel Superconductors (SNS 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryo Shimano
2. 発表標題 Higgs spectroscopy of unconventional superconductors
3. 学会等名 Workshop on Ordering and Dynamics of Correlated Quantum Systems (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菅沼大貴, 吉川尚孝, 松岡秀樹, 田中勇貴, 中野匡規, 岩佐義宏, 島野亮
2. 発表標題 電荷密度波物質TaSe ₂ の広帯域テラヘルツポンブプローブ分光
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 吉川尚孝, 高山正行, 色摩直樹, 石川智也, 鍋島冬樹, 前田京剛, 島野亮
2. 発表標題 FeSe薄膜のテラヘルツ磁気光学分光
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 島野亮
2. 発表標題 超伝導体からのテラヘルツ高調波発生
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会 シンポジウム「高次高調波発生の最近の進展；発生機構と物質科学への応用」（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 磯山和基, 吉川尚孝, Wong Jeremy, 勝見恒太, 色摩直樹, 崎下雄稀, 鍋島冬樹, 前田京剛, 島野亮
2. 発表標題 光励起された鉄系超伝導体FeSe _{0.5} Te _{0.5} からのテラヘルツ第3高調波発生
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 H. Niwa, N. Yoshikawa, D. Song, H. Eisaki, R. Shimano
2. 発表標題 Photoexcited nonequilibrium state of La _{2-x} Sr _x CuO ₄ investigated by terahertz spectroscopy
3. 学会等名 Workshop Max Plank-UBC-UTokyo Centre for Quantum Materials (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 N. Yoshikawa, K. Isoyama, K. Tomita, N. Shikama, T. Ishikawa, F. Nabeshima, A. Maeda, R. Shimano
2. 発表標題 Ultrafast carrier dynamics of FeSe thin film investigated by time-resolved terahertz spectroscopy
3. 学会等名 Workshop Max Plank-UBC-UTokyo Centre for Quantum Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroaki Niwa, Naotaka Yoshikawa, Dongjoon Song, Hiroshi Eisaki, Ryo Shimano
2. 発表標題 Terahertz spectroscopy of the cuprate superconductor $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ in the photoexcited nonequilibrium state
3. 学会等名 APS March meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryo Shimano
2. 発表標題 Higgs mode in conventional and unconventional superconductors
3. 学会等名 The International Symposium on Quantum Fluids and Solids (QFS2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryo Shimano
2. 発表標題 Photo-induced nonequilibrium dynamics in superconductors
3. 学会等名 ENS-UT Workshop on Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryo Shimano
2. 発表標題 Light-induced Nonequilibrium Dynamics in Superconductors
3. 学会等名 Max Planck-UBC-UTokyo Centre for Quantum Materials Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 丹羽宏彰, 吉川尚孝, Dongjoon Song, 永崎洋, 島野 亮
2. 発表標題 La _{{2-x}Sr_xCuO₄} の光励起非平衡状態におけるc軸テラヘルツ応答のドーブ濃度依存性
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 吉川尚孝, 丹羽宏彰, Dongjoon Song, 永崎洋, 玉作賢 治, 田中義人, 大沢仁志, 久保田雄也, 山本航平, 山神 光平, 平田靖透, 和達大樹, 島野亮
2. 発表標題 時間分解X線回折による銅酸化物超伝導体La _{{2-x}Sr_xCuO₄} の光励起結晶構造ダイナミクス
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 富田圭祐, 磯山和基, 吉川尚孝, 色摩直樹, 石川智也, 鍋 島冬樹, 前田京剛, 島野亮
2. 発表標題 鉄系超伝導体FeSe _{0.5} Te _{0.5} におけるヒッグスモード
3. 学会等名 第10 回東京大学低温センター研究交流会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉川尚孝, 高山正行, 色摩直樹, 石川智也, 鍋島冬樹, 前田京剛, 島野亮
2. 発表標題 鉄セレン薄膜のテラヘルツ磁気光学分光
3. 学会等名 第10 回東京大学低温センター研究交流会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 磯山和基, 吉川尚孝, 富田圭祐, 色摩直樹, 石川智也, 鍋島冬樹, 前田京剛, 島野亮
2. 発表標題 FeSe 薄膜の中赤外光ポンプ-テラヘルツ光プローブ分光
3. 学会等名 第10 回東京大学低温センター研究交流会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 丹羽宏彰, 吉川尚孝, Dongjoon Song, 永崎洋, 島野 亮
2. 発表標題 銅酸化物超伝導体La_{2-x}Sr_xCuO_4の光誘起非平衡状態
3. 学会等名 第10 回東京大学低温センター研究交流会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菅沼大貴, 吉川尚孝, 松岡秀樹, 田中勇貴, 中野匡規, 岩佐義宏, 島野亮
2. 発表標題 電荷密度波物質TaSe2の超高速光励起ダイナミクス
3. 学会等名 第10 回東京大学低温センター研究交流会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富田圭祐, 磯山和基, 吉川尚孝, 色摩直樹, 石川智也, 鍋島冬樹, 前田京剛, 島野亮
2. 発表標題 マルチバンド超伝導体 FeSe0.5Te0.5薄膜におけるヒッグスモード
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 勝見恒太, Z. Z. Li, H. Raffy, Y. Gallais, 島野亮
2. 発表標題 テラヘルツ波誘起ヒッグスモードを用いたBi ₂ Sr ₂ CaCu ₂ O _{8+x} 薄膜における超伝導ゆらぎの観測
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 室谷悠太, 島野亮
2. 発表標題 2バンド超伝導体における集団励起と非線形光学応答：非磁性不純物散乱の効果
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 菅沼大貴, 吉川尚孝, 松岡秀樹, 田中勇貴, 中野匡規, 岩佐義宏, 島野亮
2. 発表標題 テラヘルツポンプ-プローブ分光法による電荷密度波物質TaSe ₂ の非平衡ダイナミクス
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 礪山和基, 吉川尚孝, 富田圭祐, 色摩直樹, 石川智也, 鍋島冬樹, 前田京剛, 島野亮
2. 発表標題 中赤外光ポンプ-THz波プローブ分光法で見るFeSe薄膜の非平衡キャリアダイナミクス
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 島野亮
2. 発表標題 銅酸化物高温超伝導体の動的応答
3. 学会等名 京都大学基礎物理学研究所研究会「電子相関が生み出す 新規な秩序と超伝導現象：トポロジー、液晶状態、動的現象」（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 島野亮
2. 発表標題 超伝導体のヒッグスモード-光による秩序変数操作に向けて-
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会領域4、領域5合同シンポジウム「光と固体中の電子・スピンの織り成す新奇量子現象」（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 島野亮
2. 発表標題 非従来型超伝導体のヒッグスモード
3. 学会等名 KEK 連携コロキウム・研究会エディション（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 礪山和基, 吉川尚孝, 勝見恒太, Wong Jeremy, 色摩直樹, 崎下雄稀, 鍋島冬樹, 前田京剛, 島野亮
2. 発表標題 鉄系超伝導体FeSe _{0.5} Te _{0.5} における光誘起超伝導増強
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 勝見恒太, 西田森彦, 宮坂茂樹, 田島節子, 島野亮
2. 発表標題 銅酸化物超伝導体YBa ₂ Cu ₃ O _y における光励起非平衡ダイナミクス
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 吉川尚孝, 菅沼大貴, 松岡秀樹, 田中勇貴, 中野匡規, 岩佐義宏, 島野亮
2. 発表標題 高強度テラヘルツ波による3R-Ta _{1+x} Se ₂ 電荷密度波相の振幅モード励起と動的相転移
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 勝見恒太, 西田森彦, 宮坂茂樹, 田島節子, 島野亮
2. 発表標題 銅酸化物高温超伝導体YBa ₂ Cu ₃ O _y の光励起非平衡状態
3. 学会等名 第12回東京大学低温科学研究センター研究交流会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西田森彦, 勝見恒太, Dongjoon Song, 永崎洋, 島野亮
2. 発表標題 中赤外励起されたストライプ系銅酸化物超伝導体 La _{1.6-x} Nd _{0.4} Sr _x CuO ₄ のテラヘルツ分光
3. 学会等名 第12回東京大学低温科学研究センター研究交流会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉川尚孝, 菅沼大貴, 松岡秀樹, 田中勇貴, 中野匡規, 岩佐義宏, 島野亮
2. 発表標題 テラヘルツ波励起による3R-Ta1+xSe2電荷密度波相の非平衡ダイナミクス
3. 学会等名 第12回東京大学低温科学研究センター研究交流会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 磯山和基, 吉川尚孝, 勝見恒太, Jeremy Wong, 色摩直樹, 崎下雄稀, 鍋島冬樹, 前田京剛, 島野亮
2. 発表標題 鉄系超伝導体FeSe0.5Te0.5における超伝導秩序の光励起ダイナミクス
3. 学会等名 第12回東京大学低温科学研究センター研究交流会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 勝見恒太, 西田森彦, 宮坂茂樹, 田島節子, 島野亮
2. 発表標題 テラヘルツ非線形光学応答による銅酸化物高温超伝導体YBa2Cu3Oyの光励起非平衡ダイナミクス
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 西田森彦, 勝見恒太, Dongjoon Song, 永崎洋, 島野亮
2. 発表標題 銅酸化物超伝導体 La1.6-xNd0.4SrxCuO4の電荷・スピンストライブ秩序相における中赤外光ポンプ-テラヘルツプローブ分光
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 島野亮
2. 発表標題 超伝導及び電荷密度波系における ヒッグスモードと相転移ダイナミクス
3. 学会等名 KEK 素核宇・物性 連携研究会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Morihiko Nishida, Kota Katsumi, Ryo Shimano
2. 発表標題 MIR pumping of Stripe-Ordered Phase in La _{1.6-x} Nd _{0.4} Sr _x CuO ₄
3. 学会等名 Summer School "Design and Synthesis of Quantum Materials" (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryo Shimano
2. 発表標題 Superconducting precursor above T _c studied through the ultrafast spectroscopy of collective modes in Bi ₂ 212 and YBCO
3. 学会等名 Superstripes (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryo Shimano
2. 発表標題 Higgs mode as a probe of superconducting order above T _c in high-T _c cuprate superconductors
3. 学会等名 Max Planck-UBC-UTokyo Center for Quantum Materials Workshop 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〕

島野研究室ホームページ発表論文リスト
<http://thz.phys.s.u-tokyo.ac.jp/publications.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			
フランス	パリ大学			
ドイツ	マックスプランク固体物理学研究所	ヘルムホルツ研究所		
米国	ブルックヘブン国立研究所			