

令和 4 年 6 月 10 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18H01171

研究課題名（和文）強相関トポロジカル半金属の物質開発と新奇量子現象の開拓

研究課題名（英文）Research on novel quantum phenomena of correlated topological semimetal

研究代表者

藤岡 淳 (Fujioka, Jun)

筑波大学・数理物質系・准教授

研究者番号：80609488

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,300,000円

研究成果の概要（和文）：強相関電子系であるペロブスカイト型CaIrO₃を対象にし、モット転移近傍の電子相関が強い系であるにも関わらず高い移動度を示すディラック電子が生じている事を輸送特性測定によって明らかにした。量子振動の解析や電子状態計算によって電子相関効果によって希薄なキャリア密度で60,000cm²/Vsを超える高い移動度のディラック電子系が生じていることを示した。また10テスラ程度の磁場で量子極限状態に到達し、そこで磁気抵抗比5,500%に及び正の巨大磁気抵抗効果が生じる事を見出した。数値計算の結果から擬1次元の電子の閉じ込めによって電荷密度波などの電子の秩序化が生じている可能性があることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ディラック半金属は電子系のトポロジを研究する典型的な物質の一つで、高い移動度を持つ相対論的固体電子（ディラック電子）による量子現象が見られる特徴がある。従来の多くの研究は一電子近似が成り立つ系を対象にしてきたのに対し、本課題では電子間の相互作用が強い系を対象にし、高移動度ディラック電子の量子輸送特性や相互作用に由来する現象を実験的に観測する事に成功した。従来の電子間相互作用が弱いディラック半金属とは質的に異なる現象も見られており、今後さらに研究を進める事で強く相互作用し合うディラック電子に特有の物理学の発展や電子機能性の開拓が期待できる。

研究成果の概要（英文）：We have clarified that the perovskite-type CaIrO₃ exhibits the high mobility Dirac electron, regardless of the strong electron correlation regime nearby the Mott transition by means of quantum transport measurements. The results of quantum oscillation and theoretical calculation demonstrate the emergence of Dirac electron system with dilute carrier density and high mobility exceeding 60,000 cm²/Vs. We also found that the quantum limit is reached above around 10 T, in which the large positive magnetoresistivity with magnetoresistivity ratio more than 5,500% emerges. The numerical calculation suggests that the electronic ordering due to the magnetically induced quasi-one dimensional confinement causes the electronic ordering such as the charge density wave in the quantum limit.

研究分野：強相関電子系

キーワード：強相関電子系 トポロジカル半金属 遷移金属酸化物 モット転移

1. 研究開始当初の背景

トポロジカル絶縁体の発見を契機に結晶中の相対論的固体電子(ディラック電子やワイル電子)に関する興味が集まっている。ディラック半金属やワイル半金属などのトポロジカル半金属では、対称性で保障されたバンド交差を持った電子状態が生じており、交差点近傍の状態は有効的にディラック方程式やワイル方程式などの相対論的な運動で記述される。相対論的固体電子の特徴の一つは有効質量が小さく、ランダウ量子化に関した多様な量子輸送現象が見られる点である。また、ワイル半金属では時間反転対称性や空間反転対称性の破れによって k 空間のベリー曲率による巨大な異常ホール効果が見られる特徴もある。この十数年来、一電子近似がよく成り立つ系においてはトポロジカル半金属の発見が相次ぎ、電子状態や量子伝導現象の理解が大きく進んできた。その次の段階として、電子間の相互作用が強い系(強相関電子系)におけるトポロジカル半金属にも関心が集まっている。強相関電子系では電子間に働くクーロン相互作用(電子相関)によって電子の局在性が高まることで系が絶縁体化するモット転移や、電子の局在性によって顕在化した電荷、スピン、軌道自由度が秩序化した電子相が生じる特徴がある。また、これらの自由度の動的な応答であるスピン波や電荷密度波励起などが多様な形で生じる特長もある。従って、電子相関効果が強いトポロジカル半金属では、相対論的電子のモット転移や電荷・スピン自由度に由来した新奇な量子現象が生じることが期待できる。しかしながら、従来のトポロジカル半金属と比較して研究が進んでおらず、未開拓な状態が続いていた。その理由の一つは高移動度の相対論的電子の量子伝導現象が顕著に見られる強相関電子系があまり多く見出されていない点であった。

2. 研究の目的

本研究では、 $4d \cdot 5d$ 遷移金属化合物を中心に、強い電子相関効果を持ちながら高移動度電子による輸送現象が見られるトポロジカル半金属の物質開発を行い、強相関ディラック・ワイル電子による新しい電子相、量子伝導、電磁気応答の開拓を行うことを目的とする。

3. 研究の方法

超高压合成法やフラックス法によって、結晶の異方性をも含む精密物性測定可能なペロフスカイト型 $5d$ 酸化物の高品質単結晶の物質開発を行う。磁気伝導現象(巨大磁気抵抗効果、シュブニコフ・ドハース振動)の他に X 線構造解析、第一原理計算、光学測定など結晶構造や電子状態についての微視的な解析手法を用いて強相関ディラック・ワイル電子の示す非従来型の量子現象の開拓を行った。

4. 研究成果

(1) 強相関ディラック半金属 CaIrO_3 における高移動度ディラック電子の輸送現象の観測

ペロフスカイト型 AlrO_3 ($A=\text{Ca}, \text{Sr}$) は $1r-5d$ 軌道の擬スピン $j_{\text{eff}}=1/2$ 状態がフェルミエネルギー近傍の電子状態を主に構成している系で、スピン軌道相互作用と電子相関効果が絡み合った現象が期待される系である。結晶構造は直方晶ペロフスカイト構造をとり、ノンシンモルフィックな対称性を有する。理論計算によると、結晶の対称性によって保障されたディラック線ノードがフェルミエネルギーの近傍に生じていると予想されている。また、電子相関効果が比較的強く、モット転移近傍の強相関領域にある系であると指摘されている。実験的には直方晶ペロフスカイト型構造を持つ SrIrO_3 の薄膜において、角度光電子分光からフェルミエネルギーより 50meV 程下にバンド交差点がある事が示されている。しかしながら輸送特性の観点からは AlrO_3 においてディラック電子に特徴的な現象の報告例がなく、強い電子相関領域にあるディラック電子の量子現象の開拓はあまり進んでいない状態だった。本課題では $A=\text{Ca}$ の系に着目し、超高压合成法によって単結晶を合成し、ディラック電子の特徴の一つである高い移動度に起源をもつ磁気伝導現象を観測する事を目指した。更に、圧力印加によって実効的な電子相関効果を変化させることで電子状態を制御し、高移動度ディラック電子の磁気伝導現象を制御する事を目指した。

CaIrO_3 単結晶の磁気抵抗・ホール抵抗率を測定したところ、低温で電子移動度が増大し、約 0.1K では $60,000\text{cm}^2/\text{Vs}$ (既存のバルク酸化物半導体では最大級) に到達する事を見出した[1]。また、磁場を結晶の a 軸に印加した際の磁気抵抗率にはシュブニコフドハース振動が見られ、約 9T で量子極限(フェルミレベルが基底状態のランダウレベルにある状態)に到達する事が分かった(図 1)。量子振動から見積もられるフェルミ面の断面積やホール

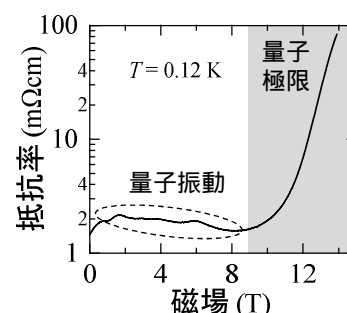


図 1: ペロフスカイト型 CaIrO_3 の磁気抵抗[1]。9T 以下では量子振動が見られ、9T 以上では量子極限の巨大磁気抵抗効果が見られる

伝導度の解析からこの系ではキャリア密度が $2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 程度の希薄な値であることが推定された。また線形なバンド分散を仮定するとディラック線ノードはフェルミエネルギーの10meV程下に近接している可能性が高いことが分かった。動的平均場近似に基づく理論計算によると、クーロン相互作用を増大させると全体的にバンドが平坦化し、いくつかのバンドはフェルミエネルギーから外れるものの、ディラックバンドはロバストにフェルミエネルギー近傍に残存する事が分かった。電子状態に関して実験から予測される状態と理論計算の結果は概ね整合しており、本系では強い電子相関領域にありながら高移動度のディラック電子に特徴的な磁気輸送現象が見られている可能性が高い。

更に静水圧の印加や薄膜のエピタキシャル応力によって格子歪みの大きさを変化させること

LDA + DMFT

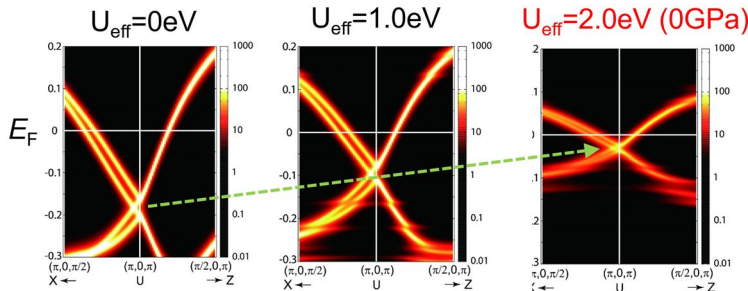


図 2: LDA+DMFT に基づくディラック線ノード近傍(U 点近傍)の電子状態

で電子バンド幅を制御した際の磁気伝導現象を調べた[2]。その結果、圧力の印加とともにキャリア密度が増大し、電子移動度が大きく減少することが分かった。また圧力印加と共に量子振動の大きさ(振幅)が小さくなり、大気圧下の9T以上の領域で見られていた正の巨大磁気抵抗効果が消失していくことが分かった。静水圧下での量子振動を調べたところ、3GPaでフェルミ速度が大気圧の値から30%程増大し、ディラック線ノードのエネルギーはフェルミレベルから離れていく事が分かった(図3)。この事は静水圧による僅かな格子歪みで大幅にバンド幅が変化している事を示しており、モット転移の臨界性に由来している可能性がある。また、圧力下では量子緩和時間が大きく減少する振る舞いも見られており、これはキャリア密度の増大と共に電子間の散乱が顕著になっている事を示していると考えられる。

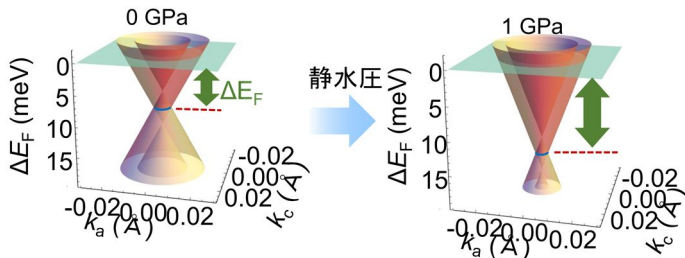


図 3: 静水圧印加によるディラックバンドの変化の概略図。

また、 CaIrO_3 単結晶薄膜の合成も行った[3]。様々な格子定数を持つ基板上にPLD法によって薄膜を作成し、エピタキシャル歪みを系統的に変化させた時の磁気輸送を調べた。エピタキシャル歪みの大きさによってキャリア密度が減少し、移動度が増大する領域がある事が分かった。歪みの大きさによってディラックノードのエネルギーが変化し、移動度の変化につながっていると考えられる。

(2)強相関ディラック半金属 CaIrO_3 におけるディラック電子秩序相の探索

前述したように、実験室での装置で磁場をa軸に印加した際に量子極限領域で10テスラ以上で抵抗率が急激に増大する振る舞いが見られた(図1)。この起源を明らかにするために、東京大学物性研究所パルス強磁場施設で更に高い磁場領域(最大55テスラ)での磁気抵抗測定を行った。1.4Kにおける磁気抵抗率を図4に示す。10T以上で正の磁気抵抗が見られた後、18T付近で最大値を取り、さらに高磁場で抵抗率が減少する振る舞いが見られた。18T付近では抵抗率の温度依存性は有限のギャップを持った絶縁体的振る舞いを示した。一方、55Tでは金属的な振る舞いが見られた。数値計算でランダウレベルの電子状態を調べた所、絶縁体的な領域の抵抗率、ギャップの振る舞いが磁場誘起電荷密度波などの電子秩序が生じているとするモデルで説明できることが分かった。電子秩序の具体的な状態や機構はいくつかの候補があり、現状では絞り込めていない。量子極限での電子秩序の出現はグラファイトやTaAsでも既に報告がある。本系ではこれらと比較して閾磁場がかなり小さい点が特徴である。その理由の一つに、フェルミエネルギーの大きさと比較して電子相関効果や電子格子相互作用が比較的大きい点が挙げられる。また、本系では磁場を印加する方位

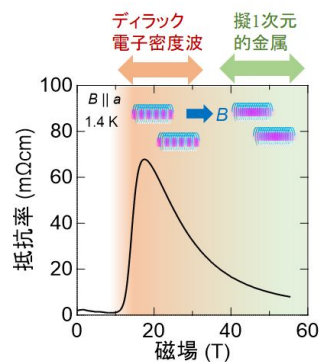


図 4: パルス強磁場中における磁気抵抗率($B \parallel a$)。

によってトポロジカルに異なった状態が生じると理論的に指摘されている。量子極限での秩序状態がバンドのトポロジーとどのような関りをもっているのかを明らかにするのは今後の課題である。

(3) 光学測定による強相関ディラック電子の電荷ダイナミクスの観測

ゼロ磁場中での赤外領域の光学測定によって CaIrO_3 においてディラック電子が電子格子相互作用によって電子・フォノン複合粒子(ポーラロン状態)を形成している事を見出した(図5) [5]。ポーラロンは、従来のディラック電子半金属では実験的に観測された例はほとんどない。電子相関効果が実効的に小さい SrIrO_3 では見られず、 CaIrO_3 では見られる事から電子相関効果と相乗する形でディラック電子の電子・格子相互作用が顕著に働く機構がある可能性があることが分かった。

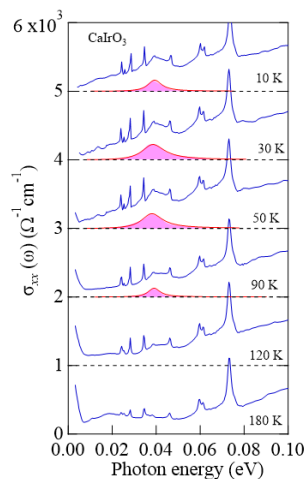


図5: CaIrO_3 の光学伝導度スペクトル。ブロードなピーク(ハッチ部分)がポーラロン吸収バンドで、鋭いピークは光学フォノン

- [1] J. Fujioka et al., Nature Commun. 10, 362 (2019)
- [2] R. Yamada, J. Fujioka et al Phys. Rev. Lett. 123, 216601 (2019).
- [3] M. Masuko, J. Fujioka et al APL Mater. 7, 081115 (2019).
- [4] R. Yamada, J. Fujioka et al., npj Quantum Materials, 7, 13 (2022).
- [5] J. Fujioka et al Phys. Rev. B. 103, L041109 (2021).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Yamada R., Fujioka J., Kawamura M., Sakai S., Hirayama M., Arita R., Okawa T., Hashizume D., Sato T., Kagawa F., Kurihara R., Tokunaga M., Tokura Y.	4. 巻 7
2. 論文標題 Field-induced multiple metal-insulator crossovers of correlated Dirac electrons of perovskite CaIrO_3	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 npj Quantum Materials	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41535-021-00418-2	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 -
1. 著者名 Fujioka J., Kriener M., Hashizume D., Yamasaki Y., Taguchi Y., Tokura Y.	4. 巻 5
2. 論文標題 Alloying-induced enhancement of thermopower in the Dirac-semimetal system $\text{Cd}_3\text{-xZn}_x\text{As}_2$	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review Materials	6. 最初と最後の頁 094201-1,6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevMaterials.5.094201	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 Nishiyama H., Sakai H., Nakagawa K., Hanasaki N., Ishiwata S., Masuda H., Ochi M., Kuroki K., Iguchi S., Sasaki T., Ikemoto Y., Moriwaki T., Ueda K., Tokura Y., Fujioka J.	4. 巻 104
2. 論文標題 Variation of charge dynamics upon antiferromagnetic transitions in the Dirac semimetal EuMnBi_2	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 115111-1,7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.104.115111	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 Kozuka Y., Isogami S., Masuda K., Miura Y., Das Saikat, Fujioka J., Ohkubo T., Kasai S.	4. 巻 126
2. 論文標題 Observation of Nonlinear Spin-Charge Conversion in the Thin Film of Nominally Centrosymmetric Dirac Semimetal SrIrO_3 at Room Temperature	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 236801-1,6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevLett.126.236801	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. Ueda, H. Fukuda, R. Kaneko, J. Fujioka, and Y. Tokura	4. 巻 102
2. 論文標題 Evolution of possible Weyl semimetal states across the Mott transition in pyrochlore iridates induced by hole doping	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 214131_1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.245131	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 J. Fujioka, R. Yamada, T. Okawa, and Y. Tokura	4. 巻 103
2. 論文標題 Dirac polaron dynamics in the correlated semimetal of perovskite CaIrO ₃	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 L041109_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.L041109	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 Sanlue Hu, Bing Xia, Yang-Peng Lin, Takayoshi Katase, Jun Fujioka, Toshio Kamiya, Hideo Hosono, Ke-Zhao Du, and Zewen Xiao	4. 巻 30
2. 論文標題 p-Type Transparent Quadruple Perovskite Halide Conductors: Fact or Fiction?	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advanced Functional Materials	6. 最初と最後の頁 1909906_1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adfm.201909906	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 Kaneko R., Huebsch M.-T., Sakai S., Arita R., Shinaoka H., Ueda K., Tokura Y., Fujioka J.	4. 巻 99
2. 論文標題 Enhanced thermopower in the correlated semimetallic phase of hole-doped pyrochlore iridates	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 161104-1~5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.99.161104	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 Masuko M., Fujioka J., Nakamura M., Kawasaki M., Tokura Y.	4. 巻 7
2. 論文標題 Strain-engineering of charge transport in the correlated Dirac semimetal of perovskite CaIrO_3 thin films	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 APL Materials	6. 最初と最後の頁 081115 ~ 081115
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5109582	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 Yamada R., Fujioka J., Kawamura M., Sakai S., Hirayama M., Arita R., Okawa T., Hashizume D., Hoshino M., Tokura Y.	4. 巻 123
2. 論文標題 Large Variation of Dirac Semimetal State in Perovskite CaIrO_3 with Pressure-Tuning of Electron Correlation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 216601-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.123.216601	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 Kentaro Ueda, Ryoma Kaneko, Hiroaki Ishizuka, Jun Fujioka, Naoto Nagaosa, Yoshinori Tokura	4. 巻 9
2. 論文標題 Spontaneous Hall effect in the Weyl semimetal candidate of all-in all-out pyrochlore iridate	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 nature communications	6. 最初と最後の頁 3032-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-018-05530-9	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 Jobu Matsuno, Jun Fujioka, Tetsuji Okuda, Kazunori Ueno, Takashi Mizokawa & Takuro Katsufuji	4. 巻 19
2. 論文標題 Strongly correlated oxides for energy harvesting	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Science and Technology of Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 899-908
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/14686996.2018.1529524	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 Jun Fujioka, Tatsuya Okawa, Makoto Masuko, Ayako Yamamoto, Yoshinori Tokura	4. 巻 87
2. 論文標題 Charge Dynamics and Metal Insulator Transition in Perovskite SrIr _{1-x} SnxO ₃	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 123706-1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.87.123706	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 J. Fujioka, R. Yamada, M. Kawamura, S. Sakai, M. Hirayama, R. Arita, T. Okawa, D. Hashizume, M. Hoshino, Y. Tokura	4. 巻 10
2. 論文標題 Strong-correlation induced high-mobility electrons in Dirac semimetal of perovskite oxide	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 362-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-018-08149-y	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11件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 西山裕樹, 酒井英明, 中川賢人, 花咲徳亮, 石渡晋太郎, 増田英俊, 越智正之, 黒木和彦, 井口敏, 佐々木孝彦, 池本夕佳, 森脇太郎, 上田健太郎, 十倉好紀, 藤岡淳
2. 発表標題 磁性ディラック半金属EuMnBi ₂ における反強磁性転移と電荷ダイナミクス
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福田光, 上田健太郎, 金子竜馬, 藤岡淳, 十倉好紀
2. 発表標題 パイロクロア型(Gd _{1-x} Cdx)2Ir ₂ O ₇ におけるモット転移近傍半金属相 のトポロジカル相転移
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Jun Fujioka
2. 発表標題 Correlation-induced highly mobile electrons in Dirac semimetal of perovskite CaIrO_3
3. 学会等名 International Conference on Topological Materials Science 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jun Fujioka
2. 発表標題 Strong-correlation induced high-mobility electrons in Dirac semimetal of perovskite iridates
3. 学会等名 Condensed Matter Science Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤岡 淳
2. 発表標題 強相関トポロジカル半金属におけるモット臨界性と量子輸送
3. 学会等名 物性科学領域横断研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤岡 淳
2. 発表標題 強相関ディラック半金属の量子輸送特性の開拓
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤岡 淳
2. 発表標題 強相関ディラック半金属CaIrO ₃ のモット臨界性と異常電磁気応答
3. 学会等名 物性研短期研究会 / 強磁場科学研究会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 増子真, 藤岡淳, 中村;優男, 川崎雅司, 十倉好紀
2. 発表標題 強相関ディラック半金属CaIrO ₃ 薄膜におけるエピタキシャル歪みによる磁気輸送特性の制御
3. 学会等名 日本物理学会 春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山田林介, 藤岡淳, 川村稔, 大川達也, 酒井志朗, 有田亮太郎, 橋爪大輔, 星野学, 十倉好紀
2. 発表標題 強相関ディラック半金属CaIrO ₃ における高移動度電子と巨大磁気抵抗
3. 学会等名 日本物理学会 秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山田林介, 藤岡淳, 川村稔, 大川達也, 酒井志朗, 有田亮太郎, 橋爪大輔, 星野学, 十倉好紀
2. 発表標題 強相関ディラック半金属CaIrO ₃ における ラインノードと巨大磁気抵抗の圧力応答
3. 学会等名 日本物理学会 秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上田健太郎, Joel Bertinshaw, 金子竜馬, Jungho Kim, Marco Moretti Sala, 藤岡淳, 十倉好紀, Bernhard Keimer, Bumjoon Kim
2. 発表標題 イリジウムL 吸収端共鳴非弾性散乱による パイロクロア型Nd21r207 における磁気励起
3. 学会等名 日本物理学会 秋季大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

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