

令和 3 年 6 月 11 日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01172

研究課題名(和文) 高圧力制御による励起子凝縮と超伝導の研究

研究課題名(英文) High-pressure study of exciton condensation and superconductivity

研究代表者

松林 和幸 (Matsubayashi, Kazuyuki)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・准教授

研究者番号：10451890

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、励起子絶縁体の有力な候補物質である擬1次元物質Ta<sub>2</sub>NiSe<sub>5</sub>に対して、包括的な圧力-温度相図を実験的に初めて明らかにした。特に高圧半金属相では、電子-格子相互作用が関与した部分ギャップが出現することを見出し、そのギャップが消失する圧力近傍で超伝導が出現することが明らかにした。また、半導体-半金属転移近傍に位置するBiS<sub>2</sub>系層状化合物において圧力誘起超伝導を発見し、Ta<sub>2</sub>NiSe<sub>5</sub>と類似した圧力-温度相図を見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、電子と正孔の対形成による励起子と電子同士が対形成した超伝導クーバー対の量子凝縮相を同一物質中で圧力のみを制御することで観測することに初めて実験的に成功した。本研究の成果は半導体と半金属の境界領域で発現する多彩な量子相の形成に、クーロン引力と電子-格子相互作用が重要な役割を果たしていることを示唆しており、今後の物質開発に対して新たな指針を提供すると期待される。

研究成果の概要(英文)： We have constructed a comprehensive pressure-temperature phase diagram of the excitonic insulator Ta<sub>2</sub>NiSe<sub>5</sub>. In particular, a partial gap involving electron-lattice interaction appears in the high-pressure semimetallic phase, and superconductivity emerges around a critical pressure where the collapse of the gap is observed. We have also discovered pressure-induced superconductivity in BiS<sub>2</sub>-based layered compounds located near the semiconductor-semimetal transition and observed the similar phase diagram for Ta<sub>2</sub>NiSe<sub>5</sub>.

研究分野：高圧力下物性

キーワード：励起子 圧力誘起超伝導 半導体-半金属転移

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。

### 1. 研究開始当初の背景

励起子絶縁体の研究の歴史は古く、1960年代に電子と正孔の束縛状態である励起子の凝縮により絶縁化することが理論的に指摘されたことに端を発する(引用文献 )。以来、励起子が安定に存在しうる価電子帯と伝導帯の間に小さなギャップを持つ半導体またはバンドの重なりが小さな半金属において、励起子絶縁体の実現したとする実験結果がいくつか報告されてきたが、その確固たる証拠を得るには至っておらず論争が続いていた。近年、半導体・半金属境界付近に位置する層状遷移金属カルコゲナイド  $Ta_2NiSe_5$  において、励起子絶縁体の実現を示唆する実験結果が新たに報告されたことから、励起子絶縁体が再び注目を集めている。角度分解光電子分光実験では、励起子相の形成を示唆する顕著なバンドのフラット化が相転移温度  $T_c$  (~328 K) 以下で観測されており(引用文献 )、また対応した励起子の結合エネルギーが光学伝導度からも確認されていた。さらに、元素置換効果によるエネルギーギャップの制御により(Se サイトを S で置換することで、半導体領域へチューニングできる)、その相転移温度  $T_c$  が励起子絶縁体に特徴的なドーム型の相図が示された(引用文献 )。理論的にも  $Ta_2NiSe_5$  の擬 1 次元構造(Ta-Ni-Ta の 3 本鎖模型)を反映させた有効模型において、この系での相転移が励起子のボーズ・アインシュタイン凝縮(BEC)として理解可能であることが提案されるなど、活発な研究が実験と理論の両面から展開されていた(引用文献 )。  $Ta_2NiSe_5$  における励起子相の実現がほぼ確立しつつあった状況下において、我々の研究グループではその圧力効果の研究に着手した。興味深いことに、  $Ta_2NiSe_5$  の高圧相において超伝導が発現することを発見した。一般に強相関電子系物質では、電子が有するスピン、軌道、電荷自由度のゆらぎに起因した超伝導発現機構が議論されてきたが、  $Ta_2NiSe_5$  における圧力誘起超伝導に励起子相とその不安定性がどのように影響しているかを明らかにすることは重要な問題である。一方で、  $Ta_2NiSe_5$  の  $T_c$  における相転移は構造変化を伴うことから電子-格子相互作用も一定の関与がある可能性も議論されていたが、実験的には未解明であった。

### 2. 研究の目的

本研究では、  $Ta_2NiSe_5$  における半導体-半金属転移近傍で出現する励起子相と高圧下で出現する超伝導相の関係性に着目し、その詳細な電子相図を明らかにすることを目的とした。特に、半導体-半金属転移に伴う電気伝導率の異方性およびキャリア数の変化を実験的に調べることを優先的課題とした。また  $Ta_2NiSe_5$  との関連性を議論するために、半導体-半金属転移近傍に位置する層状物質に対して、高圧力制御により発現する圧力誘起超伝導や新奇な電子状態の探索も行い、普遍的な電子相図を明らかにすることをもう一つの目的とした。

### 3. 研究の方法

高圧力の発生には、汎用のピストンシリンダーセルに加えて、これまでに開発と改良を進めてきた対向型アンビルセルを用いることで、最大で 12 万気圧(GPa)までの圧力域までの電気抵抗率およびホール効果測定を行った。高圧下での物性測定法の拡充を図るべく、熱電能と比熱測定法の開発にも取り組んだ。これらの測定では、研究分担者と連携研究者から試料提供を受けた  $Ta_2NiSe_5$  および  $BiS_2$  層状化合物の単結晶または多結晶試料を用いた。

### 4. 研究成果

加圧による金属化とともに、層状構造を有する  $Ta_2NiSe_5$  の電気伝導性がどのように変化するかを調べるために、同一の圧力環境下において各主軸方向の電気抵抗率の同時測定を行った。その結果、  $P_c \sim 3$  万気圧における構造相転移を境に、層間の電気抵抗率が顕著な減少を示すが、面内の異方性の圧力変化は小さいことを見出した(引用文献 および図 1 参照)。この実験結果は、共同研究として行った高圧 X 線回折実験から評価された格子定数の圧力依存とコンシステントであり、加圧に伴う系の次元性の変化が励起子相の不安定化に影響を与えていることが示唆される。

本研究で取り組んだホール効果測定に関しては、まず常圧におけるホール係数の温度依存性において符号変化を示すことを見出し、その試料依存性について調べた。これらのキャラクタライズされた試料の圧力効果を調べたところ、加圧による  $T_c$  の抑制にはほとんど試料依存性は見られず、  $Ta_2NiSe_5$  の圧力効果としての本質的な振る舞い

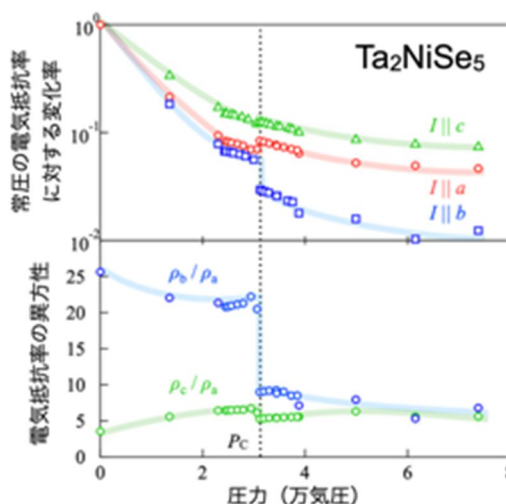


図 1: 室温における電気抵抗率の変化率と異方性の圧力変化 (引用文献 )

であることが確認できた(引用文献)。従来の高圧半金属相での電気抵抗測定においては、低圧半導体相と類似したギャップ的な異常  $T^*$ が見出されていたが、本研究で初めて成功した高圧半金属相におけるホール効果測定からは、 $T^*$ 以下の温度域ではキャリア数の減少を示唆するホール係数の絶対値の増大が観測された。この部分ギャップ形成を示唆する挙動は、共同研究として行った光学伝導度測定結果ともよい対応関係にあることがわかった。また、ホール係数の温度依存における異常としても観測された  $T^*$ の圧力依存は、低圧半導体相で実現している励起子相の転移温度である  $T_c$ におけるものと類似していることが明らかとなった。ここで、高圧半金属相ではキャリア数の増大による遮蔽効果のために励起子の結合エネルギーは小さくなると考えられるため、 $T^*$ におけるギャップ形成の主たる起源は電子-正孔相互作用ではなく、電子-格子相互作用が重要な役割を果たしていることを指摘した。さらに、高圧下で誘起された超伝導発現には、ソフト化したフォノンによる電子-格子相互作用が重要であると結論づけた。これらの実験結果をもとに得られた相図から、励起子相によるギャップの形成が支配的な  $P_c$ 以下の圧力領域においても電子-格子相互作用が少なからず影響している可能性が示唆される。以上の成果はJPSJ誌にフルペーパーとしての掲載された(引用文献)。

さらに 10 GPa を超えた高圧域までの精密な電気抵抗測定を行うことで、ドーム状の超伝導相は  $T^*$ が消失する臨界圧力付近のみに存在することを明らかにした。また超伝導特性に関して、磁場を層状方向に平行と垂直に印加した際の上部臨界磁場の異方性が極めて小さいことを見出した。この結果は、先に述べた高圧相での電気抵抗率の異方性の低下と整合する。これらの実験結果については、現在進めている  $Ta_2NiSe_5$  の圧力効果の実験結果と合わせて論文を執筆予定である。

半導体-半金属転移近傍に位置する層状物質での圧力誘起超伝導の探索として、 $BiS_2$ 系超伝導と類似構造を有する層状ナローギャップ半導体  $LaOBiPbS_3$  および  $La_2O_2Bi_3AgS_6$ (引用文献)の圧力効果を電気抵抗率、ホール効果、熱電能測定によって調べた。その結果、 $Ta_2NiSe_5$  における  $T^*$ の異常と類似した振る舞いを見出し、 $T^*$ が抑制される臨界圧力を中心としたドーム状の圧力誘起超伝導相の存在を見出した。 $T^*$ における異常は半導体から半金属領域まで連続的に存在しており、従来から議論されてきたフェルミ面のネスティング由来の電荷密度波形成の可能性は否定される。興味深いことに、 $LaOBiPbS_3$  および  $La_2O_2Bi_3AgS_6$  の温度-圧力相図は、 $Ta_2NiSe_5$  におけるものと類似しており、半導体-半金属転移の境界領域においてクーロン引力、電子-格子相互作用が複雑に関与したギャップ形成および超伝導発現という共通した物理が背後に存在する可能性が考えられる。今後は高圧下での詳細な構造解析やバンド計算結果と比較しながら、さらなる研究を進めていく予定にしている。

本研究を通じて実験手法の開発という点からも様々な進展が得られた。具体的には、種々の物性測定に応用可能な試料スペースを確保しながら 10 GPa を超える圧力を安定的に発生させる技術やピストンシリンダーセルを用いた熱電能測定法の開発にも成功した。さらに高圧下比熱測定方法の改良にも着実な進展を得ることができたため、本研究で見出した圧力誘起超伝導のギャップ構造の検証のための今後の実験についての目処を立てることができた。

#### <引用文献>

- F. Mott, Phil. Mag. **6**, 287-309 (1961)
- B. I. Halperin, T. M. Rice, Rev. Mod. Phys. **40**, 755-766 (1968)
- Y. Wakisaka *et al.*, Phys. Rev. Lett. **103**, 026402 (2009)
- Y. F. Lu *et al.*, Nat. Commun. **8** 14408 (2017)
- T. Kaneko *et al.*, Phys. Rev. B **87**, 035121 (2013)
- K. Seki *et al.*, Phys. Rev. B **90**, 155116 (2014)
- H. Arima *et al.*, Journal of Physics: Conference Series **1609** 012001(2020)
- H. Arima *et al.*, JPS Conf. Proc. **30** 011031 (2020)
- K. Matsubayashi *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **90**, 074706 (2021)
- Y. Hijikata *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **86**, 124802 (2017)

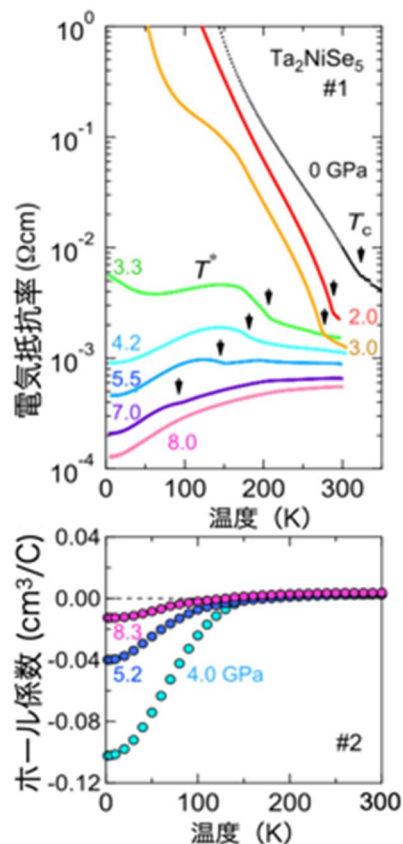


図 2：高圧下における電気抵抗率とホール係数の温度変化(参考文献)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Kazuyuki Matsubayashi, Hidekazu Okamura, Takashi Mizokawa, Naoyuki Katayama et al.	4. 巻 90
2. 論文標題 Hybridization-Gap Formation and Superconductivity in the Pressure-Induced Semimetallic Phase of the Excitonic Insulator Ta <sub>2</sub> NiSe <sub>5</sub>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J. Phys. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 74706
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.074706	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 Arima H, Naito Y, Kudo K, Katayama N, Sawa H, Nohara M, Lu Y F, Kitagawa K, Takagi H, Uwatoko Y, Matsubayashi K	4. 巻 1609
2. 論文標題 Resistive anisotropy of candidate excitonic insulator Ta <sub>2</sub> NiSe <sub>5</sub> under pressure	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012001 ~ 012001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/1609/1/012001	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 Arima Hiroto, Naito Yasushi, Kudo Kazuki, Katayama Naoyuki, Sawa Hiroshi, Nohara Minoru, Lu Yangfan, Kitagawa Kentaro, Takagi Hidenori, Uwatoko Yoshiya, Matsubayashi Kazuyuki	4. 巻 30
2. 論文標題 High-Pressure Hall Effect Measurement on Ta <sub>2</sub> NiSe <sub>5</sub> as a Candidate for Excitonic Insulator	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 JPS Conference Proceedings	6. 最初と最後の頁 11031
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSCP.30.011031	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 Okada Tatsunori, Imai Yoshinori, Kitagawa Kentaro, Matsubayashi Kazuyuki, Nakajima Masamichi, Iyo Akira, Uwatoko Yoshiya, Eisaki Hiroshi, Maeda Atsutaka	4. 巻 10
2. 論文標題 Superconducting-Gap Anisotropy of Iron Pnictides Investigated via Combinatorial Microwave Measurements	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 7064
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-63304-0	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 Wang Bosen, Zhang Yaoqing, Xu Shuxiang, Ishigaki Kento, Matsubayashi Kazuyuki, Cheng Jin-Guang, Hosono Hideo, Uwatoko Yoshiya	4. 巻 28
2. 論文標題 Robust two-gap strong coupling superconductivity associated with low-lying phonon modes in pressurized Nb <sub>5</sub> Ir <sub>3</sub> O superconductors	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chinese Physics B	6. 最初と最後の頁 107401 ~ 107401
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1674-1056/ab4047	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 松林 和幸、上床 美也	4. 巻 73
2. 論文標題 4f電子系物質における高圧力を用いた新奇な量子相転移の開拓	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本物理学会誌	6. 最初と最後の頁 292 ~ 296
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11316/butsuri.73.5_292	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 Wang Bosen, Wang Zhi-Cheng, Ishigaki Kento, Matsubayashi Kazuyuki, Eto Tetsujiro, Sun Jianping, Cheng Jin-Guang, Cao Guang-Han, Uwatoko Yoshiya	4. 巻 99
2. 論文標題 Pressure-induced enhancement of superconductivity and quantum criticality in the 12442-type hybrid-structure superconductor KCa <sub>2</sub> Fe <sub>4</sub> As <sub>4</sub> F <sub>2</sub>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 14501
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.99.014501	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 Wang Bosen, Luo Xuan, Ishigaki Kento, Matsubayashi Kazuyuki, Cheng Jinguang, Sun Yuping, Uwatoko Yoshiya	4. 巻 98
2. 論文標題 Two distinct superconducting phases and pressure-induced crossover from type-II to type-I superconductivity in the spin-orbit-coupled superconductors BaBi <sub>3</sub> and SrBi <sub>3</sub>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 220506(R)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.98.220506	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 Wang Bosen, Liu Yu, Luo Xuan, Ishigaki Kento, Matsubayashi Kazuyuki, Lu Wenjian, Sun Yuping, Cheng Jinguang, Uwatoko Yoshiya	4. 巻 97
2. 論文標題 Universal phase diagram of superconductivity and charge density wave versus high hydrostatic pressure in pure and Se-doped 1T-TaS <sub>2</sub>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 220504(R)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.97.220504	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 Kitou S., Nakano A., Kobayashi S., Sugawara K., Katayama N., Maejima N., Machida A., Watanuki T., Ichimura K., Tanda S., Nakamura T., Sawa H.	4. 巻 99
2. 論文標題 Effect of Cu intercalation and pressure on excitonic interaction in 1T-TiSe <sub>2</sub>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 104109
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.99.104109	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 Nakano Akitoshi, Hasegawa Takumi, Tamura Shinya, Katayama Naoyuki, Tsutsui Satoshi, Sawa Hiroshi	4. 巻 98
2. 論文標題 Antiferroelectric distortion with anomalous phonon softening in the excitonic insulator Ta <sub>2</sub> NiSe <sub>5</sub>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 45139
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.98.045139	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 Kitou Shunsuke, Kobayashi Shintaro, Kaneko Tatsuya, Katayama Naoyuki, Yunoki Seiji, Nakamura Toshikazu, Sawa Hiroshi	4. 巻 99
2. 論文標題 Honeycomb lattice type charge density wave associated with interlayer Cu ions ordering in 1T-Cu <sub>x</sub> TiSe <sub>2</sub>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 81111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.99.081111	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 Kitagawa K., Takayama T., Matsumoto Y., Kato A., Takano R., Kishimoto Y., Bette S., Dinnebier R., Jackeli G., Takagi H.	4. 巻 554
2. 論文標題 A spin-orbital-entangled quantum liquid on a honeycomb lattice	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 341 ~ 345
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/nature25482	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19件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 Kazuyuki Matsubayashi
2. 発表標題 Pressure-induced heavy fermion superconductivity and non-Fermi liquid behavior in non-Kramers doublet system PrT <sub>2</sub> Al <sub>10</sub> (T = Ti, V)
3. 学会等名 International Conference on Strongly Correlated Electron Systems 2019 (SCES '19) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuyuki Matsubayashi
2. 発表標題 Effect of pressure on heavy fermion superconductivity in the quadrupole system PrTi <sub>2</sub> Al <sub>10</sub>
3. 学会等名 International workshop on Spin-Orbit Interaction and G-factor (SOIG 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松林 和幸
2. 発表標題 PrT <sub>2</sub> Al <sub>10</sub> (T = Ti, V)における圧力誘起重い電子超伝導と非フェルミ液体的挙動
3. 学会等名 J-Physics 地域研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松林 和幸
2. 発表標題 Pr1-2-20 系の超伝導と重い電子状態、非フェルミ液体状態に対する圧力効果
3. 学会等名 J-Physics:多極子伝導系の物理 令和元年度領域全体会議
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Arima, D. Hirai, Z. Hiroi, K. Matsubayashi
2. 発表標題 Effect of pressure on the quadrupolar and magnetic order in cubic double perovskite Ba <sub>2</sub> MgReO <sub>6</sub>
3. 学会等名 J-Physics 2019 International Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 R. Hoshi, F. Motoyama, R. Kuwata, S. Kittaka, Y. Uwatoko, N. Sokabe, A. Sakai, S. Nakatsuji, K. Kitagawa, K. Matsubayashi
2. 発表標題 AC specific heat measurement of PrTi <sub>2</sub> Al <sub>20</sub> under pressure
3. 学会等名 J-Physics 2019 International Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Arima, Y. Naito, K. Kudo, N. Katayama, H. Sawa, M. Nohara, Y. Lu, K. Kitagawa, H. Takagi, Y. Uwatoko, K. Matsubayashi
2. 発表標題 High-pressure Hall effect measurement on Ta <sub>2</sub> NiSe <sub>5</sub> as a candidate for excitonic insulator
3. 学会等名 International Conference on Strongly Correlated Electron Systems 2019 (SCES '19) (国際学会)
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 H. Arima, Y. Naito, K. Kudo, N. Katayama, H. Sawa, M. Nohara, Y. F. Lu, K. Kitagawa, H. Takagi, Y. Uwatoko, K. Matsubayashi
2. 発表標題 Resistive anisotropy of candidate excitonic insulator Ta <sub>2</sub> NiSe <sub>5</sub> under pressure
3. 学会等名 The 27th AIRAPT International Conference on High Pressure Science and Technology (AIRAPT27) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 脇舎和平, 駒形貴裕, 杉山雄紀, 上原政智, 郷地順, 松林和幸, 上床美也, 梅原出
2. 発表標題 立方晶PrRu <sub>2</sub> Sn <sub>2</sub> Zn <sub>18</sub> の多極子秩序
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 内藤康氏, 工藤一輝, 有馬寛人, 辺土正人, Rajveer Jha, 後藤陽介, 松田達磨, 青木勇二, 水口佳一, 松林和幸
2. 発表標題 LaOBiPbS <sub>3</sub> およびLa <sub>2</sub> O <sub>2</sub> Bi <sub>3</sub> AgS <sub>6</sub> における圧力誘起超伝導と高圧下における電気輸送特性
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 工藤一輝, 内藤康氏, 有馬寛人, 上床美也, 松林和幸
2. 発表標題 高圧下における熱電能測定法の開発とYbCo <sub>2</sub> Zn <sub>20</sub> への応用
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 工藤一輝, 内藤康氏, 有馬寛人, 上床美也, 松林和幸
2. 発表標題 高圧力下・極低温・磁場中におけるYbCo <sub>2</sub> Zn <sub>20</sub> の熱電能
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 山本洗風, 駒形貴裕, 脇舎和平, 梅原出, 郷地順, 上床美也, 松林和幸
2. 発表標題 PrRu <sub>2</sub> Sn <sub>2</sub> Zn <sub>18</sub> における四極子秩序の圧力効果
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 有馬寛人, Y. Yuan, 内藤康氏, 工藤一輝, 矢藤優佑, Rajveer Jha, 後藤陽介, 水口佳一, 松田達磨, 青木勇二, 松林和幸
2. 発表標題 BiS <sub>2</sub> 系層状化合物の温度-圧力相図
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 松林和幸
2. 発表標題 高圧力を用いた新奇な量子相転移と超伝導の探索
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、液晶状態、動的現象」(招待講演)
4. 発表年 2018年~2019年

1. 発表者名 K. Matsubayashi
2. 発表標題 Pressure-induced novel superconductivity and quantum critical phenomena in nonmagnetic systems
3. 学会等名 Joint Eighteenth International Conference on HIGH PRESSURE SEMICONDUCTOR PHYSICS & Second International Workshop on HIGH PRESSURE STUDY OF SUPERCONDUCTORS (HPSP18&WHS2) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 有馬寛人, 片山尚幸, 野原実, 魯楊帆, 北川健太郎, 高木英典, 上床美也, 松林和幸
2. 発表標題 Ta <sub>2</sub> NiSe <sub>5</sub> の相図における静水圧と異方的圧力効果の比較
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 有馬寛人, 内藤康氏, 工藤一輝, 片山尚幸, 澤博, 野原実, 魯楊帆, 北川健太郎, 高木英典, 上床美也, 松林和幸
2. 発表標題 高压下におけるTa <sub>2</sub> NiSe <sub>5</sub> の輸送特性
3. 学会等名 日本物理学会 第74回年次大会
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 内藤康氏, 工藤一輝, 有馬寛人, 辺土正人, 松林和幸
2. 発表標題 高压下における熱電能測定装置の開発
3. 学会等名 日本物理学会 第74回年次大会
4. 発表年 2018年～2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

研究室Webページ  
[http://www.m-lab.es.uec.ac.jp/Matsubayashi\\_Group/Home.html](http://www.m-lab.es.uec.ac.jp/Matsubayashi_Group/Home.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
研究分担者	片山 尚幸  (Katayama Naoyuki)  (50623758)	名古屋大学・工学研究科・准教授   (13901)	
研究分担者	北川 健太郎  (Kitagawa Kentaro)  (90567661)	東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・講師   (12601)	

	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	有馬 寛人  (Arima Hiroto)		研究室の大学院生
連携研究者	太田 幸則  (Ohta Yukinori)  (70168954)	千葉大学・大学院理学研究院・教授   (12501)	

6. 研究組織（つづき）

	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
連携研究者	水口 佳一  (Mizuguchi Yoshikazu)  (50609865)	東京都立大学・理学研究科・准教授    (22604)	

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			
中国	Chinese Academy of Sciences			
ドイツ	Max Plank Institute			