

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K14396

研究課題名（和文）精密圧力制御技術で拓く極性化合物の圧力誘起超伝導

研究課題名（英文）Pressure-Induced Superconductivity in Polar Compounds

研究代表者

青山 拓也（Aoyama, Takuya）

東北大学・理学研究科・助教

研究者番号：80757261

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では極性構造を持つ鉄系梯子化合物BaFe<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>の圧力誘起超伝導相に着目して、圧力下電気抵抗・圧力下磁気輸送特性を行った。その結果、軌道秩序に起因した極性構造が4 GPa程度の圧力印加によって抑制されること・圧力誘起超伝導相近傍のノーマル相においてホールドミナントな伝導を示すことを明らかにした。また、類似物質であるBaFe<sub>2</sub>S<sub>3</sub>との混晶系であるBaFe<sub>2</sub>(S<sub>1-x</sub>Se<sub>x</sub>)<sub>3</sub>に対して電気抵抗率・磁化・光学伝導度・中性子回折の測定を行うことで、 $x = 0.23$ 付近で軌道状態のフロップを生じることを明らかにした。さらに、新たな物質系としてBaFe<sub>2</sub>(S<sub>1-x</sub>Te<sub>x</sub>)<sub>3</sub>の合成に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

鉄系超伝導体においては電子相関効果と多軌道性が重要なキーワードと認識されている。一方で鉄系超伝導体の母体は金属であるため、電子相関効果が超伝導相に与える影響は明らかでなかった。本研究で対象とする梯子型鉄系化合物は結晶構造の低次元性に起因して母体がモット絶縁体である。本研究では圧力印加および組成制御を通じたバンド幅制御によってモット絶縁体相から金属絶縁体転移・超伝導相へとアプローチすることで、鉄系超伝導体の電子相関に対して電子相関効果が与える影響を調べた。その結果、より強相関側においては、直交した軌道配列がより安定になることを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：In this study, we focused on the pressure-induced superconducting phase of BaFe<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>, an iron-based ladder compound with a polar structure, and investigated the electrical resistivity and magnetotransport properties under pressure. We found that the polar structure caused by orbital ordering is suppressed by the application of pressure of about 4 GPa, and that the normal phase near the pressure-induced superconducting phase exhibits hole-dominant electronic conduction. In addition, we have measured the electrical resistivity, magnetization, optical conductivity, and neutron diffraction of BaFe<sub>2</sub>(S<sub>1-x</sub>Se<sub>x</sub>)<sub>3</sub>, and found that an orbital state flop occurs around  $x = 0.23$ . Furthermore, we succeeded in synthesizing BaFe<sub>2</sub>(S<sub>1-x</sub>Te<sub>x</sub>)<sub>3</sub> as a new material system.

研究分野：強相関電子物性

キーワード：鉄系超伝導 軌道秩序 ダイヤモンドアンビルセル

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

鉄系超伝導体は、水素化物・銅酸化物超伝導体に次ぐ高温超伝導体であるということに加えて、電子相関と多軌道性という観点から重要な物質群である。これまでに発見された鉄系超伝導体は、例外なく鉄の二次元正方格子を有する金属であるため電子相関の効果があらわに見えていなかった。しかしながら本研究で対象とする擬一次元はしご格子を有する鉄系化合物  $AFe_2X_3$  ( $A = Ba, Cs$  および  $X = S, Se, Te$ ) は結晶構造の低次元性を反映して基底状態が反強磁性絶縁体である。そのため、その基底状態の研究は鉄系超伝導体関連物質における軌道選択的強相関効果の研究対象として非常に有力である。それに加えて、近年  $BaFe_2S_3$  および  $BaFe_2Se_3$  が圧力下で超伝導転移を示すことが実験的に報告された (H. Takahashi, *et al.*, *Nat. Mater* **14**, 1008 (2015). および J. Ying, *et al.*, *Phys. Rev. B* **95**, 241109(R) (2017).)。これによって多軌道強相関模型において反強磁性絶縁体相から超伝導相をつなぐプラットフォームが実験的に得られたことになる。理論的には 6 電子 5 軌道のハバード模型を、平均場近似を用いて解析することで、電子相関  $U$ 、フント結合  $J_H$ 、バンド幅  $W$  の広いパラメータ領域での安定磁気構造が計算されている。その結果、電子相関を大きくすることでストライプ型秩序からブロック型秩序への相転移が示されている (Q. Luo, *et al.*, *Phys. Rev. B* **87**, 024404 (2013).)。これはストライプ型反強磁性を示す  $BaFe_2S_3$  に比べて、ブロック型反強磁性を示す  $BaFe_2Se_3$  がより高い反強磁性転移温度を示す(強相関側)という実験結果をうまく再現している。一方で、より強相関側に位置するはずの  $BaFe_2Se_3$  の方が圧力誘起超伝導相への転移温度が低いなど、超伝導転移温度の決定因子は未だ不明である。

そのような背景のもとで我々の注目した点は  $BaFe_2Se_3$  の示す低対称な磁気構造である。前述の通り  $BaFe_2Se_3$  はブロック型と呼ばれる  $\uparrow\downarrow$  の磁気構造をしていることが報告されている。このような低対称な磁気構造は本来の結晶構造とは整合せず、格子の低対称化が生じているはずである。実際に我々は光の第二高調波発生を測定することで、 $BaFe_2Se_3$  が軌道秩序に起因する極性を示すことを明らかにした (TA, *et al.*, *Phys. Rev. B*, **99**, 241109(R) (2019).)。この結果は擬一次元強誘電体の発見という観点だけでなく、Mott 転移近傍において生じることが報告されている圧力誘起超伝導転移との関連から興味深い。しかしながら、圧力下で反強磁性転移および極性相転移がどのように推移していくかについては実験的に全く未解明であり、圧力下電子相図を作成した上で極性相転移と超伝導転移の関係を明らかにすることははしご型鉄系超伝導体の超伝導特性の解明のために重要な課題である。

### 2. 研究の目的

本研究では極性の結晶構造を持つ擬一次元はしご型化合物  $BaFe_2Se_3$  の極性と超伝導の関係性を明らかにすることを目的とする。それに加えて、S/Se/Te の混晶系の開拓と圧力効果を網羅的に実施することで、化学的圧力と物理的圧力の両面からバンド幅制御の効果を検証することを旨とする。

### 3. 研究の方法

目的の組成比に秤量した単体元素 Ba・Fe・S・Se・Te を真空中で 1100°C まで加熱し、徐冷することで対象物質の単結晶を得た。得られた単結晶に対して電気抵抗率・磁化・反射率・粉末中性子回折実験を行い、低エネルギーの電荷ダイナミクスや磁気構造の決定をおこなった。ダイヤモンドアンビルセル・ピストンシリンダー・キュービックアンビルセルを用いて発生させた圧力下において電気抵抗率測定を測定することで、圧力誘起金属絶縁体転移・超伝導の観測を行った。圧力セルを超伝導マグネットに挿入することで圧力下磁気抵抗効果・ホール効果の測定を行い、超伝導相近傍のキャリアの特性を評価した。

#### 4. 研究成果

##### (1) BaFe<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> の温度圧力相図の解明

図 1 に各圧力において測定した BaFe<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> 電気抵抗率の温度依存性を示した。4.4 GPa において 200 K 付近に常圧下の BaFe<sub>2</sub>S<sub>3</sub> の電気抵抗率の温度依存性と同様のハンプ状の異常が観測されたことから、4 GPa 付近で *Cmcm* へと構造相転移および強軌道秩序が生じていることが示唆される。12 GPa における測定結果では 10 K 付近に超伝導転移を示唆する電気抵抗率のドロップが観測された。以上の結果から、BaFe<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> における極性構造は圧力印加によって抑制され、金属絶縁体転移および超伝導相近傍では非極性となっていることが明らかになった。極性相で生じているスタッガードな軌道配列は電気伝導性が悪いので、圧力印加によってより電気伝導性の良い強軌道秩序相へと軌道状態がスイッチしたと解釈できる。

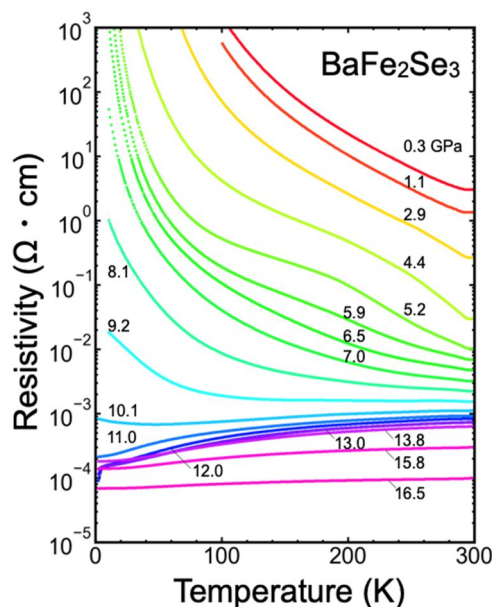


図 1 BaFe<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> の各圧力における電気抵抗率の温度依存性

##### (2) BaFe<sub>2</sub>S<sub>3</sub> および BaFe<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> の圧力誘起超伝導相近傍における磁気輸送特性

常圧下においては BaFe<sub>2</sub>S<sub>3</sub> が 120 K においてストライプ型反強磁性秩序を示し、BaFe<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> が 255 K においてブロック型反強磁性を示す。秩序相における磁気モーメントはそれぞれ 1.2 μ<sub>B</sub> および 2.8 μ<sub>B</sub> であり、反強磁性転移温度と磁気モーメントの大きさがよくスケールしていることがわかる。これらの結果は BaFe<sub>2</sub>S<sub>3</sub> に比べて BaFe<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> がより強相側に位置していることを示唆しているが、圧力印加によって生じる *T<sub>c</sub>* は 24 K および 11 K であることから、*T<sub>c</sub>* の決定因子は未だ明らかでない。そこで超伝導相近傍のノーマル相の電子状態を調べることを目的として、BaFe<sub>2</sub>X<sub>3</sub> (X = S, Se) の圧力下磁気輸送特性の測定を行なった。

図 2 に 10.6 GPa における BaFe<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> の (a) 磁気抵抗効果と (b) ホール抵抗率の磁場依存性を示した。10.6 GPa においては 12 K 付近で超伝導を示したことから、測定温度である 25 K は超伝導相直上のノーマル相に対応している。磁気抵抗効果の結果は磁場の二乗に比例した正常磁気抵抗効果と解釈できるため、金属絶縁体転移に伴って磁気秩序が消失するというメスバウアー分光や μSR 測定の先行結果と一致している。また、ホール抵抗率の磁場依存性から、ホールキャリアが電気伝導に主要な寄与を持っていることが示唆される。一方で、BaFe<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> においては、超伝導相近傍においても磁場に対して負の磁気抵抗効果が観測された。ホール抵抗率の磁場依存性は BaFe<sub>2</sub>S<sub>3</sub> 同様に正の磁場依存性が観測された。負の磁気抵抗効果は磁場印加によるスピン揺らぎの減少と解釈できることから、BaFe<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> においては超伝導相近傍において強いスピン揺らぎが存在していることがわかった。

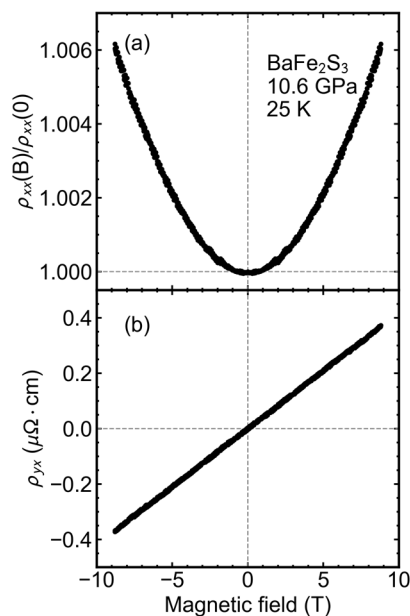


図 2 BaFe<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> の 10.6 GPa における (a) 磁気抵抗効果および (b) ホール抵抗率の磁場依存性。

##### (3) 固溶体 BaFe<sub>2</sub>(S<sub>1-x</sub>Se<sub>x</sub>)<sub>3</sub> における軌道状態スイッチの観測

BaFe<sub>2</sub>S<sub>3</sub> と BaFe<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> はそれぞれ強ネマティック秩序/ストライプ反強磁性および反強ネマティック秩序/ブロック反強磁性という特徴的な軌道/磁気秩序が生じている。これらの物質はグローバルな結晶・磁気構造は異なっているもののローカルな結晶・電子構造は共通であることから、

俯瞰的にはなんらかの電子パラメータ相図上の異なる二点を切り出していると期待される．そこで二つの電子相の関係を調べるため  $\text{BaFe}_2\text{S}_3$  と  $\text{BaFe}_2\text{Se}_3$  の混晶系である  $\text{BaFe}_2(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_3$  の合成を行い，組成に対して反強磁性転移やネマティック転移がどのように推移するのかを調べた．図 3 に  $\text{BaFe}_2(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_3$  の電気抵抗率の温度依存性を示した．電気抵抗率の非単調な変化から，上述した  $\text{BaFe}_2\text{S}_3$  ( $x = 0$ ) の強ネマティック秩序は  $x = 0.25$  において反強ネマティック転移にスイッチしたことがわかる．同様の軌道状態スイッチは  $x = 0.25, 0.60$ , および 1 の各組成の試料に対して圧力印加した場合にも観測されることを明らかにした．このことから，はしご型鉄系化合物の圧力誘起超伝導は測定を行ったいずれの組成についても強ネマティック秩序/ストライプ型磁気秩序に隣接しており，超伝導を媒介しているのはこれらの軌道/スピン揺らぎであることが結論づけられた．

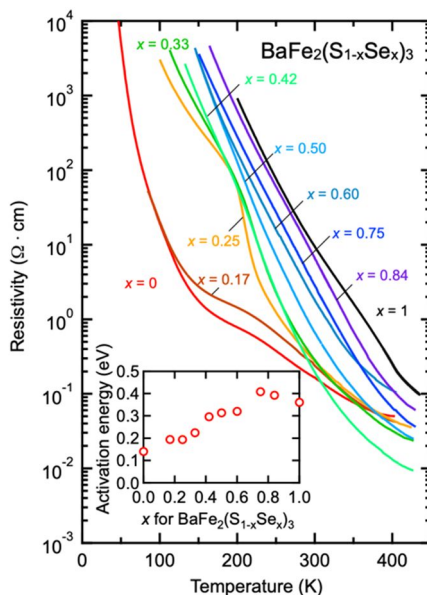


図 3  $\text{BaFe}_2(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_3$  の電気抵抗率の温度依存性．

#### (4) $\text{BaFe}_2(\text{S}_{1-x}\text{Te}_x)_3$ の合成と圧力下輸送特性

はしご型鉄系化合物の物質開拓を進めるため新物質である  $\text{BaFe}_2\text{Te}_3$  の合成を試みた．常圧・高圧での合成を試みたが，単相試料が得られなかったため， $\text{BaFe}_2\text{S}_3$  および  $\text{BaFe}_2\text{Se}_3$  に対して固溶体の合成を進めたところ， $\text{BaFe}_2\text{S}_3$  に対して 30% 程度固溶することが明らかになった．そこで， $\text{BaFe}_2(\text{S}_{1-x}\text{Te}_x)_3$  において， $x = 0.05, 0.25$  および 0.30 の単結晶試料を合成し，電気抵抗率・磁化・光学伝導度・圧力下粉末 X 線回折・圧力下電気抵抗率測定を実施した．その結果， $\text{BaFe}_2\text{S}_3$  に対して Te の置換量を増やしていくと強ネマティック秩序/ストライプ型反強磁性秩序が反強ネマティック秩序/ブロック型反強磁性秩序にスイッチすることが分かった．また， $\text{BaFe}_2(\text{S}_{1-x}\text{Te}_x)_3$  ( $x = 0.30$ ) の圧力下粉末 X 線回折測定を行うことにより，21.8 GPa に格子コラプス転移を見出した．さらに圧力下電気抵抗率測定を行うことにより 1.0 GPa において軌道状態のスイッチおよび 17 GPa において金属絶縁体転移を見出した．

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8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 Nawa Kazuhiro, Imai Yoshinori, Yamaji Youhei, Fujihara Hideyuki, Yamada Wakana, Takahashi Ryotaro, Hiraoka Takumi, Hagihala Masato, Torii Shuki, Aoyama Takuya, Ohashi Takamasa, Shimizu Yasuhiro, Gotou Hirotsada, Itoh Masayuki, Ohgushi Kenya, Sato Taku J.	4. 巻 90
2. 論文標題 Strongly Electron-Correlated Semimetal Ru13 with a Layered Honeycomb Structure	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 123703
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.123703	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 Imai Yoshinori, Nawa Kazuhiro, Shimizu Yasuhiro, Yamada Wakana, Fujihara Hideyuki, Aoyama Takuya, Takahashi Ryotaro, Okuyama Daisuke, Ohashi Takamasa, Hagihala Masato, Torii Shuki, Morikawa Daisuke, Terauchi Masami, Kawamata Takayuki, Kato Masatsune, Gotou Hirotsada, Itoh Masayuki, Sato Taku J., Ohgushi Kenya	4. 巻 105
2. 論文標題 Zigzag magnetic order in the Kitaev spin-liquid candidate material RuBr3 with a honeycomb lattice	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 L041112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.105.L041112	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 Takahashi Hiroki, Kikuchi Ryosuke, Kawashima Chizuru, Imaizumi Satoshi, Aoyama Takuya, Ohgushi Kenya	4. 巻 15
2. 論文標題 Pressure-Induced Superconductivity in Iron-Based Spin-Ladder Compound BaFe2+ (S1-xSex)3	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 1401 ~ 1401
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma15041401	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 Aoyama Takuya, Ohta Kenji, Shimizu Katsuya, Ohgushi Kenya	4. 巻 91
2. 論文標題 Persistent Spin-Orbit Mott Insulating State in Highly Compressed Post-Perovskite CaIrO3	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 45003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.91.045003	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 Hosoi S., Aoyama T., Ishida K., Mizukami Y., Hashizume K., Imaizumi S., Imai Y., Ohgushi K., Nambu Y., Kimata M., Kimura S., Shibauchi T.	4. 巻 2
2. 論文標題 Dichotomy between orbital and magnetic nematic instabilities in BaFe2S3	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 43293
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevResearch.2.043293	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 Murase Mina, Okada Kaoru, Kobayashi Yoshiaki, Hirata Yasuyuki, Hashizume Kazuki, Aoyama Takuya, Ohgushi Kenya, Itoh Masayuki	4. 巻 102
2. 論文標題 Successive magnetic transitions and spin structure in the two-leg ladder compound CsFe2Se3 observed by Cs133 and Se77 NMR	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 14433
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.014433	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 Imaizumi Satoshi, Aoyama Takuya, Kimura Ryota, Sasaki Koya, Nambu Yusuke, Avdeev Maxim, Hirata Yasuyuki, Ikemoto Yuka, Moriwaki Taro, Imai Yoshinori, Ohgushi Kenya	4. 巻 102
2. 論文標題 Structural, electrical, magnetic, and optical properties of iron-based ladder compounds BaFe2(S1-xSex)3	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 0.035104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.035104	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 Imai Yoshinori, Sasaki Koya, Aoyama Takuya, Shirasaki Kenji, Yamamura Tomoo, Ohgushi Kenya	4. 巻 101
2. 論文標題 High-pressure synthesis of heavily hole-doped cuprates Mg1-xLixCu2O3 with quasi-one-dimensional structure	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 245112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.101.245112	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21件(うち招待講演 1件/うち国際学会 4件)

1. 発表者名 青山拓也, 今井良宗, 大串研也
2. 発表標題 梯子型鉄系化合物BaFe <sub>2</sub> Se <sub>3</sub> の磁気輸送特性と圧力誘起超伝導
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川口航平, 今井良宗, 青山拓也, 大串研也
2. 発表標題 梯子型鉄系化合物BaFe <sub>2</sub> (S <sub>1-x</sub> Te <sub>x</sub> ) <sub>3</sub> の電子物性
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 神田智弘, 池田修悟, 永澤延元, 今泉聖司, 青山拓也, 今井良宗, 大串研也, 小林寿夫
2. 発表標題 単結晶BaFe <sub>2</sub> Se <sub>3</sub> の圧力下57Fe核共鳴前方散乱法による研究
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 星野佑斗, 青山拓也, 工藤真裕, 今井良宗, 大串研也
2. 発表標題 弱強磁性を示す遍歴反強磁性体 Ba <sub>1-x</sub> K <sub>x</sub> Mn <sub>2</sub> As <sub>2</sub> における磁気輸送特性
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2021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 <sub>3</sub> 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 青山拓也, P. Saeun, H. C. Wu, 佐藤卓, K. Matan, 大串研也
2. 発表標題 SrCuTe <sub>2</sub> O <sub>6</sub> における線形電気磁気効果の検証
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 青山拓也, 今井良宗, 大串研也
2. 発表標題 梯子型鉄系化合物BaFe <sub>2</sub> X <sub>3</sub> (X = S, Se)の磁気輸送特性
3. 学会等名 高压討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小室源, 青山拓也, 大串研也
2. 発表標題 ピエゾ磁気効果の測定系の構築
3. 学会等名 高压討論会
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 Takuya Aoyama, Rinto Nojima, Yoshinori Imai, and Kenya Ohgushi
2. 発表標題 Pressure-induced orbital switching in iron-based ladder material $\text{BaFe}_2(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_3$
3. 学会等名 CSEC 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takuya Aoyama
2. 発表標題 Pressure-induced Orbital Switching and Superconductivity in Iron-based Ladder Material, $\text{BaFe}_2(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_3$
3. 学会等名 10th Asian Conference on High Pressure Research (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野島 倫斗, 青山拓也, 今井良宗, 大串研也
2. 発表標題 梯子型鉄系化合物 $\text{BaFe}_2(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_3$ における圧力下電気抵抗測定 -II
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 角田卓弥, 島岩泰暉, 満川貴司, 今野克哉, 青山拓也, 今井良宗, 大串研也, N. Saini
2. 発表標題 八二カラム格子磁性体 $\text{RuCl}_3$ の光電子分光
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 今井良宗, 山田和奏, 藤原秀行, 青山拓也, 高橋遼太郎, 那波和宏, 萩原雅人, 奥山大輔, 鳥居周輝, 川股隆行, 後藤弘匡, 加藤雅恒, 佐藤卓, 大串研也
2. 発表標題 Kitaevスピン液体候補物質ルテニウムハライドの高圧合成
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋遼太郎, 那波和宏, 萩原雅人, 奥山大輔, 鳥居周輝, 今井良宗, 山田和奏, 藤原秀行, 青山拓也, 後藤弘匡, 大串研也, 佐藤卓
2. 発表標題 Kitaev模型候補物質ルテニウムハライドの結晶構造と磁気構造
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 青山 拓也, 野島 綸人, 山内 徹, 今井 良宗, 大串 研也
2. 発表標題 梯子型鉄系化合物 BaFe <sub>2</sub> X <sub>3</sub> (X = S および Se) における圧力誘起軌道スイッチング
3. 学会等名 高圧討論会
4. 発表年 2020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 <sub>3</sub> における超高速スピンドYNAMIXS III
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 那波和宏, 今井良宗, 藤原秀行, 高橋遼太郎, 萩原雅人, 烏居周輝, 奥山大輔, 平岡巧, 山田和奏, 青山拓也, 後藤弘匡, 大串研也, 佐藤卓
2. 発表標題 層状八二カム構造を有する半金属Ru13の結晶構造と物性
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤原秀行, 今井良宗, 山田和奏, 平岡巧, 青山拓也, 高橋遼太郎, 那波和宏, 萩原雅人, 奥山大輔, 烏居周輝, 川股隆行, 後藤弘匡, 加藤雅恒, 佐藤卓, 大串研也
2. 発表標題 Kitaevスピン液体候補物質RuX <sub>3</sub> (X = Cl, Br, I)の配位子置換効果
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 神田智弘, 池田修悟, 永澤延元, 今泉聖司, 青山拓也, 今井良宗, 大串研也, 小林寿夫
2. 発表標題 単結晶BaFe <sub>2</sub> X <sub>3</sub> (X=S, Se)の57Fe核共鳴前方散乱法による研究
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takuya Aoyama, Rinto Nojima, Yoshinori Imai, and Kenya Ohgushi
2. 発表標題 Pressure-induced Switching of Orbital Ordering in Iron-based Ladder Material, BaFe <sub>2</sub> (S <sub>1-x</sub> Se <sub>x</sub> ) <sub>3</sub>
3. 学会等名 29th International Conference on LOW TEMPERATURE PHYSICS (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kohei Kawaguchi, Yoshinori Imai, Takuya Aoyama, and Kenya Ohgushi
2. 発表標題 Electronic phase diagrams of iron-based ladder materials BaFe <sub>2</sub> (S <sub>1-x</sub> Tex) <sub>3</sub>
3. 学会等名 29th International Conference on LOW TEMPERATURE PHYSICS (国際学会)
4. 発表年 2022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