

令和元年5月31日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K05454

研究課題名(和文) 層状超伝導体BiS2系における局所構造と量子臨界的挙動及び超伝導特性の相関

研究課題名(英文) Correlation between the Local Structure, Quantum Phenomena and Superconductivity in Layered BiS2 Superconductors

研究代表者

松田 達磨 (Matsuda, Tatsuma)

首都大学東京・理学研究科・准教授

研究者番号：30370472

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：BiS2系層状超伝導体は、BiS2伝導層と希土類イオンを含むブロック層と呼ばれる層が積層した結晶構造を持つ。この層状構造に起因し、電子状態として2次元性の強い物質である。ブロック層の元素置換によりBiS2層へのキャリアドーピングを行うことができ、また同時にブロック層の希土類イオンを変化させると、構造、伝導そして磁性について多彩な物性を示すことから、純良単結晶を用いてこれらの物性の関わりを調べた。

La(O,F)BiS2系では、劇的な構造変化と超格子の発達が観測され、それと同時に超伝導が発現することを見出し、Ce系及びNd系では非金属相における低温での比熱の増大など非従来型の量子臨界的挙動を発見した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

BiS2系超伝導体は、2012年に首都大の水口等によって発見され、典型的な強相関電子系超伝導体の銅酸化物系や、鉄系超伝導体と類似した層状構造を持つ物質として注目された。本研究の成果からは、銅酸化物や鉄系のいくつかの系と同様に、超伝導発現と構造転移や磁性が密接に関わっている共通の現象が見出され、研究の当初から指摘されてきた単純な構造の類似性のみならず電子状態としての類似性を確認し、超伝導発現に関わる普遍的性質の一端を明らかにすることに成功したと言える。また、非従来型の量子臨界現象が2次元性の強い非金属相の磁性として観測され、新たな準2次元磁性層の物性研究課題を開拓した。

研究成果の概要(英文)：BiS2-based superconductors are pseudo-2D materials consisting of alternating stacks of block layers, which possess rare-earth Ln ions, and BiS2 conducting layers. We have grown high-quality single crystals of Ln(O,F)BiS2 with controlled carrier doping for each rare-earth elements. By using these crystals, we studied the crystal structure, 4f-electron magnetism and electronic conductivity. We have found some drastic change of crystal structure and development of superlattice structures in La-based system at low temperatures with increasing carrier doping. We also found that unconventional quantum critical behaviors (logT divergence in the specific heat) in Ce-based materials in a nonmetallic state and heavy-fermion behaviors in Nd-based materials. In the superconducting state, we have found anomalous behaviors of the upper critical field H_{c2} , i.e., largely enhanced H_{c2} caused by the breaking of the local inversion symmetry at the BiS2 bilayers.

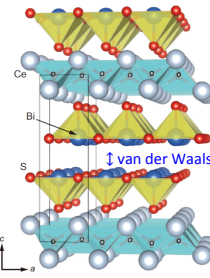
研究分野：物性物理学

キーワード：BiS2系層状超伝導体 純良単結晶 量子臨界的挙動 超伝導 構造相転移 超格子構造

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

2012年に首都大学東京の水口氏によって発見されたBiS₂系層状超伝導体は、BiS₂伝導層と希土類イオンを含むブロック層が積層した構造を持つ(図1)[1]。このような層状構造の超伝導物質は、強相関電子系超伝導体の典型物質である銅氧化物系や鉄系超伝導体と類似性がみられることから、その超伝導の発現メカニズムの解明に向け、世界中で精力的に研究が進められていた。それら研究の多くは、単結晶育成の難しさや研究スピードの加速もあり、多結晶を用いた研究が主体であった。一方、このBiS₂系の超伝導は、絶縁体である母物質系にブロック層の元素置換を通して、BiS₂層にキャリアを注入することで超伝導が発現する。このような2次元性の強い超伝導状態の電子状態を明らかにするためには、純良な単結晶を用いた研究が必要不可欠な状況にあった。また、このような伝導としての2次元性に加え、ブロック層に含まれる希土類イオンに起因する磁性も大きな異方性を持つことから、磁性研究の観点からも単結晶を用いた研究が必要な状況にあった。



[1] Y. Mizuguchi *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. 81, 114725(2012).

図1. CeOBiS₂の結晶構造

2. 研究の目的

(1) BiS₂系の電子状態及び超伝導発現機解明にむけて、基本となる結晶構造パラメータの精密化をすすめる。本研究では化学式 LnO_{1-x}F_xBiS₂ (Ln:希土類元素)で表されるBiS₂系超伝導体の典型物質について単結晶育成を行い、実験室系及び放射光施設におけるX線や粒子ビームを使った精密な構造解析を行う。

(2) BiS₂系層状超伝導体中のブロック層には、希土類イオンが入るサイトがある。この希土類イオンの持つ4f電子は磁性を担うため、本系は磁性と超伝導の競合など、強相関電子状態を研究する上で適当な舞台となりうる。そこで、本研究では、この希土類イオンを系統的に変化し、それぞれのイオンの電子状態を活かした多彩な物性を創出し、それらの電子状態を明らかにする。

3. 研究の方法

我々は、これまで希土類やアクチノイド元素を含む化合物まで幅広く強相関電子系の研究を行ってきており、それらの研究で培った純良単結晶育成の技術を有している。この結晶育成技術、特にフラックス法、化学輸送法、高圧合成法などを駆使しながら、LnO_{1-x}F_xBiS₂系を中心に純良単結晶育成を行う。得られた単結晶を用い、結晶構造の構造パラメータの精密化をX線や粒子線を用いた回折実験によって行う。また、ブロック層中の希土類イオンがもたらす強相関電子物性は、極低温領域までの比熱・磁化・電子輸送特性を測定することで、明らかにする。結晶の方位に対して、印加する地場の方向や電流方向を変えながら、各種物性の異方性について明らかにする。

測定実験については、所有する実験装置のみならず、国内外の研究グループと協力しながら行う。高精度単結晶構造解析、角度高分解光電子分光、強磁場下測定、高圧下物性測定などを行う。特に、高精度単結晶構造解析は、高エネルギー加速器機構の放射光施設を利用する。

4. 研究成果

(1) LaO_{1-x}F_xBiS₂の高精度単結晶構造解析

高エネルギー加速器機構の放射光科学研究施設 photon factoryにてLaO_{1-x}F_xBiS₂の精密な結晶構造解析を行った。その結果、既に母相LaOBiS₂で発見された正方晶から単斜晶への構造相転移が[2]、フッ素置換量x=0.1においても観測されることが明らかになった。加えて、温度約200K以下において、新たに超格子反射が発達することも発見した。これらの結果をフッ素置換量に対して相図としてまとめたものが図2である。xを増加させるとx=0.2以上で正方晶構造が安定化すると同時に、超格子構造が発達することがわかる。興味深いことにこの系の超伝導は、このCDW的超格子反射の発達する領域内にて発現することである。このことは、BiS₂系における超伝導発現において、フェルミ面のトポロジーは、複雑に折りたたまれた構造を持った状態で発現していることを示しており、単純な正方晶構造を前提とした理論モデルでは対応がつかず、より複雑な発現メカニズムが介在する可能性を示唆する結果である。

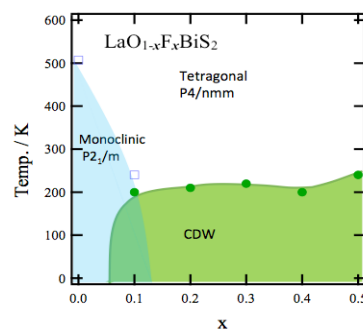


図2 フッ素置換量xに対する構造の相図

(KEK 佐賀山氏との共同研究)

[2] R. Sagayama *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. 84, 123703(2015).

(2) 非金属物質 CeOBiS_2 における非従来型の量子臨界状態の発見

純良多結晶を用いた磁化及び比熱測定からは、多結晶試料を用いた研究の報告と異なり、Ce イオンの価数が3価の4f電子状態が局在した状態を示唆する結果を得た。全角運動量 $J=5/2$ の多重項状態の結晶場分裂モデルによって、物性をよく説明できることが明らかになった。このことは、ブロック層内の4f電子状態は、結晶性に極めて敏感であること示している。この4f電子の局在性は、フッ素置換量にはほとんど依存せず、Ce系においては超伝導発現にとって4f電子状態は大きく影響していないことを示唆する結果を得た。さらに、低温0.2 Kまでの極低温領域の比熱測定を行ったところ、比熱の温度依存性が $-\log T$ に比例した特異な発散を示すことを発見した。この振る舞いは、酸素サイトのフッ素置換によるキャリアドーピングにもほとんど変化を示さず、非金属相及び金属相のいずれにおいても発現することがあきらかになった。このような振る舞いは絶対ゼロ度に特異点(量子臨界点)が存在することを示唆するが、強相関希土類化合物でしばしば観測される、近藤効果とRKKY相互作用の拮抗を原因とする量子臨界性とは異なり、非金属相でも現れることから、新しいメカニズムが存在することを示す結果である。一つの可能性として、 CeOBiS_2 ブロック層内の磁氣的相互作用のフラストレーションに由来することが考えられ、その場合、このフラストレーションに基づく量子臨界的挙動の最初の発見例となる。

(3) Pr(O,F)BiS_2 及び Nd(O,F)BiS_2 における異常なf電子磁性

ブロック層の希土類イオンをPr及びNdに置き換えた系の単結晶を育成し、4f電子と超伝導の振る舞いを調べた。Nd系では、低温で比熱 C/T が異常に増強された重い電子系的な振る舞いを示すことが明らかになった。しかしながら、磁氣的特性としては、局在的な挙動を示すことから、単純に近藤効果に原因する重い電子状態が実現しているとは考えにくく、(2)で述べたCe系と同様に、新しい物理的メカニズムが介在することにより、重い電子系の振る舞いに酷似した挙動を示していると考えられる。Pr系では、Prイオンが結晶場一重項基底状態を持つことが明らかになり、CeやNd系のような比熱異常は観測されない。これら希土類イオンを変化させても、いずれも磁氣特性は顕著な異方性を示し、4f電子状態の局在性が確かめられた。これらの結果は、過去の多結晶試料での研究報告とは大きく異なった結論をあたえており、 BiS_2 系の電子状態の理解については、これまでの実験結果を慎重に精査し、高純度単結晶試料を用いた結果を用いて再検討しなおす必要があることを強く示している。

(4) $\text{La(O}_{0.5}\text{F}_{0.5}\text{)BiS}_2$ の異方的超伝導特性

$\text{La(O}_{0.5}\text{F}_{0.5}\text{)BiS}_2$ の超伝導特性を、香港中文大学のGohグループとの共同研究により調べた。単結晶を用い、磁場をc軸方向に印加すると、上部臨界磁場 $H_{c2}(0\text{ K})$ は、1 Tであるが、c軸に垂直方向に印加した場合は、16 Tにも達し、大きな異方性を持つことが明らかとなった。この値は、パウリ限界磁場を2倍以上も超えており、 $\text{Bi}6p$ 電子に働く強いスピン軌道相互作用と、 BiS_2 層の局所的反転対称性の破れがRashba-Dresselhaus効果を通じて、スピンを面内にロックすることで、Zeeman効果による超伝状態の対破壊から保護する効果に由来すると考えられる。また、 H_{c2} の温度依存性から、超伝導ギャップが波数空間内で異方的であることを示唆する結果を得た。このことは、この系の超伝導状態が非従来型の超伝導状態であることを示唆する。

(5) BiS_2 系の単結晶を用いた光電子分光測定

国内外の研究者との共同研究として、早稲田大の溝川研究室及びローマ大のSeini研究室との光電子分光(ARPES)実験を行った。 $\text{Eu}_3\text{Bi}_2\text{F}_4\text{S}_4$ 系においては、Euイオンが混合価数状態にあることを明らかにした。これらの成果から、Eu系においてはブロック層内の希土類イオンと BiS_2 層における伝導電子系が強く結合していることを示唆する結果を得た。

(6) EuFBiS_2 及び $\text{Eu}_3\text{Bi}_2\text{F}_4\text{S}_4$ の単結晶育成と大きな磁氣抵抗効果

EuFBiS_2 及び $\text{Eu}_3\text{Bi}_2\text{F}_4\text{S}_4$ の単結晶育成に世界で初めて成功した。両化合物において、磁化の異方性が低温で発達することを発見した。 $\text{Eu}_3\text{Bi}_2\text{F}_4\text{S}_4$ においては、2.2 Kにおいて反強磁性転移することは初めて見出した。電氣抵抗の温度依存性は、過去に多結晶を用いた結果とは大きくことなり、半導体的な振る舞いを示す。このことは、他の BiS_2 系と同様に結晶性に敏感な特性を示している。この半導体的振る舞いは、極めて磁場にも敏感であり、磁場数テスラの印加によって磁氣抵抗が2桁以上も減少する巨大磁氣抵抗効果を示すことが明らかになった。これらは、磁化カーブによってスケールされることから、(5)の成果と同様に、 BiS_2 層の伝導電子がEuのf電子状態と強くカップルしていることを示す結果である。

(7) $\text{La}_{1-x}\text{U}_x\text{OBiS}_2$ における超伝導の発見

東北大学金属材料研究所の共同利用制度を利用し、青木教授のグループとの共同研究として、大洗施設におけるアクチノイド BiS_2 系化合物の物質探索を行った。 LnOBiS_2 を基

本とする BiS_2 系では、ブロック層の酸素をフッ素置換しキャリアドーブを行うのが一般的であるが、本研究では3価の希土類イオンを一般に4価の価数状態をとるウラン元素で置換した $\text{La}_{1-x}\text{U}_x\text{OBiSSe}$ を合成し、キャリアドーブ効果と小さなイオン半径による化学圧力効果が引き起こす超伝導状態発現を期待した。ペレット状の多結晶試料の育成を行い、X線粉末回折実験による試料評価と電気抵抗測定、比熱測定を行った。その結果 $x=0.2$ において、2 K 以下での超伝導発現の兆候と思われる抵抗の減少、そして $x=0.3$ では、転移温度 3.0 K の超伝導状態をはじめて発見した。比熱測定からもバルクの超伝導が発現していることを世界で初めて確認することに成功した。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 34 件) 全て査読あり
以下に主な論文のみ記す。

- ① T. Sugimoto, D. Ootsuki, E. Paris, A. Iadecola, M. Salome, E. F. Schwier, H. Iwasawa, K. Shimada, T. Asano, R. Higashinaka, T. D. Matsuda, Y. Aoki, N. L. Saini, and T. Mizokawa, “Localized and mixed valence state of Ce 4f in superconducting and ferromagnetic $\text{CeO}_{1-x}\text{F}_x\text{BiS}_2$ revealed by x-ray absorption and photoemission spectroscopy”, *Phys. Rev. B*, 94, 081106(R) (2016) [5 pages]. DOI: 10.1103/PhysRevB.94.081106
- ② Hiromu Kunitoshi, Tatsuma D. Matsuda, Ryo Midorikawa, Ryuji Higashinaka, Keitaro Kuwahara, Yuji Aoki, Hideyuki Sato, “First report on the Electronic, Magnetic and thermal Properties of Filled Skutterudite $\text{YbOs}_4\text{Sb}_{12}$ ”, *J. Phys. Soc. Jpn.*, 85, 114708 (2016) [6 Pages]. DOI: 10.7566/JPSJ.85.114708
- ③ G. Jinno, R. Jha, A. Yamada, R. Higashinaka, T. D. Matsuda, Y. Aoki, M. Nagao, O. Miura, Y. Mizuguchi, “Bulk Superconductivity Induced by In-Plane Chemical Pressure Effect in $\text{Eu}_{0.5}\text{La}_{0.5}\text{FBiS}_{2-x}\text{Se}_x$ ”, *J. Phys. Soc. Jpn.*, 85, 124708 (2016) [6 Pages]. DOI: 10.7566/JPSJ.85.124708
- ④ E. Paris, T. Sugimoto, T. Wakita, A. Barinov, K. Terashima, V. Kandyba, O. Proux, J. Kajitani, R. Higashinaka, T. D. Matsuda, Y. Aoki, T. Yokoya, T. Mizokawa, and N.L. Saini, “Electronic structure of self-doped layered $\text{Eu}_3\text{F}_4\text{BI}_2\text{S}_4$ material revealed by x-ray absorption spectroscopy and photoelectron spectromicroscopy”, *Phys. Rev. B*, 95, 035152 (2017) [5 pages]. DOI: 10.1103/PhysRevB.95.035152
- ⑤ K. Nagasaka, A. Nishida, R. Jha, J. Kajitani, O. Miura, R. Higashinaka, T. D. Matsuda, Y. Aoki, A. Miura, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, H. Usui, K. Kuroki and Y. Mizuguchi, “Intrinsic Phase Diagram of Superconductivity in the BiCh_2 -Based System Without In-Plane Disorder”, *J. Phys. Soc. Jpn.*, 86, 074701 (2017) [6 pages]. DOI: 10.7566/JPSJ.86.074701
- ⑥ Y. Goto, A. Yamada, T. D. Matsuda, Y. Aoki, and Y. Mizuguchi, “SnAs-Based Layered Superconductor NaSn_2As_2 ”, *J. Phys. Soc. Jpn.*, 86, 123701 (2017) [4 pages]. DOI: 10.7566/JPSJ.86.123701 Papers of Editors’ Choice
- ⑦ T. Sugimoto, E. Paris, T. Wakita, K. Terashima, T. Yokoya, A. Barinov, J. Kajitani, R. Higashinaka, T. D. Matsuda, Y. Aoki, T. Mizokawa, and N. L. Saini, “Metallic phase in stoichiometric CeOBiS_2 revealed by space-resolved ARPES”, *Sci. Rep.*, 8, 2011 (2018) [5 pages]. DOI: 10.1038/s41598-018-20351-y
- ⑧ Y. C. Chan, K. Y. Yip, Y. W. Cheung, Y. T. Chan, Q. Niu, J. Kajitani, R. Higashinaka, T. D. Matsuda, Y. Yanase, Y. Aoki, K. T. Lai, and Swee K. Goh, “Anisotropic two-gap superconductivity and the absence of a Pauli paramagnetic limit in single-crystalline $\text{LaO}_{0.5}\text{F}_{0.5}\text{BiS}_2$ ”, *Phys. Rev. B*, 97, 104509 (2018) [6 pages]. DOI: 10.1103/PhysRevB.97.104509
- ⑨ R. Higashinaka, H. Endo, J. Kajitani, T. D. Matsuda, and Y. Aoki, “Single crystal growth and physical properties of BiS_2 -layered compound $\text{Eu}_3\text{Bi}_2\text{S}_4\text{F}_4$ ”, *Physica B: Condensed Matter*, 536, 824 (2018) [3 pages]. DOI: 10.1016/j.physb.2017.09.092
- ⑩ R. Jha, R. Higashinaka, T. D. Matsuda, R. A. Ribeiro, and Yuji Aoki, “Anomalous magnetotransport properties of high-quality single crystals of Weyl semimetal WTe_2 : Sign change of Hall resistivity”, *Physica B: Condensed Matter*, 536, 68 (2018) [4 pages]. DOI: 10.1016/j.physb.2017.09.077
- ⑪ A. Miura, M. Nagao, Y. Goto, Y. Mizuguchi, T. D. Matsuda, Y. Aoki, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, Y. Takano, S. Watauchi, I. Tanaka, N. Carolina Rosero-Navarro, and K. Tadanaga ”Crystal Structure and

Superconductivity of Tetragonal and Monoclinic $Ce_{1-x}Pr_xOBiS_2$ ", *Inorg. Chem.*, 57 (9), 5364-5370 (2018) [7 pages]. DOI: 10.1021/acs.inorgchem.8b00349

⑫ Rajveer Jha, Yosuke Goto, Ryuji Higashinaka, Tatsuma D. Matsuda, Yuji Aoki, Yoshikazu Mizuguchi, "Superconductivity in layered Oxychalcogenide $La_2O_2Bi_3AgS_6$ ", *J. Phys. Soc. Jpn.*, 87, 083704 (2018) [3 Pages]. DOI: 10.7566/JPSJ.87.083704

⑬ Yosuke Goto, Akira Miura, Chikako Moriyoshi, Yoshihiro Kuroiwa, Tatsuma D. Matsuda, Yuji Aoki and Yoshikazu Mizuguchi, " $Na_{1-x}Sn_2P_2$ as a new member of van der Waals-type layered tin pnictide superconductors", *Sci. Rep.*, 8, 12852 (2018). [8 pages]. DOI: 10.1038/s41598-018-31295-8

⑭ Shota Onishi, Rajveer Jha, Atsushi Miyake, Ryuji Higashinaka, Tatsuma D. Matsuda, Masashi Tokunaga, and Yuji Aoki, "Deviation from the Kohler's rule and Shubnikov-de Haas oscillations in type-II Weyl semimetal WTe_2 : high magnetic field study up to 56 T", *AIP Advances*, 8, 101330 (2018) [5 pages]. DOI: 10.1063/1.5043036

⑮ S. Dash, T. Morita, K. Kurokawa, Y. Matsuzawa, N. L. Saini, N. Yamamoto, Joe Kajitani, R. Higashinaka, T. D. Matsuda, Y. Aoki, and T. Mizokawa, "Impact of valence fluctuations on the electronic properties of $RO_{1-x}F_xBiS_2$ (R = Ce and Pr)", *Phys. Rev. B*, 98, 144501 (2018) [6 pages]. DOI: 10.1103/PhysRevB.98.144501

[学会発表] (計 121 件)

以下に主な発表のみ記す。

- ① 松田達磨 「 BiS_2 系超伝導体における構造および磁気異常研究の現状」TMU 国際シンポジウム「U系及び BiS_2 系の物理の発展」2016年11月28日 首都大学南大沢キャンパス (招待講演)
- ② 東中隆二、三田昌明、浅野卓也、松田達磨、青木勇二「異常な低エネルギー励起を示す $NdO_{1-x}F_xBiS_2$ の電気輸送測定」日本物理学会 2016 年秋季大会 2016 年 9 月 13-16 日 金沢大学
- ③ 佐賀山遼子、佐賀山基、熊井玲児、村上洋一、浅野卓也、梶谷丈、東中隆二、松田達磨、青木勇二「 $La(OF)BiS_2$ のフッ素添加両と格子歪みの関係」日本物理学会 2016 年秋季大会 2016 年 9 月 13-16 日 金沢大学
- ④ 梶谷丈、三田昌明、東中隆二、青木勇二、松田達磨、佐賀山基、佐賀山遼子、熊井玲児、村上洋一「 $LaO_{1-x}F_xBiS_2$ における長周期格子変調」日本物理学会 第 72 回年次大会 2017 年 3 月 17-20 日 大阪大学
- ⑤ Yuji Aoki, Masaaki Mita, Naoki Yamamoto, Shota Onishi, Joe Kajitani, Ryuji Higashinaka, and Tatsuma D. Matsuda, "Non-Fermi-liquid 4f-electron behaviors in $Ln(O_{1-x}F_x)BiS_2$ layered superconductors", The International Conference on Strongly Correlated Electron Systems (SCES2017), Prague, Czech Republic, July 17 – 21, 2017
- ⑥ Ryuji Higashinaka, Hideaki Endo, Jo Kajitani, Tatsuma D. Matsuda, and Yuji Aoki, "Single crystal growth and physical properties of BiS_2 -layered compounds: $Eu_3Bi_2S_4F_4$ ", The International Conference on Strongly Correlated Electron System(SCES2017), Prague, Czech Republic, July 17-21, 2017
- ⑦ J. Kajitani, R. Sagayama, H. Sagayama, R. Kumai, Y. Murakami, K. Matsuura, M. Mita, T. Asano, R. Higashinaka, T. D. Matsuda, Y. Aoki, "Observation of superlattice reflections in BiS_2 layered superconductor $LaO_{0.5}F_{0.5}BiS_2$ ", J-Physics International Workshop on Multipole Physics and Related Phenomena, Hachimantai Royal Hotel, Japan, Sep. 24 – 28, 2017
- ⑧ R. Higashinaka, J. Kajitani, M. Mita, N. Yamamoto, H. Endo, T. D. Matsuda, and Y. Aoki, "Magnetic and structural properties of BiS_2 -based layered superconductors $LaO_{1-x}F_xBiS_2$ ", J-Physics International Workshop on Multipole Physics and Related Phenomena, Hachimantai Royal Hotel, Japan, Sep. 24 – 28, 2017
- ⑨ Tatsuma D. Matsuda "Structural Phase Diagram and Anomalous Magnetic Properties in Superconductor of $LnO_{1-x}F_xBiS_2$ ", 30th International Symposium on Superconductivity ISS2017, Iino Hall and Conference Center, Tokyo, Japan, December 13-15, 2017 (招待講演)

- ⑩ Y. Aoki, R. Higashinaka, and T. D. Matsuda, “Unconventional 4f-electron magnetism in Ln(O,F)BiS layered superconductors”, The 21st Int. Conf. on Solid Compounds of Transition Elements (SCTE2018), Technische Universitaet Wien, Austria, March 26 – 29, 2018 (招待講演)
- ⑪ 佐賀山遼子、佐賀山基、熊井玲児、村上洋一、浅野卓也、三田昌明、東中隆二、松田達磨、青木勇二「LaO_{1-x}FxBiS₂における長周期格子変調のx依存性」日本物理学会 2017年秋季大会 2017年9月21-24日 岩手大
- ⑫ 黒川輝風、松澤悠、岡本陽平、守田智洋、溝川貴司、E.F. Schwier, 島田賢也、Naurang Saini、梶谷丈、東中隆二、松田達磨、青木勇二「光電子分光によるR(O, F)BiS₂の電子状態」日本物理学会 2017年秋季大会 2017年9月21-24日 岩手大
- ⑬ T. D. Matsuda, A. Yamada, R. Higashinaka, A. Miyake, M. Tokunaga, M. Mizumaki, S. Tsutsui, T. Ina, K. Nitta, T. Uruga, H. Sato, and Y. Aoki, “Unusual Heavy Electron State in Sm- and Yb-based compounds”, J-Physics 2018: 新物質と結晶育成に関する国際ワークショップ 2018年6月24-27 日淡路夢舞台国際会議場, (招待講演)
- ⑭ Yuji Aoki, Rajveer Jha, Shota Onishi, Ryuji Higashinaka, Tatsuma D. Matsuda, “Electronic transport properties of high-quality single crystals of Weyl semimetals and BiS₂-based materials”, European Materials Research Society (E-MRS) 2018 Fall Meeting, Warsaw University of Technology, Warsaw, Poland, September 17 – 20, 2018 (招待講演)
- ⑮ 松田達磨、梶谷丈、遠藤秀晃、東中隆二、青木勇二「Eu系BiS₂化合物におけるEu価数状態と物性異常」日本物理学会2018年秋季大会 2018年9月9-12日 同志社大学
- ⑯ 東中隆二、遠藤秀晃、梶谷丈、松田達磨、青木勇二「BiS₂系層状化合物Eu₃Bi₂S₄F₄における電荷秩序状態」日本物理学会2018年秋季大会 2018年9月9-12日 同志社大学
- ⑰ 青木勇二、酒谷瞭太郎、東中隆二、松田達磨「BiS₂系層状化合物Eu₃Bi₂S₄F₄におけるキャリアの局在化と巨大磁気抵抗」日本物理学会 第74回年次大会 2019年3月14-17日 九州大学

[その他]

ホームページ等

研究紹介「新規超伝導体の母物質 CeOBiS₂における量子臨界的挙動」

<http://denshi-server.phys.se.tmu.ac.jp/research.htm>

6. 研究組織

研究協力者

研究協力者氏名：青木 勇二

ローマ字氏名：(AOKI, Yuji)

所属研究機関：首都大学東京・理学研究科・教授

研究協力者氏名：東中 隆二

ローマ字氏名：(HIGASHINAKA, Ryuji)

所属研究機関：首都大学東京・理学研究科・助教

研究協力者氏名：佐賀山 基

ローマ字氏名：(SAGAYAMA, Hajime)

所属研究機関：高エネルギー加速器機構・准教授

研究協力者氏名：佐賀山 遼子

ローマ字氏名：(SAGAYAMA, Ryouko)

所属研究機関：高エネルギー加速器機構・研究員

謝辞：上記の研究協力者の皆様、及び本研究にご協力頂きました皆様に深く感謝いたします。

※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、研究者個人に帰属されます。