

令和 4 年 5 月 25 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K03748

研究課題名(和文) 八ニカム構造を持つ遷移金属化合物における新奇超伝導状態の探索

研究課題名(英文) Exploration of novel superconducting states in transition metal compounds with a honeycomb structure

研究代表者

工藤 一貴 (Kazutaka, Kudo)

大阪大学・理学研究科・教授

研究者番号：40361175

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)：八ニカムネットワークを持つ化合物の超伝導状態において、自発磁場の発生を示唆するミュオンスピン緩和率の増大を観測した。この増大は不純物ドーピングによって消失した。従来型の超伝導状態の場合、これらのことを説明することができない。八ニカムネットワークでは、対称性から新奇超伝導の発現が予想されている。現在、解析を進めながら、超伝導電子対に関する詳細な検討を進めている。さらに、対称性から八ニカムネットワークと同様に新奇超伝導の発現を期待することができるカゴメネットワークと三角形ネットワークを持つ超伝導体の探索を行い、複数の新超伝導体を発見した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

原子ネットワークの対称性に着目して系統的に超伝導物質開発を行い、新奇超伝導状態を探索したことに本研究の意義がある。当初から着目していた八ニカムネットワークだけでなく、三角形ネットワーク、カゴメネットワークへと研究対象が広がり、より普遍的な知見を得るための研究へと発展させる準備が整った。

研究成果の概要(英文)：In the superconducting state of compounds with a honeycomb network, we observed an increase in the muon spin relaxation rate that suggests a spontaneous magnetic field. The increase disappeared with impurity doping. These cannot be explained by conventional superconducting states. In honeycomb networks, the emergence of exotic superconducting states has been predicted based on the symmetry. Detailed consideration on superconducting electron pairs is currently underway along with the in-depth analysis. Furthermore, we explored superconductors with Kagome and triangular networks, which are expected to exhibit exotic superconductivity as well as honeycomb networks based on their symmetry, and discovered several new superconductors.

研究分野：固体物理学

キーワード：新奇超伝導状態 八ニカムネットワーク

1. 研究開始当初の背景

新奇な超伝導状態を発見することは、超伝導の物理を開拓するために非常に重要なことである。その点において、ハニカムネットワークは興味深い。ハニカムネットワークにおいて d 波超伝導が発現する場合、対称性から、 dx^2-y^2 波と dxy 波の超伝導状態が縮退・混成した $dx^2-y^2 + i dxy$ 波 (カイラル d 波) を自然に導くことができる。その超伝導状態では、電子対由来の自発磁場が発生する。研究代表者らは、そのような新奇超伝導状態を探索するための物質開発を行い、ハニカム物質 SrPtAs の超伝導を発見した[1]。その報を受けたスイス ETH の理論グループが SrPtAs におけるカイラル d 波超伝導発現を予言する理論を発表し、直ちに研究代表者らのグループや他グループによって予言を実証しようとする実験が行われた。しかし、決定的な証拠は得られなかった。そこで、研究代表者らは、理論で重要とされた効果を顕著にするため、より2次元的な物質を探索した。その結果、Sr よりイオン半径の大きな Ba がハニカム層を隔てた新超伝導体 BaPtSb を発見し[2]、ミュオンスピン回転/緩和実験を行って自発磁場発達の兆候を捉えた。しかし、その実験でもカイラル d 波と結論できなかつた。明らかになったのは、超伝導状態で微弱な内部磁場を定量的に議論し、電子対由来の自発磁場であると結論するためには、単結晶試料を使用して精密な測定を行い、さらに、ミュオンスピン緩和の異方性を調べる必要があるということであった。これまでの実験では多結晶が使われていた。

2. 研究の目的

カイラル超伝導の電子対は軌道運動するため、自発磁場が発生する。したがって、ハニカム超伝導体において電子対由来の自発磁場を捉えることができれば、カイラル d 波超伝導発現の強い証拠となる。そこで、本研究では、BaPtSb と SrPtAs 単結晶を育成し、微弱な局所磁場を測定することのできるミュオンスピン回転/緩和の実験を行い、カイラル d 波超伝導状態を実証することを目的とする。

3. 研究の方法

ハニカム構造を持つ超伝導体の単結晶試料を育成してミュオンスピン回転/緩和実験を行う。さらに、新奇超伝導候補物質を探索・開発する。

4. 研究成果

(1) ハニカムネットワークを持つ超伝導体の単結晶育成とミュオンスピン回転/緩和実験

BaPtSb [図 1(a)]の単結晶試料を育成してミュオンスピン回転/緩和実験を行い、超伝導状態においてミュオンスピン緩和率の増大を観測した。この結果は、超伝導状態において自発磁場が発生していることを示唆する。このミュオンスピン緩和率の増大は、不純物として As をドーピングすることによって消失した。これらの結果は、従来型の超伝導状態では説明することができない。現在、詳細な解析を進めながら、この系の超伝導電子対に関する検討を慎重に進めている。

SrPtAs [図 1(b)]の単結晶試料を育成し、結晶方位を揃えてミュオンスピン回転/緩和実験を行った。SrPtAs でカイラル d 波超伝導が発現する場合、自発磁場は c 軸に平行な方向を向くと予想される。この場合、ミュオンスピン偏極度の緩和が、単結晶試料の c 軸方向をミュオン束のスピンド方向に対して 90 度傾けると最も速くなり、一方、両者を平行にすると最も遅くなる。本研究では、超伝導状態におけるミュオンスピン偏極度の緩和過程の異方性を調べることで、電子対由来の自発磁場を実証することを試みた。本研究実施期間内では、単結晶試料の c 軸方向をミュオン束のスピンド方向と平行にした配置でミュオンスピン回転/緩和実験を行うことができた。その結果は、上記の予想と矛盾しなかつた。その後、単結晶試料の c 軸方向をミュオン束のスピンド方向に対して 90 度傾けて実験を行う予定であったが、COVID-19 の状況により実験計画を変更せざるを得なかつた。その実験は、今後の課題として残っている。

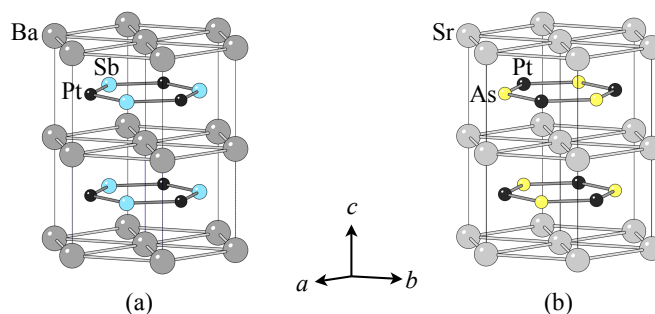


図 1 (a) BaPtSb ($P\bar{6}m2$, D_{3h}^1 , No. 187) [2]、(b) SrPtAs ($P6_3/mmc$, D_{6h}^4 , No. 194) [1]の結晶構造。

(2) 新奇超伝導候補物質の探索・開発

本研究を進めていくうちに、カイラル超伝導について普遍的な知見を得るためには、ハニカムネットワークと関連する他のネットワークを有する超伝導体を開発し、それらと比較しながら系統的に実験を進めることが重要であることがわかってきた。そこで、本研究では、対称性からハニカムネットワークと同様にカイラル d 波などの新奇超伝導発現が予言されているカゴメネットワーク、三角形ネットワークを持つ新超伝導体の探索・開発を行なった。

カゴメネットワークを持つ超伝導体 $\text{Mg}_2\text{Ir}_3\text{Si}$ ($P6_3/mmc$, D_{6h}^4 , No. 194) [3]、 $\text{Mg}_2\text{Ir}_{2.3}\text{Ge}_{1.7}$ ($P6_3/mmc$, D_{6h}^4 , No. 194) [4]を発見した。それぞれ、完全秩序型ラーベス相、部分秩序型ラーベス相の化合物である。ラーベス相 AB_2 は、六方晶 MgZn_2 型 ($P6_3/mmc$, D_{6h}^4 , No. 194)、立方晶 MgCu_2 型 ($Fd\bar{3}m$, O_h^7 , No. 227)、六方晶 MgNi_2 型 ($P6_3/mmc$, D_{6h}^4 , No. 194)など、様々な結晶構造を示す。三元系では構造の種類がさらに多様になり、true ternary Laves 相と呼ばれる隠れたラーベス相や、2種類の原子が A または B サイトを規則的に占有する秩序型の相が出現する。本研究では、 MgZn_2 型の B_4 四面体を2種類の原子が規則的に占有する秩序型構造が、カゴメネットワークと三角形ネットワークを含むことに着目した。物質開発を進めた結果、上記のとおり2つの新物質を発見することができた。完全秩序型 $\text{Mg}_2\text{Ir}_3\text{Si}$ は転移温度 $T_c = 7$ K の超伝導を示した。この化合物は、Ir のブリージングカゴメネットワークと Si の三角形ネットワークを持つ[図 2(a)]。部分秩序型 $\text{Mg}_2\text{Ir}_{2.3}\text{Ge}_{1.7}$ は $T_c = 5.3$ K の超伝導を示した。この化合物では、三角形ネットワークのサイトが全て Ge で占められている一方で、カゴメネットワークを形成する Ir の約4分の1が Ge に置き換わっている[図 2(b)]。したがって、不純物置換効果の観点から超伝導状態を調べることが可能である。

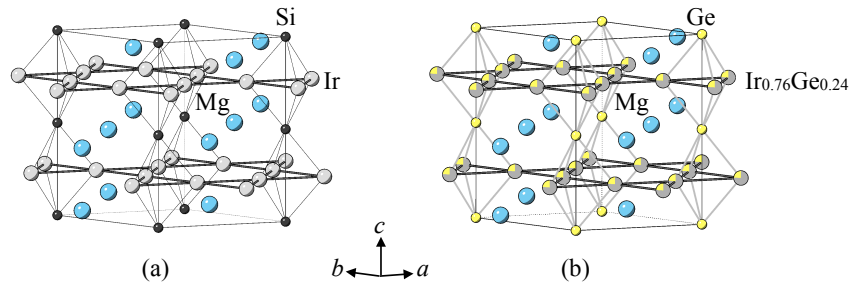


図 2 (a) $\text{Mg}_2\text{Ir}_3\text{Si}$ ($P6_3/mmc$, D_{6h}^4 , No. 194) [3]、(b) $\text{Mg}_2\text{Ir}_{2.3}\text{Ge}_{1.7}$ ($P6_3/mmc$, D_{6h}^4 , No. 194) [4] の結晶構造。

三角形ネットワークを持つ超伝導体 $\text{Pt}_{1+x}\text{Bi}_2$ ($P\bar{3}m1$, D_{3d}^3 , No. 164)、Se/Te ドープ PtBi_2 ($P\bar{3}m1$, D_{3d}^3 , No. 164)を発見した。それぞれ、 $T_c = 2.4$ K、 $T_c = 1.9$ - 2.4 K の超伝導を示す。 PtBi_2 ($P31m$, C_{3v}^2 , No. 157)では、3つの Bi サイトのうち2つが c 軸方向にシフトしており、極性が生じている[図 3(a)]。その影響を受けて、Pt は ab 面内でブリージングした三角形ネットワークを形成している。本研究では、 PtBi_2 層間に過剰 Pt を挿入[5]、あるいは、Bi を Se/Te で部分置換[6]すると、非極性の CdI_2 型構造($P\bar{3}m1$, D_{3d}^3 , No. 164)が安定化することを発見した。その構造では、Bi サイトのシフトと Pt 三角形ネットワークのブリージングが消失して、Pt の三角形ネットワークが形成されている[図 3(b)(c)]。この構造相転移に伴い、 T_c が 0.6 K から 2.4 K へ上昇した[5,6]。さらに、相境界へ近づくにつれて T_c が上昇することがわかった[6]。

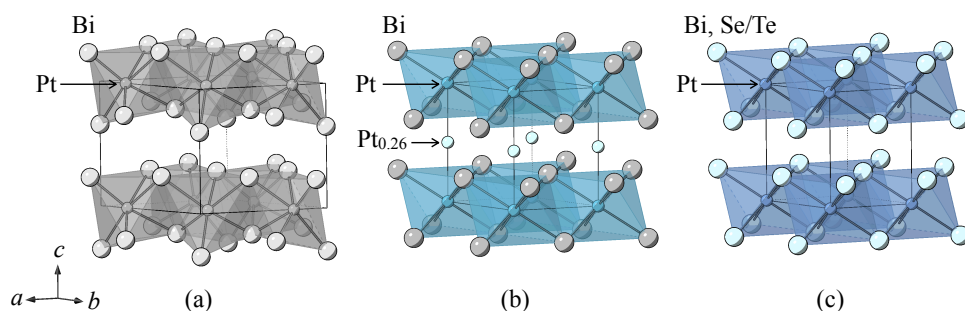


図 3 (a) PtBi_2 ($P31m$, C_{3v}^2 , No.157)、(b) $\text{Pt}_{1+x}\text{Bi}_2$ ($P\bar{3}m1$, D_{3d}^3 , No.164) [5]、(c) $\text{Pt}(\text{Bi}_{1-x}\text{Ch}_x)_2$ ($Ch = \text{Se, Te}$) ($P\bar{3}m1$, D_{3d}^3 , No.164) [6]の結晶構造。

本研究により、新奇超伝導状態を探索するための舞台として、三角形、ハニカム、カゴメネットワークを持つ超伝導体が揃った。今後、これらの良質な単結晶を育成し、ミュオンスピン回転／緩和実験を行い、カイラル超伝導について系統的かつ普遍的な知見を得る方向へと研究を発展させていくつもりである。

<引用文献>

- ① Y. Nishikubo, K. Kudo, and M. Nohara, *J. Phys. Soc. Jpn.* **80**, 055002 (2011).
- ② K. Kudo, Y. Saito, T. Takeuchi, S. Ayukawa, T. Kawamata, S. Nakamura, Y. Koike, and M. Nohara, *J. Phys. Soc. Jpn.* **87**, 063702 (2018).
- ③ K. Kudo, H. Hiiragi, T. Honda, K. Fujimura, H. Idei, and M. Nohara, *J. Phys. Soc. Jpn.* **89**, 013701 (2020).
- ④ K. Kudo, T. Honda, H. Hiiragi, H. Ota, and M. Nohara, *J. Phys. Soc. Jpn.* **89**, 123701 (2020).
- ⑤ K. Kudo, H. Y. Nguyen, C.-g. Oh, K. Takaki, and M. Nohara, *J. Phys. Soc. Jpn.* **90**, 063706 (2021).
- ⑥ K. Takaki, M. Yamamoto, M. Nakajima, T. Takeuchi, H. Y. Nguyen, M. Nohara, Y. Kishioji, T. Fujii, K. Yoshino, S. Miyasaka, and K. Kudo, *J. Phys. Soc. Jpn.* **91**, 034703 (2022).

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 0件）

1. 著者名 K. Takaki, M. Yamamoto, M. Nakajima, T. Takeuchi, H. Y. Nguyen, M. Nohara, Y. Kishioji, T. Fujii, K. Yoshino, S. Miyasaka, and K. Kudo	4. 巻 91
2. 論文標題 Enhanced Superconductivity in Close Proximity to Polar-Nonpolar Structural Phase Transition in Se/Te-Substituted PtBi ₂	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 034703-1~6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.91.034703	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 D. Ootsuki, H. Okamura, S. Mitsumoto, Y. Ikemoto, T. Moriwaki, M. Arita, T. Yoshida, K. Kudo, H. Ishii, M. Nohara, and T. Mizokawa	4. 巻 90
2. 論文標題 Pressure Induced Spectral Redistribution due to Te ₂ Dimer Breaking in AuTe ₂	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 114705-1~5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.114705	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. Kudo, H. Y. Nguyen, C.-g. Oh, K. Takaki, and M. Nohara	4. 巻 90
2. 論文標題 Superconductivity of the Stuffed CdI ₂ -type Pt _{1+x} Bi ₂	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 063706-1~4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.063706	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. Kudo, T. Honda, H. Hiiragi, H. Ota, and M. Nohara	4. 巻 89
2. 論文標題 Superconductivity of the Partially Ordered Laves Phase Mg ₂ Ir ₂ .3Ge _{1.7}	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 123701-1~4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.89.123701	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. Kudo, S. Ioka, N. Happo, H. Ota, Y. Ebisu, K. Kimura, T. Hada, T. Kimura, H. Tajiri, S. Hosokawa, K. Hayashi, M. Nohara	4. 巻 88
2. 論文標題 Impact of Local Atomic Fluctuations on Superconductivity of Pr-Substituted CaFe ₂ As ₂ Studied by X-ray Fluorescence Holography	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 063704-1~5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.063704	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 D. Ootsuki, H. Ishii, K. Kudo, M. Nohara, M. Arita, H. Namatame, M. Taniguchi, N. L. Saini, T. Mizokawa	4. 巻 128
2. 論文標題 Interplay between spin-orbit interaction and stripe-type charge-orbital order of IrTe ₂	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics and Chemistry of Solids	6. 最初と最後の頁 270~274
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jpcs.2018.02.015	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 E. Paris, T. Wakita, L. Simonelli, C. Marini, W. Olszewski, K. Terashima, F. Stramaglia, G. M. Pugliese, T. Mizokawa, S. Ioka, K. Kudo, M. Nohara, T. Yokoya, N. L. Saini	4. 巻 32
2. 論文標題 The local structure of the Ca _{0.9} Pr _{0.1} Fe ₂ As ₂ superconductor as a function of temperature	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Superconductor Science and Technology	6. 最初と最後の頁 095001-1~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6668/ab2792	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 T. Kawamata, N. Sugawara, S. M. Haidar, T. Adachi, T. Noji, K. Kudo, N. Kobayashi, Y. Fujii, H. Kikuchi, M. Chiba, G. A. Petrakovskii, M. A. Popov, L. N. Bezmaternykh, Y. Koike	4. 巻 88
2. 論文標題 Thermal Conductivity and Magnetic Phase Diagram of CuB ₂ O ₄	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 114708-1~6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.114708	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. Kudo, H. Hiiragi, T. Honda, K. Fujimura, H. Idei, M. Nohara	4. 巻 89
2. 論文標題 Superconductivity in Mg ₂ Ir ₃ Si: A Fully Ordered Laves Phase	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 013701-1~4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.89.013701	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26件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 高木健輔, 竹内徹也, 中島正道, 工藤一貴
2. 発表標題 化学ドーピングしたPtBi ₂ における超伝導転移温度の上昇
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 小川泰輝, 竹内徹也, 木田孝則, 萩原政幸, 工藤一貴
2. 発表標題 八ニカムネットワークを持つBaPt (As _{1-x} Sbx)の合成と超伝導特性
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 工藤一貴
2. 発表標題 Superconductivity in Pt _{1+x} Bi ₂ with a stuffed CdI ₂ -type structure
3. 学会等名 令和3年度 新学術領域研究「量子液晶の物性科学」領域研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 工藤一貴
2. 発表標題 三角形・八ニカム・カゴメネットワークを持つ超伝導体の物質開発
3. 学会等名 日本中間子科学会研究会「ミュオンで見る磁性・超伝導物質研究の最前線」(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高木健輔, 山本真由, 中島正道, 竹内徹也, Hoang Yen Nguyen, 野原実, 宮坂茂樹, 工藤一貴
2. 発表標題 CdI2型Pt(Bi1-xChx)2 (Ch = Se, Te) の超伝導
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小川泰輝, 竹内貴亮, 齋藤有紀, 竹内徹也, 宮坂茂樹, 中島正道, 野原実, 工藤一貴
2. 発表標題 八ニカム構造を持つBaPt(As1-xSbx)の超伝導
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 工藤一貴
2. 発表標題 秩序型ラーベス相化合物の超伝導物質開発
3. 学会等名 第5回固体化学フォーラム研究会(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 工藤一貴
2. 発表標題 秩序型ラーベス相構造を利用した超伝導体の開発
3. 学会等名 令和3年度「第2回 強磁場コラボラトリー オンラインセミナー」(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 K. Kudo, T. Honda, H. Hiiragi, and M. Nohara
2. 発表標題 Superconductivity of the Fully and Partially Ordered Laves Phase Compounds
3. 学会等名 International Conference on Quantum Liquid Crystals 2021 (QLC2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Adachi, K. Kudo, Y. Saito, T. Sumura, K. Kawabata, T. Takeuchi, A. Koda, H. Okabe, R. Kadono, T. U. Ito, W. Higemoto, C. Baines, I. Watanabe, and M. Nohara
2. 発表標題 Chiral Superconductivity in BaPtAs _{1-x} Sb _x with a Honeycomb Network
3. 学会等名 International Conference on Quantum Liquid Crystals 2021 (QLC2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 工藤一貴
2. 発表標題 秩序型ラーベス相化合物における新規超伝導体の開発(シンポジウム講演)
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Kudo
2. 発表標題 Development of New Superconductors with Ordered Laves Phase Structures
3. 学会等名 The 33rd International Symposium on Superconductivity (ISS2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Kudo, T. Honda, H. Hiiragi, H. Ota, and M. Nohara
2. 発表標題 Development of Superconductors with Ordered Laves Phase Structures
3. 学会等名 令和2年度 新学術領域研究「量子液晶の物性科学」領域研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Adachi, K. Kudo, Y. Saito, T. Sumura, K. Kawabata, T. Takeuchi, A. Koda, H. Okabe, R. Kadono, T. U. Ito, W. Higemoto, C. Baines, I. Watanabe, and M. Nohara
2. 発表標題 Possible Chiral d-Wave Superconductivity in BaPtAs _{1-x} Sb _x with the Honeycomb Network
3. 学会等名 令和2年度 新学術領域研究「量子液晶の物性科学」領域研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Kudo
2. 発表標題 Development of novel hexagonal superconductors with 5d transition metals
3. 学会等名 Progress in Superconductivity Research - RIIS Mini-Workshop - (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Kudo
2. 発表標題 Exploration of Novel Pt-Based Superconductors with Honeycomb Networks
3. 学会等名 Research Frontier of Advanced Spectroscopies for Correlated Electron Systems (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 工藤一貴
2. 発表標題 Development of novel superconducting materials using polymorphism
3. 学会等名 新学術領域研究「量子液晶の物性科学」キックオフミーティング
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Kudo, Y. Saito, T. Takeuchi, T. Adachi, H. Ota, and M. Nohara
2. 発表標題 Exploration of Chiral Superconductivity in Hexagonal BaPtAs and BaPtSb
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 K. Kudo, S. Ioka, N. Happo, H. Ota, Y. Ebisu, K. Kimura, T. Hada, T. Kimura, H. Tajiri, S. Hosokawa, K. Hayashi, and M. Nohara
2. 発表標題 Influence of Positional Fluctuations of Arsenic Atoms on Superconductivity of Pr-Substituted CaFe ₂ As ₂ Revealed by X-Ray Fluorescence Holography
3. 学会等名 International Conference on The Structure of Non-crystalline Materials (NCM14) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Kudo
2. 発表標題 Superconductivity induced by breaking dimers of IrTe ₂ and AuTe ₂
3. 学会等名 Pan Pacific International Symposium on Chalcogenide Functional Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 工藤一貴, 柘輝, 本田寿明, 野原実
2. 発表標題 秩序型ラーベス相Mg ₂ Ir ₃ SiとLi ₂ IrSi ₃ の超伝導
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 工藤一貴, 柘輝, 本田寿明, 藤村一徳, 出井宏幸, 野原実,
2. 発表標題 秩序型ラーベス相Mg ₂ Ir ₃ Siの超伝導
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 寺嶋健成, 片岡範行, 谷口拓海, 齋藤有紀, 工藤一貴, 野原実, 臼井秀知, 村岡祐治, 高野義彦, 横谷尚睦
2. 発表標題 SrPtAsの角度分解光電子分光
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

大阪大学大学院理学研究科物理学専攻工藤研究室ホームページ
http://qm.phys.sci.osaka-u.ac.jp

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
研究協力者	足立 匡 (ADACHI Tadashi)		
研究協力者	太田 弘道 (OTA Hiromi)		

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			
スイス	The Paul Scherrer Institute			
イタリア	Universita di Roma "La Sapienza"			