

令和 3 年 5 月 26 日現在

機関番号：13901

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2020

課題番号：19K21846

研究課題名（和文）キャリアドープされたノードルリング半金属におけるトポロジカル超伝導の発現

研究課題名（英文）Topological Superconductivity in Chemically-Doped Nodal-Ring Semimetal

研究代表者

岡本 佳比古（Okamoto, Yoshihiko）

名古屋大学・工学研究科・准教授

研究者番号：90435636

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：波数空間において円環状に繋がったディラック点：ノードルリングをもつ物質系におけるトポロジカル超伝導の発現を目指した。様々な元素を置換したCaAgP単結晶を合成し、低温物性の測定を行った結果、Pd置換したCaAgPにおいて約1.5 Kにおける超伝導転移を発見した。Pd置換したCaAgPでは極めて高い移動度をもつ電子キャリアが存在するため、ノードルリング半金属がもつトポロジカルな表面状態と超伝導の関連が興味深い。また、元素置換したTa<sub>2</sub>Pd<sub>3</sub>Te<sub>5</sub>と、Nb<sub>2</sub>Pd<sub>3</sub>Te<sub>5</sub>の多結晶試料が2から4 Kでバルク超伝導転移を示すことを発見した。スピンホール絶縁体や励起子絶縁体の物理との関連が興味深い。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究におけるPd置換したCaAgPにおける超伝導の発見は、これまでにないノードルリング系ならではのトポロジカル物性の実験的な確立や、実験可能なトポロジカル超伝導の新候補物質の実現に繋がっている成果であり、物性物理の基礎学理の観点から学術的意義を有する。また、元素置換したTa<sub>2</sub>Pd<sub>3</sub>Te<sub>5</sub>とNb<sub>2</sub>Pd<sub>3</sub>Te<sub>5</sub>は励起子絶縁体やスピンホール絶縁体に関連がある物質系で発見された新超伝導体である。これらの特異な物理現象と超伝導の関係を明らかにし得る格好の系といえ、こちらも物性物理の基礎学理の観点から十分な学術的な意義を有すると考える。

研究成果の概要（英文）：We aimed to find topological superconductivity in nodal-ring materials, where electronic bands cross on a ring at around the Fermi energy in the momentum space. We prepared CaAgP single crystals substituted by various elements and measured their physical properties. As a result, superconducting transitions at around 1.5 K were found in the Pd-doped CaAgP single crystals. Since the Pd-doped single crystals have electron carriers with very high mobility, the correlation between the topological surface state caused by the nodal ring and observed superconductivity is interesting. We also found that Nb<sub>2</sub>Pd<sub>3</sub>Te<sub>5</sub> and chemically substituted Ta<sub>2</sub>Pd<sub>3</sub>Te<sub>5</sub> show bulk superconducting transitions at 2-4 K. The relationship between spin Hall insulator, excitonic insulator, and superconductivity in this system might be interesting.

研究分野：物性物理学、固体化学

キーワード：超伝導 トポロジカル物性 ノードルリング半金属 トポロジカル超伝導

### 1. 研究開始当初の背景

トポロジカル超伝導とは、バルクの超伝導相を構成する波動関数が、ゼロでないトポロジカル不変量をもつ超伝導である。バルク超伝導としては超伝導ギャップが開く通常の超伝導体と同様の性質を示すが、表面やエッジにトポロジカルに保護された金属状態が形成される特徴をもつ。ある種のトポロジカル超伝導体では、この金属状態において、電子がマヨラナ粒子(粒子がそれ自身の反粒子である粒子)として振る舞う可能性が理論的に指摘されており、この性質を利用した量子コンピューティング応用などの観点から最近特に注目されている。固体物質中におけるマヨラナ粒子の実現は学術的観点・社会的観点の両面から大きな意義をもつが、このようなトポロジカル超伝導のエッジに現れるマヨラナ粒子の存在は実験的には確立していない。

代表者らは、カルシウムと銀を含むリン化合物 CaAgP が、波数空間で円環状に繋がったディラック点：ノーダルリングだけがフェルミエネルギーに存在する理想的なノーダルリング半金属であることを見出し、さらに、合成した試料が格子欠陥によるわずかなキャリアドープにより、トーラス形状のフェルミ面をもつことを明らかにした[引用文献 ]。最近、これらの結果に基づいた理論研究により、このような系に現れる超伝導がトポロジカル超伝導である可能性が指摘された。この超伝導は、磁場で制御可能なマヨラナ粒子を伴う二次元カイラル  $p$  波超伝導である可能性がある [引用文献 ]

### 2. 研究の目的

本課題の目的は、マヨラナ粒子の実験的検証に繋がるような、トポロジカル超伝導体を見出すことにある。これを達成するため、様々な元素を用いて化学置換することにより系統的にキャリア数や電子構造を制御した CaAgP 単結晶の合成と、ノーダルリングをもつトポロジカル半金属の新物質の開拓を行う。合成された試料の低温物性を測定することにより、トポロジカル超伝導が発現しうる候補物質を一つでも多く見出す。

### 3. 研究の方法

#### (1) 系統的にキャリアドープされた CaAgP 単結晶の合成と超伝導性の確認

代表者らは、これまでの研究により CaAgP の単結晶合成に成功したが、これらは  $^3\text{He}$  冷凍機を用いた 0.4 K までの電気抵抗測定により超伝導転移を示さなかった。Ca、Ag、P 各サイトへの化学置換により系統的に電子状態を変化させた単結晶試料を合成し、本科研費により導入した断熱消磁冷却装置を用いた最低 0.1 K の電気抵抗測定を行うことにより、超伝導転移の観測を目指す。超伝導転移が観測された後は、研究協力者との共同研究により、比熱や接合を用いた実験などの各種の精密物性測定を行うことにより、トポロジカル超伝導の確立を目指す。

#### (2) ノーダルリング半金属の新物質開拓と新超伝導体探索

ノーダルリング半金属 CaAgP はトポロジカル超伝導を発現する有力候補だが、0.1 K までの物性測定によっても超伝導転移が観測されない可能性が想定される。トポロジカル超伝導発現の可能性を高めるため、ノーダルリング半金属の新物質開拓や、トポロジカル半金属となる可能性がある物質に着目した新超伝導体探索を行う。第一原理データベースを駆使することにより、有望な物質を選定する。見出されたノーダルリング半金属物質や新超伝導体に対して、研究方法(1)と同様の化学置換試料の合成と低温物性測定を行うことにより、トポロジカル超伝導の発現を目指す。

### 4. 研究成果

#### (1) 系統的にキャリアドープされた CaAgP 単結晶の合成と超伝導性の確認

本研究では様々な元素置換した CaAgP 単結晶を合成したが(図1)、そのうち、Ag が占有するサイトをパラジウム Pd で置換した単結晶において、超伝導転移が観測されたため、この成果を中心に述べる。無置換および Pd 置換した CaAgP 単結晶は、Bi をフラックスとして用いたフラックス法により合成された。無置換の CaAgP 単結晶の電子物性は、ノーダルリング半金属に対してわずかに正孔キャリアが注入された低キャリア金属の枠組みの範囲内で概ね理解できた。それに対して、Pd 置換した CaAgP 単結晶の物性は、無置換試料と大きく異なる振る舞いを示した。電気抵抗率は全温度領域で温度減少とともに減少し金属的だが、約 30 K 以下の低温領域において強く減少した。低温で横磁気抵抗は 0.5 T 以下の低磁場領域で急激に増大し、1 T 以上の磁場領域においてほとんど一定値となる特徴的な振る舞いを示した。低磁場領域における磁気抵抗の増加は急激であり、典型的なディラック半金属である  $\text{Cd}_3\text{As}_2$  の純良単結晶の磁気抵抗の増加率に匹敵する [引用文献 ] このような特徴的な電気抵抗の振る舞いは、ディラック点に近い状態にある極めて高い移動度をもつ電子キャリアによりもたらされている可能性が高い。5 K で測定したホ

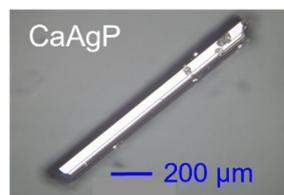


図1. CaAgP単結晶試料.

図1) そのうち、Ag が占有するサイトをパラジウム Pd で置換した単結晶において、超伝導転移が観測されたため、この成果を中心に述べる。無置換および Pd 置換した CaAgP 単結晶は、Bi をフラックスとして用いたフラックス法により合成された。無置換の CaAgP 単結晶の電子物性は、ノーダルリング半金属に対してわずかに正孔キャリアが注入された低キャリア金属の枠組みの範囲内で概ね理解できた。それに対して、Pd 置換した CaAgP 単結晶の物性は、無置換試料と大きく異なる振る舞いを示した。電気抵抗率は全温度領域で温度減少とともに減少し金属的だが、約 30 K 以下の低温領域において強く減少した。低温で横磁気抵抗は 0.5 T 以下の低磁場領域で急激に増大し、1 T 以上の磁場領域においてほとんど一定値となる特徴的な振る舞いを示した。低磁場領域における磁気抵抗の増加は急激であり、典型的なディラック半金属である  $\text{Cd}_3\text{As}_2$  の純良単結晶の磁気抵抗の増加率に匹敵する [引用文献 ] このような特徴的な電気抵抗の振る舞いは、ディラック点に近い状態にある極めて高い移動度をもつ電子キャリアによりもたらされている可能性が高い。5 K で測定したホ

ール抵抗は、ゼロ磁場から磁場を増大すると急激に減少し、0.08 T付近で負値のピークをとった後、1 T以上の磁場領域ではほとんど線形に増加した。これは、電子と正孔の両方の伝導キャリアが試料中に共存していることを示す。ホール抵抗と横磁気抵抗から求めたホール伝導度は、正孔と電子の二種類の伝導キャリアの存在を仮定することでよく再現された。正孔キャリア濃度は温度によらず  $n_h = 2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  程度である。無置換試料の場合と比べて大きく、Ag サイトに対する Pd 置換が正孔ドーパであることと辻褃があう。一方、10 Kにおいて電子キャリア濃度と移動度はそれぞれ  $n_e = 2.3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、 $\mu_e = 2.0 \times 10^5 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$  であり、正孔に加えて極めて高い移動度をもつ電子キャリアが試料中にわずかに存在することを示す。この移動度はディラック半金属  $\text{Cd}_3\text{As}_2$  における最大値と比べると小さいものの、

ワイル半金属の  $\text{TaAs}$  に匹敵する非常に大きな値であり、線形の電子分散の特徴が輸送特性に現れたと考えられる。このような電子キャリアの出現はバルクバンドに対するリジッドバンド的な描像では説明できない。例えば、ノーダルリングに伴う表面バンドがフェルミエネルギーを横切るなどトポロジカルな表面バンドによる効果や、Pd 置換により導入された乱れやミクロな相分離の影響による可能性があり、今後の研究により出現機構が解明される必要がある。

このように特異な輸送特性を示した Pd 置換した  $\text{CaAgP}$  単結晶試料において、超伝導転移が現れた。図 2 に、二種類の Pd 置換した  $\text{CaAgP}$  単結晶の低温の電気抵抗率の温度依存性を示す。電気抵抗率は 1.7 K 以下で急激に減少し、#2 の試料では 1.5 K 以下でゼロ抵抗を示した。#1、#2 の試料ともに磁場を印加することで電気抵抗が減少する温度が低下するため、電気抵抗率の減少は超伝導転移によると考えるのが自然である。しかし、#2 の試料と同じ条件で合成した Pd 置換試料の比熱には超伝導転移に対応する異常は現れなかった。この超伝導が単純なバルク超伝導でないことを示唆する。電気抵抗と比熱の振る舞いを説明できるシナリオとして、ノーダルリングによるトポロジカルな表面状態に起因する表面超伝導、非常に小さい電子比熱係数をもつ相によるバルク超伝導、不純物による超伝導、の三つが考えられる。 $\text{Cd}_3\text{As}_2$  や  $\text{TaAs}$  のような点ノードのディラック半金属やワイル半金属の場合と異なり、 $\text{CaAgP}$  のようなノーダルリングをもつ物質では、表面状態がフラットバンドとして形成されうるため、フェルミエネルギーにおいて大きな状態密度をもつ可能性があり、この状態は超伝導発現にとって有利である。今後、様々な物性測定を組み合わせることにより、この超伝導の発現機構とトポロジカルな性質の解明が望まれる。

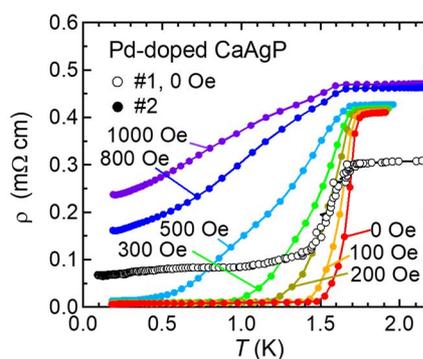


図2. Pd置換した $\text{CaAgP}$ 単結晶の、磁場中で測定した電気抵抗率の温度依存性。

## (2) ノーダルリング半金属の新物質開拓と新超伝導体探索

ノーダルライン半金属の新物質開拓を目指し、第一原理計算データベースを用いて候補物質を探索することにより、 $\text{BaTiS}_3$ 、 $\text{Sc}_3\text{InC}$ 、 $\text{Ta}_2\text{Pd}_3\text{Te}_5$  などの候補物質を見出した。これらの物質を合成し、各種の物性測定を行った結果、ノーダルリングは形成されていなかったものの、化学置換した  $\text{Ta}_2\text{Pd}_3\text{Te}_5$  と、その  $4d$  アナログである  $\text{Nb}_2\text{Pd}_3\text{Te}_5$  においてバルク超伝導転移を発見したため、この成果を中心に報告する。

$\text{Ta}_2\text{Pd}_3\text{Te}_5$  は W. Tremel により初めて合成された物質であり、図 3 に示したような縞状の構造からなる  $\text{Ta}_2\text{Pd}_3\text{Te}_5$  層が  $a$  軸方向に積み重なった一次元性の強い結晶構造をもつことが報告された [引用文献]。単層の  $\text{Ta}_2\text{Pd}_3\text{Te}_5$  は量子スピホール絶縁体となるとの理論的な指摘もあり、トポロジカル電子物性の観点からも注目されている物質である [引用文献]。一方、 $\text{Nb}_2\text{Pd}_3\text{Te}_5$  はこれまでに合成された報告はない。我々は、 $\text{Nb}_2\text{Pd}_3\text{Te}_5$  の多結晶試料の合成に成功し、本物質が  $\text{Ta}_2\text{Pd}_3\text{Te}_5$  と同じ結晶構造をもつことを見出した。さらに、両物質を様々な元素置換した多結晶試料の合成も行った。上記の試料合成は全て真空にした石英封管を用いた固相反応法により行った。また、無置換の  $\text{Ta}_2\text{Pd}_3\text{Te}_5$  については、化学気相輸送法により単結晶試料も合成した。得られた試料を用いて、各種の低温物性測定を行った。

$\text{Nb}_2\text{Pd}_3\text{Te}_5$  の多結晶試料の電気抵抗率は、温度を下げると減少する金属的な振る舞いを示した。より低温では、図 4 に示したように 3.6 K から急激に減少し、3.2 K において

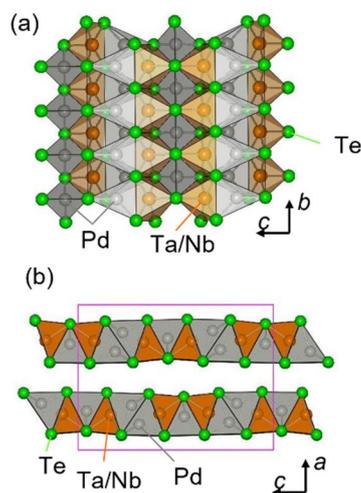


図3.  $\text{Ta}_2\text{Pd}_3\text{Te}_5$  と  $\text{Nb}_2\text{Pd}_3\text{Te}_5$  の結晶構造。(a)は $a$ 軸と平行な方向から、(b)は $b$ 軸と平行な方向から見た図。

ゼロ抵抗を示した。電気抵抗率が急激に減少する温度に対応して、磁化測定において大きな反磁性が観測され、比熱測定において相転移に伴う比熱の跳びが観測されたため、本物質がバルク超伝導体であることが明らかになった。磁場中で測定された電気抵抗率の超伝導転移の midpoint により決定された上部臨界磁場は  $H_{c2}(0) = 2700$  Oe であった。このように  $Nb_2Pd_3Te_5$  がバルク超伝導転移を示したことと対照的に、無置換の  $Ta_2Pd_3Te_5$  はバルク超伝導転移を示さなかった。単結晶試料、多結晶試料ともに、温度の減少とともに電気抵抗率は増大し、非金属的であった。無置換の  $Ta_2Pd_3Te_5$  多結晶試料の電気抵抗率は 4.5 K 以下で急激に減少するが、ゼロ抵抗にならない。また、磁化測定において小さい反磁性は観測されたものの、バルク超伝導の存在に対応するような大きな反磁性は観測されなかった。従って、この 4.5 K における電気抵抗の減少は、何らかの原因で試料中に存在する不純物に起因すると考えるのが自然である。

このように無置換の  $Ta_2Pd_3Te_5$  と  $Nb_2Pd_3Te_5$  は対照的な電子物性を示したが、図 4 に示したように、 $Ta_2Pd_3Te_5$  では Ta サイトへの Ti または W 置換によってホールまたは電子ドーピングすることによりバルク超伝導が発現した。超伝導転移温度は 2 から 4 K である。逆に、 $Nb_2Pd_3Te_5$  の Nb サイトに Ti または W を置換した場合には、超伝導が抑制される傾向を示した。先行研究において報告された[引用文献]  $Ta_2Pd_3Te_5$  の結晶構造パラメータを用いて行った第一原理計算によると、無置換の  $Ta_2Pd_3Te_5$  試料では、フェルミエネルギーが状態密度の谷に存在する可能性がある。Ti または W 置換によりホールまたは電子ドーピングすることで、フェルミエネルギーが谷から外れ、大きな状態密度をもつエネルギーにシフトした結果、金属的な電子物性に变化し、バルク超伝導が現れた可能性がある。ただし、このシナリオでは、 $Nb_2Pd_3Te_5$  が無置換でバルク超伝導を示したことは説明できない。 $Nb_2Pd_3Te_5$  については、現状では結晶構造解析により原子位置を確定できていないため信頼性の高い第一原理計算を行っていないが、この物質が  $Ta_2Pd_3Te_5$  と同じ電子数、同じ結晶構造をもつことからすると、このように対照的な物性を示すことは自明でない。また、両物質において興味深い点として、励起子絶縁体候補として知られる  $Ta_2NiSe_5$  と関連のある結晶構造をもつことも挙げられる。両物質の物性解明が、励起子絶縁体と超伝導の物理の解明にも寄与できるのではないかと期待する。

#### <引用文献>

A. Yamakage, Y. Yamakawa, Y. Tanaka, and Y. Okamoto, J. Phys. Soc. Jpn. **85**, 013708(1-4) (2016).

Y. Okamoto, T. Inohara, A. Yamakage, Y. Yamakawa, and K. Takenaka, J. Phys. Soc. Jpn. **85**, 123701(1-5) (2016).

Y. Wang and R. M. Nandkishore, Phys. Rev. B **95**, 060506(1-5) (2017).

T. Liang, Q. Gibson, M. N. Ali, M. Liu, R. J. Cava, and N. P. Ong, Nat. Phys. **14**, 280-284 (2015).

W. Tremel, Angew. Chem., Int. Ed. **32**, 1752-1755 (1993).

Z. Guo, D. Yan, H. Sheng, S. Nie, Y. Shi, and Z. Wang, Phys. Rev. B **103**, 115145(1-8) (2021).

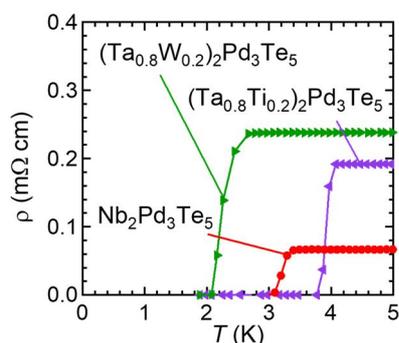


図4.  $Nb_2Pd_3Te_5$ ,  $(Ta_{0.8}Ti_{0.2})_2Pd_3Te_5$  と  $(Ta_{0.8}W_{0.2})_2Pd_3Te_5$  多結晶試料の電気抵抗率の温度依存性。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ryosuke Mizutani, Yoshihiko Okamoto, Hayate Nagaso, Youichi Yamakawa, Hiroshi Takatsu, Hiroshi Kageyama, Shunichiro Kittaka, Yohei Kono, Toshiro Sakakibara, and Koshi Takenaka	4. 巻 88
2. 論文標題 Superconductivity in PtSbS with a Noncentrosymmetric Cubic Crystal Structure	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 093709(1-4)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7566/JPSJ.88.093709	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 Yoshihiko Okamoto, Ryosuke Mizutani, Youichi Yamakawa, Hiroshi Takatsu, Hiroshi Kageyama, and Koshi Takenaka	4. 巻 29
2. 論文標題 Electronic Properties of BaPtP with a Noncentrosymmetric Cubic Crystal Structure	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 JPS Conference Proceedings	6. 最初と最後の頁 011001(1-6)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7566/JPSCP.29.011001	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 Hirose Hishiro T., Terashima Taichi, Wada Taichi, Matsushita Yoshitaka, Okamoto Yoshihiko, Takenaka Koshi, Uji Shinya	4. 巻 101
2. 論文標題 Real spin and pseudospin topologies in the noncentrosymmetric topological nodal-line semimetal CaAgAs	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 245104(1-10)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.101.245104	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 Okamoto Yoshihiko, Saigusa Kazushige, Wada Taichi, Yamakawa Youichi, Yamakage Ai, Sasagawa Takao, Katayama Naoyuki, Takatsu Hiroshi, Kageyama Hiroshi, Takenaka Koshi	4. 巻 102
2. 論文標題 High-mobility carriers induced by chemical doping in the candidate nodal-line semimetal CaAgP	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 115101(1-6)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.102.115101	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 Yoshikawa Yuma, Wada Taichi, Okamoto Yoshihiko, Abe Yasuhiro, Takenaka Koshi	4. 巻 13
2. 論文標題 Large thermoelectric power factor in whisker crystals of solid solutions of the one-dimensional tellurides Ta <sub>4</sub> SiTe <sub>4</sub> and Nb <sub>4</sub> SiTe <sub>4</sub>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 125505 ~ 125505
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/abcc3d	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 Higashihara Naoya, Okamoto Yoshihiko, Yoshikawa Yuma, Yamakawa Youichi, Takatsu Hiroshi, Kageyama Hiroshi, Takenaka Koshi	4. 巻 90
2. 論文標題 Superconductivity in Nb <sub>2</sub> Pd <sub>3</sub> Te <sub>5</sub> and Chemically-Doped Ta <sub>2</sub> Pd <sub>3</sub> Te <sub>5</sub>	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 063705(1-4)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.063705	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8件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Yoshihiko Okamoto
2. 発表標題 One-Dimensional Telluride Ta <sub>4</sub> SiTe <sub>4</sub> as an Efficient Thermoelectric Material for Low-Temperature Applications
3. 学会等名 14th Asia-Pacific Physics Conference 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshihiko Okamoto
2. 発表標題 Superconductivity in PtSbS with Noncentrosymmetric and Cubic Crystal Structure
3. 学会等名 J-Physics 2019 International Conference & KINKEN-WAKATE 2019 Multipole Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshihiko Okamoto
2. 発表標題 Exploration of Novel Transition Metal Compounds Based on the Unique Crystal and Electronic Structures
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 岡本佳比古、水谷亮介、永首颯、山川洋一、高津浩、陰山洋、河野洋平、橘高俊一郎、榊原俊郎、竹中康司
2. 発表標題 ウルマナイト型硫化物PtSbSの超伝導
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡本佳比古
2. 発表標題 ウルマナイト型硫化物PtSbSの超伝導
3. 学会等名 新学術領域「多極子伝導系の物理」J-Physics地域研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡本佳比古、三枝一茂、篠田祐作、山影相、山川洋一、笹川崇男、片山尚幸、高津浩、陰山洋、竹中康司
2. 発表標題 元素置換したノーダルライン半金属CaAgPに現れる高移動度キャリアと超伝導
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡本佳比古
2. 発表標題 High-Mobility Carriers and Superconductivity Induced by Chemical Doping in the Candidate Nodal-Line Semimetal CaAgP
3. 学会等名 新学術領域「量子液晶の物性科学」令和2年度領域研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡本佳比古
2. 発表標題 特徴的な結晶構造・電子構造に着目した遷移金属化合物の物質開拓
3. 学会等名 ISSPワークショップ「量子物質研究の最近の進展と今後の展望」（招待講演）
4. 発表年 2020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
---------	---------