

令和 3 年 6 月 19 日現在

機関番号：13903

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K03539

研究課題名(和文)希土類キラル金属磁性体の磁気構造の元素置換による制御

研究課題名(英文)Control of the magnetic structure for chiral rare-earth magnet by substitution

研究代表者

大原 繁男(Ohara, Shigeo)

名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：60262953

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：希土類キラル磁性体の磁気相互作用への置換効果を研究した。RNi₃Al₉及びGa₉(R:希土類元素)に共通な効果として、NiをCoで部分置換すると磁性秩序温度が下がることがわかった。このとき伝導電子密度はCo置換により低下する。Cu置換はYbNi₃Al₉でのみ可能であり、Co置換とは逆にCu置換では磁性秩序温度が上昇する。

これらのことは、この物質系では磁気相互作用がフェルミエネルギーやフェルミ面構造と強く相関することを示す。これは、希土類金属間化合物のキラル磁気秩序がスピン分裂したフェルミ面の伝導電子を介した相互作用で生じるためと考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

希土類キラル金属磁性体で解明すべき学理はスピン分裂したフェルミ面による反対称磁気相互作用である。分裂は局所電場を介したスピン軌道相互作用による格子とスピンの結合によるものである。この研究では希土類キラル金属の磁気相互作用が伝導キャリア密度で制御できることを明らかとした。これは、磁気相互作用がフェルミ面の变化に敏感であることを示唆し、学術的に意義のある知見である。

社会的な意義として、磁気相互作用のキャリア密度による制御の応用研究がある。例えば、電場による伝導キャリアの注入で磁気相互作用が制御できれば、磁性を自由に調整できる新しい材料となる。現在、薄膜を用いて電場効果の研究が進められている。

研究成果の概要(英文)： We studied the substitution effect on magnetic interactions in rare-earth chiral magnetic materials. In the material system of RNi₃Al₉ and RNi₃Ga₉ (R: rare-earth elements), it was found that the magnetic ordering temperature can be commonly suppressed by a partial replacement of Ni by Co. It was confirmed that the conduction electron density was reduced by Co substitution. Cu-substitution was found to be possible only with YbNi₃Al₉. In contrast to Co-substitution, the magnetic ordering temperature increases by Cu-substitution.

These results suggests that in these compounds, the magnetic interactions strongly correlate with the Fermi energy and the Fermi surface topology. It is considered that this is because the chiral magnetic order in the rare earth intermetallic compound is caused by the interaction via the conduction electrons on spin-splitting Fermi surfaces.

研究分野：カイラル磁性体の合成と物性測定

キーワード：カイラル磁性体 希土類金属磁性体 元素置換 磁気相互作用の制御

1. 研究開始当初の背景

結晶構造がキラリティ (左右性) をもつ磁性体では、図1に示すスピンの渦やソリトンが生じることがある。これらはキラル磁性体特有の磁気構造として応用も期待される。しかし、無機キラル磁性体は数種類しか知られておらず、物質探査を含め、研究を深める必要がある。

金属において結晶カイラリティが磁気相互作用に反映されるしくみは十分には解明されていない。我々は、希土類金属間化合物のキラル磁性体を発見して、その物性研究をすすめている。

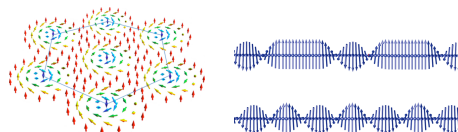


図1. スピンの渦 (左) とソリトン

2. 研究の目的

この研究では、元素置換により、キラル磁性体の磁気特性を制御することを目的とした。キラル磁性の源は、結晶の左右性による反対称スピン軌道相互作用である。また、希土類金属間化合物の磁性体では、伝導電子を介した磁気相互作用により磁気秩序が生じる。元素置換によりこれらの相互作用を調整できれば、磁氣的性質に変化が生じる。

キラル磁性の研究には、大型で左右が混じっていない単結晶が必要である。そこで、左右性を制御したキラル結晶育成技術の開発も目的とした。

3. 研究の方法

我々が発見した希土類金属間化合物のキラル物質の三方晶 RNi_3Al_9 と RNi_3Ga_9 (R : 希土類元素) を試料に用いる。これらは、一軸性キララらせん秩序とスピンのソリトン (図1右) の形成が許される結晶対称性をもつ。結晶の左右性制御と大型化のために、温度勾配炉をもちいた結晶核生成制御法の開発を行う。

スピン軌道相互作用と伝導キャリア密度の制御を元素置換により行う。反対称スピン軌道相互作用の源は Ni (ニッケル) と考えられることから、Ni を Pd (パラジウム) や Pt (プラチナ) に換えることによりその増大を試みる。また、Cu (銅) あるいは Co (コバルト) に Ni の一部置換することにより伝導キャリアの注入の効果を調べる。

得られた試料の結晶構造、比熱、磁化、電気抵抗率、電流磁気効果の測定により、元素置換効果を明らかとする。磁気構造は中性子散乱によって決定する。

4. 研究成果

研究成果は (1) 伝導キャリア密度による磁性の制御、(2) 新物質の合成とその性質、(3) キラル結晶合成技術の開発に大別される。

(1) 伝導キャリア数による磁性の制御

$YbNi_3Al_9$ では、磁気相互作用が元素置換により制御できる。Ni を Cu6%あるいは Co4%まで置換できるが、Cu6%置換では、図2に示すように、温度と磁場に対するキララらせん磁気秩序領域が 20 倍大きくなる。Co4%置換では、3.4K の磁気秩序温度が半分以下の 1.5K まで抑制される。このとき、元素置換によりキャリア密度が変化していると予想される。そこで、ホール効果測定により、キャリア密度の観測を行った。

図3にホール係数の磁場依存性とキャリア密度の置換濃度依存性を示す。Cu あるいは Co 置換により、電子あるいは正孔が導入され、伝導キャリア密度が置換濃度に比例して変化することがわかった。これにより $YbNi_3Al_9$ の磁気相互作用が元素置換に敏感であること、元素置換により伝導キャリア密度が変化していることは立証できた。しかし、磁気相互作用が変化する要因を明確にするには、Yb 価数、キャリア密度、Ni 濃度の変化の影響を区別して観測する必要がある。Ni 濃度を変えずに伝導キャリア密度を変化させる方法としては電界注入が考えられる。そのために $YbNi_3Al_9$ の薄膜合成の共同研究をすすめている。

元素置換による磁気相互作用の変化が $YbNi_3Al_9$ に固有でないことは、Gd, Dy, Tb, および $YbNi_3Ga_9$ における置換効果の観測から明らかとなった。いずれの場合も Cu 置換はできないが、Co は高い濃度まで置換できる。一例として、 $DyNi_3Ga_9$ の磁気相の Co 置換による変化を図4に示す。 $DyNi_3Ga_9$ は温度 10K で四極子秩序と磁気秩序を同時に生じ、温度と磁場に対して、複数

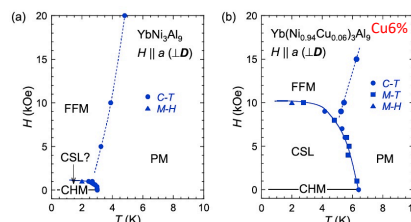


図2. 温度-磁場磁気相図 (a) $YbNi_3Al_9$ および (b) Cu6%置換試料

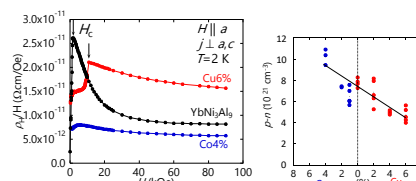


図3. $YbNi_3Al_9$ への置換効果。ホール係数の磁場依存性 (左) とキャリア密度の置換濃度依存性

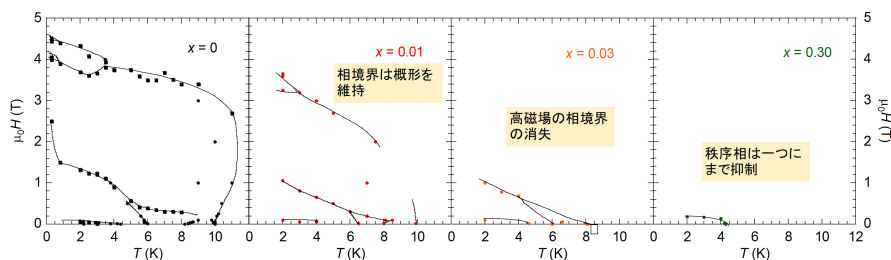


図4. Co置換によるDyNi₃Ga₉の磁気相変化。左からDyNi₃Ga₉、Co1%、3%、30%置換。

の磁気相を持つ。この研究において、数%のCo置換で高磁場側の磁気相は消失し、さらに置換すると磁気秩序温度はもとの半分以下の4.5Kにまで抑制されることがわかった。

Co置換により磁気秩序が抑制されることはすべての希土類イオンの場合において共通に観測される。これは、この物質系において、普遍的に磁気秩序状態を元素置換により調整できることを意味する。その原因は伝導キャリア密度の変化による可能性が高い。キラル結晶では、フェルミ面はスピンにより分裂している。RNi₃Al₉とRNi₃Ga₉の磁気秩序状態がキャリア密度により変化するのは、対称、反対称磁気相互作用ともにフェルミ面の変化に敏感であるためと考えられる。

この他、RNi₃Al₉とRNi₃Ga₉の磁気状態について研究が進展した。DyNi₃Ga₉については、共同研究として四極子秩序、磁気相転移、磁気相図が超音波により精密に測定されて報告された。また、ErNi₃Ga₉とDyNi₃Al₉については中性子散乱により磁気構造が決定された。ErNi₃Ga₉ではスピンのc軸に沿ったイジング型反強磁性秩序が観測された。結晶対称性から、反対称スピン相互作用はスピンのc軸に垂直な成分にしかはたらかない。ErNi₃Ga₉の磁気秩序状態においてはキラルな磁気特性が観測されないが、その理由はスピンのc軸に平行なためと断定できた。DyNi₃Al₉の磁気構造は傾角反強磁性である。DyNi₃Al₉ではスピンはc軸に垂直な面内にあり、反対称スピン相互作用が寄与する。それにより反強磁性秩序が傾き、傾角反強磁性となることが説明できる。

(2) 新物質の合成とその性質

キラル結晶におけるフェルミ面の分裂の大きさは構成元素のスピン軌道相互作用に起因する。そこでNiをより大きなスピン軌道相互作用を持つPdやPtに置き換えて物質合成を試みた。RNi₃Ga₉と同じキラル構造を持つ物質はまだ得られていないが、Dy₄Pd₉Ga₂₄やEr₄Pd₉Ga₂₄といった新物質を発見してその性質を報告した。現在、物質探索の範囲を軽希土類まで広げ、PrやNdにおいてRPd₃Al₉の合成を試みている。組成比が同じ物質が得られることがわかり、結晶構造の解析を進めている。他に、AlをSi(シリコン)に変えた物質合成も試み、YbIr₃Si₇とYbNi₂Si₃を発見し、いずれも重い電子状態をもつ物質であることを報告した。

(3) キラル結晶合成技術の開発

性質の左右性を判別できる観測を行う場合、左右の結晶が混ざった測定試料では役に立たない。物質合成時に左右どちらかとなるように制御することが求められる。本研究では、温度勾配をつけた結晶合成炉を作成し、結晶核生成数を抑制することで、大型で左右性の高い結晶合成技術を開発した。

図5は従来法と温度勾配法で合成したYbNi₃Al₉結晶の例である。温度勾配法を用いると結晶核の生成数を抑制でき、従来の3.5倍ほどの大型結晶を得るに至った。しかし、結晶の左右性が、c軸に育つ途中で、欠陥などをきっかけに変化する場合があることもわかった。現在、結晶が成長する温度領域を実験的に明らかとして、欠陥の入りにくい結晶成長条件を調べている。

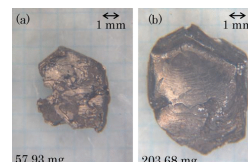


図5. YbNi₃Al₉単結晶 (a)従来法と(b)温度勾配法

以上の研究成果は希土類金属間化合物におけるキラル磁性の知見を深めるものである。結晶対称性に起因する反対称スピン相互作用がその磁気構造に理論予測どおりに反映されていることが明らかとなった。その強さが伝導キャリア密度、すなわち、フェルミ面に敏感であることがわかった。このことは希土類金属のキラル磁性体に特有と考えられる。

希土類キラル磁性体の難点として、磁気構造の容易軸が結晶場ポテンシャルによって決まることを指摘できる。そのため結晶場が強いと一軸性となってしまう、キラルらせん磁性が生じず、イジング反強磁性や傾角磁性体となってしまう。その場合は、磁気ソリトンといったキラル磁性体特有の性質を持ち得ない。YbNi₃Al₉では、対称スピン相互作用が強磁性的であること、結晶場によりスピンはc軸に垂直な面内にあるが、面内では自由に回転できることが満たされて、反対称スピン相互作用によりキラルらせん構造が実現している。

これらの成果は、解説記事、雑誌論文、日本物理学会や国際会議での発表により公表を行った。今後も新しい希土類キラル磁性体の探索を行うとともに、反強磁性相互作用のもとでキラルらせん磁気構造をもつ物質の存在を明らかとしたい。SmNi₃Ga₉やGdNi₃Ga₉などが候補物質であり、現在、研究を進めている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 4件）

| | |
|--|--------------------------|
| 1. 著者名 Nakamura Shota, Inukai Junya, Asaka Toru, Yamaura Jun-ichi, Ohara Shigeo | 4. 巻 89 |
| 2. 論文標題 Enantiopure Crystal Growth of a Chiral Magnet YbNi ₃ Al ₉ via the Flux Method with a Temperature Gradient | 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 104005/1-5 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.89.104005 | 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 Shishido Hiroaki, Okumura Akira, Saimyoji Tatsuya, Nakamura Shota, Ohara Shigeo, Togawa Yoshihiko | 4. 巻 118 |
| 2. 論文標題 Thin film growth of heavy fermion chiral magnet YbNi ₃ Al ₉ | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Applied Physics Letters | 6. 最初と最後の頁 102402/1-7 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0035385 | 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 Nakao Akiko, Moyoshi Taketo, Moriyama Kentaro, Matsumura Takeshi, Iba Kenshirou, Ohara Shigeo, Ishikawa Yoshihisa, Munakata Koji, Ohhara Takashi, Kiyanagi Ryoji | 4. 巻 33 |
| 2. 論文標題 Determination of Crystallographic Planes for a Polyhedral Single Crystal | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 JPS Conference Proceedings | 6. 最初と最後の頁 011067/1-6 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSCP.33.011067 | 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 Utsumi Yuki, Mondal Debashis, Fujii Jun, Vobornik Ivana, Nakamura Shota, Matkovic-Calogovic Dubravka, Ohara Shigeo | 4. 巻 89 |
| 2. 論文標題 Electronic Structure of Yb(Ni _{1-x} Cox) ₃ Ga ₉ Studied by Angle-resolved Photoelectron Spectroscopy | 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 044711/1-4 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.89.044711 | 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 Ota Yoshihiko, Umeo Kazunori, Otaki Takumi, Arai Yudai, Onimaru Takahiro, Nakamura Shota, Ohara Shigeo | 4. 巻 89 |
| 2. 論文標題 Pressure Effect on the Chiral Helimagnetic Order in YbNi3Al9 | 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 044715_1-5 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.89.044715 | 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 Iba Kenshirou, Matsumura Takeshi, Nakao Akiko, Ishikawa Yoshihisa, Ohishi Kazuki, Kiyonagi Ryoji, Kousaka Yusuke, Ohara Shigeo | 4. 巻 30 |
| 2. 論文標題 Magnetic Structure of a Chiral Magnet DyNi3Al9 | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 JPS Conference Proceedings | 6. 最初と最後の頁 011164/1-6 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSCP.30.011164 | 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 Ito Daichi, Matsumura Takeshi, Ohara Shigeo | 4. 巻 30 |
| 2. 論文標題 Magnetic Anisotropy of Chiral Magnet Yb(Ni1-xCux)3Al9 at High Magnetic Fields | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 JPS Conference Proceedings | 6. 最初と最後の頁 011168/1-6 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSCP.30.011168 | 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 Nakamura Shota, Hyodo Kazushi, Matsumoto Yuji, Haga Yoshinori, Sato Hitoshi, Ueda Shigenori, Mimura Kojiro, Saiki Katsuyoshi, Iso Kosei, Yamashita Minoru, Kittaka Shunichiro, Sakakibara Toshiro, Ohara Shigeo | 4. 巻 89 |
| 2. 論文標題 Heavy Fermion State of YbNi2Si3 without Local Inversion Symmetry | 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 024705/1-5 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.89.024705 | 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 Nakamura Shota, Yada Tatsuya, Ohara Shigeo | 4. 巻 29 |
| 2. 論文標題 New Rare-earth Intermetallic Compounds Dy4Pd9Ga24 and Er4Pd9Ga24 | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 JPS Conference Proceedings | 6. 最初と最後の頁 012011/1-6 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSCP.29.012011 | 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 Okamura H., Takigawa A., Yamasaki T., Bauer E. D., Ohara S., Ikemoto Y., Moriwaki T. | 4. 巻 100 |
| 2. 論文標題 Contrasting pressure evolution of f-electron hybridized states in CeRhIn5 and YbNi3Ga9: An optical conductivity study | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Physical Review B | 6. 最初と最後の頁 195112/1-9 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.100.195112 | 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 Nakamura Shota, Kano Toshiaki, Ohara Shigeo | 4. 巻 88 |
| 2. 論文標題 Magnetic Ordering in Kondo Lattice Compound YbIr3Si7 | 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 093705/1-4 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.093705 | 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 Ishii Isao, Takezawa Kohki, Mizuno Takuyou, Kumano Soichiro, Suzuki Takashi, Ninomiya Hiroki, Mitsumoto Keisuke, Umeo Kazunori, Nakamura Shota, Ohara Shigeo | 4. 巻 99 |
| 2. 論文標題 Anisotropic phase diagram of ferroquadrupolar ordering in the trigonal chiral compound DyNi3Ga9 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Physical Review B | 6. 最初と最後の頁 075156/1-8 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.99.075156 | 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 Isao Ishii, Kohki Takezawa, Takuyou Mizuno, Soichiro Kumano, Takashi Suzuki, Hiroki Ninomiya, Keisuke Mitsumoto, Kazunori Umeo, Shota Nakamura, and Shigeo Ohara | 4. 巻 99 |
| 2. 論文標題 Anisotropic phase diagram of ferroquadrupolar ordering in the trigonal chiral compound DyNi ₃ Ga ₉ | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Physical Review B | 6. 最初と最後の頁 075156/1-8 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.99.075156 | 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 Kazunori Umeo, Takumi Otaki, Yudai Arai, Shigeo Ohara, Toshiro Takabatake | 4. 巻 98 |
| 2. 論文標題 Pressure-induced quantum critical behavior and magnetic order in YbNi ₃ Ga ₉ with a chiral crystal structure: ac calorimetric measurements up to 12 GPa | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Physical Review B | 6. 最初と最後の頁 024420/1-7 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.98.024420 | 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 Ryuya Aoki, Yoshihiko Togawa, Shigeo Ohara | 4. 巻 97 |
| 2. 論文標題 Electrical transport properties of micrometer-sized samples of the rare-earth chiral magnet YbNi ₃ Al ₉ | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Physical Review B | 6. 最初と最後の頁 214414/1-7 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.97.214414 | 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42件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 12件)

| |
|---|
| 1. 発表者名 中村翔太, 犬飼順也, 浅香透, 山浦淳一, 大原繁男 |
| 2. 発表標題 温度勾配フラックス法によるカイラル磁性体YbNi ₃ Al ₉ のエナンチオピュア結晶の合成 |
| 3. 学会等名 日本物理学会年次大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 塚越舜, 松村武, 道村真司, 稲見俊哉, 大原繁男 |
| 2. 発表標題 共鳴X線回折によるDyNi ₃ Ga ₉ の反強磁性フロップの観測 |
| 3. 学会等名 日本物理学会年次大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 太田善彦, 梅尾和則, 大瀧拓弥, 新井雄大, 鬼丸孝博, 中村翔太, 大原繁男 |
| 2. 発表標題 YbNi ₃ Al ₁₉ のキラルらせん磁気秩序に対する静水圧効果 |
| 3. 学会等名 日本物理学会年次大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 岡村英一, 大原繁男, 大貫惇睦, 森脇太郎, 池本夕佳 |
| 2. 発表標題 高压下における価数揺動Yb系の光学伝導度と電子状態 |
| 3. 学会等名 日本物理学会年次大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 共鳴X線散乱によるキラル磁性体DyNi ₃ Ga ₉ のらせん磁気秩序の観測 |
| 2. 発表標題 塚越舜, 松村武, 道村真司, 稲見俊哉, 大原繁男 |
| 3. 学会等名 日本物理学会年次大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 廣瀬悠人, 佐藤嵩晃, 中村翔太, 大原繁男 |
| 2. 発表標題 複雑な磁気相図を持つDyNi ₃ Ga ₉ への元素置換効果 |
| 3. 学会等名 日本物理学会年次大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 中村翔太, 大原繁男 |
| 2. 発表標題 カイラル金属磁性体Yb(Ni _{1-x} Cu _x) ₃ Al ₉ の交流磁気抵抗測定 |
| 3. 学会等名 日本物理学会年次大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 西明寺達哉, 宍戸寛明, 奥村慧, 中村翔太, 大原繁男, 戸川欣彦 |
| 2. 発表標題 カイラル磁性体YbNi ₃ Al ₉ 薄膜の作製とスピンカイラル秩序相での磁気抵抗測定 |
| 3. 学会等名 日本物理学会年次大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 新物質CeNi ₆ Si ₅ の単結晶育成と電子物性 |
| 2. 発表標題 中村翔太, 矢島健, 大原繁男 |
| 3. 学会等名 日本物理学会秋季大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Co置換によるDyNi ₃ Ga ₉ の磁気秩序の抑制 |
| 2. 発表標題 廣瀬悠人, 佐藤嵩晃, 中村翔太, 大原繁男 |
| 3. 学会等名 日本物理学会秋季大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 一軸性キラル磁性体YbNi ₃ Al ₉ の圧力下比熱測定 |
| 2. 発表標題 太田善彦, 梅尾和則, 鬼丸孝博, 中村翔太, 大原繁男 |
| 3. 学会等名 日本物理学会秋季大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 岡村英一, 大原繁男, 大貫惇睦, 池本夕佳, 森脇太郎 |
| 2. 発表標題 高圧下YbNi ₃ Ga ₉ およびYbCu ₂ Ge ₂ の光学伝導度と電子状態 |
| 3. 学会等名 日本物理学会秋季大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yuina Kanai-Nakata et al., Shigeo Ohara |
| 2. 発表標題 Probing 4f anisotropic charge distribution of trigonal YbNi ₃ Al ₉ by linear dichroism in Yb 3d core-level photoemission |
| 3. 学会等名 International Conference on Strongly Correlated Electron Systems 2019 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yudai Arai et al., Shigeo Ohara |
| 2. 発表標題 Pressure-Induced Magnetic Ordered Phases in the Chiral Compound YbNi ₃ Ga ₉ Studied by Hall Resistivity and Magnetoresistance Measurements under Pressures up to 12GPa |
| 3. 学会等名 International Conference on Strongly Correlated Electron Systems 2019 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Hitoshi Sato et al., Shigeo Ohara |
| 2. 発表標題 Electronic Structure of YbNi ₂ X ₂ (X=Si, Ge) Studied by Hard X-Ray Photoemission Spectroscopy |
| 3. 学会等名 International Conference on Strongly Correlated Electron Systems 2019 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shota Nakamura, Kazushi Hyodo, Shunichiro Kittaka, Toshiro Sakakibara, Shigeo Ohara |
| 2. 発表標題 Heavy fermion state of a new heavy fermion compound YbNi ₂ Si ₃ |
| 3. 学会等名 International Conference on Strongly Correlated Electron Systems 2019 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Takaaki Sato, Hiroki Ninomiya, Shota Nakamura, Shigeo Ohara |
| 2. 発表標題 Control of Magnetic Interaction in Chiral Compound of DyNi ₃ Ga ₉ by Substitution |
| 3. 学会等名 International Conference on Strongly Correlated Electron Systems 2019 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Akira Okumura et al., Shigeo Ohara |
| 2. 発表標題 Fabrication and evaluation of chiral helimagnet YbNi ₃ Al ₉ thin films |
| 3. 学会等名 International Conference on Strongly Correlated Electron Systems 2019 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Daichi Ito et al., Shigeo Ohara |
| 2. 発表標題 Magnetic anisotropy of chiral magnet Yb(Ni _{1-x} Cu _x) ₃ Al ₉ at high magnetic fields |
| 3. 学会等名 International Conference on Strongly Correlated Electron Systems 2019 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Takaaki Sato, Shota Nakamura, Shigeo Ohara |
| 2. 発表標題 Magnetotransport properties of heavy-fermion and chiral magnet YbNi ₃ Al ₉ |
| 3. 学会等名 J-Physics 2019 International Conference & KINKEN-WAKATE 2019 Multipole Physics (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 西明寺達哉, 奥村慧, 宍戸寛明, 中村翔太, 大原繁男, 戸川欣彦 |
| 2. 発表標題 キラル磁性体YbNi ₃ Al ₉ 薄膜の作製と評価II |
| 3. 学会等名 日本物理学会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 大橋一諒, 中村翔太, 大原繁男 |
| 2. 発表標題 キラルな結晶構造をもつTbNi ₃ Ga ₉ の磁性 |
| 3. 学会等名 日本物理学会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 射場健士朗, 松村武, 中尾朗子, 石川喜久, 鬼柳亮嗣, 大石一城, 高阪勇輔, 大原繁男 |
| 2. 発表標題 キラル磁性体DyNi ₃ Al ₉ の磁気構造 |
| 3. 学会等名 日本物理学会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 塚越舜, 松村武, 道村真司, 稲見俊哉, 大原繁男 |
| 2. 発表標題 塚越舜, 松村武, 道村真司, 稲見俊哉, 大原繁男 |
| 3. 学会等名 日本物理学会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 伊藤大地, 松村武, 大原繁男 |
| 2. 発表標題 高磁場におけるキラル磁性体Yb(Ni _{1-x} Cu _x) ₃ Al ₉ の磁気異方性 |
| 3. 学会等名 日本物理学会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shigeo Ohara |
| 2. 発表標題 Chiral magnetism in rare-earth intermetallic compound YbNi ₃ Al ₉ |
| 3. 学会等名 JSPS Core-to-Core Program International meeting "Core-to-Core Final Meeting in Jaca (2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 佐藤嵩晃, 中村翔太, 大原繁男 |
| 2. 発表標題 元素置換によるキラル化合物 RNi ₃ X ₉ (R: 希土類元素, X: Al, Ga) の磁気相互作用の調整 |
| 3. 学会等名 J-Physics トピカルミーティング地域研究会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Jyunya Inukai, Shota Nakamura, Shigeo Ohara |
| 2. 発表標題 Single Crystal Growth of Chiral Magnet YbNi ₃ Al ₉ using Flux Method in a Temperature Gradient |
| 3. 学会等名 V International Workshop Dzyaloshinskii-Moriya Interaction and Exotic Spin Structures (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Shigeo Ohara |
| 2. 発表標題 Flux growth and characterization of new ytterbium intermetallic compounds: chiral magnetism and Kondo-lattice properties |
| 3. 学会等名 J-Physics 2018: International Workshop on New Materials and Crystal Growth (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Shigeo Ohara |
| 2. 発表標題 Magnetic phase diagram and magnetic structure of DyNi ₃ Ga ₉ |
| 3. 学会等名 mag2018: International Symposium on Chiral Magnetism (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 石井勲, 竹澤巧基, 水野拓陽, 熊野聡一郎, 二宮博樹, 中村翔太, 大原繁男, 梅尾和則, 鈴木孝至 |
| 2. 発表標題 キラル化合物DyNi ₃ Ga ₉ の強四極子秩序における秩序変数 |
| 3. 学会等名 日本物理学会秋季大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 矢田達也, 中村翔太, 大原繁男 |
| 2. 発表標題 Dy ₄ Pd ₉ Ga ₂₄ の結晶構造と電子物性 |
| 3. 学会等名 日本物理学会秋季大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 中村翔太, 兵頭一志, 橘高俊一郎, 榊原俊郎, 大原繁男 |
| 2. 発表標題 重い電子系化合物YbNi ₂ Si ₃ の極低温比熱と磁化 |
| 3. 学会等名 日本物理学会秋季大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 新井雄大, 大瀧拓弥, 梅尾和則, 高昌敏郎, 大原繁男 |
| 2. 発表標題 磁場中比熱測定によるキラル化合物YbNi ₃ Ga ₉ の圧力誘起磁気秩序 |
| 3. 学会等名 日本物理学会秋季大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 奥村慧, 宍戸寛明, 大原繁男, 戸川欣彦 |
| 2. 発表標題 キラル磁性体 YbNi ₃ Al ₉ 薄膜の作製と評価 |
| 3. 学会等名 日本物理学会秋季大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 犬飼順也, 佐藤嵩晃, 中村翔太, 大原繁男 |
| 2. 発表標題 結晶核の生成数を制御したフラックス法による不斉合成 |
| 3. 学会等名 日本物理学会秋季大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 加納敏明, 中村翔太, 大原繁男 |
| 2. 発表標題 新物質YbIr ₃ Si ₇ の単結晶育成と磁性 |
| 3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 中村翔太, 成瀬淳基, 兵藤一志, 河野洋平, 橘高俊一郎, 榊原俊郎, 大原繁男 |
| 2. 発表標題 新しいYb系化合物Yb ₂ Rh ₃ Si ₅ の極低温磁化と比熱測定 |
| 3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 新井雄大, 大瀧拓弥, 梅尾和則A, 鬼丸孝博, 高畠敏郎, 中村翔太B, 大原繁男B |
| 2. 発表標題 キラル化合物YbNi ₃ Ga ₉ の圧力誘起磁気秩序相: 圧力12 GPaまでのホール効果と磁気抵抗 |
| 3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 大瀧拓弥, 新井雄大, 梅尾和則A, 鬼丸孝博, 高畠敏郎, 中村翔太B, 大原繁男B |
| 2. 発表標題 キラル磁性体YbNi ₃ Al ₉ の磁気秩序相に対する圧力効果 |
| 3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 犬飼順也, 佐藤嵩晃, 中村翔太, 大原繁男 |
| 2. 発表標題 キラル磁性体YbNi ₃ Al ₉ の温度勾配フラックス法による合成 |
| 3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 矢田達也, 井手口凌太, 中村翔太, 大原繁男 |
| 2. 発表標題 八二カム構造を持つ単斜晶Dy4Pd9Ga24とEr4Pd9Ga24の磁性 |
| 3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会 |
| 4. 発表年 2019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 | | |
|---------|----------------------|--|--|
| クロアチア | Institute of Physics | | |