

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 5 月 24 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2020～2021

課題番号：20K20892

研究課題名（和文）高速抵抗測定でプローブする itinerant 電子系の超強磁場物性

研究課題名（英文）Investigation of Ultra-High Field Properties in Itinerant Electron Systems by using High-Speed Magnetoresistance Measurement

研究代表者

小濱 芳允 (Kohama, Yoshimitsu)

東京大学・物性研究所・准教授

研究者番号：90447524

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究では、近年発生可能となった1200テスラ級超強磁場を有効活用すべく、同様の超強磁場で作動する測定手法を開発した。これは電子物性を調査する良い方法である電気抵抗測定手法を2種類、対称性を議論できる超音波測定手法の開発である。更に、300テスラほどの磁場をより簡便に発生できる、シングルターン法による磁場発生技術も開発した。

超強磁場領域での技術開発に加え、100テスラとやや弱い磁場であるが、繰り返し磁場発生できる非破壊型パルス磁場での実験技術を開発した。これはNMRや熱測定、さらにはパルス磁場の長時間化に関わる技術である。

このような技術開発を成功させ、強磁場領域での研究基盤が確立された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでの物性研究は、もっぱら20テスラ以下の弱磁場領域で行われていた。本研究は、このような探索可能な磁場領域を20テスラから1000テスラ程度の超強磁場領域に拡張させる挑戦的な試みといえる。この挑戦的研究は、『物質の本質を理解する』という学術的な意味を持つ。同時に、スマートフォンやハードディスクなど多種多様な電気製品に利用されている『磁性体』の深い理解を与え、更なる性能向上を将来的に導きうる。このため萌芽的ではあるが、社会的意義も深い研究と考えられる。

研究成果の概要（英文）：In this research, the measurement techniques available in ultra-high magnetic field have been developed to promote the effective use of recently developed 1200 T class ultra-high magnetic field. As a result, two magnetoresistance and one ultra-sound measurement techniques have been developed, enabling to investigate the electronic properties of metal and to discuss the symmetry of mater. The single turn coil method that can generate high magnetic fields of up to 300 T has been also improved.

Adding to the developments mentioned above, the experimental techniques available in non-destructive pulsed fields have been developed, where the strong pulsed field of up to 100T can be easily generated many times. The measurement of NMR and thermodynamic quantity have been achieved, as well as the successful generation of non-destructive pulsed with long duration of 1 second.

With the success of these technical developments, the platform for the high-field research has been established.

研究分野：強磁場物理

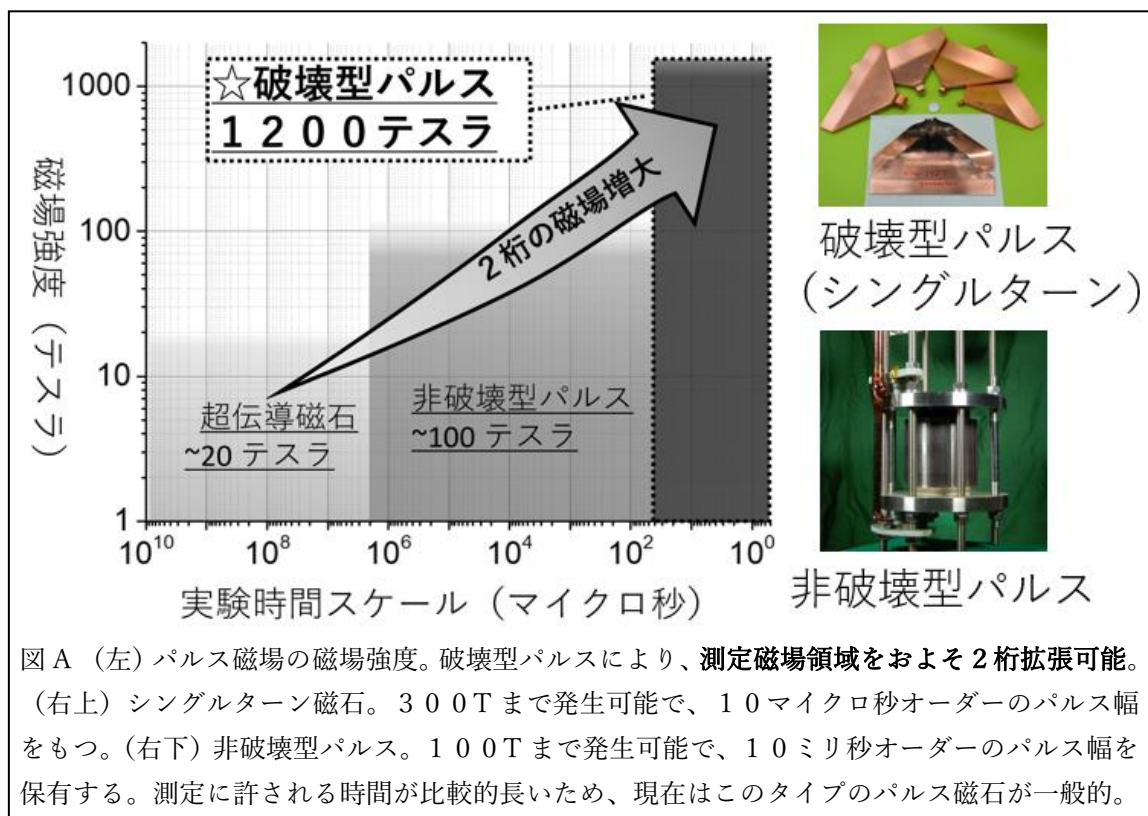
キーワード：強磁場 itinerant 磁性 局在itinerant 電気抵抗 超音波 NMR 熱測定 スーパーキャパシタ

1. 研究開始当初の背景

磁場は物性物理学において『要』となる基礎的パラメータであり、ほとんど全ての物性研究において何らかの形で利用されている。とくに近年では、スキルミオン格子における巨大ホール効果、キタエフスピン系における半整数量子熱ホール効果など、磁場下における新奇現象の探索は物性物理のフロンティアとなっている。しかしながらこのような研究は、せいぜい超伝導磁石が利用できる『20テスラ程度の弱磁場領域』に限られており、より広い磁場スケールにおける探索的研究が望まれていた。

20テスラを超える強磁場領域での物性研究は、超伝導磁石の代わりにパルス磁石を用いることで可能となる(図A左)。研究開始当初の2020年というのは、研究代表者が勤務する東京大学・物性研究所で『1200テスラという超強磁場が発生』され、人類が利用できる磁場強度が更新された直後のタイミングであった[D.Nakamura et al, *Rev. Sci. Instrum.* **89**, 095106 (2018)]。この1200テスラという超強磁場は、パルス磁石を壊さない非破壊型パルス磁場では到達不可能であり、破壊型パルスという特殊な超強磁場発生手法でのみ発生できる『日本が独占する極限環境』である。このような超強磁場パルスを応用すれば、これまで物性研究が殆ど行われていない超強磁場領域で、日本固有のサイエンスを確立できると考えた。

しかし現実的には、パルス強磁場は磁場の発生時間が短く、実験が非常に困難である。図A右下に示すように、100テスラ程度まで発生する非破壊型パルスであっても、数10ミリ秒オーダー程度の測定時間しか確保できない。本研究でターゲットとした破壊型パルス磁場では(図A)、100テスラ以上の超強磁場が発生できるが、そこでの測定時間は『わずか数10マイクロ秒程度』である。この制約によって、超強磁場領域の物性測定は『レーザーを使った光学測定』等にほぼ限られ、測定できる物質も光学的に透明な『磁性絶縁体』に制限されていた。このため100テスラ以上の超強磁場領域は人類未踏の研究領域であり、特に光学的に非透明な『金属化合物の研究』は完全に手つかずの状態であった。

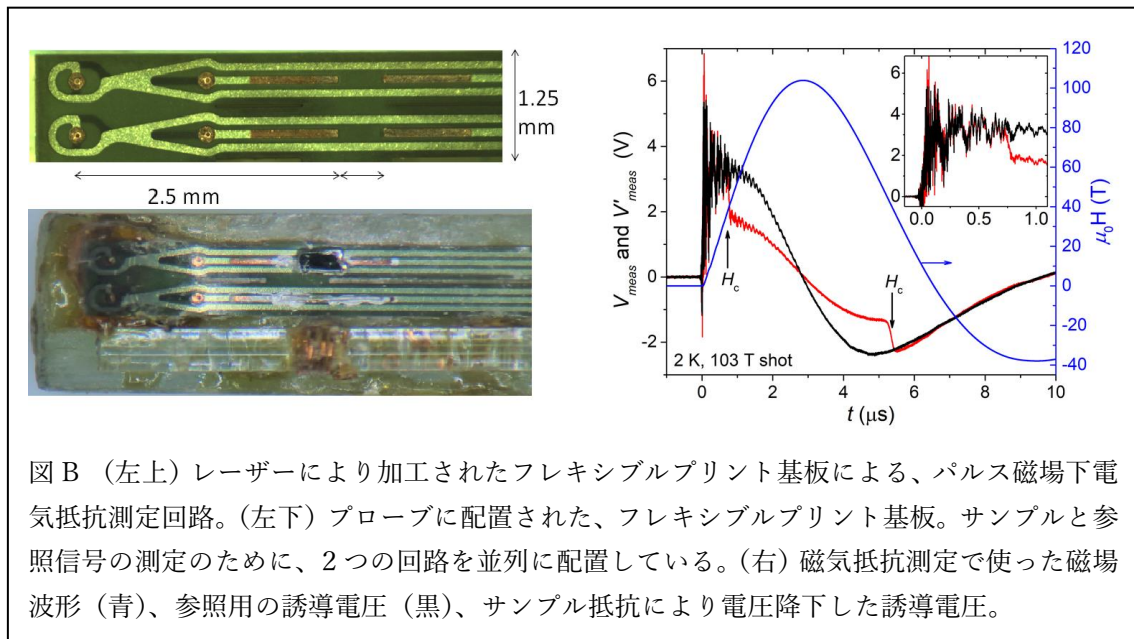


## 2. 研究の目的

前述した状況解決のために、非常に挑戦的な課題ではあるが『超強磁場下で作動する高速電気抵抗測定手法の確立』を本研究の目的とした。将来的には、本研究に続き『1200テスラという超強磁場領域での遍歴電子系科学』という研究領域の開拓を推し進めたい。

## 3. 研究の方法

この超強磁場領域の物性研究を開拓するために、電気抵抗測定を超強磁場領域で確立する。ここでの技術的な問題は、超強磁場発生に伴う誘導電圧が100V程度と非常に高いことである。この誘導電圧を下げる試みとして、極小回路を使うことが考えられる。このため本研究では、スマートフォンなどの電気機器の配線に使われるフレキシブルプリント基盤を利用し、極小回路を構築した。このようなフレキシブルプリント基盤はレーザー加工技術を応用し、超強磁場環境での測定に利用しやすいように形状を加工することができる(図B左上)。本研究では、この独自開発したフレキシブルプリント基板を使った『1. 自発的に発生させた誘導電圧を使った磁気抵抗の測定手法』および『2. RFを使った交流磁気抵抗(インピーダンス)測定』を開発した。これと同時に、『3. RF技術を使った超音波測定手法』も超強磁場領域で開発した。また超強磁場発生技術の練磨のために、図A右上で示す『4. シングルターン法による超強磁場発生領域の拡大』を目指した磁場発生技術の練磨や、本研究目的とは完全に一致しないものの、100テスラまでの強磁場領域での研究遂行能力の拡大を目指し、『5. 非破壊型パルス磁場の長時間化』、そして『6. 非破壊型パルス磁場下での熱測定』や『7. 非破壊型パルス磁場下での核磁気共鳴測定』という装置開発も試みた。



## 4. 研究成果

上述した『1. 自発的に発生させた誘導電圧を使った磁気抵抗の測定手法』、『2. RFを使った交流磁気抵抗(インピーダンス)測定』、『3. RF技術を使った超音波測定手法』、『4. シングルターン法による超強磁場発生領域の拡大』を超強磁場領域で行い、すべての研究項目において、測定手法の確立に成功した[1,2,3]。ここでは論文執筆中である2を除いた他の1,3,4の研究成果を、装置開発の分野でTOPジャーナルである Rev.Sci.Instrum.誌で発表した。100T以下となるが、非破壊型パルス磁場下での開発となる『5. 非破壊型パルス磁場の長時間化』、『6. 非破壊型パルス磁場下での熱測定』、『7. 非破壊型パルス磁場下での核磁気共鳴測定』についても Rev.Sci.Instrum.誌で発表した[4,5,6]。

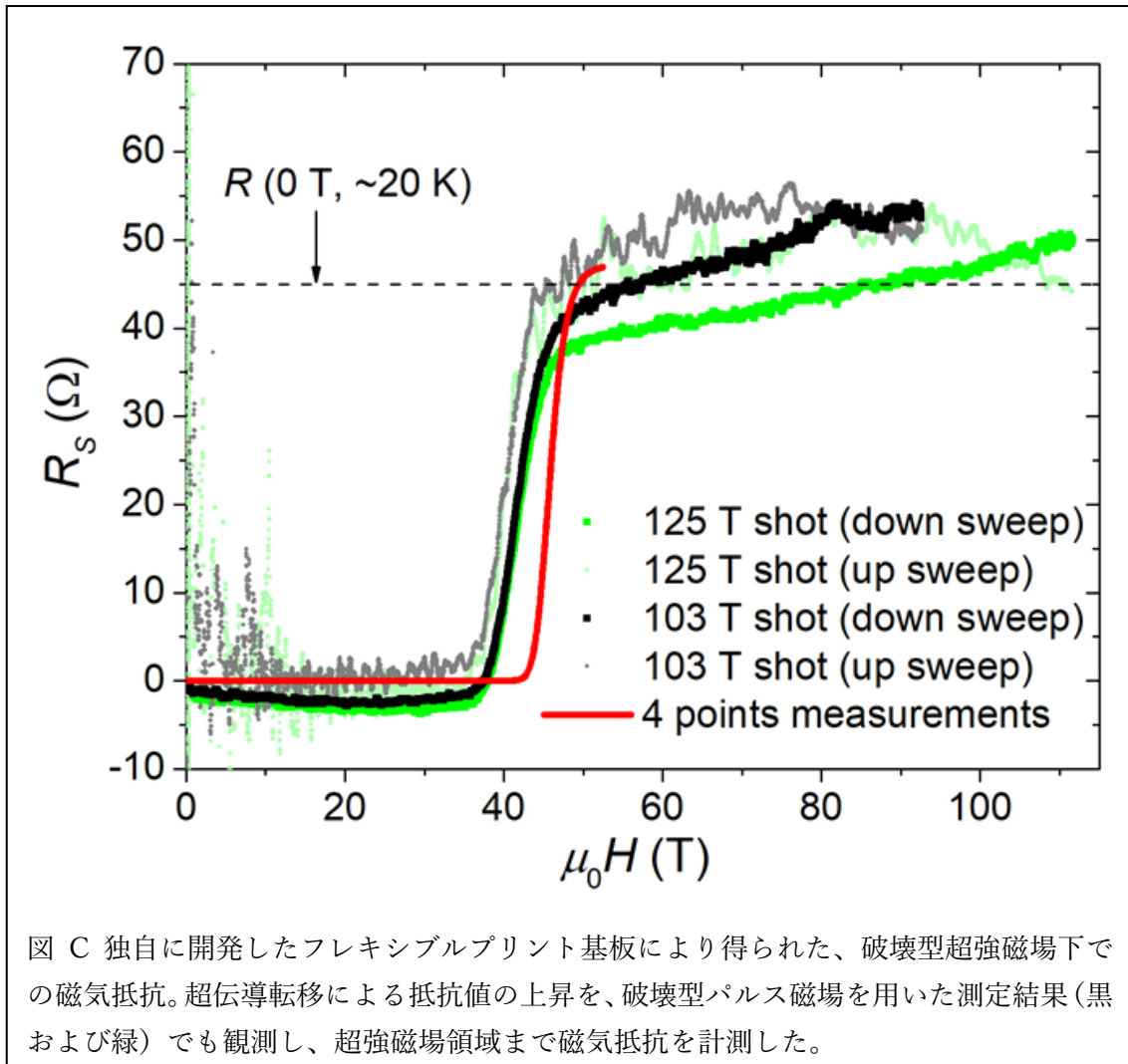


図 C 独自に開発したフレキシブルプリント基板により得られた、破壊型超強磁場下での磁気抵抗。超伝導転移による抵抗値の上昇を、破壊型パルス磁場を用いた測定結果（黒および緑）でも観測し、超強磁場領域まで磁気抵抗を計測した。

これらの装置開発のハイライトとなった『1. 自発的に発生させた誘導電圧を使った磁気抵抗の測定手法』について以下に説明する。ここでは図B左下に示すように、プローブ先端部分を構築し、このプローブにより図B右図にある測定データが得られた。図に示した最大磁場強度は103 Tであり、その磁場幅はおよそ6マイクロ秒である。このように非常に短い破壊型磁場の発生時間においても、図B右の黒線と赤線に示すように、誘導電圧の時間変化が得られた。図B右の赤線において1マイクロ秒と5マイクロ秒で現れた異常は、回路上においたサンプルの抵抗値の変化を反映している。これらのデータを使うことで、磁気抵抗の絶対値を100 T以上まで観測できた（図C）。これは世界で初めて『超強磁場領域で電気抵抗の絶対値測定に成功』したことを意味する。この後、『2. RFを使った交流磁気抵抗（インピーダンス）測定』の開発を進め、絶対値評価は難しいものの、より高精度の磁気抵抗データが得られることも確かめた。この2に関する技術は、現在共同研究において広く使われており、更なる研究成果が期待できる。

このように、2年という短い研究期間ではあったものの本研究の主目的であった『超強磁場下で作動する高速電気抵抗測定手法の確立』を達成した。装置開発という難しいテーマではあったが、計6報の Rev.Sci.Instrum.誌を公表できた[次ページ引用文献 1-6 および主な発表論文等に記載]。この装置開発により、2件の特許出願にも至っており、産業への利用も現在進めている[次ページ引用文献 7,8]。また同期間には、パルス強磁場領域での物性実験も進めており、Science誌を含む計26報の査読付き論文を発表した[主な発表論文等に記載]。結果として、本研究期間では装置開発と合わせて31報の原著論文と2件の特許出願を得ることができ、幸運にも予想以上の成果を得ることになった。今後は、本研究課題で確立した実験手法を用い、『1200テスラ領域での遍歴電子系科学の推進』という、日本固有の新規研究領域を開拓したい。

<引用文献>

- [1] Yoshimitsu Kohama, Fuyuki Nabeshima, Atsutaka Maeda, Akihiko Ikeda, and Yasuhiro H. Matsuda, “Direct Measurement of Resistivity in Destructive-Pulsed Magnetic Fields”, *Rev. Sci. Instrum.* **91**, 033901 (2020).
- [2] M. Gen, A. Ikeda, S. Kawachi, T. Shitaokoshi, Y. H. Matsuda, Y. Kohama, and T. Nomura “Higher-magnetic-field generation by a mass-loaded single-turn coil” *Rev. Sci. Instrum.* **92**, 033902 (2021).
- [3] T. Nomura, A. Hauspurg, D. I. gorbunov, A. Miyata, S. Zvyagin, V. Tsurkan, Y. H. Matsuda, Y. Kohama, and S. Zherlitsyn, “Ultrasound measurement technique for the single-turn-coil magnets” *Rev. Sci. Instrum.* **92**, 063902 (2021).
- [4] Shusaku Imajo, Chao Dong, Akira Matsuo, Koichi Kindo, and Yoshimitsu Kohama,”High-resolution Calorimetry in Pulsed Magnetic Fields” *Rev. Sci Instrum.* **92**, 043901 (2021).
- [5] Kazuki Matsui, Tomoki Kanda, Yoshihiko Ihara, Koichi Kindo, and Yoshimitsu Kohama“Compact Megajoule-Class Pulsed Power Supply for Generating Long-Pulsed Magnetic fields” *Rev. Sci. Instrum.* **92**, 024711 (2021).
- [6] Y. Ihara, H. Hayashi, T. Kanda, K. Matsui, K. Kindo, and Y. Kohama “Development of NMR measurements in dynamically controlled field pulse” *Rev. Sci. Instrum.* **92**, 114709 (2021).
- [7] Strong Magnetic Field Generator, Yoshimitsu Kohama and Koichi Kindo, 米国仮出願 62/933,637
- [8] 磁場発生装置、小濱芳允、金道浩一, 特願 2020-185391

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計33件（うち査読付論文 33件 / うち国際共著 21件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Ihara Yoshihiko, Matsui Kazuki, Kohama Yoshimitsu, Luther Sven, Opherden Daryna, Wosnitza Jochen, Kuhne Hannes, Yoshida Hiroyuki K.	4. 巻 90
2. 論文標題 Emergence of Frustrated Short-Range Order above Long-Range Order in the $S = 1/2$ Kagome Antiferromagnet $\text{CaCu}_3(\text{OD})_6\text{Cl}_2\text{O}_6$	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 023703 ~ 023703
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.023703	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 Matsui Kazuki, Kanda Tomoki, Ihara Yoshihiko, Kindo Koichi, Kohama Yoshimitsu	4. 巻 92
2. 論文標題 Compact megajoule-class pulsed power supply for generating long-pulsed magnetic fields	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments	6. 最初と最後の頁 024711 ~ 024711
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0032895	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 Gen M., Ikeda A., Kawachi S., Shitaokoshi T., Matsuda Y. H., Kohama Y., Nomura T.	4. 巻 92
2. 論文標題 Higher magnetic-field generation by a mass-loaded single-turn coil	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments	6. 最初と最後の頁 033902 ~ 033902
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0038732	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 Marcenat Christophe, Klein Thierry, LeBoeuf David, Jaoui Alexandre, Seyfarth Gabriel, Kacmarcik Jozef, Kohama Yoshimitsu, Cercellier Herve, Aubin Herve, Behnia Kamran, Fauque Benoit	4. 巻 126
2. 論文標題 Wide Critical Fluctuations of the Field-Induced Phase Transition in Graphite	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 106801-1 ~ 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.126.106801	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 Dong C, Kohama Y, He Z Z, Han X T, Sato K, Matsuo A, Kindo K, Yang M, Wang J F	4. 巻 33
2. 論文標題 High-field phase diagram of Ni <sub>3</sub> V <sub>2</sub> O <sub>8</sub> studied by specific heat and magnetocaloric effect measurements	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 205402 ~ 205402
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648x/abe515	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 Imajo Shusaku, Dong Chao, Matsuo Akira, Kindo Koichi, Kohama Yoshimitsu	4. 巻 92
2. 論文標題 High-resolution calorimetry in pulsed magnetic fields	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments	6. 最初と最後の頁 043901 ~ 043901
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0040655	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 Allenspach Stephan, Pupal Pascal, Link Joosep, Heinmaa Ivo, Pomjakushina Ekaterina, Krellner Cornelius, Lass Jakob, Tucker Gregory S., Niedermayer Christof, Imajo Shusaku, Kohama Yoshimitsu, et al.,	4. 巻 3
2. 論文標題 Revealing three-dimensional quantum criticality by Sr substitution in Han purple	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 023177-1-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevResearch.3.023177	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 該当する

1. 著者名 Nomura T., Hauspurg A., Gorbunov D. I., Miyata A., Schulze E., Zvyagin S. A., Tsurkan V., Matsuda Y. H., Kohama Y., Zherlitsyn S.	4. 巻 92
2. 論文標題 Ultrasound measurement technique for the single-turn-coil magnets	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments	6. 最初と最後の頁 063902 ~ 063902
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0045209	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 Girod C., LeBoeuf D., Demuer A., Seyfarth G., Imajo S., Kindo K., Kohama Y., Lizaire M., Legros A., Gourgout A., Takagi H., Kurosawa T., Oda M., Momono N., Chang J., Ono S., Zheng G.-q., Marcenat C., Taillefer L., Klein T.	4. 巻 103
2. 論文標題 Normal state specific heat in the cuprate superconductors $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ and $\text{Bi}_{2+y}\text{Sr}_{2-x-y}\text{La}_x\text{CuO}_6$ near the critical point of the pseudogap phase	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 214506-1 ~ -9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.103.214506	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 Imajo S., Sugiura S., Akutsu H., Kohama Y., Isono T., Terashima T., Kindo K., Uji S., Nakazawa Y.	4. 巻 3
2. 論文標題 Extraordinary $s$ -electron superconductivity emerging from a quantum spin liquid	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 033026-1 ~ -8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevResearch.3.033026	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 Shin Y. H., Choi Halim, Park C., Park D., Jeong M. S., Nojiri H., Yang Z., Kohama Y., Kim Yongmin	4. 巻 104
2. 論文標題 Combination of optical transitions of polarons with Rashba effect in methylammonium lead trihalide perovskites under high magnetic fields	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 035205-1 ~ -8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.104.035205	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 Yang Zhuo, Wang Xueting, Felton James, Kudrynskiy Zakhar, Gen Masaki, Nomura Toshihiro, Wang Xinjiang, Eaves Laurence, Kovalyuk Zakhar D., Kohama Yoshimitsu, Zhang Lijun, Patane Amalia	4. 巻 104
2. 論文標題 Heavy carrier effective masses in van der Waals semiconductor $\text{Sn}(\text{SeS})$ revealed by high magnetic fields up to 150 T	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 085206-1 ~ -9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.104.085206	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 Song Junseong, Park Byung Cheol, Sim Kyung Ik, Bang Joonho, Kim Sunghun, Yang Zhuo, Kohama Yoshimitsu, Kim Yeongkwan, Kim Sung Wng	4. 巻 6
2. 論文標題 Tunable Berry curvature and transport crossover in topological Dirac semimetal KZnBi	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 npj Quantum Materials	6. 最初と最後の頁 77-1 ~ -6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41535-021-00378-7	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 該当する

1. 著者名 Katsuyoshi Tsukasa, Kimura Kenta, Yang Zhuo, Kato Yasuyuki, Kimura Shojiro, Motome Yukitoshi, Kohama Yoshimitsu, Kimura Tsuyoshi	4. 巻 90
2. 論文標題 Nonreciprocal Directional Dichroism in a Magnetic-Field-Induced Ferroelectric Phase of Pb(TiO)Cu <sub>4</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>4</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 123701-1 ~ -5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.123701	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 Ihara Y., Hayashi K., Kanda T., Matsui K., Kindo K., Kohama Y.	4. 巻 92
2. 論文標題 Nuclear magnetic resonance measurements in dynamically controlled field pulse	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments	6. 最初と最後の頁 114709 ~ 114709
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0067821	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 Nomura T., Ikeda A., Gen M., Matsuo A., Kindo K., Kohama Y., Matsuda Y. H., Zherlitsyn S., Wosnitza J., Tsuda H., Kobayashi T. C.	4. 巻 104
2. 論文標題 Physical properties of liquid oxygen under ultrahigh magnetic fields	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 224423-0 ~ -10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.104.224423	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 Yuan Joseph, Hafeipour Mehdi, Magill Brenden A., Mayer William, Dartiailh Matthieu C., Sardashti Kasra, Wickramasinghe Kaushini S., Khodaparast Giti A., Matsuda Yasuhiro H., Kohama Yoshimitsu, Yang Zhuo, Thapa Sunil, Stanton Christopher J., Shabani Javad	4. 巻 101
2. 論文標題 Experimental measurements of effective mass in near-surface InAs quantum wells	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 205310-1~-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.101.205310	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 Ok Jong Mok, Kwon Chang Il, Kohama Yoshimitsu, You Jung Sang, Park Sun Kyu, Kim Ji-hye, Jo Y. J., Choi E. S., Kindo Koichi, Kang Woun, Kim Ki-Seok, Moon E. G., Gurevich A., Kim Jun Sung	4. 巻 101
2. 論文標題 Observation of in-plane magnetic field induced phase transitions in FeSe	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 224509-1~-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.101.224509	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 Ryu Hanyoung, Ishida Yukiaki, Kim Bongju, Kim Jeong Rae, Kim Woo Jin, Kohama Yoshimitsu, Imajo Shusaku, Yang Zhuo, Kyung Wonshik, Hahn Sungsoo, Sohn Byungmin, Song Inkyung, Kim Minsoo, Huh Soonsang, Jung Jongkeun, Kim Donghan, Noh Tae Won, Das Saikat, Kim Changyoung	4. 巻 102
2. 論文標題 Electronic band structure of (111) SrRuO <sub>3</sub> thin films: An angle-resolved photoemission spectroscopy study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 041102-1~-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.041102	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 Kim Woo Jin, Oh Taekoo, Song Jeongkeun, Ko Eun Kyo, Li Yangyang, Mun Junsik, Kim Bongju, Son Jaeseok, Yang Zhuo, Kohama Yoshimitsu, Kim Miyoung, Yang Bohm-Jung, Noh Tae Won	4. 巻 6
2. 論文標題 Strain engineering of the magnetic multipole moments and anomalous Hall effect in pyrochlore iridate thin films	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 1539-1~-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.abb1539	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 Kunisada So, Isono Shunsuke, Kohama Yoshimitsu, Sakai Shiro, Bareille Cedric, Sakuragi Shunsuke, Noguchi Ryo, Kurokawa Kifu, Kuroda Kenta, Ishida Yukiaki, Adachi Shintaro, Sekine Ryotaro, Kim Timur K., Cacho Cephise, Shin Shik, Tohyama Takami, Tokiwa Kazuyasu, Kondo Takeshi	4. 巻 369
2. 論文標題 Observation of small Fermi pockets protected by clean CuO <sub>2</sub> sheets of a high-T <sub>c</sub> superconductor	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 833 ~ 838
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aay7311	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 Kanda Tomoki, Arashima Koki, Hirose Yusuke, Settai Rikio, Matsui Kazuki, Nomura Toshihiro, Kohama Yoshimitsu, Ihara Yoshihiko	4. 巻 89
2. 論文標題 Symmetry Lowering on the Field-Induced Commensurate Phase in CeRhIn <sub>5</sub>	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 094709-1 ~ -5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.89.094709	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 Gen Masaki, Kanda Tomoki, Shitaokoshi Takashi, Kohama Yoshimitsu, Nomura Toshihiro	4. 巻 2
2. 論文標題 Crystal-field Paschen-Back effect on ruby in ultrahigh magnetic fields	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 033257-1 ~ -8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevResearch.2.033257	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 Imajo S., Akutsu H., Kurihara R., Yajima T., Kohama Y., Tokunaga M., Kindo K., Nakazawa Y.	4. 巻 125
2. 論文標題 Anisotropic Fully Gapped Superconductivity Possibly Mediated by Charge Fluctuations in a Nondimeric Organic Complex	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 177002-1 ~ -6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.125.177002	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 Dyksik Mateusz, Duim Herman, Zhu Xiangzhou, Yang Zhuo, Gen Masaki, Kohama Yoshimitsu, Adjokatse Sampson, Maude Duncan K., Loi Maria Antonietta, Egger David A., Baranowski Michal, Plochocka Paulina	4. 巻 5
2. 論文標題 Broad Tunability of Carrier Effective Masses in Two-Dimensional Halide Perovskites	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Energy Letters	6. 最初と最後の頁 3609 ~ 3616
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsenerylett.0c01758	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 Nomura T., Skourski Y., Quintero-Castro D. L., Zvyagin A. A., Suslov A. V., Gorbunov D., Yasin S., Wosnitza J., Kindo K., Islam A. T. M. N., Lake B., Kohama Y., Zherlitsyn S., Jaime M.	4. 巻 102
2. 論文標題 Enhanced spin correlations in the Bose-Einstein condensate compound Sr3Cr208	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 165144-1 ~ -9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.165144	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 Zhu H. P., Yang M., Ke J. Z., Zuo H. K., Peng T., Wang J. F., Liu Yi, Xu Xiaofeng, Kohama Y., Kindo K., Greenblatt M.	4. 巻 102
2. 論文標題 Quantum oscillations and magnetic field induced Fermi surface reconstruction in the charge density wave state of A0.9Mo6017 (A=Na,K)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 235164-1 ~ -7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.235164	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 Ihara Yoshihiko, Matsui Kazuki, Kohama Yoshimitsu, Luther Sven, Opherden Daryna, Wosnitza Jochen, Kuhne Hannes, Yoshida Hiroyuki K.	4. 巻 90
2. 論文標題 Emergence of Frustrated Short-Range Order above Long-Range Order in the S = 1/2 Kagome Antiferromagnet CaCu3(OD)6Cl2 · 0.6D2O	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 023703-1 ~ -5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.023703	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 Matsui Kazuki、Kanda Tomoki、Ihara Yoshihiko、Kindo Koichi、Kohama Yoshimitsu	4. 巻 92
2. 論文標題 Compact megajoule-class pulsed power supply for generating long-pulsed magnetic fields	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments	6. 最初と最後の頁 024711-1~-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0032895	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 Gen M.、Ikeda A.、Kawachi S.、Shitaokoshi T.、Matsuda Y. H.、Kohama Y.、Nomura T.	4. 巻 92
2. 論文標題 Higher magnetic-field generation by a mass-loaded single-turn coil	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments	6. 最初と最後の頁 033902-1~-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0038732	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 Marcenat Christophe、Klein Thierry、LeBoeuf David、Jaoui Alexandre、Seyfarth Gabriel、Kacmarcic Jozef、Kohama Yoshimitsu、Cercellier Herve、Aubin Herve、Behnia Kamran、Fauque Benoit	4. 巻 126
2. 論文標題 Wide Critical Fluctuations of the Field-Induced Phase Transition in Graphite	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 106801-1~-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.126.106801	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 Imajo Shusaku、Dong Chao、Matsuo Akira、Kindo Koichi、Kohama Yoshimitsu	4. 巻 92
2. 論文標題 High-resolution calorimetry in pulsed magnetic fields	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments	6. 最初と最後の頁 043901-1~-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0040655	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 Dong Chao, Kohama Yoshimitsu, He Zhangzhen, Sato Kazuki, Matsuo Akira, Kindo Koichi, Yang Ming, Wang Junfeng	4. 巻 -
2. 論文標題 High-field phase diagram of Ni <sub>3</sub> V <sub>2</sub> O <sub>8</sub> studied by specific heat and magnetocaloric effect measurements	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648x/abe515	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

〔学会発表〕 計16件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Yoshimitsu Kohama
2. 発表標題 Entropy near the magnetization plateau of SrCu <sub>2</sub> (BO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
3. 学会等名 The international workshop on Quantum Magnets in Extreme Conditions (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小濱芳允
2. 発表標題 強磁場におけるスピネマティック候補物質の探索的研究
3. 学会等名 第135回フロンティア材料研究所講演会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yoshimitsu Kohama
2. 発表標題 Recent Thermodynamic Studies on Spin Nematic Candidates
3. 学会等名 Asia-Pacific Conference on Research in High Magnetic Fields (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Ihara, K. Hayashi, M. Shimohashi, T. Kanda, K. Matsui, Y. Kohama, K. Kindo, K. Kimura, and T. Kimura
2. 発表標題 Field-induced magnetic state in Pb(TiO)Cu <sub>4</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> studied by pulsed-field NMR measurement
3. 学会等名 Asia-Pacific Conference on Research in High Magnetic Fields (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井原慶彦、吉田紘行、松井一樹、小濱芳允
2. 発表標題 2D-NMR測定によるCaCu <sub>3</sub> (OH) <sub>30</sub> .6H <sub>2</sub> Oの短距離相関状態の研究
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 林馨、下橋正和、井原慶彦、神田朋希、松井一樹、小濱芳允、木村健太、木村剛
2. 発表標題 パルス磁場中NMR測定によるPb(TiO)Cu <sub>4</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> の磁場誘起磁気秩序状態の研究
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 神田朋希、巖正輝、松井一樹、岡本佳比古、竹中康司、井原慶彦、小濱芳允
2. 発表標題 ブリージングパイロクロア格子磁性体CuInCr <sub>4</sub> S <sub>8</sub> に対する定常磁場NMRによる磁気状態の研究
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 石井裕人, 池田暁彦, 巖正輝, 小濱芳允, 吉田紘行, 松田康弘
2. 発表標題 ブリージングカゴメ反強磁性体Li <sub>2</sub> Cr <sub>3</sub> Sb <sub>08</sub> の超強磁場磁歪
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 巖正輝, 平井大悟郎, 松山直史, 森田克洋, 松尾晶, 小金聖史, 廣井善二, 金道浩一, 小濱芳允
2. 発表標題 強磁場磁化測定による異方的三角格子量子磁性体A <sub>3</sub> ReO <sub>5</sub> X <sub>2</sub> の磁気モデルの評価
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 大熊隆太郎, 石川孟, Zhuo Yang, 金道浩一, 小濱芳允, 岡田佳憲
2. 発表標題 フラストレート半金属GdGaIにおける強磁場下での電荷密度波の融解
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 松山直史, 野村肇宏, 今城周作, N.D.Khanh, 高木里奈, 十倉好紀, 関真一郎, 小濱芳允
2. 発表標題 新奇磁気スキルミオンホスト物質GdRu <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> における量子振動
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 河智史朗, 飯村壮史, 野村肇宏, 小濱芳允, 佐々木隆志, 徳永将史, 山浦淳一, 倉本義夫, 村上洋一, 細野秀雄
2. 発表標題 上部臨界磁場からみた水素置換鉄系超伝導体の研究
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 黒川輝風, 磯野隼佑, 小濱芳允, 國定聡, 酒井志朗, 関根遼太郎, 大久保卓, 鶴川智一, 黒田健太, 辛埴, 遠山貴己, 常盤和靖, 近藤猛
2. 発表標題 カリウム蒸着で希薄ドーピング化した綺麗なCuO <sub>2</sub> 面の電子状態: レーザー角度分解光電子分光による研究
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 巖正輝, 神田朋希, 下起敬史, 小濱芳允, 野村肇宏
2. 発表標題 超強磁場下におけるルビーR線の新たなパッシェン-バック効果の観測
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松井一樹, 神田朋希, 小濱芳允, 井原慶彦
2. 発表標題 パルス強磁場中NMR測定のための装置開発 IV
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 野村肇宏, 加藤康之, 求幸年, S. Zherlitsyn, 小濱芳允, 勝吉司, 木村剛, 木村健太
2. 発表標題 強磁場下におけるカイラル反強磁性体Sr(TiO)Cu <sub>4</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> の弾性応答と磁気熱量効果
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 磁場発生装置	発明者 小濱芳允、金道浩一	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2020-185391	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 Strong Magnetic Field Generator	発明者 Y. Kohama and K. Kindo	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、62/933,637	出願年 2020年	国内・外国の別 外国

〔取得〕 計0件

〔その他〕

物性研究所・小濱研HP <a href="https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/kohama_group.html">https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/kohama_group.html</a>
--

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1件

国際研究集会 The International Workshop on Quantum Magnets in Extreme Conditions	開催年 2021年～2021年
---	--------------------

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
---------	---------