

令和 6 年 6 月 15 日現在

機関番号：32657

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K03458

研究課題名(和文)高スピン熱伝導材料の創製とその機構解明

研究課題名(英文)Creation of highly spin-thermal-conducting materials and elucidation of their mechanisms

研究代表者

川股 隆行 (Kawamata, Takayuki)

東京電機大学・システムデザイン工学部・教授

研究者番号：00431601

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)：長年の低次元量子スピン系物質における熱伝導の研究によって、局在電子スピンの大きな熱を運ぶことがわかっており、そのスピン熱伝導を利用した新しい絶縁性高熱伝導材料の開発が期待されている。1つ目の目的として、高スピン熱伝導を有する物質を創製することを目指したが、達成することはできなかった。一方、2つ目の目的である「JSとスピン熱伝導の大きさの関係の解明」は達成することができた。得られた結果から、(La,Sr)2M04のスピン熱伝導は、マグノン-フォノン散乱が重要であると結論付けた。つまり、マグノン-フォノン散乱を抑えることが、新しい絶縁性高熱伝導材料の開発に繋がることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の結果、スピン熱伝導において、マグノン-フォノン散乱が重要な役割を担っていることがわかった。このことは、マグノンの熱拡散に対する新しい知見であり、スピン熱伝導機構のひとつを解明することに至った。さらに、スピン流など様々なマグノンが拡散する現象に対する知見にもなり、本研究成果は学術的意義がある。また、この知見から、熱の再利用や排熱などに利用できる絶縁性高熱伝導材料を開発するための指針を新しく提供することができ、社会的意義も大きい。

研究成果の概要(英文)：Long-term studies of thermal conductivity due to spins in low-dimensional quantum spin systems has shown that the spins of localized electrons can transport large amounts of heat. It is therefore expected that the thermal conductivity due to spins will be used to develop new insulating materials with high thermal conductivity. First, the aim was to create an insulating material with high thermal conductivity due to spins, but this was not achieved. On the other hand, the purpose of "clarifying the relationship between the magnitude of JS and the thermal conductivity due to spins" was achieved. From the obtained results, it is concluded that magnon-phonon scattering is important for the thermal conductivity due to spins in (La,Sr)2M04. Therefore, it has been found that the key to the creation of new highly spin-thermal conducting materials is the suppression of magnon-phonon scattering.

研究分野：物性物理学

キーワード：スピンによる熱伝導 熱伝導 2次元スピン系

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

磁性イオンがもつ局在電子スピンの、1次元、または、2次元に強く相互作用している低次元量子スピン系の物質では、熱伝導率の温度依存性に、フォノンによる熱伝導 κ_{phonon} の寄与に加えて、磁気励起子による熱伝導、所謂、スピン熱伝導 κ_{spin} が現れることが知られている。 κ_{spin} は、スピン同士が強く相関した方向の熱伝導にのみピークとして観測される。一方、スピン同士の相関が弱い方向の熱伝導には、 κ_{phonon} の寄与しか観測されない。

我々は、1次元スピン系において、 κ_{spin} の最大値が最隣接スピン間の交換相互作用 J とスピン量子数 S の積に比例することを見出した[1]。これは、 κ_{spin} の最大値が磁気励起子の分散幅、つまり、磁気励起子の群速度 v_{spin} に比例していることを示している。 v_{spin} は JS に比例するため、 JS の大きな物質では κ_{spin} が大きくなる可能性を示している。

一方、2次元スピン系における κ_{spin} の研究は、主に、 K_2NiF_4 構造や Nd_2CuO_4 構造を有する物質群で行われている[2-5]。しかしながら、ほとんどの報告が La_2CuO_4 に代表されるような $S=1/2$ のスピン系物質である。そのため、現在、2次元スピン系において κ_{spin} の最大値と JS の関係は明らかになっていない。それを明らかにすれば、高スピン熱伝導のメカニズムの1つが解明され、新しい高熱伝導材料開発のための新しい指針となることが期待できる。

また、我々は、 $S=1/2$ の1次元スピン系 Sr_2CuO_3 において、スピン欠陥の距離が磁気励起子の平均自由行程がほぼ一致することを明らかにした[6]。この結果は、単結晶試料の品質を向上させると κ_{spin} が増大することを意味しており、実際、別の $S=1/2$ の1次元スピン系 SrCuO_2 において、単結晶試料の高品質化を行うことで、 κ_{spin} を増大させることに成功した[7]。

La_2CuO_4 のような $S=1/2$ の2次元スピン系物質では、10 W/Km程度の κ_{spin} が室温付近で観測されている[2-4]。加えて我々は、 $S=5/2$ の2次元スピン系 LaSrFeO_4 において、低温ではあるが、 La_2CuO_4 と同程度以上の κ_{spin} を観測した[8]。 La_2CuO_4 の JS は ~ 500 K [9]であり、 LaSrFeO_4 の JS は ~ 200 K [10]である。したがって、2次元スピン系においても κ_{spin} の最大値が JS に比例するならば、 La_2CuO_4 の κ_{spin} が向上する可能性がある。

2. 研究の目的

本研究では、まず、室温付近に κ_{spin} の寄与を持つ K_2NiF_4 構造を有する2次元スピン系 La_2CuO_4 に注目する。この物質の単結晶試料を高品質化することで、 κ_{spin} の向上を目指し、新しい高スピン熱伝導物質を創製することを目的Iとする。

次に、金属元素が異なる K_2NiF_4 構造を有する2次元スピン系物質群 $(\text{La,Sr})_2\text{MO}_4$ ($M = \text{Mn, Fe, Co, Ni, Cu}$)に注目する。金属元素 M を変えることで、結晶構造を変えずに κ_{spin} を比較することができる。 $(\text{La,Sr})_2\text{MO}_4$ の単結晶を育成し、熱伝導率を測定することによって、 κ_{spin} の機構「 JS と κ_{spin} の大きさの関係」の解明を目指し、これを目的IIとする。

3. 研究の方法

(目的I) La_2CuO_4 の単結晶試料を、99.999%と99.99%の純度を持つ原料を用いて、溶媒移動型浮遊帯域(TSFZ)法によって、育成を行う。TSFZ法は、熔融部分が原料と単結晶以外に触れないため、不純物の混入を防ぐことができ、高品質単結晶を育成できる。さらに、育成された単結晶試料に対して、様々な還元処理を行うことで、試料内に導入される過剰酸素の除去を行い、高品質化することで κ_{spin} の向上を目指す。

(目的II) 研究対象とする2次元スピン系物質は、 LaSrMnO_4 、 LaSrFeO_4 、 La_2CoO_4 、 La_2NiO_4 、 La_2CuO_4 である。これらは金属元素を変化させることで、 JS を ~ 70 Kから ~ 500 K[9-13]まで変化させることができる。単結晶試料を、TSFZ法、または、浮遊帯域(FZ)法を用いて育成する。

試料評価は、粉末X線回折、背面ラウエ写真、ヨードメトリー法、ICP-MS、磁化率測定などを行った。熱伝導率の測定は4端子の定常熱流法を用いて測定した。磁気相関が強い ab 面内の

熱伝導率 κ_{ab} と磁気相関が弱い c 軸方向の熱伝導率 κ_c を測定し、それらを比較することで κ_{spin} 寄与を見積もった。

4. 研究成果

(1) 結果：LaSrMnO₄における κ_{spin}

LaSrMnO₄の単結晶は、Larochelle ら[11]を参考に、FZ法を用いて育成を行った。LaSrMnO₄単結晶は、 ab 面で容易に劈開性し、 c 軸方向に熱伝導が測定可能な大きさの単結晶試料を育成することが困難であった。しかし、原料棒を太くすることで κ_c の測定可能なサイズの試料を得ることに成功した。

LaSrMnO₄における κ_{ab} と κ_c の温度依存性を図1に示す。 κ_{ab} は、低温にピークを示し、Arアニールを施すことでそのピークは増大した。また、 κ_c はピークを示さず、ほぼ一定値を示した。 κ_c の熱伝導が抑制されている理由は、LaSrFeO₄[8]と同様に、同じサイトにLaとSrが同確率で存在することによるランダムネス効果が κ_{phonon} を大きく抑制していると考えられる。そのため、 κ_{ab} と κ_c の異方性の原因は、 κ_{spin} の存在のためと考えられる。したがって、 κ_{ab} と κ_c の差分から κ_{spin} を見積もった結果、 κ_{spin} が20 K付近に30 W/Km程度の最大値を示すことがわかった。

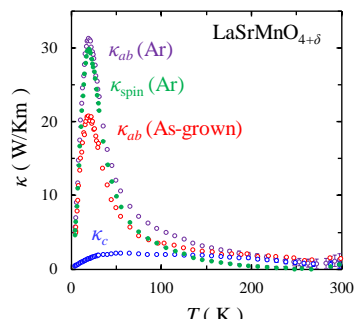


図1. LaSrMnO₄における κ_{ab} 、 κ_c と κ_{spin} の温度依存性。

(2) 結果：LaSrFeO₄における κ_{spin}

LaSrFeO₄の熱伝導率は、以前我々が報告[8]している。しかし、この結果は、as-grown 試料に対する結果であったため、様々な還元アニールを施して、熱伝導率を測定した。しかしながら、温度依存性はほとんど変化せず、 κ_{spin} の値に有意な差は見られなかった。したがって、LaSrFeO₄の κ_{spin} は、110 K付近に12 W/Km程度の最大値を示すことがわかった。

(3) 結果：La₂CoO₄における κ_{spin}

La₂CoO₄の単結晶は、Babkevich ら[12]を参考に、TSFZ法を用いて育成を行った。過剰酸素を除去するため、CaH₂から発生したH₂を利用して還元アニールを行い、過剰酸素量を0.02程度まで減らした単結晶試料に対して、熱伝導率の測定を行った。

La₂CoO₄における κ_{ab} と κ_c の温度依存性を図2に示す。 κ_{ab} と κ_c は、低温にピークを示し、その最大値に異方性が存在することがわかった。 κ_{ab} と κ_c の異方性の原因は、 κ_{spin} の存在の可能性と κ_{phonon} の異方性の可能性がある。しかし、どちらが原因かはつきり結論することはできなかった。もし、この異方性の原因が κ_{spin} の存在と仮定し、 κ_{ab} と κ_c の差分から κ_{spin} を見積もった場合、 κ_{spin} は、20 K付近に14 W/Km程度の最大値を示すことになる。

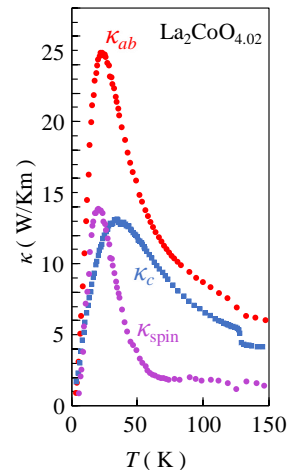


図2. La₂CoO₄における κ_{ab} 、 κ_c と κ_{spin} の温度依存性。

(4) 結果：La₂NiO₄における κ_{spin}

La₂NiO₄の単結晶は、FZ法を用いて育成を行った。過剰酸素を除去するため、CaH₂から発生したH₂を利用して還元アニールを行い、過剰酸素量がほぼゼロになった単結晶試料に対して、熱伝導率の測定を行った。

La₂NiO₄における κ_{ab} と κ_c の温度依存性を図3に示す。 κ_{ab} と κ_c は、共に低温にピークを示し、 κ_{ab} のみ170 K付近の高温にピークを示した。低温の等方的なピークは κ_{phonon} の寄与であり、高温

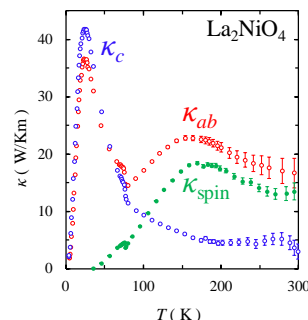


図3. La₂NiO₄における κ_{ab} 、 κ_c と κ_{spin} の温度依存性。

の異方的なピークは κ_{spin} の寄与であると考えられることができる。したがって、 κ_{ab} と κ_c の差分から κ_{spin} を見積もった結果、 κ_{spin} が170 K付近に18 W/Km 程度の最大値を示すことがわかった。

(5) 結果 : La_2CuO_4 における κ_{spin}

La_2CuO_4 の単結晶は、高純度原料から原料棒を作製して、TSFZ法を用いて育成した。過剰酸素を除去するため、様々な還元アニールを施して、熱伝導率の測定を行った。その結果、 κ_{ab} の温度依存性はアニールに対して大きな変化を示さず、過去の報告[2-4]と比較しても、有意な差は見られなかった。したがって、(目的 I)の「 κ_{spin} の向上」は達成することができなかった。そのため、 La_2CuO_4 の κ_{spin} は、300 K付近に10 W/Km 程度の最大値を示すことがわかった。

(6) 考察とまとめ

図4(a)に、以上の実験から得られた κ_{spin} の最大値を示す温度と JS の関係を示す。これから、 κ_{spin} が最大値を示す温度が JS に比例する傾向があることがわかった。熱伝導は、比熱と速度と平均自由行程の積で表される。 JS が小さいとき、磁気比熱は低温からすぐに上昇する。一方、 JS が大きいとき、磁気比熱は低温から上昇せず、高温で上昇する。したがって、 κ_{spin} が最大値を示す温度と JS が比例関係を示すのは、磁気比熱の温度依存性から説明できると結論付けた。

図4(b)に、以上の実験から得られた κ_{spin} の最大値と JS の関係を示す。これから、 κ_{spin} の最大値は、 JS に反比例する傾向があることがわかった。このような振る舞いは、 κ_{spin} がマグノン-フォノン散乱に支配されているためと考えられる。

$(\text{La,Sr})_2\text{MO}_4$ は同じ結晶構造をもつため、ほぼ同じのデバイ温度を持つと予測される。このことは、どの物質でも同じ温度では、同数のフォノンが励起されていると考えられる。つまり、温度が高いほど励起されるフォノンの数が多いため、高温で κ_{spin} が最大値を示す JS が大きな物質では、マグノン-フォノン散乱の確率が大きくなり、 κ_{spin} の最大値が小さくなる。一方、低温で κ_{spin} が最大値を示す JS が小さな物質では、マグノン-フォノン散乱の確率が小さく、 κ_{spin} の最大値が大きくなる。このように、 $(\text{La,Sr})_2\text{MO}_4$ における κ_{spin} には、マグノン-フォノン散乱によって支配されていると結論付けた。

このことから、マグノン-フォノン散乱を抑えるため、デバイ温度が小さくなるようにすればよい。つまり、大きな κ_{spin} を持つ高熱伝導材料を開発する新しい指針は、構成元素を軽元素にする必要があることがわかった。

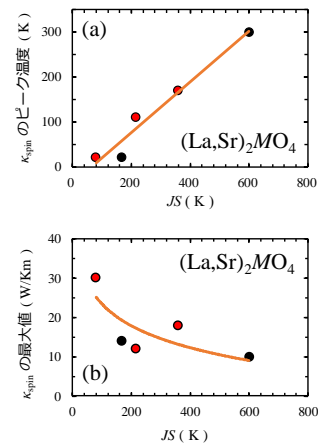


図4. (a) κ_{spin} の最大値を示す温度と JS の関係。(b) κ_{spin} の最大値と JS の関係。

- [1] Y. Matsuoka *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **83**, 064603 (2014).
- [2] C. Hess *et al.*, Phys. Rev. Lett. **90**, 197002 (2003).
- [3] Y. Nakamura *et al.*, Physica C **185**, 1409 (1991).
- [4] X. F. Sun *et al.*, Phys. Rev. B **67**, 140503 (2003).
- [5] J.-Q. Yan *et al.*, Phys. Rev. B **68**, 104520 (2003).
- [6] T. Kawamata *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **77**, 034607 (2008).
- [7] T. Kawamata *et al.*, J. Phys.: Conf. Ser. **200**, 022023 (2010).
- [8] E. Komatsu *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **89**, 114603 (2020).
- [9] R. Coldea *et al.*, Phys. Rev. Lett. **86**, 5377 (2001).
- [10] N. Qureshi *et al.*, Phys. Rev. B **87**, 054433 (2013).
- [11] S. Larochelle *et al.*, Phys. Rev. B **71**, 024435 (2005).
- [12] P. Babkevich *et al.*, Phys. Rev. B **82**, 184425 (2010).
- [13] K. Nakajima *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **62**, 4438 (1993).

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 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Ramadhan Muhammad Redo, Adiperdana Budi, Ramli Irwan, Sari Dita Puspita, Putri Anita Eka, Widyaiswari Utami, Rozak Harison binti, Zaharim Wan Nurfadilah, Manaf Azwar, Kurniawan Budhy, Mohamed-Ibrahim Mohamed Ismail, Sulaiman Shukri, Kawamata Takayuki, Adachi Tadashi, Koike Yoji, Watanabe Isao	4. 巻 4
2. 論文標題 Estimation of the on-site Coulomb potential and covalent state in La ₂ CuO ₄ by muon spin rotation and density functional theory calculations	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 033044 (1-10)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevResearch.4.033044	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 Watanabe Shota, Terakado Nobuaki, Takahashi Yoshihiro, Miyazaki Takamichi, Naruse Koki, Kawamata Takayuki, Fujiwara Takumi	4. 巻 604
2. 論文標題 Face-on orientation of spin ladders in La ₅ Ca ₉ Cu ₂₄ O ₄₁ films deposited by radio-frequency magnetron sputtering on heated SiO ₂ and Si substrates	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Surface Science	6. 最初と最後の頁 154444 (1-6)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apsusc.2022.154444	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 Sakamoto Chika, Noji Takashi, Kawamata Takayuki, Kato Masatsune	4. 巻 61
2. 論文標題 Synthesis of lithium- and pyridine-intercalated superconductors Li _x (C ₅ H ₅ N) _y SnSe ₂ Synthesis of lithium- and pyridine-intercalated superconductors Li _x (C ₅ H ₅ N) _y SnSe ₂	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 108002 (1-3)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac93d6	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 Kinoshita Hiroya, Terakado Nobuaki, Takahashi Yoshihiro, Miyazaki Takamichi, Ishikawa Chitose, Naruse Koki, Kawamata Takayuki, Fujiwara Takumi	4. 巻 6
2. 論文標題 Nanosheet fabrication from magnon thermal conductivity cuprates for the advanced thermal management	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 npj 2D Materials and Applications	6. 最初と最後の頁 70 (1-7)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41699-022-00344-2	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 Kawamata Takayuki, Saito Shin, Tsuji Naruki, Sumura Takuya, Adachi Tadashi, Kato Masatsune, Sakurai Yoshiharu, Koike Yoji	4. 巻 91
2. 論文標題 Electronic State in T'-Pr1.3-xLa0.7CexCu04 (x = 0.10) Studied by Compton Scattering	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 114707 (1-4)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.91.114707	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 Ono Masato, Noji Takashi, Sato Kazuki, Kawamata Takayuki, Kato Masatsune	4. 巻 90
2. 論文標題 New Lithium and Ethylenediamine Co-Intercalated Superconductors Lix(C2H8N2)yMoTe2	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 044707 ~ 044707
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.044707	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 A. Imigi, T. Kawamata, T. Noji, M. Kato	4. 巻 1975
2. 論文標題 Effect of co-substitution on superconductivity in (Y, Ca)(Ba, Sr)2Cu4O8 prepared by the molten KOH method	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012006 ~ 012006
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/1975/1/012006	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 R. Ito, T. Kawamata, T. Noji, M. Kato	4. 巻 1975
2. 論文標題 Effect of the fluorine substitution for oxygen in the heavily Pb-doped Bi-2212 phase of (Bi, Pb)2(Sr, Ba)2CaCu2O8	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012007 ~ 012007
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/1975/1/012007	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 Fujita Masaki, Taniguchi Takanori, Wang Tong, Torii Shuki, Kamiyama Takashi, Ohashi Koki, Kawamata Takayuki, Takamatsu Tomohisa, Adachi Tadashi, Kato Masatsune, Koike Yoji	4. 巻 90
2. 論文標題 Reduction Annealing Effects on the Crystal Structure of T'-type La _{1.8} Eu _{0.2} Cu ₀₄ -	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 105002 ~ 105002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.105002	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15件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 T. Kawamata, T. Sunohara, K. Shiosaka, R. Nagaoka, T. Adachi, M. Kato, I. Watanabe, A. Koda, J. Nakamura, S. Nishimura, Y. Koike
2. 発表標題 Carrier-Doping Effect on the Antiferromagnetic Correlation in the Undoped (Ce-Free) Superconductor T'-La _{1.8} Eu _{0.2} Cu ₀₄ Studied by mSR
3. 学会等名 29th International Conference on Low temperature Physics (LT29) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T. Adachi, Y. Nagakubo, Y. Komiyama, M. A. Baqiya, T. Ohgi, K. Tajima, T. Ishimoto, A. Takahashi, T. Konno, H. Kuwahara, T. Kawamata, Y. Koike, I. Watanabe, A. Koda, R. Kadono, T. Okada, S. Awaji
2. 発表標題 Cu-Spin Correlation and Multiple Carriers in Electron-Doped High-Tc Superconductor Pr _{2-x-y} La _y Ce _x Cu ₀₄
3. 学会等名 29th International Conference on Low temperature Physics (LT29) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 I. Watanabe, R. Ramadhan, S. Charoenphon, I. Ramli, D. P. Sari, A. E. Putri, U. Wydiaiswari, B. Kurniawan, T. Kawamata, T. Adachi, Y. Koike, H. Rozak, W. N. Zaharim, S. Sulaiman
2. 発表標題 Muon Position and Electronic State in La ₂ Cu ₀₄ Investigated by Muon Spin Relaxation Measurements and Density Functional Theory Calculations
3. 学会等名 29th International Conference on Low temperature Physics (LT29) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Y. Igarashi, T. Kawamata, R. Nagaoka, M. Kato
2. 発表標題 Thermal Conductivity due to Spins in the Two-Dimensional Antiferromagnetic Spin System La_2NiO_4
3. 学会等名 29th International Conference on Low temperature Physics (LT29) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田村昂磨, Lee Yongsun, 長谷川佳紀, 深澤英人, 大濱哲夫, 小堀洋, 足立匡, 川股隆行, 春原稔樹, 塩坂浩太, 長岡凌生, 小池洋二
2. 発表標題 ホールドープ型銅酸化物高温超伝導体 $\text{T}' - \text{La}_{1.8-x}\text{Eu}_x\text{O}_{0.2}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ ($x = 0.025, 0.050, 0.100$) の $^{63}\text{Cu}, ^{139}\text{La}$ - NMR
3. 学会等名 日本物理学会2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石川千歳, 寺門信明, 川股隆行, 成瀬晃樹, 高橋儀宏, 藤原巧
2. 発表標題 水と電圧印加を用いたマグノン熱伝導物質 $\text{La}_5\text{Ca}_9\text{Cu}_2\text{O}_{41}$ の可逆的構造制御
3. 学会等名 2022年応用物理学会東北支部 第77回学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 五十嵐勇樹, 川股隆行, 塩坂浩太, 長岡凌生, 加藤雅恒, 山下太郎
2. 発表標題 二次元反強磁性スピン正方格子系 $(\text{La}, \text{Sr})_2\text{MO}_4$ ($M = \text{Mn}, \text{Fe}$) におけるスピン熱伝導
3. 学会等名 2022年応用物理学会東北支部 第77回学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤史弥, 川股隆行, 加藤雅恒, 山下太郎
2. 発表標題 二次元反強磁性スピン正方格子系La ₂ CuO ₄ におけるスピン熱伝導率の向上
3. 学会等名 2022年応用物理学会東北支部 第77回学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小宮山陽太, 大西柊成, 桑原英樹, 黒江晴彦, 倉嶋晃士, 川股隆行, 小池洋二, Sari Dita, 渡邊功雄, 足立匡
2. 発表標題 μ SRから見たBi-2201系銅酸化物の強磁性ゆらぎに対するFe置換効果
3. 学会等名 2022年度量子ビームサイエンスフェスタ
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 長岡凌生, 五十嵐勇樹, 川股隆行, 野地尚, 加藤雅恒
2. 発表標題 二次元正方格子系La ₂ CoO ₄ の単結晶育成とスピン熱伝導
3. 学会等名 応用物理学会東北支部 第76回学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 五十嵐勇樹, 長岡凌生, 川股隆行, 野地尚, 加藤雅恒
2. 発表標題 反強磁性スピン正方格子系La ₂ NiO ₄ の単結晶育成とスピン熱伝導
3. 学会等名 応用物理学会東北支部 第76回学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 五十嵐勇樹, 川股隆行, 長岡凌生, 野地尚, 加藤雅恒
2. 発表標題 二次元反強磁性スピン系La ₂ NiO ₄ + のスピン熱伝導
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 片山大成, 石川千歳, 寺門信明, 川股隆行, 成瀬晃樹, 高橋儀宏, 藤原巧
2. 発表標題 水と電圧印加を用いたLa ₅ Ca ₉ Cu ₂₄ O ₄₁ の可逆的マグノン制御とその機構解明
3. 学会等名 2023年応用物理学会東北支部 第78回学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 片山大成, 石川千歳, 寺門信明, 川股隆行, 成瀬晃樹, 高橋儀宏, 藤原巧
2. 発表標題 水を利用した電気化学的マグノン制御とその機構解明
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 川股隆行
2. 発表標題 スピン系における熱伝導度の最近の展開
3. 学会等名 スピン系における熱伝導度の基礎と最近の展開 (招待講演)
4. 発表年 2024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
研究 分担 者	加藤 雅恒 (Kato Masatsune) (50211850)	東北大学・工学研究科・准教授 (11301)	

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