

令和 3 年 4 月 22 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K18734

研究課題名(和文)電荷近藤効果と新奇超伝導現象の物質系を横断した普遍性の探策

研究課題名(英文) Search for unique materials of charge Kondo effect and novel superconductivity

研究代表者

椋田 秀和 (Mukuda, Hidekazu)

大阪大学・基礎工学研究科・准教授

研究者番号：90323633

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,800,000円

研究成果の概要(和文)：電子の複数の局所自由度が巨大伝導電子系と混成したときに創発される新しい異常物性の研究を行った。原子価スキップする可能性のある候補物質のTIをドーパしたPbTeにおいて、サイト選択NMR法で低温での核磁気緩和率の異常な上昇がドーパントに由来する本質的な現象であることを突き止めた。原子価スキップしないドーパント系などの測定も展開し、比較した結果、ドーパントがTIのときのみ異常つまり電子状態の揺らぎが見られることがわかった。非常に希な現象であることがわかり、これまであまり注目されなかった電子の局所自由度の揺らぎが巨大伝導電子系と混成したときに創発される新しい異常物性の開拓を今後も目指していきたい。

研究成果の学術的意義や社会的意義

縮退した局在スピンと伝導電子の混成によって解明された近藤効果から半世紀を経た今、スピン以外の自由度が巨大な伝導電子の集団と混成したときに現れる新しいタイプの近藤効果が注目されている。本研究において、原子価スキップ現象による複数の価数(電荷)自由度が伝導電子と混成した電子状態揺らぎの異常を、核磁気共鳴を用いたミクロな視点から世界で初めて明らかにした。原子価スキップ現象が関連した現象はまだ未開拓の領域であり、本研究の萌芽的な成果は今後この現象が起因となる新しい超伝導機構の存在や熱電性能を向上させる可能性など、物性物理学の新概念を創出する可能性があり、今後のさらなる発展が期待される。

研究成果の概要(英文)：We have studied novel physical properties that emerge when the local degrees of freedom of valences derived from the valence skip phenomenon are hybridized with conduction electron systems. An anomalous increase in the nuclear magnetic relaxation rate was observed at low temperatures in the case of TI-doped PbTe, which is most promising candidate that may skip valences. As a result of comparative verification with the case of various dopants, it was found that anomalies in the electronic state are observed only when the dopant is TI. It suggests this phenomena is very rare. We plan to continue to research anomalous materials with physical properties that are emerged when the fluctuation of the local degree of freedom of electrons.

研究分野：超伝導

キーワード：核磁気共鳴 超伝導 電子局所自由度 近藤効果

1. 研究開始当初の背景

強相関電子系物質においては電子の持つ局所自由度(スピン・電荷・軌道)が競合・協奏して思いがけない新奇な物質相を創発することが期待される。原子価スキップ現象による複数の価数(電荷)自由度が伝導電子と混成した電子状態と思われる異常がバルク物性測定と理論から報告された。縮退した局在スピンと伝導電子の混成によって起こる近藤効果の解明から約半世紀を経て、スピン以外の自由度が伝導電子系と混成したときに現れる新しいタイプの近藤効果としても注目される。この現象が関連すると推測される新しい超伝導物質や優れた熱電性能をもつ物質などが報告されているが、その価数(電荷)自由度とマクロ物性の相関はまだ明らかでない。これまでバルク物性測定と理論からの報告が中心であり、核磁気共鳴などのミクロな視点から解明はほとんど行われておらず、原子価スキップ現象が関連した現象は未開拓領域である。

2. 研究の目的

本研究において、電子の持つ局所自由度(スピン・電荷・軌道)が巨大な伝導電子の集団と混成したときに現れる新しい超伝導現象や多体量子効果の物理と、その類似物質系での普遍性の探索を目指した。特に、原子価スキップ現象による複数の価数(電荷)状態の縮退に由来する新奇超伝導機構が原子価スキップ元素をドーブした新奇超伝導体で提唱され、この新しい超伝導機構の可能性を検証する。核磁気共鳴(NMR)実験によって、局所自由度(スピン・電荷・軌道)が伝導電子系と混成したことで創発する広範な相関電子系を対象に超伝導現象の多様性および普遍性を物質横断的に追究していく。

3. 研究の方法

ここで用いる核磁気共鳴(NMR)測定法は、原子選択性を生かしてその原子位置での局所構造や電子状態および超伝導など物質の性質を明らかにできる。特に物質のターゲットとして、新奇超伝導機構が期待される物質系としてバレンススキップ系、さらに鉄系、銅酸化物などの高温超伝導候補物質群で研究に取り組んだ。測定対象となる良質な超伝導試料は、Fisherグループ(Stanford univ)、村上氏(阪大)、小林氏(岡山大)、伊豫氏(産総研)、瀬川氏(京産大)、宮坂氏(阪大)、山浦氏(NIMS)らのグループから提供を受けた。原子スケールの視座をもつ核磁気共鳴(NMR)測定を主な実験手法とし、それらの対象試料ごとに原子選択性を生かしてその原子位置での局所構造や電子状態および超伝導特性を明らかにした。

4. 研究成果

まず始めにフォノンやスピン以外の根本的に全く新しい超伝導機構が期待される候補物質として、原子価スキップ元素をドーブした新奇超伝導体で提唱されている原子価スキップ現象に由来する新しい超伝導機構の可能性を追究した NMR 実験成果を報告する。バルク測定ではわからないドーパントの局所的な電荷自由度に由来すると思われる動的電子状態をまず $\text{Pb}_{1-x}\text{Tl}_x\text{Te}$ を対象として調べた。これまでに Te サイトの NMR 実験を行ってきて、ドーパントの TI の近傍の Te サイトにおいて核磁気緩和率の異常な上昇を低温で観測し、電荷近藤効果による抵抗の上昇の温度域と対応していることを報告してきた。この異常の起源として、TI イオンは+1 価($6s^2$)か+3 価($6s^0$)しかとれず、中間の+2 価($6s^1$)のエネルギーが高いのでとれないことに起因すると考えられているため、そこでわずかしが 1%程度しか存在しないドーパントの TI サイトの NMR を試み、様々な工夫をして非常に微弱な NMR 信号の

検出に成功した。微弱な NMR 信号を積算してスペクトル測定(図 1 参照)および核スピン緩和率($1/T_1$)測定などを行った。さらに広い温度域に渡って、かつドーパ量を変えたいくつかの試料へと展開した。その結果 Te サイトの NMR 緩和率の異常を上回る異常が TI サイトで検出され、本物質の低温の異常な揺らぎに関してドーパントである TI サイトが起源となっていることを直接的に裏付けることに成功した。

さらに、バレンススキップ元素ではない Na や In などにドーパントを変えた系においても同様の実験を行った。しかしそれらには前述のような異常は観測されないことが実験的に明らかになった。この実験でドーパントが TI のときだけ異常が起こることが明確となった。この結果は、バレンススキップ現象に由来する価数の局所的な電子自由度が巨大伝導電子系と混成したときに創発される異常物性と捉えることができる初めてのミクロな実験証拠である。このドーパントの局所的な価数(電荷)揺らぎの動的性質に由来する異常は超伝導になる組成においてのみ観測されたことから超伝導の発現との関連が示唆される。以上の成果は、現在 Knight shift および $1/T_1$ の温度依存性に特徴的な変化の観測結果を論文にまとめている。

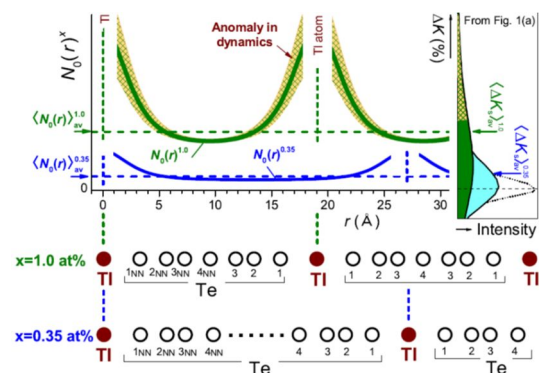


図 2: スペクトル測定から推測される局所状態密度の空間分布。異常の起源が TI の局所状態に関連していることがわかってきた。

た。まず、スピンや軌道や電荷の自由度が絡んだ新しい超伝導状態が期待される高温超伝導物質の研究も進展した。まず、ペロフスカイトブロック層をもち二次元性に優れた特徴をもつ($\text{Sr}_4\text{Sc}_2\text{O}_6$) (FeAs/P)2系に着目し、As/P置換によって化学的な圧力でニクトゲン高さを幅広くコントロールした。その結果、反強磁性AFM1相はニクトゲン高さに依存して物質系を超えて現れ、それと異なる反強磁性相(AF2相)はある特定の格子条件で出現することが、微視的な視点から明らかになった。そこでAFM2近隣の格子パラメータ域にある($\text{Sr}_4\text{Sc}_2\text{O}_6$) (FeP)₂が、FeP系で最も高い転移温度をもつことに着目した。これまで超伝導と関連する電子状態が、電子のスピンか軌道自由度かについて明確な報告がなく超伝導機構が不明であった。そこで、この物質でAFM2相近隣のTcが

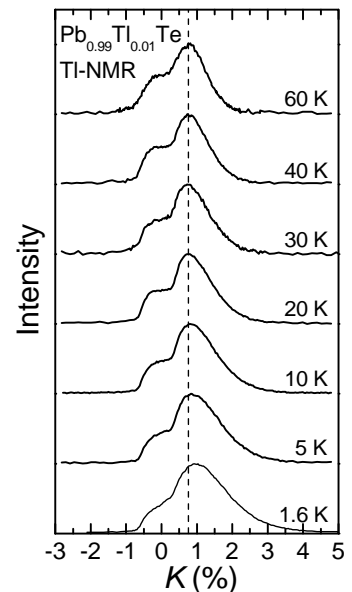


図 1: ($\text{Pb}_{0.99}\text{Tl}_{0.01}$)Te の TI サイトの NMR スペクトルの温度依存性。微弱なドーパントサイトの NMR 信号を初めて検出。

以上、図 2 に示すように、ミクロな視点からバレンススキップ元素の TI からの距離に依存した局所電子状態を異なる複数の核スピンを利用して明らかにし、電荷近藤効果に起因する動的な電子状態について新しい知見を得ることに成功した。電荷近藤効果と超伝導の関係を直接示唆するミクロな視点の検証が今後の課題である。

一方で、電子の併せ持つスピンと軌道の2つの局所自由度をもつ鉄系物質では、それらの自由度が高温超伝導の起源とどのように関係しているかが発見以来の争点となってきた

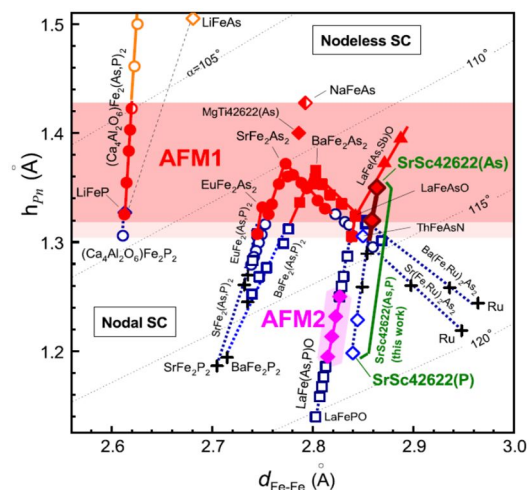


図 3 FeAs 系から FeP 系までの母物質の基底状態に関して、反強磁性相(AF1) がブロック層の違いに依らず Fe 面からのニクトゲンの高さで整理されるが AFM2 は特定の格子条件で出現する。

上昇する領域で、明瞭にスピン揺らぎの増大が見られることがわかり、非常にニクトゲン高さが低い系で比較的高い転移温度をもつこの系で、スピン揺らぎの低エネルギー域の特徴とその存在が重要であることを明らかにした。

また、超過剰電子ドープ域の鉄系超伝導の起源はまだ大きな謎として残っている。最近これまでにない超過剰電子ドープ域の組成に相当する LaFe_2As_2 という新しい超伝導体が発見された。我々の NMR 実験により、常伝導状態ではごく僅かながらも反強磁性スピン揺らぎがあること、 T_c 以下の超伝導状態は非従来型ギャップをもつことを明らかにした(図 4 参照)。また、ホールドープ側($\text{La}_{0.5-x}\text{Na}_{0.5+x}\text{Fe}_2\text{As}_2$ ($x=+0.3$)では、強い反強磁性スピン揺らぎを背景にした複数の超伝導ギャップを持つ非従来型超伝導が観測された。組成(x)を唯一のパラメータとしてホールドープから電子ドープまで変化できる本系において、新しい電子-ホールの非対称的な電子状態と非従来型超伝導相の関連を報告した。今後、過剰電子ドープ域で起こる高温超伝導現象を解明していく上での足がかりになると期待される。

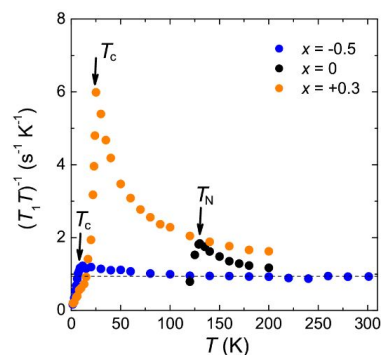


図 4 $\text{La}_{0.5-x}\text{Na}_{0.5+x}\text{Fe}_2\text{As}_2$ における核スピン-格子緩和率($1/T_1T$)の温度依存性。

5. まとめ

バレンススキップドーパントを含む超伝導体 $\text{Pb}_{1-x}\text{Tl}_x\text{Te}$ 系においては、Te サイトおよび Tl サイトの原子空間分解した Te-NMR 実験およびドーパントの Tl サイトの NMR 実験から、ドーパント Tl からの距離に依存して局所電子状態が空間変化していることがわかった。電気抵抗の上昇と対応するマイクロな情報として、電子状態の動的性質を反映する $1/T_1T$ が低温で異常に上昇していることが、超伝導の組成域の試料($x=1.0\%$)のみで観測された。この結果を Tl サイト NMR 実験により直接的に裏付けることに成功した。一方超伝導にならない組成域の試料($x=0, 0.35\%$)にはその異常は観測されなかった。そこでドーパントの種類の違いを調べることで、ドーパントが Tl のときだけ異常が起こることを確かめた。この成果は、理論的にも電荷近藤効果の特徴として説明でき、マクロ測定と理論から電荷近藤効果と呼ばれてきたこの現象が、マイクロな視点からも本質的であることを強く示唆している。異常な揺らぎを伴う局所電子状態が超伝導を示す試料にのみ見られることがわかったため、ドーパントの局在 6s 軌道の電子が伝導電子と混成した状態が超伝導出現と関連していると考えられる。

一方鉄系超伝導では、極端な組成域までの Fe の局所結晶構造と電子基底状態と超伝導の系統性の探索を行い、FeAs 系から FeP 系までの母物質の基底状態に関して、反強磁性相 (AFM1) と AFM2 の出現条件を構造パラメータで整理できることを示した。また、過剰に電子ドープされた大きな電子フェルミ面からなると思われる $\text{La}_{0.5-x}\text{Na}_{0.5+x}\text{Fe}_2\text{As}_2$ 系では、非従来型超伝導状態が明らかになった。過剰電子ドープ域($x = -0.5$)にあるにも関わらず反強磁性揺らぎが存在することがわかり、超伝導とスピン揺らぎとの関係が示唆された。特に LaFe_2As_2 における NMR 実験からの結果は、他の鉄系過剰電子ドープ物質 $\text{Ba}(\text{Fe}_{0.5}\text{Co}_{0.5})_2\text{As}_2$ ($T_c = 0$ K)、 $\text{LaFeAs}(\text{O}_{1-x}\text{H}_x)$ ($T_c = 36$ K) との比較も興味深く、なぜこのような過剰電子ドープ域で超伝導がおこるか、起こる場合はどのような普遍的な特徴があるか、 T_c の違いはどこから来るのか、この研究を機に過剰電子ドープ域で起こる高い転移温度の超伝導状態の起源をさらに明らかにする実験を進めていきたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 T. Kouchi, M. Yashima, H. Mukuda, S. Ishida, H. Eisaki, Y. Yoshida, K. Kawashima, and A. Iyo,	4. 巻 88
2. 論文標題 Unconventional Multi-gap Superconductivity and Antiferromagnetic Spin Fluctuations in New Iron-arsenide LaFe ₂ As ₂ in Heavily Electron-doped Regime	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Phys. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 113702/1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.113702	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 F. Sakano, K. Nakamura, T. Kouchi, T. Shiota, F. Engetsu, K. Suzuki, R. Horikawa, M. Yashima, S. Miyasaka, S. Tajima, A. Iyo, Y. -F. Guo, K. Yamaura, E. Takayama-Muromachi, M. Yogi, and H. Mukuda,	4. 巻 100
2. 論文標題 High-Tc iron phosphide superconductivity enhanced by reemergent antiferromagnetic spin fluctuations in [Sr ₄ Sc ₂ O ₆]Fe ₂ (As _{1-x} Px) ₂ probed by NMR	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B,	6. 最初と最後の頁 094509/1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.100.094509	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. Kouchi, M. Yashima, H. Mukuda, S. Ishida, H. Eisaki, Y. Yoshida, K. Kawashima, and A. Iyo	4. 巻 30
2. 論文標題 75As-NMR/NQR studies on new iron-based 122 superconductors (La _{0.5-x} Na _{0.5+x}) Fe ₂ As ₂	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 JPS Conf. Proc.	6. 最初と最後の頁 011051/1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSCP.30.011051	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. Horikawa, *M. Yashima, T. Matsumura, S. Maki, H. Mukuda, K. Miyake, H. Murakami, P. Walmsley, P. Giraldo-Gallo, T. H. Geballe, and I. R. Fisher	4. 巻 30
2. 論文標題 Charge Kondo Effect induced by valence skipping dopants in Pb _{1-x} Tl _x Te and Pb _{1-x} NaxTe probed by ¹²⁵ Te-NMR	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 JPS Conf. Proc.	6. 最初と最後の頁 011126/1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSCP.30.011126	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 H. Mukuda, T. Matsumura, S. Maki, M. Yashima, Y. Kitaoka, K. Miyake, H. Murakami, P. Giraldo-Gallo, T. H. Geballe, and I. R. Fisher	4. 巻 87
2. 論文標題 Anomalous 125Te Nuclear Spin Relaxation Coincident with Charge Kondo Behavior in Superconducting Pb _{1-x} Tl _x Te	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Phys. Soc. Jpn	6. 最初と最後の頁 023706/1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.87.023706	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 H. Mukuda, M. Yashima, T. Matsumura, S. Maki, Y. Kitaoka, K. Miyake, H. Murakami, P. Giraldo-Gallo, T. H. Geballe, and I. R. Fisher	4. 巻 18
2. 論文標題 125Te-NMR Study in Novel Superconductor Pb _{1-x} Tl _x Te with Valence Skipping Dopants	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J Supercond. Nov. Magn. (2018).	6. 最初と最後の頁 4886
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10948-018-4886-2.	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 Yokoi K., Yashima M., Murakawa H., Mukuda H., Yamauchi K., Oguchi T., Sakai H., Hanasaki N.	4. 巻 102
2. 論文標題 Ta181 nuclear quadrupole resonance study of the noncentrosymmetric superconductor PbTaSe ₂	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 214504/1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.214504	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 Nojirino Asahi, Aki Masaya, Kawasaki Yu, Kishimoto Yutaka, Nakamura Koichi, Nakai Yusuke, Mito Takeshi, Yashima Mitsuharu, Mukuda Hidekazu, Kotegawa Hisashi, Sugawara Hitoshi	4. 巻 30
2. 論文標題 Electronic State of V ₃ Si Probed by ²⁹ Si-NMR	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 JPS Conf. Proc.	6. 最初と最後の頁 011050/1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJP.30.011050	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59件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 8件）

1. 発表者名 西岡 颯太郎, 小内 貴祥, 八島 光晴, 棕田 秀和, 小谷 証史A, 角藤 壮A, 李 智鉉A, 神戸 高志
2. 発表標題 圧力下で第2超伝導相を持つインターカレート系FeSe高温超伝導体 $\text{Li}_x(\text{NH}_3)_y\text{Fe}_2\text{Se}_2$ の ^{77}Se -NMR
3. 学会等名 日本物理学会 春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 阪野文秀, 中村昂矢, 小内貴祥、八島光晴, 棕田秀和, Y. F. GuoA, 山浦一成A, 室町英治A, 伊豫彰B, 與儀護C, 宮坂茂樹D, 田島節子
2. 発表標題 FeAs系からFeP系に渡る鉄系物質における局所構造と高温超伝導出現の普遍性
3. 学会等名 日本物理学会 春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小内貴祥, 八島光晴, 棕田秀和, 伊豫彰A, 石田茂之A, 永崎洋A, 吉田良行A, 川島健司B, 宮坂茂樹C, 田島節子
2. 発表標題 過剰電子ドーパ系 LaFe_2As_2 とドーピングによるフェルミ面制御と超伝導状態
3. 学会等名 日本物理学会 春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 横井滉平, 八島光晴, 村川寛, 棕田秀和, 山内邦彦, 小口多美夫, 酒井英明, 花咲徳亮
2. 発表標題 空間反転対称性の破れた超伝導体 PbTaSe_2 におけるTa-NQR測定
3. 学会等名 日本物理学会 春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古和航, 堀川瑠星, 八島光晴, 棕田秀和, 西出聡悟, S.Tanusilp, 早川純, 牟田浩明, 黒崎健
2. 発表標題 大きな出力因子をもつ熱電物質YbSi ₂ 系におけるSi-NMR
3. 学会等名 日本物理学会 春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 堀川瑠星, 八島光晴, 吉見光平, 松村隆史, 牧翔太, 棕田秀和, 三宅和正, 村上博成, P. Walmsley, P. Giraldo-Gallo, T. Geballe, I. Fisher, 高橋武士, 小林夏野
2. 発表標題 (Pb _{1-x} Tl _x)Te超伝導体における不純物サイトのNMR緩和率とナイトシフト測定から見た電荷近藤効果
3. 学会等名 日本物理学会 春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 角谷卓海, 西岡颯太郎, 小内貴祥, 八島光晴, 棕田秀和, 木方邦宏, 李哲虎
2. 発表標題 低い熱伝導率を特徴とする熱電物質Mg ₃ Sb ₂ 系におけるSb-NMRによる局所動的挙動
3. 学会等名 日本物理学会 春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西出聡悟, Sora-at Tanusilp, 古和航, 八島光晴, 南部英, 牟田浩明, 棕田秀和, 早川純, 黒崎健
2. 発表標題 新規シリサイドYb(Si _{1-x} Gex) ₂ の混合原子価と熱電変換特性
3. 学会等名 日本応用物理学会 春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小内貴祥*, 八島光晴, 棕田秀和, 伊豫彰A, 石田茂之A, 永崎洋A, 吉田良行A, 川島健司
2. 発表標題 NMRを用いた過剰電子ドーブされた新しい鉄系超伝導体における超伝導発現機構の研究
3. 学会等名 低温工学・超伝導若手合同講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 棕田 秀和
2. 発表標題 鉄系超伝導における局所構造と複雑な電子相図と超伝導の普遍性,
3. 学会等名 京都大学基礎物理学研究所 研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 棕田 秀和,
2. 発表標題 鉄系超伝導のインシipientバンド制御による磁気揺らぎと超伝導の最適化,
3. 学会等名 高温超伝導フォーラム第7回会合
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 R. Horikawa ¹ , M. Yashima ¹ , T. Matsumura ¹ , S. Maki ¹ , H. Mukuda ¹ , K. Miyake ² , H. Murakami ³ , P. Walmsley ⁴ , P. Giraldo-Gallo ⁴ , T. H. Geballe ⁴ , and I. R. Fisher ⁴ ,
2. 発表標題 Charge Kondo Effect and Superconductivity in $Pb_{1-x}Tl_xTe$ probed by ^{125}Te and $^{203,205}Tl$ -NMR
3. 学会等名 Strongly Correlated Electron Systems SCES2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Kouchi, M. Yashima, H. Mukuda, S. Ishida1, H. Eisaki1, K. Kawashima2, A. Iyo,
2. 発表標題 Superconducting state of Heavily-electron doped FeAs-based superconductor LaFe2As2,
3. 学会等名 Strongly Correlated Electron Systems SCES2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Kouchi, M. Yashima, H. Mukuda, S. Ishida1, H. Eisaki1, K. Kawashima2, A. Iyo1
2. 発表標題 75As-NMR/NQR studies on new iron-arsenide superconductor LaFe2As2 emerged in heavily electron-doped regime
3. 学会等名 J-Physics conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Nishioka1, T. Kouchi1, M. Yashima1, H. Mukuda1, M. Kodani2, T. Kakuto2, J.-H Lee2, T. Kambe2,
2. 発表標題 High-Tc superconducting state on intercalated $\text{Li}_x(\text{NH}_3)_y\text{FeSe}$ probed by NMR
3. 学会等名 J-Physics conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木一弘, 八島光晴, 塩田貴佳, 棕田秀和, 上久保将大A, 辻拡和A, 宮坂茂樹A, 田島節子A
2. 発表標題 過剰電子ドーブ鉄系超伝導 $\text{LaFe}(\text{As}_{1-x}\text{Px})(\text{O}_{1-y}\text{Hy})$ における Fermi 面制御とスピン揺らぎ
3. 学会等名 日本物理学会 秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野尻野旭, 安藝将也, 川崎祐, 岸本豊, 中村浩?, 水戸毅, 八島光晴, 椋田秀和, 小手川恒, 菅原仁、
2. 発表標題 A15型超伝導体V3SiのSi-NMRによる研究、
3. 学会等名 日本物理学会 秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西岡 颯太郎, 小内 貴祥, 八島 光晴, 椋田 秀和, 小谷 柁史A, 角藤 壮A, 李 智鉉A, 神戸 高志
2. 発表標題 インターカレート系FeSe高温超伝導体 $\text{Li}_x(\text{NH}_3)_y\text{FeSe}$ のSe-NMR
3. 学会等名 日本物理学会 秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 八島光晴, 田岡晃, 椋田秀和, 本多史憲, 摂待力男, 大貫惇睦、
2. 発表標題 重い電子系化合物 $\text{CeCo}(\text{In}_{1-x}\text{Cdx})_5$ の反強磁性と超伝導の共存現象におけるIn-NQR測定
3. 学会等名 日本物理学会 秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堀川瓊星, 八島光晴, 吉見光平, 松村隆史, 牧翔太, 椋田秀和, 三宅和正, 村上博成, P. Walmsley, P. Giraldo-Gallo, T. Geballe, I. Fisher, 高橋武士, 小林夏野、
2. 発表標題 PbTe系超伝導体におけるドーパントに依存した電荷近藤効果の異常と超伝導状態
3. 学会等名 日本物理学会 秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小内 貴祥
2. 発表標題 過剰電子ドーブされた新しいFe系超伝導体におけるNMR/NQR、
3. 学会等名 J-Physics地域研究会-大阪
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 棕田 秀和
2. 発表標題 鉄系超伝導のインシピエントバンド制御による磁気揺らぎと超伝導の最適化、
3. 学会等名 J-Physics地域研究会-大阪
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Mukuda
2. 発表標題 "NMR study on new superconductor LaFe ₂ As ₂ in heavily electron-doped regime ~ Comparison with LaFe(AsP)(OH) ~
3. 学会等名 Spectroscopies in Novel Superconductors, SNS, 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 棕田秀和
2. 発表標題 「NMR 技術を用いた高温超伝導材料の基礎物性研究」(超伝導科学技術賞の受賞記念講演)
3. 学会等名 未踏科学技術協会 超伝導科学技術研究会 第 45 回シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 八島光晴, 鈴木一弘, 塩田貴佳, 棕田秀和, 上久保将大A, 宮坂茂樹A, 田島節子A
2. 発表標題 P-NMRによるLaFe(As,P)(0,H)系の過剰電子ドーブ域にわたる軌道成分に依存した多重スピン揺らぎ
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 堀川瑠星, 八島光晴, 松村隆史, 牧翔太, 棕田秀和, 村上博成, P. Giraldo-Gallo, T. Geballe, I. Fisher
2. 発表標題 (Pb,Tl)Te超伝導体における不純物(Tl)サイトから見たNMR緩和率の異常と電荷近藤効果
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 森寛央, 野尻野旭, 川崎祐A, 岸本豊A, 中村浩一A, 小山岳秀B, 水戸毅B, 八島光晴C, 棕田秀和C, 小手川恒D, 菅原仁D
2. 発表標題 A15型超伝導体V3SiのSi-NMRによる研究
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 鈴木一弘, 八島光晴, 塩田貴佳, 棕田秀和, 上久保将大A, 辻拡和A, 宮坂茂樹A, 田島節子A
2. 発表標題 水素ドーブしたLaFeAs(0,H)系におけるAsサイトのPおよびSb置換した電子状態
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 野尻野旭, 森寛央, 川崎祐A, 岸本豊A, 中村浩一A, 小山岳秀B, 水戸毅B, 八島光晴C, 棕田秀和C, 小手川恒D, 菅原仁D
2. 発表標題 A15型超伝導体V3SiのSi-NMRによる研究
3. 学会等名 日本物理学会 春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古和航, 八島光晴, 棕田秀和, 西出聡悟A, S. TanusilpB, 早川純A, 黒崎健B
2. 発表標題 大きな熱電変換出力因子をもつYbSi2のNMR実験による動的電子状態
3. 学会等名 日本物理学会 春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村昂矢, 阪野文秀, 塩田貴佳, 圓月風子, 八島光晴, 棕田秀和, Y.F.GuoA, 山浦一成A, 室町英治A
2. 発表標題 大きな鉄-鉄間距離をもつ鉄系超伝導体Sr4Sc206Fe2(As1-xPx)2 における局所構造と超伝導と電子相関
3. 学会等名 日本物理学会 春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堀川瓊星, 八島光晴, 松村隆史, 牧翔太, 棕田秀和, 三宅和正A, 村上博成B, P. WalmsleyC, P. Giraldo-GalloC, T. GeballeC, I. FisherC
2. 発表標題 ドーパントサイトから見た(Pb1-xTlx)Te超伝導体におけるNMR緩和率の異常と電荷近藤効果
3. 学会等名 日本物理学会 春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木一弘, 八島光晴, 塩田貴佳, 棕田秀和, 上久保将大A, 辻拡和A, 宮坂茂樹A, 田島節子A
2. 発表標題 過剰電子ドーブLa1111系超伝導状態における高温域のスピン揺らぎ
3. 学会等名 日本物理学会 春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小内貴祥, 八島光晴, 棕田秀和, 伊豫彰A, 石田茂之A, 永崎洋A, 吉田良行A, 川島健司B
2. 発表標題 過剰電子ドーブされた新しいIFe系超伝導体におけるNMR/NQR
3. 学会等名 日本物理学会 春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 棕田秀和
2. 発表標題 aFeAsO系の3つの超伝導相ごとに異なる多軌道由来の多重スピン揺らぎ
3. 学会等名 京都大学基礎物理学研究所研究会「電子相関が生み出す新規な秩序と超伝導現象：トポロジ、液晶状態、動的現象」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Mukuda
2. 発表標題 " Charge Kondo Effect and Superconductivity in Pb _{1-x} Tl _x Te probed by ¹²⁵ Te-NMR "
3. 学会等名 ICSM2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Mukuda
2. 発表標題 Superconducting transition temperature and re-emergence of antiferromagnetic order in LaFe(As _{1-x} Px)(O _{1-y} Fy)
3. 学会等名 ICSM2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 棕田秀和
2. 発表標題 LaFeAsO系の3つの超伝導相ごとに異なる多軌道由来の多重スピン揺らぎ
3. 学会等名 高温超伝導フォーラム第6回会合
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 棕田秀和
2. 発表標題 原子核スピンをもちいた超伝導研究
3. 学会等名 第3回豊中地区研究交流会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 棕田秀和
2. 発表標題 バレンススキップ元素を含む物質における電荷近藤効果と超伝導
3. 学会等名 つくば-柏-本郷 超伝導かけしプロジェクト ワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西出聡悟 ^{1,4} , (P)Sora-at Tanusilp ² , (M2)古和航 ³ , 八島光晴 ³ , 南部英 ¹ , 牟田浩明 ⁴ , 棕田秀和 ³ , 早川純 ¹ , 黒崎健 ²
2. 発表標題 新規シリサイドYb(Si _{1-x} Gex) ₂ の混合原子価と熱電変換特性
3. 学会等名 日本応用物理学会、2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 横井滉平 ^A , 八島光晴 ^B , 村川寛 ^A , 棕田秀和 ^B , 山内邦彦 ^C , 小口多美夫 ^C , 酒井英明 ^{A, D} , 花咲徳亮 ^A
2. 発表標題 181Ta-NQRによる空間反転対称性の破れた超伝導体PbTaSe ₂ の超伝導状態、
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 西岡颯太郎, 小内貴祥, 八島光晴, 棕田秀和, 三田魁人 ^A , 小谷柁史 ^A , 角藤壮 ^A , 李智鉉 ^A , 藤井達生 ^B , 神戸高志 ^A
2. 発表標題 電子ドーピングカーレート系FeSe高温超伝導体Li _x (NH ₃) _y Fe _{2-x} Se ₂ の ⁷⁷ Se-NMR、
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 小内貴祥, 鈴木一弘, 八島光晴, 棕田秀和, 伊豫彰 ^A , 石田茂之 ^A , 永崎洋 ^A , 吉田良行 ^A , 川島健司 ^B , 宮坂茂樹 ^C , 田島節子 ^C
2. 発表標題 過剰電子ドーピング域鉄系超伝導におけるフェルミ面制御による電子状態変化と超伝導の相関
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 高間一平, 坂本拓矢, 八島光晴, 棕田秀和, 佐々木菜絵A, 山口隼平A, 足立伸太郎A, 石田茂之B, 永崎洋B, 内田慎一B, 伊豫彰B, 渡辺孝夫A
2. 発表標題 Cu-NMRによる3層型銅酸化物Bi ₂ Te _{2.8} Se _{0.2} 単結晶の超低ドーピング域の新奇な磁気基底状態、
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 角谷卓海, 小内貴祥, 西岡颯太郎, 小松亮平, 八島光晴, 棕田秀和, 木方邦宏A, 李哲虎A
2. 発表標題 低熱伝導率を持つ熱電物質Mg ₃ Sb ₂ 系におけるSb同位体-NMRによる局所動的挙動、
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 吉見光平, 八島光晴, 棕田秀和, 薦田匠A, 花咲徳亮A
2. 発表標題 スピン液体候補物質MgTi ₂ O ₄ における希薄AlドーパントNMR、
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 古和航, 八島光晴, 棕田秀和, 西出聡悟A, S.TanusiiP, C, 早川純A, 牟田浩明B, 黒崎健B, C
2. 発表標題 29Si-NMRによる熱電物質Yb(Si,Ge) ₂ 系の強相関効果と局所構造欠陥、
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 棕田秀和, 古和航, 角谷卓海, 小松亮平, 小内貴祥, 西岡颯太郎, 八島光晴, 西出聡悟, S. Tanusilp, 早川純, 牟田浩明, 黒崎健, 木方邦宏, 李哲虎
2. 発表標題 核磁気共鳴(NMR)実験の原子スケール局所状態解析による熱電材料の物性研究
3. 学会等名 日本熱電学会 2020年9月 (S3A3)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 棕田秀和
2. 発表標題 過剰電子ドーブ鉄系物質における高温超伝導の多様性と普遍性
3. 学会等名 京都大学基研の研究会「高温超伝導・非従来型超伝導研究の最前線：多様性と普遍性」オンライン
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Mukuda,
2. 発表標題 Search for universality in iron-based High-Tc superconductors through microscopic NMR probes,
3. 学会等名 ISS2020, Tsukuba (online) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 棕田秀和
2. 発表標題 三層型銅酸化物Bi2223単結晶の超低ドーブ域の反強磁性と超伝導
3. 学会等名 高温超伝導フォーラム第8回会合, オンライン
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉永享平, 小内貴祥, 西岡颯太郎, 八島光晴, 棕田秀和, 宮坂茂樹, 田島節子
2. 発表標題 鉄系超伝導体LaFeAs _{1-x} (Sb/P) _x O _{1-y} (F/H) _y におけるフェルミ面制御と超伝導の相関
3. 学会等名 日本物理学会(年次大会) PSH-69, オンライン
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉見光平, 八島光晴, 棕田秀和, 薦田匠, 村川寛, 花咲徳亮
2. 発表標題 スピン液体候補物質 Mg _{1+x} Ti _{2-x} O ₄ におけるTi-NMR及びMg-NMR
3. 学会等名 日本物理学会(年次大会) PSH-52, オンライン, 3/12-15 (2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古和航, 八島光晴, 棕田秀和, 西出聡悟, S.Tanusilp, 早川純, 牟田浩明, 黒崎健
2. 発表標題 高出力因子を持つYb(Si,Ge) ₂ の熱電特性と局所電子状態
3. 学会等名 日本物理学会(年次大会) PSH-21, オンライン
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小内貴祥, 吉永享平, 鈴木一弘, 西岡颯太郎, 八島光晴, 棕田秀和, 宮坂茂樹, 田島節子
2. 発表標題 ニクトゲンの高さをSb置換により制御したLa ₁₁₁₁ 系の新しい高温超伝導相の電子状態
3. 学会等名 日本物理学会(年次大会) 15pH1-9, オンライン
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西岡颯太郎, 中川俊作, 八島光晴, 棕田秀和, 與儀護A, 池田宏輔, Dwi Prananto, 佐々木進, 下山淳一
2. 発表標題 Pr2Ba4Cu7O15- 純良結晶における二重鎖超伝導相のNQR/NMRによる検証
3. 学会等名 日本物理学会(年次大会) 13aH1-9, オンライン
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高間一平, 坂本拓矢, 八島光晴, 棕田秀和, 高橋英史, 佐々木菜絵, 山口隼平, 足立伸太郎, 石田茂之, 永崎洋, 内田慎一, 伊豫彰, 渡辺孝夫
2. 発表標題 3層型銅酸化物Bi2223単結晶のCu-NMRによる超低ドープ域の新奇な磁気基底状態
3. 学会等名 日本物理学会(年次大会) 13aH1-8, オンライン
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 八島光晴
2. 発表標題 局所自由度が伝導系と相関して創発する新奇な異常物性の探究
3. 学会等名 兵庫県立大物性セミナー, オンライン、(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
---------	---------