

令和 2 年 5 月 20 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H02915

研究課題名(和文) 真性T'構造銅酸化物における電子状態とノンドーブ超伝導機構の解明

研究課題名(英文) Elucidation of the electronic state and the mechanism of the undoped superconductivity in the genuine T'-type cuprates

研究代表者

小池 洋二 (KOIKE, Yoji)

東北大学・工学研究科・名誉教授

研究者番号：70134038

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,000,000円

研究成果の概要(和文)：T'構造のノンドーブ超伝導体La<sub>1.8</sub>Eu<sub>0.2</sub>CuO<sub>4</sub>への電子ドーピングとホールドーピングに成功し、T<sub>c</sub>のキャリアドーピング依存性を明らかにした。そして、NMRとミュオンスピン緩和の実験から、この系の超伝導がスピンゆらぎによるd波超伝導であると結論した。キャリアの起源については、電荷移動ギャップが潰れて金属的になっているとする説が有力であるが、結論には至らなかった。

T'構造の電子ドーブ超伝導体Pr<sub>1.3-x</sub>La<sub>0.7</sub>Ce<sub>x</sub>CuO<sub>4</sub>の単結晶試料について種々の分光測定を行った結果、反強磁性スピンゆらぎが大きいことが明らかになり、この系の超伝導もスピンゆらぎによるd波超伝導であると結論した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

キャリアドーピングなしでも超伝導になる真性T'構造銅酸化物の真の物性相図を完成させた本研究は、「銅酸化物における高温超伝導はモット絶縁体へのキャリアドーピングによって発現する」という常識を打ち破り、超伝導機構の多様性を示したことは非常に大きな意義がある。

真性T'構造銅酸化物は、銅の周りの酸素が4配位であるという特徴を有しており、他の4配位銅酸化物の研究への波及効果が期待できる。

研究成果の概要(英文)：We have succeeded in synthesizing electron-doped and hole-doped polycrystalline samples of T'-La<sub>1.8</sub>Eu<sub>0.2</sub>CuO<sub>4-y</sub>F<sub>y</sub> and T'-La<sub>1.8-x</sub>Eu<sub>0.2</sub>Sr<sub>x</sub>CuO<sub>4</sub>. The carrier-doping dependence of T<sub>c</sub> has been clarified. From NMR and muon spin relaxation measurements, it has been concluded that the superconductivity has d-wave symmetry due to the spin fluctuations. The origin of superconducting carriers may be due to the collapse of the so-called charge-transfer gap, but this has not yet been settled. Moreover, various measurements have been carried out for single crystals of electron-doped T'-Pr<sub>1.3-x</sub>La<sub>0.7</sub>Ce<sub>x</sub>CuO<sub>4</sub>. It has been found that antiferromagnetic fluctuations are large in these crystals and it has also been concluded that the superconductivity has d-wave symmetry due to the spin fluctuations.

研究分野：低温電子物性

キーワード：高温超伝導 銅酸化物 ノンドーブ超伝導

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

銅酸化物における高温超伝導は、キャリアドーピングしたモット絶縁体の物理として理解が進んできた。電子ドーピングによって超伝導が発現する  $\text{Nd}_2\text{CuO}_4$  構造 (所謂  $\text{T}'$  構造) の銅酸化物  $\text{RE}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$  (RE: 希土類元素) も、これまで  $x = 0$  の母物質はモット絶縁体と考えられ、 $\text{K}_2\text{NiF}_4$  構造 (所謂  $\text{T}$  構造) のホールドーピング型銅酸化物  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  との比較を通じて、諸物性の電子・ホール対称性が議論されてきた。しかし、驚くべき事に、as-grown 状態で Cu の上下に数%存在する過剰酸素を除去した真性  $\text{T}'$  構造銅酸化物では、Ce で置換することなく超伝導が発現する「ノンドープ超伝導」の可能性が、15 年前に内藤グループ (農工大) によって示された[1]。これは、高温超伝導の従来理解を覆すため注目を集めたが、薄膜試料であることや過剰酸素の除去が難しいため他グループによる追試が行われず、真偽が疑問視されていた。

その後、我々は、独自に開発した「ソフト化学法」で、 $\text{T}'$  構造の  $\text{La}_{1.8}\text{Eu}_{0.2}\text{CuO}_4$  の多結晶試料 (Ce 置換による電子ドーピングがない試料) を合成し、超伝導を実現した[2]。これによりノンドープ超伝導の研究に火がついた。さらに、ホールドーピングした試料でも超伝導を実現し、同一  $\text{T}'$  構造で電子ドーピングとホールドーピングが可能なる「電子・ホール二極性超伝導物質」の合成への道を拓いた。また、電子状態の解明に必須である単結晶試料に対し、除去する酸素のサイトと量を還元アニールで制御する「酸素エンジニアリング」を開拓した[3]。

ノンドープとは言い、超伝導の出現にはキャリアが必要である。そこで、我々は以下のモデルを提唱した[3]。Cu の上下に頂点酸素を有する  $\text{T}$  構造の  $\text{La}_2\text{CuO}_4$  においては、 $\text{Cu}3d_{x^2-y^2}$  の上部ハバードバンドと  $\text{O}2p$  バンドの間にエネルギーギャップ (所謂電荷移動ギャップ) が存在するため、絶縁体になっている。一方、頂点酸素がない  $\text{T}'$  構造の場合には、 $\text{Cu}3d_{x^2-y^2}$  のバンドのエネルギー準位が低下することによって  $\text{O}2p$  バンドとの重なりが生じ、二つのバンドが混成したバンド内にフェルミ準位が存在するため、電子とホールの両キャリアがセルフドーピングされ、超伝導キャリアになるとするモデルを考えた。

純良な試料作製が難しい  $\text{T}'$  構造銅酸化物のノンドープ超伝導について、上記の内藤グループと山本グループ (NTT) と我々以外に、包括的な実験を牽引できるグループは皆無であった。そのため、世界的には未開拓な研究領域であった。我々が純良なバルク試料を合成したことにより、本格的な研究が始まったと言っても過言ではない。また、理論研究では、Weber ら[4] が、電子相関を考慮した動的平均場近似と局所密度近似を用いた計算を行い、 $\text{T}'$  構造銅酸化物の母物質が金属になることを示した。さらに、 $d-p$  モデルに基づいた計算も始められた[5]。

### 2. 研究の目的

本研究の最終目的は、ノンドープ超伝導の発現機構の解明である。この目的を達成するために、まず、電子・ホール二極性超伝導物質を用いて  $\text{T}'$  構造銅酸化物の真の物性相図を完成させることを第 1 の目的とした。また、単結晶ノンドープ超伝導体を実現し、種々の分光測定を行い、 $\text{T}'$  構造銅酸化物本来の電子状態を明らかにすることを第 2 の目的とした。

### 3. 研究の方法

#### (1) 電子・ホール二極性超伝導物質を用いた真の物性相図の作成

まず、我々が開発した「ソフト化学法」を用いて、 $\text{T}'$  構造のノンドープ超伝導体  $\text{La}_{1.8}\text{Eu}_{0.2}\text{CuO}_4$  の多結晶試料を作製した。ここで、 $\text{La}^{3+}$  の一部を  $\text{Eu}^{3+}$  で置換しているのは、過剰酸素を除去するために行う高温アニールの際に  $\text{T}'$  構造から  $\text{T}$  構造に変わるのを防ぐためである。そのためには、 $\text{La}^{3+}$  よりもイオン半径の小さな希土類元素が有効であるが、Cu のスピン相関を詳細に調べる実験を行うことに備えて、磁気モーメントを持たない  $\text{Eu}^{3+}$  を選んだ。 $\text{La}^{3+}$  の一部を磁気モーメントを持たない  $\text{Y}^{3+}$  で置換する実験も試みたが、成功しなかった。また、ノンドープ超伝導体  $\text{T}'\text{-La}_{1.8}\text{Eu}_{0.2}\text{CuO}_4$  において不純物効果を調べるために、磁性不純物 Ni および非磁性不純物 Zn で部分置換した  $\text{T}'\text{-La}_{1.8}\text{Eu}_{0.2}\text{Cu}_{1-y}(\text{Ni}, \text{Zn})_y\text{O}_4$  の多結晶試料も作製した。

次に、 $\text{La}^{3+}$  の一部を  $\text{Sr}^{2+}$  で置換することによって、ホールドーピングした  $\text{T}'\text{-La}_{1.8-x}\text{Eu}_{0.2}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  の多結晶試料を作製した。ノンドープ超伝導体とホールドーピングした  $\text{T}'\text{-La}_{1.8-x}\text{Eu}_{0.2}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  の多結晶試料の作製は、基本的には文献[2]の方法を踏襲したが、超伝導転移温度  $T_c$  を最適化するために、熱処理する温度と時間と真空度、また、試料の量を細かく制御した。

最後に、 $\text{O}^{2-}$  の一部を F で置換することによって、電子ドーピングした  $\text{T}'\text{-La}_{1.8}\text{Eu}_{0.2}\text{CuO}_{4-y}\text{F}_y$  の多結晶試料を作製した[6]。電子ドーピングした試料の作製は、 $\text{La}^{3+}$  の一部を  $\text{Ce}^{4+}$  に置換して行うことが一般的であったので、まずはそれを試みたが、 $\text{T}'\text{-La}_{1.8-x}\text{Eu}_{0.2}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$  の単相試料を作製することはできず、代わりに  $\text{T}'$  構造の  $\text{Eu}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$  が不純物相として現れてしまった。そこで、 $\text{T}'\text{-La}_{1.8}\text{Eu}_{0.2}\text{CuO}_{4-y}\text{F}_y$  の作製を試みた。まず、上記のノンドープ超伝導体  $\text{T}'\text{-La}_{1.8}\text{Eu}_{0.2}\text{CuO}_4$  の粉末試料と  $\text{NH}_4\text{F}$  の粉末試料を、 $\text{T}'\text{-La}_{1.8}\text{Eu}_{0.2}\text{CuO}_4 : \text{NH}_4\text{F} = 1 : y$  ( $0 < y < 0.15$ ) のモル比で混合し、ペレット化して真空封入し、350 で 10 時間熱処理した。その後、過剰酸素を除去するために、真空 ( $\sim 3 \times 10^{-5} \text{Pa}$ ) 下で、650 で 24 時間還元アニールを施した。

得られた試料が  $\text{T}'$  構造の単相試料であることは、粉末 X 線回折で確認した。Eu が磁気モーメントを持つ  $\text{Eu}^{2+}$  でなく非磁性の  $\text{Eu}^{3+}$  で置換されていることは、磁化率の温度依存性の測定で確認した。また、 $\text{T}'\text{-La}_{1.8}\text{Eu}_{0.2}\text{CuO}_{4-y}\text{F}_y$  については、F が仕込み量通りに置換されていることを電子線微小分析 (EPMA) で確認した。

$\text{T}'$  構造銅酸化物の真の物性相図を作成するために、まず、合成したホールドーピング試料

T'-La<sub>1.8-x</sub>Eu<sub>0.2</sub>Sr<sub>x</sub>CuO<sub>4</sub> と電子ドーピング試料 T'-La<sub>1.8</sub>Eu<sub>0.2</sub>CuO<sub>4-y</sub>F<sub>y</sub> の  $T_c$  を、SQUID 磁束計を用いた磁化率の測定から調べた。また、磁気状態を調べるために、理研 RAL ミュオン施設でミュオンスピン緩和の実験を行った[7]。そして、連携研究者・研究協力者の協力を仰ぎ、千葉大学で核磁気共鳴 (NMR) の実験も行った[8]。さらに、キャリアドーピングの情報を得るために、連携研究者・研究協力者の協力を仰ぎ、SPring-8 で、X 線吸収微細構造 (XAFS) の実験[9]、および、硬 X 線光電子分光 (HAXPES) と X 線吸収 (XAS) の実験[10]を行った。

## (2) 単結晶ノンドープ超伝導体の実現と分光測定による電子状態の解明

T'構造 Pr<sub>1.3-x</sub>La<sub>0.7</sub>Ce<sub>x</sub>CuO<sub>4</sub> (0 <math>x</math> 0.2)の単結晶をフローティング・ゾーン法で作製し、過剰酸素を除去するために、還元アニールを施した。単結晶試料の場合、過剰酸素を均一に除去することは、多結晶試料の場合に比べて格段に難しい。そこで、種々の方法で還元アニールを試みた。一つは、我々が既に開発していたプロテクトアニール法 [3]であり、単結晶試料を粉末多結晶試料で覆って、単結晶試料表面の還元によるダメージを抑える方法である。もう一つは、ダイナミックアニール法と呼ばれる方法で、高温でのアニールと低温でのアニールを繰り返す方法である。この方法では、酸素が抜ける高温で保持する時間を短くして表面の分解を防ぎつつ、温度の上げ下げの過程で試料の内部から表面へ酸素を拡散させて、これに続く高温でのアニールで表面から酸素を抜くことを意図した。これらの方法を使って、 $x=0$ の単結晶での超伝導化を目指した。既に超伝導化に成功している 0.05 <math>x</math> 0.2の単結晶では、 $T_c$ の最適化を図り、さらに課題である超伝導体積分率の上昇に取り組んだ。

T'構造銅酸化物本来の電子状態を明らかにするために、分光測定の専門家である連携研究者・研究協力者の協力を仰ぎ、得られた単結晶に対して種々の分光測定を行った。具体的には、Photon Factory と UVSOR で角度分解光電子分光 (ARPES) の実験[11,12]、大阪大学で光学反射率の実験[13]、J-PARC/MUSE と理研 RAL ミュオン施設でミュオンスピン緩和の実験[14,15]、千葉大学で NMR の実験[16]を行った。

## 4. 研究成果

### (1) 電子・ホール二極性超伝導物質を用いた真の物性相図の作成

図 1 に、電子ドーピングした T'-La<sub>1.8</sub>Eu<sub>0.2</sub>CuO<sub>4-y</sub>F<sub>y</sub> [6]とホールドーピングした T'-La<sub>1.8-x</sub>Eu<sub>0.2</sub>Sr<sub>x</sub>CuO<sub>4</sub> [2] および T'-La<sub>1.8-x</sub>Eu<sub>0.2</sub>Ca<sub>x</sub>CuO<sub>4</sub> [17]の磁化率の測定から求めた  $T_c$  を示す。 $T_c$  はホールドーピング側から電子ドーピング側に連続的に繋がり、ドーム状のキャリアドーピング依存性を示している。そして、最高の  $T_c$  はノンドープのところではなく、少し電子ドーピングした  $y = 0.025$  あたりに現れていることがわかる。図中の破線は、山崎ら[18]が  $d$ - $p$  モデルに基づいた有効 2 バンドモデルをたてて、スピンゆらぎによるペアリングで  $d$  波超伝導が発現していると仮定して計算した  $T_c$  の電子ドーピング依存性である。実験結果とよく一致していることがわかる。したがって、この系におけるペアリングの起源はスピンゆらぎであり、 $y = 0.025$  あたりに現れた最高の  $T_c$  は、フェルミ面のネステイングが最もよいためにスピンゆらぎが最も大きくなったためと解釈することができる[6]。

ノンドープ超伝導を示す T'-La<sub>1.8</sub>Eu<sub>0.2</sub>CuO<sub>4</sub> の多結晶試料と磁性不純物 Ni および非磁性不純物 Zn で部分置換した多結晶試料について、ミュオンスピン緩和の実験を行った結果[7]、いずれの試料も超伝導相と短距離磁気秩序相に相分離していることがわかった。そして、超伝導相の電子状態は、T'構造のホールドーピング型銅酸化物 T-La<sub>2-x</sub>Sr<sub>x</sub>CuO<sub>4</sub> のオーバードープ領域における電子状態と酷似していることがわかった。この結果も、スピンゆらぎによる  $d$  波超伝導を支持する結果である。

電子ドーピングした T'-La<sub>1.8</sub>Eu<sub>0.2</sub>CuO<sub>4-y</sub>F<sub>y</sub> について NMR の実験を行った結果[8]、超伝導の対称性は  $d$  波であり、ドーピング量の増加とともに反強磁性ゆらぎが抑制されていくことがわかった。この結果も、スピンゆらぎによる  $d$  波超伝導を支持する結果である。

ノンドープ超伝導体 T'-La<sub>1.8</sub>Eu<sub>0.2</sub>CuO<sub>4</sub> におけるキャリアの起源については、(A)還元アニールによる酸素欠損によって Cu<sub>3</sub>d<sub>x<sup>2</sup>-y<sup>2</sup></sub> の上部八バンドに電子がドーピングされたためとする説と、(B)電荷移動ギャップが潰れて金属的になったためとする説がある。(A)と(B)のどちらが正しいかを定めるために、各種実験を行った。

まず、T'-La<sub>1.8</sub>Eu<sub>0.2</sub>CuO<sub>4</sub> の多結晶試料について、XAFS の実験を行った[9]。その結果、還元アニールによって超伝導を示す試料では、電子キャリアが大量にドーピングされていることがわかった。これは、(B)によって大量の電子とホールが共存していることを示唆する結果である。

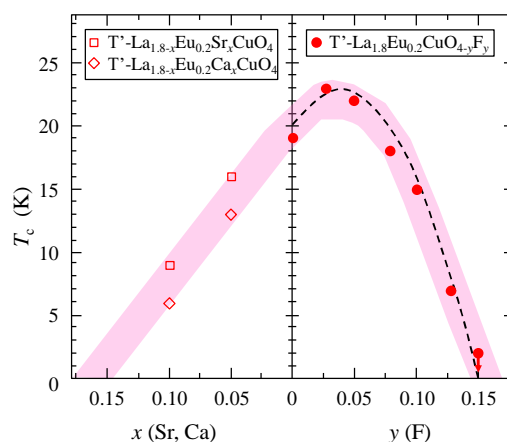


図 1. T'-La<sub>1.8</sub>Eu<sub>0.2</sub>CuO<sub>4-y</sub>F<sub>y</sub> と T'-La<sub>1.8-x</sub>Eu<sub>0.2</sub>(Sr, Ca)<sub>x</sub>CuO<sub>4</sub> の  $T_c$  のキャリアドーピング依存性。

次に、電子ドーピングした  $T'-La_{1.8}Eu_{0.2}CuO_{4-y}F_y$  とホールドーピングした  $T'-La_{1.8-x}Eu_{0.2}Sr_xCuO_4$  について、ミュオンスピン緩和の実験を行った結果、磁気転移温度はホールドーピングによって低下することがわかった。これも、(B)を支持する結果である。

ホールドーピングした  $T'-La_{1.8-x}Eu_{0.2}Sr_xCuO_4$  について、HAXPES と XAS の実験を行った結果、還元アニールによって電子がドーピングされ、La の Sr 置換によってホールがドーピングされることがわかった[10]。しかし、この結果からは(A)と(B)のどちらかに決めることはできなかった。

### (2) 単結晶ノンドープ超伝導体の実現と分光測定による電子状態の解明

$T'-Pr_{1.3-x}La_{0.7}Ce_xCuO_4$  ( $x = 0$ ) のノンドープの単結晶について、種々の還元アニールを施したが、残念ながら、超伝導を実現することはできなかった。しかしながら、T'型の母物質である  $Pr_2CuO_4$  の as-grown 単結晶にプロテクトアニールと低温アニールを施すことで、150 K 以上の温度域で金属的な電気抵抗の振舞いを観測することができた。室温での電気抵抗率の値は、ノンドープ超伝導が発現する薄膜試料の値よりも一桁高く、超伝導化まではあと一步の状況であると思われる。今後、ダイナミックアニールを加えるなどすれば、ノンドープ単結晶の超伝導化は可能であると思われる。

電子ドーピングした  $T'-Pr_{1.3-x}La_{0.7}Ce_xCuO_4$  ( $x = 0.05$ ) の単結晶においては、プロテクトアニールに低温アニールとダイナミックアニールを加えることで、バルクの超伝導を得ることに成功した。また、 $x = 0.10$  の単結晶では、還元を強めると  $T_c$  がドーム状に変化することがわかり、T'構造銅酸化物の単結晶において、これまでで最高の  $T_c = 29K$  を得ることができた。今後、 $x = 0.05$  の単結晶の  $T_c$  の最適化を図り、T'構造の単結晶における  $T_c$  の電子ドーピング量 (Ce 量) 依存性を明らかにすることが重要である。

プロテクトアニール法で還元を施した  $T'-Pr_{1.3-x}La_{0.7}Ce_xCuO_4$  の種々の単結晶試料について、ARPES の実験を行った結果、ARPES から見積もった電子ドーピング濃度は還元アニールによって増大し、超伝導がかなり広い範囲の電子ドーピング濃度で現れていることがわかった[11]。また、 $x = 0.10$  と  $0.15$  の単結晶試料について超伝導ギャップの異方性を測定した結果、超伝導の対称性は  $d$  波であることがわかった[12]。

$T'-Pr_{1.3-x}La_{0.7}Ce_xCuO_4$  ( $x = 0.05, 0.10$ ) の単結晶試料の光学反射率の測定を行った結果[13]、プロテクトアニールによって超伝導を示す単結晶試料については反射率が大きく、非超伝導の試料に比べて電子キャリアがかなり多いことがわかった。また、超伝導を示す試料では、新たな振動ピークが観測された。このピークは酸素欠損によって生じた可能性が高く、還元アニールによる酸素欠損が電子キャリアを誘起し、超伝導の発現に寄与している可能性があることがわかった。

プロテクトアニール法で還元を施した  $T'-Pr_{1.3-x}La_{0.7}Ce_xCuO_4$  ( $x = 0.10$ ) の単結晶試料について、ミュオンスピン緩和の実験を行った結果、アニールによる還元を強くしていくと、スピンゆらぎが大きくなり、 $T_c$  の上昇とよく対応していることがわかった[14]。また、 $x$  の大きなオーバードーピング領域についてミュオンスピン緩和の実験を行った結果、超伝導の消える  $x = 0.20$  ではスピン相関がかなり弱くなっていることがわかった[15]。これらは、この系の超伝導にはスピンゆらぎが効いていることを示唆する結果である。

超伝導を示す  $T'-Pr_{1.3-x}La_{0.7}Ce_xCuO_4$  ( $x = 0.05, 0.10$ ) について、NMR の実験を行った結果[16]、電子ドーピング量の増加につれて反強磁性相関が抑制されていくことがわかった。そして、超伝導の対称性は  $d$  波であると結論した。

### (3) 結論

電子・ホール二極性超伝導物質を用いて T'構造銅酸化物の真の物性相図を完成させるという第1の目的は達成された。得られたドーム状の  $T_c$  のキャリアドーピング依存性は、理論計算の結果とも一致し、この系の超伝導がスピンゆらぎによる  $d$  波対称性を持った超伝導であることがわかった。この結論は、NMR の実験とミュオンスピン緩和の実験からも支持された。我々が以前に行った  $T_c$  の不純物効果の実験からも支持されるものであり[19]、間違いのないものと思われる。また、ノンドープ超伝導体  $T'-La_{1.8}Eu_{0.2}CuO_4$  におけるキャリアの起源については、XAFS の実験とミュオンスピン緩和の実験からは、電荷移動ギャップが潰れて金属的になっているとする説が有力であることがわかった。しかしながら、HAXPES と XAS の実験からは、還元アニールによる酸素欠損によって  $Cu3d_{x^2-y^2}$  の上部ハバードバンドに電子がドーピングされているとする説を完全に否定することはできなかった。したがって、結論は今後を持ち越された。

第2の目的である単結晶ノンドープ超伝導体の実現は達成できなかった。しかし、 $T'-Pr_{1.3-x}La_{0.7}Ce_xCuO_4$  の単結晶試料を用いた種々の分光測定により、T'構造銅酸化物は反強磁性スピンゆらぎが大きい系であり、この系の超伝導がスピンゆらぎによる  $d$  波の対称性を持った超伝導であると結論することができた。ノンドープ超伝導体におけるキャリアの起源を明確にするためにも、単結晶ノンドープ超伝導体の実現が今後の課題である。

#### < 引用文献 >

- [1] A. Tsukada et al., Solid State Commun. **133**, 427 (2005).
- [2] T. Takamatsu et al., Appl. Phys. Express, **5**, 073101 (2012).
- [3] T. Adachi et al., J. Phys. Soc. Jpn. **82**, 063713 (2013).

- [4] C. Weber et al., *Nat. Phys.* **6**, 574 (2010)
- [5] 小形正男, 日本物理学会第 70 回年次大会 (2015).
- [6] T. Sunohara et al., *J. Phys. Soc. Jpn.* **89**, 014701 (2020).
- [7] T. Kawamata et al., *J. Phys. Soc. Jpn.* **87**, 094717 (2018).
- [8] H. Fukazawa et al., *Physica C*, **541**, 30 (2017).
- [9] S. Asano et al., submitted to *Phys. Rev. B*.
- [10] C. Lin et al., *J. Phys. Soc. Jpn.* **88**, 115004 (2019).
- [11] C. Lin et al., submitted to *Phys. Rev. Lett.*
- [12] M. Horio et al., *Phys. Rev. Lett.* **100**, 054517 (2019).
- [13] R. Ohnishi et al., *J. Phys. Soc. Jpn.* **87**, 043705 (2018).
- [14] T. Sumura et al., *JPS Conf. Proc.* **21**, 011027 (2018).
- [15] M. A. Baqiya et al., *Phys. Rev. B*, **100**, 064514 (2019).
- [16] YS. Lee et al., to be submitted.
- [17] T. Takamatsu et al., *Phys. Procedia*, **58**, 46 (2014).
- [18] K. Yamazaki et al., *J. Phys.: Conf. Ser.* **871**, 012009 (2017).
- [19] K. Ohashi et al., *J. Phys. Soc. Jpn.* **85**, 093703 (2016).

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 12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 足立匡、小池洋二	4. 巻 32
2. 論文標題 銅酸化物におけるキャリアーノドープ超伝導	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 パリティ	6. 最初と最後の頁 14-19
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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 T. Adachi, T. Kawamata and Y. Koike	4. 巻 2
2. 論文標題 Novel Electronic State and Superconductivity in the Electron-Doped High-Tc T'-Superconductors	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 23/1-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/condmat2030023	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 M. A. Baqiya, B. Triono, Darminto, T. Adachi, A. Takahashi, T. Konno, M. Watanabe, T. Prombood and Y. Koike	4. 巻 196
2. 論文標題 Protected Vacuum Annealing Effect on Single Crystals of Pr <sub>1-x</sub> La <sub>x</sub> CeCuO <sub>4</sub> in the Overdoped Regime	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 012011/1-4
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1088/1757-899X/196/012011	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 Z. Guguchia, T. Adachi, Z. Shermadini, T. Ohgi, J. Chang, E. S. Bozin, F. von Rohr, A. M. dos Santos, J. J. Molaison, R. Boehler, Y. Koike, A. R. Wieteska, B. A. Frandsen, E. Morenzoni, A. Amato, S. J. L. Billinge, Y. J. Uemura and R. Khasanov	4. 巻 96
2. 論文標題 Pressure tuning of structure, superconductivity, and novel magnetic order in the Ce-underdoped electron-doped cuprate T'-Pr <sub>1.3-x</sub> La <sub>0.7</sub> CeCuO <sub>4</sub> (x = 0.1)	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 094515/1-11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 101103/PhysRevB.96.094515	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. Fukazawa, S. Ishiyama, M. Goto, S. Kanamaru, K. Ohashi, T. Kawamata, T. Adachi, M. Hirata, T. Sasaki, Y. Koike and Y. Kohori	4. 巻 541
2. 論文標題 Undoped high-Tc superconductivity in T'-La <sub>1.8</sub> Eu <sub>0.2</sub> Cu <sub>0.4</sub> + revealed by 63,65Cu and 139La NMR: Bulk superconductivity and antiferromagnetic fluctuations	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physica C	6. 最初と最後の頁 30-35
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physc.2017.08.002	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 T. Sumura, T. Ishimoto, H. Kuwahara, K. Kurashima, Y. Koike, I. Watanabe, M. Miyazaki, A. Koda, R. Kadono and T. Adachi	4. 巻 21
2. 論文標題 Reduction Effects on the Cu-Spin Correlation in the Electron-Doped T'-Cuprate Pr <sub>1.3</sub> -xLa <sub>0.7</sub> CexCu <sub>0.4</sub> + (x = 0.10)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 JPS Conference Proceedings	6. 最初と最後の頁 011027/1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JSPCP.21.011027	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. Ohnishi, M. Nakajima, S. Miyasaka, S. Tajima, T. Adachi, T. Ohgi, A. Takahashi and Y. Koike	4. 巻 87
2. 論文標題 Optical Study of Electron-Doped Cuprate Pr <sub>1.3</sub> -xLa <sub>0.7</sub> CexCu <sub>0.4</sub> + in Under-Doped Regime: Revisit the Phase Diagram	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 043705/1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.87.043705	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 T. Kawamata, K. Ohashi, T. Takamatsu, T. Adachi, M. Kato, I. Watanabe and Y. Koike	4. 巻 87
2. 論文標題 Impurity Effects on the Electronic State in the Undoped (Ce-Free) Superconductor T'-La <sub>1.8</sub> Eu <sub>0.2</sub> Cu <sub>0.4</sub> Studied by Muon Spin Relaxation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 094717/1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.87.094717	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 Horio M., Koshiishi K., Nakata S., Hagiwara K., Ota Y., Okazaki K., Shin S., Ideta S., Tanaka K., Takahashi A., Ohgi T., Adachi T., Koike Y., Fujimori A.	4. 巻 100
2. 論文標題 d-wave superconducting gap observed in protect-annealed electron-doped cuprate superconductors Pr1.3-xLa0.7CexCuO4	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 054517/1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.100.054517	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 Baqiya Malik A., Adachi Tadashi, Takahashi Akira, Konno Takuya, Ohgi Taro, Watanabe Isao, Koike Yoji	4. 巻 100
2. 論文標題 Muon-spin relaxation study of the spin correlations in the overdoped regime of electron-doped high-Tc cuprate superconductors	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 064514/1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.100.064514	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 Kramer K. P., Horio M., Adachi T., Ohgi T., Kawamata T., Koike Y. 他22名	4. 巻 99
2. 論文標題 Band structure of overdoped cuprate superconductors: Density functional theory matching experiments	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 224509/1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.99.224509	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 Lin Chun, Horio Masafumi, Kawamata Takayuki, Saito Shin, Koshiishi Keisuke, Sakamoto Shoya, Zhang Yujun, Yamamoto Kohei, Ikeda Keisuke, Hirata Yasuyuki, Takubo Kou, Wadati Hiroki, Yasui Akira, Takagi Yasumasa, Ikenaga Eiji, Adachi Tadashi, Koike Yoji, Fujimori Atsushi	4. 巻 88
2. 論文標題 Nature of Carrier Doping in T <sub>1</sub> -La <sub>1.8</sub> xEu <sub>0.2</sub> SrxCuO <sub>4</sub> Studied by X-Ray Photoemission and Absorption Spectroscopy	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 115004/1-2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.115004	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 Sunohara Toshiki, Kawamata Takayuki, Shiosaka Kota, Takamatsu Tomohisa, Noji Takashi, Kato Masatsune, Koike Yoji	4. 巻 89
2. 論文標題 Electron-Doping Effect on Tc in the Undoped (Ce-Free) Superconductor T'-La <sub>1.8</sub> Eu <sub>0.2</sub> CuO <sub>4</sub> Studied by the Fluorine Substitution for Oxygen	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 014701/1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.89.014701	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 6件 / うち国際学会 15件)

1. 発表者名 T. Kawamata, K. Ohashi, T. Takamatsu, T. Adachi, I. Watanabe, M. Kato, Y. Koike
2. 発表標題 Impurity Effects on the Electronic State and Superconductivity in the Undoped Superconductor T'-La <sub>1.8</sub> Eu <sub>0.2</sub> Cu <sub>1-y</sub> MyO <sub>4</sub> (M = Ni, Zn)
3. 学会等名 The 14th International conference on Muon Spin Rotation, Relaxation and Resonance (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Sumura, T. Ishimoto, H. Kuwahara, K. Kurashima, Y. Koike, I. Watanabe, M. Miyazaki, A. Koda, R. Kadono, T. Adachi
2. 発表標題 Over-reduction effects on the Cu-spin correlation in the electron-doped T'-cuprate Pr <sub>1.3-x</sub> La <sub>0.7</sub> Ce <sub>x</sub> CuO <sub>4+</sub> (x = 0.10)
3. 学会等名 The 14th International conference on Muon Spin Rotation, Relaxation and Resonance (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Adachi, T. Sumura, M. A. Baqiya, A. Takahashi, T. Konno, T. Ohgi, K. Kurashima, T. Kawamata, T. Ishimoto, H. Kuwahara, I. Watanabe, A. Koda, M. Miyazaki, R. Kadono, S. Awaji, Y. Koike
2. 発表標題 Cu-spin correlation and novel electronic state in the electron-doped high-Tc cuprates
3. 学会等名 28th International Conference on Low temperature Physics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1 . 発表者名 T. Kawamata, K. Ohashi, T. Takamatsu, T. Adachi, I. Watanabe, M. Kato, Y. Koike
2 . 発表標題 Electronic State in the Undoped Superconductor $T'-La_{1.8}Eu_{0.2}CuO_4$ Studied from Impurity Effects
3 . 学会等名 28th International Conference on Low temperature Physics ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 A. Fujimori, M. Horio, A. Takahashi, Y. Mori, T. Konno, T. Ohgi, H. Sato, T. Adachi, Y. Koike et al.
2 . 発表標題 effects of reduction annealing on the electron-doped cuprates revealed by ARPES and Core-level spectroscopy
3 . 学会等名 28th International Conference on Low temperature Physics ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 T. Adachi, T. Sumura, M. A. Baqiya, A. Takahashi, T. Konno, T. Ohgi, K. Kurashima, T. Kawamata, T. Ishimoto, H. Kuwahara, I. Watanabe, A. Koda, M. Miyazaki, R. Kadono, S. Awaji, Y. Koike
2 . 発表標題 Cu-spin Correlation and Novel Electronic State in the Electron-Doped High-Tc $T'$ -Superconductors
3 . 学会等名 International Conference "Electron Correlation in Superconductors and Nanostructures" ( 招待講演 ) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 S. Tajima, R. Ohnishi, M. Nakajima, S. Miyasaka, T. Adachi, T. Ohgi, A. Takahashi, Y. Koike
2 . 発表標題 Electronic state of the electron-doped cuprates studied by optical measurements
3 . 学会等名 International Conference "Electron Correlation in Superconductors and Nanostructures" ( 招待講演 ) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Adachi, T. Sumura, M. A. Baqiya, A. Takahashi, T. Konno, T. Ohgi, K. Ohashi, K. Kurashima, T. Kawamata, T. Ishimoto, H. Kuwahara, I. Watanabe, A. Koda, M. Miyazaki, R. Kadono, S. Awaji, Y. Koike
2. 発表標題 Undoped superconductivity and Novel Electronic State in the High-Tc T'-Cuprates
3. 学会等名 European Material Research Society (E-MRS) Fall Meeting 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 御手洗誠、板倉輝俊、木村宏之、浅野駿、藤田全基、足立匡、小池洋二、岸本俊二
2. 発表標題 プロテクトアニールによるT'型銅酸化物超伝導体母物質Pr <sub>2</sub> CuO <sub>4</sub> + の構造変化の研究
3. 学会等名 日本物理学会2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 齋藤真、川股隆行、大橋幸記、高松智寿、加藤雅恒、小池洋二
2. 発表標題 ホールドープした銅酸化物超伝導体T'-La <sub>1.8-x</sub> Eu <sub>0.2</sub> Sr <sub>x</sub> CuO <sub>4</sub> における超伝導転移温度の不純物置換効果
3. 学会等名 日本物理学会2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 洲村拓哉、石本奨、桑原英樹、倉嶋晃士、小池洋二、渡邊功雄、宮崎正範、幸田章宏、門野良典、足立匡
2. 発表標題 過剰に還元された電子ドープ型銅酸化物Pr <sub>1.3-x</sub> La <sub>0.7</sub> Ce <sub>x</sub> CuO <sub>4</sub> + におけるCuスピン相関と超伝導
3. 学会等名 日本物理学会2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小池洋二、川股隆行、大橋幸記、加藤雅恒、足立匡、渡邊功雄
2. 発表標題 μSRからみたノンドーブ銅酸化物超伝導体T'-La <sub>1.8</sub> Eu <sub>0.2</sub> CuO <sub>4</sub> の電子状態
3. 学会等名 ミュオン新学術領域第2回研究討論会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 浅野駿、鈴木謙介、渡邊功雄、幸田章宏、門野良典、野地尚、小池洋二、藤田全基
2. 発表標題 ミュオンスピン緩和実験からみたT'型銅酸化物超伝導体の磁性に対するアニール効果
3. 学会等名 2017年度量子ビームサイエンスフェスタ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 御手洗誠、板倉輝俊、木村宏之、浅野駿、藤田全基、洲村拓哉、足立匡、小池洋二、岸本俊二
2. 発表標題 単結晶X線構造解析によるT'型銅酸化物超伝導体Pr <sub>1.3</sub> -xLa <sub>0.7</sub> CexCuO <sub>4</sub> + (x = 0.10)の還元アニール効果の研究
3. 学会等名 2017年度量子ビームサイエンスフェスタ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金丸周平、深澤英人、後藤雅人、小堀洋、高橋晶、川股隆行、川端公貴、足立匡、平田倫啓、佐々木孝彦、小池洋二
2. 発表標題 過剰に還元された電子ドーブ型高温超伝導体T'-Pr <sub>1.3</sub> -xLa <sub>0.7</sub> CexCuO <sub>4</sub> + の63,65Cu, 139La-NMR
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 C. Lin, M. Horio, K. Koshiishi, S. Nakata, K. Hagiwara, K. Ono, K. Horiba, H. Kumigashira, S. Ideta, K. Tanaka, T. Ohgi, T. Kawamata, H. Sato, Y. Koike, T. Adachi, A. Fujimori
2. 発表標題 Extended superconducting dome of Pr <sub>1.3-x</sub> La <sub>0.7</sub> Ce <sub>x</sub> CuO <sub>4</sub> after protect annealing
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 御手洗誠、板倉輝俊、木村宏之、浅野駿、藤田全基、洲村拓哉、足立匡、小池洋二、岸本俊二
2. 発表標題 T'型銅酸化物超伝導体Pr <sub>1.3-x</sub> La <sub>0.7</sub> Ce <sub>x</sub> CuO <sub>4</sub> + (x = 0.10)のプロテクトアニール前後の構造変化
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 後藤雅人、金丸周平、深澤英人、小堀洋、大橋幸記、川股隆行、足立匡、平田倫啓、佐々木孝彦、小池洋二
2. 発表標題 T'型高温超伝導体La <sub>1.8</sub> Eu <sub>0.2</sub> CuO <sub>4</sub> + の63,65Cu, 139La-NMR
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小池洋二
2. 発表標題 銅酸化物におけるノンドープ超伝導とインターカレーションによる超伝導の探索
3. 学会等名 岡山大学理学部物理学科第2回物理談話会
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 Y. Kohori, H. Fukazawa, S. Ishiyama, M. Goto, S. Kanamaru, K. Ohashi, T. Kawamata, T. Adachi, M. Hirata, Y. Koike
2 . 発表標題 63,65CuNMR studies of superconducting $T'-La_{1.8}Eu_{0.2}CuO_4$ with $Nd_2CuO_4$ structure
3 . 学会等名 12th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity and High Temperature Superconductors (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 T. Adachi, T. Sumura, M. A. Baqiya, T. Ishimoto, H. Kuwahara, K. Kurashima, I. Watanabe, A. Koda, M. Miyazaki, R. Kadono, Y. Koike
2 . 発表標題 Reduction and Electron-Doping Effects on the Cu-Spin Correlation in Electron-Doped High-Tc Cuprates $Pr_{2-x-y}La_yCe_xCuO_4$
3 . 学会等名 12th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity and High Temperature Superconductors (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 T. Kawamata, K. Ohashi, T. Takamatsu, T. Adachi, I. Watanabe, K. Kato, Y. Koike
2 . 発表標題 Electronic State in the Undoped (Ce-Free) Superconductor $T'-La_{1.8}Eu_{0.2}CuO_4$ Studied from Impurity Effects on Muon Spin Relaxation
3 . 学会等名 12th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity and High Temperature Superconductors (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Y. Koike, T. Kawamata, T. Adachi, H. Fukazawa, Y. Kohori
2 . 発表標題 Electronic state and superconductivity in the undoped high-Tc superconductor $T'-La_{1.8}Eu_{0.2}CuO_4$
3 . 学会等名 The European Materials research Society (E-MRS) 2018 Fall Meeting (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 春原稔樹、川股隆行、高松智寿、加藤雅恒、小池洋二
2. 発表標題 Nd <sub>2</sub> CuO <sub>4</sub> 構造を有するノンドープ超伝導体La <sub>1.8</sub> Eu <sub>0.2</sub> CuO <sub>4</sub> におけるフッ素置換による電子ドープ効果
3. 学会等名 第73回応用物理学会東北支部学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小池洋二
2. 発表標題 超伝導物質およびスピンによる高熱伝導物質の探索
3. 学会等名 第57回セラミックス基礎討論会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 春原稔樹、川股隆行、高松智寿、加藤雅恒、小池洋二
2. 発表標題 Nd <sub>2</sub> CuO <sub>4</sub> 構造を有するノンドープ超伝導体La <sub>1.8</sub> Eu <sub>0.2</sub> CuO <sub>4</sub> におけるフッ素置換
3. 学会等名 第57回セラミックス基礎討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川股隆行、大橋幸記、齋藤真、高松智寿、足立匡、渡邊功雄、加藤雅恒、小池洋二
2. 発表標題 μSRからみたノンドープ超伝導体T'-La <sub>1.8</sub> Eu <sub>0.2</sub> CuO <sub>4</sub> の電子状態
3. 学会等名 量子ビーム若手研究会「超伝導体とその周辺物質に対する量子ビーム研究の新展開」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 御手洗誠、板倉輝俊、木村宏之、浅野駿、藤田全基、洲村拓哉、石本奨、足立匡、小池洋二、岸本俊二
2. 発表標題 単結晶X線回折による $T'-Pr_{1.3-x}La_{0.7}Ce_xCuO_4$ ( $x=0.10$ )の還元アニールによる構造変化の研究
3. 学会等名 2018年度量子ビームサイエンスフェスタ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金丸周平、Lee Yongsun、後藤雅人、深澤英人、小堀洋、高橋晶、川股隆行、川端公貴、田島一輝、足立匡、小池洋二
2. 発表標題 電子ドーピング高温超伝導体 $T'-Pr_{1.3-x}La_{0.7}Ce_xCuO_4$ の $^{63,65}Cu$ , $^{139}La$ -NMR
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 水留勝也、大西諒太、中島正道、宮坂茂樹、田島節子、小池洋二、洲村拓哉、足立匡
2. 発表標題 光学フォノンスペクトルから見る $(Pr,La,Ce)_2CuO_4$ の還元アニール効果
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 H. Fukazawa, YS. Lee, S. Kanamaru, M. Goto, Y. Kohori, A. Takahashi, T. Kawamata, K. Kawabata, K. Tajima, T. Adachi, Y. Koike
2. 発表標題 Suppression of Antiferromagnetic Spin Fluctuations by Electron Doping in $T'-Pr_{1.3-x}La_{0.7}Ce_xCuO_4$ Probed by NMR
3. 学会等名 東北大学金属材料研究所ワークショップ "Research Frontier of Advanced Spectroscopies for Correlated Electron Systems"
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 T. Kawamata, T. Sunohara, K. Shiosaka, T. Takamatsu, T. Noji, M. Kato, Y. Koike
2. 発表標題 Electron doping in the undoped (Ce-free) superconductor $T' - La_{1.8}Eu_{0.2}CuO_4$
3. 学会等名 東北大学金属材料研究所ワークショップ "Research Frontier of Advanced Spectroscopies for Correlated Electron Systems"
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Mitarashi, T. Sakakura, H. Kimura, S. Asano, K. Tsutsumi, M. Fujita, T. Sumura, T. Adachi, Y. Koike, S. Kishimoto
2. 発表標題 Single crystal X-ray structure analysis of $T'$ -type cuprate superconductor via reduction annealing
3. 学会等名 東北大学金属材料研究所ワークショップ "Research Frontier of Advanced Spectroscopies for Correlated Electron Systems"
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 YS. Lee, S. Kanamaru, M. Goto, H. Fukazawa, Y. Kohori, A. Takahashi, T. Kawamata, K. Kawabata, K. Tajima, T. Adachi, Y. Koike
2. 発表標題 Pseudogap behavior in $T' - Pr_{1.3-x}La_{0.7}Ce_xCuO_4$ ( $x = 0.10$ ) probed by NMR
3. 学会等名 Ito International Research Center Conference, The University of Tokyo & ISSP International Workshop "Spectroscopies in Novel Superconductors" (SNS2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Sunohara, T. Kawamata, K. Shiosaka, T. Takamatsu, T. Noji, M. Kato, Y. Koike
2. 発表標題 Carrier-doping effects on $T_c$ in the undoped (Ce-free) superconductor $T' - La_{1.8}Eu_{0.2}CuO_4$
3. 学会等名 Ito International Research Center Conference, The University of Tokyo & ISSP International Workshop "Spectroscopies in Novel Superconductors" (SNS2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浅野駿, 石井賢司, 松村大樹, 辻卓也, 伊奈稔哲, 齋藤真, 春原稔樹, 川股隆行, 小池洋二, 工藤康太, 藤田全基
2. 発表標題 CuK端XANESとEXAFSの相補利用によるノンドープ銅酸化物超伝導体La <sub>1.8</sub> Eu <sub>0.2</sub> CuO <sub>4</sub> の電子状態に対するアニール効果の研究
3. 学会等名 第22回XAFS討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yongsun Lee, 渡井将希, 金丸周平, 後藤雅人, 深澤英人, 小堀洋, 高橋晶, 川股隆行, 川端公貴, 田島一輝, 足立匡, 小池洋二
2. 発表標題 電子ドープ型高温超伝導体T' <sub>1-x</sub> Pr <sub>1.3-x</sub> La <sub>0.7</sub> Ce <sub>x</sub> CuO <sub>4</sub> の63,65Cu,139La-NMR II
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 浅野駿, 石井賢司, 松村大樹, 辻卓也, 伊奈稔哲, 齋藤真, 春原稔樹, 川股隆行, 小池洋二, 工藤康太, 藤田全基
2. 発表標題 X線吸収微細構造解析によるLa <sub>1.8</sub> Eu <sub>0.2</sub> CuO <sub>4</sub> の電子状態に対するアニール効果の研究
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 春原稔樹, 川股隆行, 塩坂浩太, 高松智寿, 野地尚, 加藤雅恒, 小池洋二
2. 発表標題 ノンドープ (Ceフリー) 超伝導体T' <sub>1-x</sub> La <sub>1.8</sub> Eu <sub>0.2</sub> CuO <sub>4</sub> における電子ドープ効果とその電子状態
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 松澤悠, 溝川貴司, 足立匡, 高橋晶, 今野巧也, 佐藤秀孝, 川股隆行, 小池洋二, A. Barinov, V. Kandyba, A. Giampietri, N. L. Saini
2. 発表標題 位置分解光電子分光と角度分解光電子分光によるPr <sub>1.3</sub> -xLa <sub>0.7</sub> CexCuO <sub>4</sub> の擬ギャップと不均一性
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 T. Kawamata, T. Sunohara, K. Shiosaka, T. Adachi, I. Watanabe, A. Koda, J. Nakamura, S. Nishimura, M. Kato, Y. Koike
2. 発表標題 Hole- and Electron-Doping Effect on the Magnetism in the Ce-Free Superconductor T'-La <sub>1.8</sub> -xEu <sub>0.2</sub> SrxCuO <sub>4</sub> -yFy
3. 学会等名 J-PARC Symposium 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshiki Sunohara, Takayuki Kawamata, Kota Shiosaka, Tomohisa Takamatsu, Takashi Noji, Masatsune Kato, Yoji Koike
2. 発表標題 Electron-doping Effect and the Electronic State in the Undoped (Ce-free) Superconductor T' -La <sub>1.8</sub> Eu <sub>0.2</sub> CuO <sub>4</sub> -
3. 学会等名 The 32nd International Symposium on Superconductivity (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

東北大学ホームページ  
<http://www.apph.tohoku.ac.jp/low-temp-lab/index.html>

## 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
研究協力者	齋藤 真  (SAITO Shin)		
研究協力者	春原 稔樹  (SUNOHARA Toshiki)		
研究協力者	バキヤ マリク  (BAQIYA Malik A.)		
研究協力者	深澤 英人  (FUKAZAWA Hideto)		
研究協力者	堀尾 眞史  (HORIO Masafumi)		
研究協力者	浅野 駿  (ASANO Shun)		
研究協力者	洲村 拓哉  (SUMURA Takuya)		
研究協力者	大西 諒太  (OHNISHI Ryota)		

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	林 春 (LIN Chun)		
研究協力者	李 庸善 (LEE Youngsun)		
研究協力者	後藤 雅人 (GOTO Masato)		
研究協力者	金丸 周平 (KANAMARU Shuhei)		
研究協力者	御手洗 誠 (MITARAI Makoto)		
研究協力者	水溜 勝也 (MIZUTAMARI Katsuya)		
研究協力者	クレイマー ケビン (KRAMER Kevin P.)		
研究協力者	ググチャ ズラブ (GUGUCHIA Zurab)		

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	木村 宏之  (KIMURA Hiroyuki)		
研究協力者	溝川 貴司  (MIZOKAWA Takashi)		
研究協力者	松澤 悠  (MATSUZAWA Yuu)		
連携研究者	加藤 雅恒  (KATO Masatsune)  (50211850)	東北大学・工学研究科・准教授   (11301)	
連携研究者	川股 隆行  (KAWAMATA Takayuki)  (00431601)	東北大学・工学研究科・助教   (11301)	
連携研究者	足立 匡  (ADACHI Tadashi)  (40333843)	上智大学・理工学部・教授   (32621)	
連携研究者	藤森 淳  (FUJIMORI Atsushi)  (10209108)	東京大学・理学系研究科・教授   (12601)	
連携研究者	田島 節子  (TAJIMA Setsuko)  (70188241)	大阪大学・理学研究科・教授   (14401)	

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	小堀 洋 (KOHORI You)  (10153660)	千葉大学・理学研究科・教授  (12501)	
連携研究者	藤田 全基 (FUJITA Masaki)  (20303894)	東北大学・金属材料研究所・教授  (11301)	
連携研究者	石井 賢司 (ISHII Kenji)  (40343933)	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・放射光科学研究センター・上席研究員  (82502)	