

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：82502

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K03749

研究課題名（和文）光電子顕微分光による銅酸化物高温超伝導のアンドレーエフ束縛状態の観測

研究課題名（英文）Observation of Andreev bound states in high-Tc cuprates by photoemission microscopy

研究代表者

岩澤 英明（Iwasawa, Hideaki）

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・関西光科学研究所 放射光科学研究センター・上席研究員

研究者番号：90514068

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：銅酸化物高温超伝導体の(110)面におけるアンドレーエフ束縛状態は、理論計算やトンネル分光により広く実証されてきたが、原理的には観測可能な角度分解光電子分光（ARPES）を用いた報告例は存在しない。これは非容易へき開面である(110)面でのARPES測定が困難であったことに起因すると推察される。そこで本研究ではマイクロ集光した放射光ARPESを活用することで、非容易へき開面の(100)/(110)面でのARPES測定を実現した。また、機械学習を用いた顕微ARPESデータ解析手法の開発により、不均一試料表面での顕微ARPES計測の効率化と高速化に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、顕微ARPESを活用することで、非容易へき開面でのARPES測定を確立し、銅酸化物高温超伝導体の(100)面および(110)面の電子状態の観測に成功した。また、機械学習を用いた顕微ARPESデータ解析手法を開発し、顕微ARPES計測の効率化と高速化に成功した。本研究により高度化した計測・解析技術は、界面におけるアンドレーエフ束縛状態や、局所領域において存在が予測される高次トポロジカル絶縁体などの顕微観測にも大きく貢献できると考えられるため、波及効果も大きい。

研究成果の概要（英文）：The existence of Andreev bound states on the (110) surface of cuprate high-temperature superconductors has been widely demonstrated through theoretical calculations and tunneling spectroscopy. However, there have been no reports of their observation using angle-resolved photoemission spectroscopy (ARPES), which is, in principle, capable of detecting such states. This is likely due to the difficulty of performing ARPES measurements on the (110) surface that is not easily cleavable. Therefore, in this study, we performed ARPES measurements on the (100)/(110) surfaces of cuprate high-temperature superconductors using spatially-resolved ARPES with micro-focused synchrotron radiation. Furthermore, we developed machine learning-based data analysis methods for spatially-resolved ARPES on inhomogeneous sample surfaces, leading to significantly improved efficiency in analyzing and understanding the spatial mapping ARPES data.

研究分野：固体物性、放射光物性

キーワード：角度分解光電子分光 銅酸化物高温超伝導体 アンドレーエフ束縛状態 光電子顕微分光 機械学習

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

銅酸化物高温超伝導体では、d 波超伝導対称性の性質を反映し、(110) 界面に分散を持たないゼロエネルギー・アンドレーエフ束縛状態の存在が理論的に予測される。実験的にも、トンネル分光を用いたゼロバイアス・コンダクタンスピークの観測により、銅酸化物高温超伝導体におけるアンドレーエフ束縛状態の存在は広く実証されている。しかし、原理的に波数分解能を持たないトンネル分光ではアンドレーエフ束縛状態の分散関係を直接的に検証することは出来ない。一方、固体中の電子のエネルギー・波数分散関係を観測出来る ARPES は、原理的には、アンドレーエフ束縛状態の分散関係を直接検証できる実験手法である。しかし、ARPES を用いたアンドレーエフ束縛状態の研究・報告例はこれまで存在しない。これは、従来、へき開性・平坦性が高く、超伝導発現の舞台である (001) 面を用いて、銅酸化物超伝導体の ARPES 研究が進められてきたことに起因すると推察される。従って、表面作成が困難な (110) 面を用いたアンドレーエフ束縛状態に関する ARPES 研究は挑戦的な課題であった。

## 2. 研究の目的

本研究では「試料の微細加工」・「試料のへき開・破碎の工夫」・「顕微 ARPES」を組み合わせることで「非容易へき開面での ARPES 手法」を確立する。これにより、銅酸化物高温超伝導体の (110) 面に現れるアンドレーエフ束縛状態を直接観測することを目的とする。

## 3. 研究の方法

銅酸化物超伝導体は、c 軸方向に  $\text{CuO}_2$  面が積層した層状ペロブスカイト構造を取る。従って、容易へき開面は (001) 面となり、(110) 面等の低数面には割れにくい。しかし、c 軸方向の厚みを数十マイクロメートル程度へ微細加工し、側面から叩くことで、(110) 面等の低数のへき開 (破碎) 面を微小 (= ミクロンオーダー) ながら得ることが出来る。本研究では、結晶の 3 次元性が高い「 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  (LSCO)」を対象とする (= c 軸方向に割れにくく、低数面が出現しやすい)。この系は、 $\text{CuO}_2$  面が単位胞内に 1 枚のみ含むため、単純な電子構造を取ることも利点として挙げられる。次に、へき開 (破碎) 表面の中から、(110) 面の微小領域を検出し、ARPES 測定を行うために、ミクロンオーダーの高い空間分解能 (微小集光した入射光 × 高精度の試料位置制御) を備えた顕微 ARPES を利用する。また、アンドレーエフ束縛状態は、超伝導ギャップ内に出現するため、高エネルギー分解能での顕微 ARPES 測定が必要となる。実際の高分解能・顕微 ARPES 測定は、英国放射光施設 Diamond Light Source の高分解能 APRES ビームライン (I05) ならびに米国スタンフォード放射光施設 Stanford Synchrotron Radiation Lightsource (SSRL) を利用する。また、予備的な ARPES 実験として、国内放射光施設 (広島大学放射光科学研究センター (HiSOR) など) を利用する。

## 4. 研究成果

### (1) 機械学習を用いた顕微 ARPES データ解析手法の開発

銅酸化物超伝導体を、(110) 方向にへき開した場合、(110) 面等の低数の微小へき開 (破碎) 面を得ることが出来ると期待されるが、得られるへき開面は均一ではなく、複数の面方位まで混在した状況が予測される。このような不均一試料において、顕微 ARPES 計測を行い、所望の電子状態を効率的に観測するためには、空間的に不均一に混在する電子状態をスペクトルの特徴で分類し、それらの空間分布を可視化する必要がある。そこで本研究では、機械学習を用いた顕微 ARPES データの解析手法の開発に取り組んだ。

顕微 ARPES 実験では、表面に異なる終端面 ( $\text{CuO}$  面と  $\text{BaO}$  面) が混在し、局所的に電子状態が不均一に変化することが分かっている Y 系銅酸化物高温超伝導体 ( $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ ) を用いた。本研究では、1150 点の二次元空間点において、エネルギー軸 1040 点 × 角度軸 1000 点からなる ARPES スペクトルを逐次計測して得られた四次元データセットに対して、教師なし学習 (= 事前にデータの正解を与えることなく、入力データ群から、データが有する本質的な特徴量を抽出できる) の一種であるクラスタリングを用いた解析手法を開発した。その結果、空間 ARPES データの特徴量を抽出し、特徴量に応じたデータのグループ分けと空間分布の可視化、さらには、各グループ内の特徴量を最も強く表す空間領域 (最適測定点) の可視化にも成功した (図 1)。これにより、これまで顕微 ARPES 計測において、手動や目視確認に頼っていた空間データ特徴の確認・把握が、自動かつ高速で可能となり、顕微 ARPES 計測の効率化・高速化に成功した。この成果は、npj Quantum Materials で論文発表し、Synchrotron Radiation News にて解説した。また、日刊工業新聞 “量子科学でつくる未来” の記事として、内容紹介した。

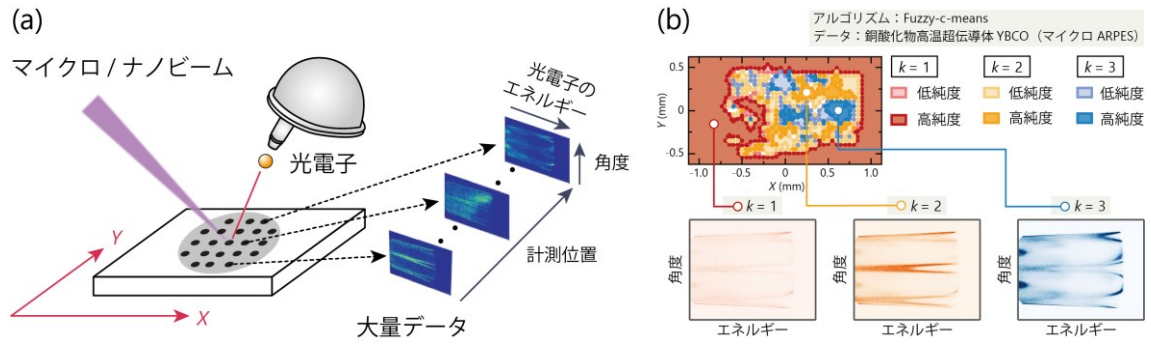


図 1. (a) 顕微 ARPES 計測の模式図、(b) クラスタリング解析の使用例。

## (2) La 系銅酸化物の複数面方位における顕微 ARPES

最適ドーピング LSCO を棒状に微細加工することで、これまで広く行われてきた(001)面だけでなく、(100)および(110)面を使用したマイクロ ARPES 実験を実施した。マイクロビームを用いることで、微小な(100)および(110)面からの光電子強度の観測ならびに明瞭な準粒子分散の観測に成功した。また、励起光エネルギーを固定し、試料の角度マッピングまたは分析器のディフレクターマッピングを行うことで、c 軸方向のバンド分散 (つまり、(001)面での  $k_z$  分散) を面内のフェルミ面として観測に成功した。ただし、超伝導ギャップ内に存在すると予測されるアンドレーエフ束縛状態の有無を検証するには、銅酸化物の超伝導ギャップが異方的な d 波対称性を持つことを考慮し、ab 面内のフェルミ面での測定波数位置を調整する必要がある。そこで、試料の垂直放出角度を分析器に対して高精度に決定した状態で、励起光エネルギー依存性の測定を行い、ab 面内のフェルミ面を実際に測定することに成功した。計測された ab 面内のフェルミ面を基に、超伝導ギャップが最大となるアンチノード方向で高分解能かつ高統計精度の ARPES 測定を行った。その結果、(100)面では、超伝導ギャップのみが観測され、ギャップ内に有意なゼロエネルギー状態は観測されなかった。一方、(110)面では超伝導ギャップとともに、フェルミ準位を中心としたピーク構造の存在が示唆される結果が得られた。これらの結果は、「ARPES を用いたアンドレーエフ束縛状態の観測」と「非容易へき開面での ARPES 手法の確立」を実証するものと考えられる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Ueno Tetsuro, Iwasawa Hideaki	4. 巻 35
2. 論文標題 Measurement Informatics in Synchrotron Radiation X-Ray Spectroscopy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Synchrotron Radiation News	6. 最初と最後の頁 3~8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/08940886.2022.2112497	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 Horiba Koji, Imazono Takashi, Iwasawa Hideaki, Fujii Kentaro, Miyawaki Jun, Ohtsubo Yoshiyuki, Inami Nobuhito, Nakatani Takeshi, Inaba Kento, Agui Akane, Kimura Hiroaki, Takahasi Masamitu	4. 巻 2380
2. 論文標題 Design of nano-ARPES beamline at 3-GeV next-generation synchrotron radiation facility, NanoTerasu	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012034~012034
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/2380/1/012034	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 Ohtsubo Yoshiyuki, Ueno Tetsuro, Iwasawa Hideaki, Miyawaki Jun, Horiba Koji, Inaba Kento, Agui Akane, Inami Nobuhito, Nakatani Takeshi, Imazono Takashi, Fujii Kentaro, Kimura Hiroaki, Takahasi Masamitu	4. 巻 2380
2. 論文標題 Design of nano-spintronics beamline at 3-GeV next-generation synchrotron radiation facility, NanoTerasu	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012037~012037
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/2380/1/012037	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 Hideaki Iwasawa, Tetsuro Ueno, Takahiko Masui, Setsuko Tajima	4. 巻 7
2. 論文標題 Unsupervised clustering for identifying spatial inhomogeneity on local electronic structures	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 npj Quantum Materials	6. 最初と最後の頁 24:1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41535-021-00407-5	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 Hideaki Iwasawa	4. 巻 2
2. 論文標題 High-resolution angle-resolved photoemission spectroscopy and microscopy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Electronic Structure	6. 最初と最後の頁 043001-1 ~ 25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2516-1075/abb379	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 Mingtian Zheng, Eike F. Schwier, Hideaki Iwasawa, Kenya Shimada	4. 巻 29
2. 論文標題 High-resolution angle-resolved photoemission study of oxygen adsorbed Fe/MgO(001)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chinese Physics B	6. 最初と最後の頁 067901-1 ~ 9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1674-1056/ab9196	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 Hitoshi Yamaoka, Eike F. Schwier, Yoshiya Yamamoto, Masashi Nakatake, Masahiro Sawada, Hiroya Sakurai, Naohito Tsujii, Masashi Arita, Hideaki Iwasawa, Munetaka Taguchi, Kenya Shimada, Jun'ichiro Mizuki	4. 巻 102
2. 論文標題 Electronic and crystal structures of (Na <sub>1-x</sub> Ca <sub>x</sub> )Cr <sub>2</sub> O <sub>4</sub> with anomalous colossal magnetoresistance	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 235150-1 ~ 11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.235150	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 Takeo Miyashita, Hideaki Iwasawa, Tomoki Yoshikawa, Shusuke Ozawa, Hironoshin Oda, Takayuki Muro, Hiroki Ogura, Tatsuhiro Sakami, Fumihiko Nakamura, Akihiro Ino	4. 巻 326
2. 論文標題 Emergence of low-energy electronic states in oxygen-controlled Mott insulator Ca <sub>2</sub> RuO <sub>4</sub> +	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Solid State Communications	6. 最初と最後の頁 114180-1 ~ 7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ssc.2020.114180	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 Matthew D. Watson, Pavel Dudin, Luke C. Rhodes, Daniil V. Evtushinsky, Hideaki Iwasawa, Saicharan Aswartham, Sabine Wurmehl, Bernd Buchner, Moritz Hoesch & Timur K. Kim	4. 巻 4
2. 論文標題 Probing the reconstructed Fermi surface of antiferromagnetic BaFe <sub>2</sub> As <sub>2</sub> in one domain	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 npj Quantum Materials	6. 最初と最後の頁 36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41535-019-0174-z	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

[学会発表] 計42件 (うち招待講演 20件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 岩澤英明
2. 発表標題 角度分解光電子分光による量子マテリアル研究
3. 学会等名 未来ラボ「次世代放射光利用研究グループ」報告会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岩澤英明
2. 発表標題 顕微ARPESにおける機械学習の活用
3. 学会等名 日本物理学会・領域5シンポジウム「機械学習が拓く物性研究の最前線」(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hideaki Iwasawa
2. 発表標題 Interrelation between electronic and bosonic coupling in high-T <sub>c</sub> cuprate
3. 学会等名 Asia-Pacific Conference on Condensed Matter Physics 2022 (AC2MP2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩澤英明
2. 発表標題 銅酸化物のnano-ARPES
3. 学会等名 日本物理学会・領域8シンポジウム「銅酸化物高温超伝導研究の最前線～局所構造のもたらず電子状態の多様性～」(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩澤英明
2. 発表標題 顕微ARPESで探る銅酸化物高温超伝導体の電子状態
3. 学会等名 兵庫県立大学・理学研究科セミナー(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 H. Iwasawa, T. Sugiyama, R. Takahashi, S. Ishida, T. Okuda, K. Miyamoto, H. Wadachi, A. Kimura, Y. Yoshida, H. Eisaki
2. 発表標題 Electronic inhomogeneity in Bi <sub>2</sub> Sr <sub>2</sub> CaCu <sub>2</sub> O <sub>8</sub> + revealed by micro photoemission spectroscopy
3. 学会等名 The 29th International Conference on Low Temperature Physics (LT29) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hideaki Iwasawa
2. 発表標題 Imaging electronic information of quantum materials by photoemission spectromicroscopy with machine-learning-based analysis
3. 学会等名 2022 Advanced Light Source User Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hideaki Iwasawa
2. 発表標題 Recent progress on Spatially-resolved Angle-resolved Photoemission Spectroscopy
3. 学会等名 Conference on Laser and Synchrotron Radiation Combination Experiment 2022 (LS2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hideaki Iwasawa
2. 発表標題 Surface inhomogeneity examined by spatially-resolved ARPES
3. 学会等名 2022 The Korean Physical Society Spring Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩澤 英明
2. 発表標題 ARPESサブグループの活動
3. 学会等名 QST未来ラボ次世代放射光利用研究グループ 2021年度公開ワークショップ「光電子分光と軟X線磁気分光の融合利用による量子マテリアルの研究」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hideaki Iwasawa
2. 発表標題 Recent developments on spatially-resolved ARPES
3. 学会等名 HiSOR seminar, Hiroshima Synchrotron Radiation Center, Hiroshima University (招待講演)
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 杉山貴哉、岩澤英明、小澤秀介、尾田拓之慎、高橋龍之介、河野嵩、奥田太一、宮本幸治、和達大樹、石田茂之、吉田良行、永崎洋、木村昭夫
2. 発表標題 顕微光電子分光によるBi <sub>2</sub> Sr <sub>2</sub> CaCu <sub>2</sub> O <sub>8+</sub> の電子状態の実空間不均一性の検証
3. 学会等名 第35回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hideaki Iwasawa, Tetsuro Ueno, Takahiko Masui, Setsuko Tajima
2. 発表標題 Unsupervised Learning for Identifying Surface Inhomogeneity on Electronic Structures of High-Tc Cuprate
3. 学会等名 The 9th International Symposium on Surface Science (ISSS-9)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩澤 英明
2. 発表標題 国内外の放射光施設でのリモート実験：海外放射光施設でのリモート実験
3. 学会等名 QSTセミナー
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩澤 英明
2. 発表標題 顕微ARPESと機械学習の最近の進展
3. 学会等名 光物性セミナー、広島大学先進理工系科学研究科（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩澤 英明
2. 発表標題 先端光電子分光と情報科学の融合で拓く物性研究
3. 学会等名 物質理学セミナー、兵庫県立大学（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hideaki Iwasawa, Tetsuro Ueno, Takahiko Masui, Setsuko Tajima
2. 発表標題 Unsupervised Clustering of Spatially-resolved ARPES Data
3. 学会等名 11th International Conference “New Generation in Strongly Correlated Electron Systems” NGSCES-2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩澤英明, Pavel Dudin, 乾京介, 増井孝彦, Timur K. Kim, Cephise Cacho, Moritz Hoesch
2. 発表標題 銅酸化物高温超伝導体YBa <sub>2</sub> Cu <sub>4</sub> O <sub>8</sub> のnano-ARPES
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 杉山貴哉, 岩澤英明, 小澤秀介, 尾田拓之慎, 河野嵩, 木村昭夫, 宮本幸治, 奥田太一, 石田茂之, 吉田良行
2. 発表標題 高分解能ARPESによるBi <sub>2</sub> Sr <sub>2</sub> CaCu <sub>2</sub> O <sub>8</sub> + のギャップ不均一性
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 小澤秀介, 岩澤英明, 尾田拓之慎, 杉山貴哉, 木村昭夫, Shiv Kumar, 島田賢也, 吉田良行, 長谷泉, 相浦義弘
2. 発表標題 ルテニウム酸化物超伝導体Sr <sub>2</sub> RuO <sub>4</sub> における多体効果の検証
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 尾田拓之慎, 岩澤英明, 小澤秀介, 矢野力三, 柏谷聡, 笹川崇男, E. F. Schwier, 島田賢也, 橋本信, Donghui Lu, 木村昭夫
2. 発表標題 銅酸化物高温超伝導体La(2-x)SrxCuO <sub>4</sub> の多体相互作用の評価
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 Iwasawa Hideaki, Ueno Tetsuro
2. 発表標題 APPLICATION OF CLUSTERING ANALYSIS TO SPATIALLY-RESOLVED ANGLE-RESOLVED PHOTOEMISSION DATA
3. 学会等名 第4回QST国際シンポジウム(国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岩澤英明
2. 発表標題 顕微ARPESで探る局所領域の電子状態
3. 学会等名 QSTセミナー
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岩澤英明
2. 発表標題 顕微・角度分解光電子分光 (ARPES) データのクラスタリング
3. 学会等名 統数研共同研究集会「冬の会合」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岩澤英明
2. 発表標題 機械学習を用いた顕微・角度分解光電子分光データ分析
3. 学会等名 佐賀大学シンクロトン光応用研究センター講演会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Oda, Iwasawa Hideaki, T. Miyashita, S. Ozawa, A. Kimura, R. Yano, S. Kashiwaya, S. Kumar, E. F. Schwier
2. 発表標題 Optimization of self-energy in high-Tc cuprate superconductor $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$
3. 学会等名 The 25th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Ozawa, Iwasawa Hideaki, H. Oda, T. Yoshikawa, A. Kimura, M. Hashimoto, D. Lu, T. Muro, Y. Yoshida, I. Hase, Y. Aiura, S. Kumar, E. F. Schwier, K. Shimada
2. 発表標題 Low-energy electron-boson coupling in $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$
3. 学会等名 The 25th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Sugiyama, Iwasawa Hideaki, H. Oda, S. Ozawa, T. Kono, A. Kimura, S. Ishida, Y. Yoshida, H. Eisaki
2. 発表標題 Gap inhomogeneity in Bi2Sr2CaCu2O8+ revealed by laser micro-ARPES
3. 学会等名 The 25th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩澤英明, 上野哲朗, 増井孝彦, 田島節子
2. 発表標題 顕微ARPESデータのクラスタリング
3. 学会等名 日本物理学会・第76回年次大会(2021年)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩澤英明
2. 発表標題 趣旨説明ー領域5シンポジウム(放射光科学のフロンティア:最新動向と将来展望)
3. 学会等名 日本物理学会・第76回年次大会(2021年)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩澤英明
2. 発表標題 ARPES study on various directional planes in high-Tc cuprates seeking for zero-energy bound states
3. 学会等名 8-th Informal Meeting, Grant-in-Aid for Scientific Research (S) (17H06138) (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩澤英明
2. 発表標題 ナノ光電子分光と空間データ解析
3. 学会等名 未来ラボ2020年度第二回研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩澤英明、P. Dudin、乾京介、増井孝彦、T. K. Kim、C. Cacho、M. Hoesch
2. 発表標題 銅酸化物高温超伝導体YBa <sub>2</sub> Cu <sub>4</sub> O <sub>8</sub> のnano-ARPES
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 尾田拓之慎、岩澤英明、小澤秀介、矢野力三、柏谷聡、笹川崇男、E. F. Schwier、島田賢也、木村昭夫
2. 発表標題 銅酸化物高温超伝導体La(2-x)SrxCuO <sub>4</sub> の高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hideaki Iwasawa
2. 発表標題 Angle-Resolved Photoelectron Spectroscopy
3. 学会等名 MIRAI PhD School 2019: ELECTRONIC AND MAGNETIC PROPERTIES OF MATERIALS USING LARGE SCALE FACILITIES (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hideaki Iwasawa
2. 発表標題 Spatially-resolved Photoemission Spectroscopy of Surface Inhomogeneous Cuprate Systems
3. 学会等名 19th International Conference on Solid Films and Surfaces (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩澤英明
2. 発表標題 ナノARPESの研究動向
3. 学会等名 次世代放射光ナノ光電子分光ワークショップ(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩澤英明
2. 発表標題 Diamond Light Source I05におけるマイクロ/ナノARPES
3. 学会等名 第24回 HiSOR 研究会「最先端光電子分光で拓く量子物質科学研究に関するワークショップ」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩澤英明
2. 発表標題 ナノARPESによる局所電子状態の観測
3. 学会等名 第11回放射光学会若手研究会、「放射光を用いたナノ分光技術とスピントロニクスとの協奏-リサーチネットワークの形成に向けて-」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩澤英明
2. 発表標題 第3世代放射光を用いた最先端光電子分光
3. 学会等名 LASORセミナー、東京大学物性研究所（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hideaki Iwasawa
2. 発表標題 Spatially-resolved ARPES on High-Tc Cuprate Superconductors
3. 学会等名 International Workshop on Strong Correlations and Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy (CORPES 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hideaki Iwasawa
2. 発表標題 Termination dependent electronic structure of YBCO studied by micro-ARPES
3. 学会等名 Superstripes 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件



8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------