

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K05502

研究課題名(和文) 3価コバルト酸化物における特異なスピン状態の電子構造的起源の探求

研究課題名(英文) Seeking for the electronic-structure origin of the unusual spin states in trivalent Co oxides

研究代表者

齋藤 智彦 (Saitoh, Tomohiko)

東京理科大学・理学部第一部応用物理学科・教授

研究者番号：30311129

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：ペロブスカイト型Co酸化物 $R\text{CoO}_3$  (R: 希土類)中の電子構造を、室温から10 K付近まで硬X線光電子分光法を用いて測定した。特に最低温での測定は難しく、これまで例が無かったが、世界に先駆けて成功した。その結果、 $\text{LaCoO}_3$ の電子構造の温度変化は低スピン状態と高スピン状態の重ね合わせでは説明できないこと、Co 3d状態以外にCo 4spやLa 5p等のこれまで無視してきた状態がCo 3dのスピン状態変化に関与している可能性を発見した。また、 $\text{PrCoO}_3$ では、磁化率測定通りに20 Kから室温まで電子構造が変化しないことを確認し、 $\text{LaCoO}_3$ の特異性を明確にした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

$\text{LaCoO}_3$ の温度誘起スピントロソオーバーの解明はノーベル物理学賞受賞のGoodenough博士も好んで追究した、60年以上に亘る未解明問題である。この現象は、Co 3dのスピン状態の温度変化が主な原因とされてきたが、本研究では、Co 3d状態のみを考えてきた従来の考え方に対して、Co 4spやLa 5pなどの別の電子状態も考慮する必要性を指摘した点で学術的意義がある。また、Co酸化物は充電池電極として広く応用されており、その電子構造の解明は、応用の為の基礎知識としても社会的意義がある。

研究成果の概要(英文)：We measured the electronic structure of perovskite-type Co oxides  $R\text{CoO}_3$  (R: rare earth) from the room temperature (RT) down to about 10 K by using hard x-ray photoemission spectroscopy (HAXPES). In particular, we have succeeded in the lowest-temperature measurements for the first time, which had never been done because of experimental difficulties. From our analysis, we found that (1) the temperature-dependent changes in the electronic structure of  $\text{LaCoO}_3$  cannot be explained by a superposition of the low-spin and the high-spin state (2) the electronic states that have not been seriously considered, such as Co 4sp and La 5p states, may contribute to the temperature-dependent changes in the Co 3d spin state. We have also confirmed this uniqueness of  $\text{LaCoO}_3$  by measuring HAXPES spectra of  $\text{PrCoO}_3$  from RT down to 20 K to RT, which showed no changes in accordance with its magnetic susceptibility measurement.

研究分野：強相関電子系の電子構造と磁性

キーワード：コバルト酸化物 電子構造 光電子分光 スピントロソオーバー バンド計算 強相関電子系 遷移金属酸化物 磁性

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、研究者個人に帰属されます。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

ペロブスカイト型  $\text{Co}^{\text{III}}$  酸化物  $\text{LaCoO}_3$  中の  $\text{Co}$  イオンは  $3d^6$  であり、基底状態は  $\text{LaMO}_3$  ( $M$ :  $3d$  遷移金属) のシリーズ中では例外的に非磁性低スピン (LS) 状態 ( $^1A_1: t_{2g}^3 e_g^3$ ) をとる。しかし温度上昇とともに磁化率が 0 から上昇し、100 K 付近にピークが、500 K 付近にプラトーが現れる、2 段階のスピン転移が発現することが 1960 年代からの研究の蓄積で知られている[1]。この 100 K ピークは高スピン (HS) 状態 ( $^5T_2: t_{2g}^3 e_g^2 t_{2g}^1$ ) 由来であると予想されたが、単純なイオンモデルで解析ではピーク高が HS より低く、むしろ中間スピン (IS) 状態 ( $^3T_1: t_{2g}^3 e_g^1 t_{2g}^2$ ) を仮定すると良く合う。そこで磁性準位のモデルとして、LS-HS (LH) モデルではなく LS-IS-HS (LIH) モデルを仮定すると、500 K プラトーも含めて 1000 K 近くまでの広温度領域まで単純なモデルで説明できることを、以前に課題代表者らは見出した[2]。このモデルに従って電子構造の温度変化をクラスターモデルで計算すると、LS $\rightarrow$ IS ではあまり温度変化せず IS $\rightarrow$ HS では大きく変化することが予想され、実際の光電子分光及び軟 X 線吸収分光 (XAS) 測定でもこれを支持する結果が得られた[2,3]。更に本来高エネルギーのはずの IS 状態が HS 状態より低くなる理由も LDA+U バンド計算から一定の説明がなされ[4]、LIH モデルが有力である、との一応の決着を見たのが 2000 年頃までであった。しかしその後、ESR 測定では LH モデルを支持するものの実効的な  $g$ -factor が 2 から大きくずれている (即ちスピン軌道相互作用が無視できない) という報告[5]や、サイト間相互作用を考慮した LH モデルで多くの物性測定結果を説明できるという報告[6]、Co L 端 XAS による研究では[6]のモデルが良いという報告[7]、等、近年では拡張した LH モデルも見直されており、依然として最終決着がついていない状態であった。

一方、 $\text{PrCoO}_3$ 、 $\text{NdCoO}_3$  等の La 以外の  $\text{RCoO}_3$  ( $R$ : 希土類) では 100 K ピークが存在せず、500 K プラトーのみ存在する[8]。これが絶縁体金属転移を伴う HS 状態への転移に由来することは共通認識となっているが、何故 La のみ 100 K ピークが存在するのかの理由は全く未解明であった。

以上のように、 $\text{Co}^{\text{III}}$  酸化物群は  $\text{Co}^{3+}$  の周囲の環境や配位子との相互作用の微妙なバランスによって様々なスピン・磁性状態を取り得ることが分かっているが、詳細な原因とその電子構造の起源は長年の研究にも関わらず未解明であるのが研究開始当初の状況であった[1]。電子構造研究で決着がつかない大きな理由は、スピン転移が純粋な相転移ではなく温度変化に伴うクロスオーバーであるため、純粋なスピン状態の測定ができないことにある。即ち、

(A)  $\text{LaCoO}_3$  を十分低温にして LS 状態の電子構造測定を光電子分光法で試みると、試料が帯電してしまうので、当時まで 80 K 以下の低温高分解能の精密測定報告が一例も無かった (70 K での精密測定の報告があったが、実際には La を 0.2% Sr で置換している) [9]。

(B) 高温 HS 側も同様で、500 K 以上の高温では精密な光電子分光実験が困難であり、電子構造は専ら XAS に頼っている[6]。

一方、ごく最近、DMFT クラスターモデルによる  $\text{Co } 2p$  内殻光電子分光スペクトルの精密な計算が行われ、LS と HS ではスペクトル形状が本質的に異なることが分かった[10]。これは従来の XPS の分解能では判別が難しいが、放射光利用の高分解能硬 X 線光電子分光 (HAXPES) ならば判別可能である、という状況にあった。

### 2. 研究の目的

我々は、純粋な LS/HS 状態の電子構造の実験的に決定する方法を検討してきた結果、一つの解決策を見出した。まず(A)については、測定技術の工夫により、予備実験で 55K での  $\text{LaCoO}_3$  の HAXPES スペクトルを得ることに世界で初めて成功した。また(B)については完全なバルク敏感測定であるコンプトン散乱を利用する。そこで、本研究は全体構想として「 $\text{Co}^{\text{III}}$  酸化物群のスピン状態と電子構造の關係の包括的理解」を最終目的とし、研究期間内の具体的目的を、(1)  $\text{RCoO}_3$  特に  $\text{LaCoO}_3$  の室温から最低温 (10 K 程度) までの電子構造を HAXPES で測定し、LS/HS 状態の実験的電子構造 (の温度変化) を決定すること、また 500 K 転移についてコンプトン散乱により電子運動量密度の温度変化を測定することで実験的電子構造の温度変化を決定すること、(2) 得られた実験的電子構造と第一原理バンド計算による理論的電子構造に基づき、 $\text{LaCoO}_3$  の電子構造とスピン状態の温度変化の詳細な解析と同定を行うこと、に定めた。

### 3. 研究の方法

実験手法として、近年急速に進歩しつつある硬 X 線光電子分光法を用いた。これは真空紫外 (VUV)・軟 X 線 (SX) 光あるいは従来の実験室 X 線光源 (Mg K $\alpha$ : 1256.6 eV, Al K $\alpha$ : 1486.6 eV) よりはるかに高エネルギーの 8 keV 程度の X 線を用いるものでバルク敏感測定が可能であり、表面感性が高いという光電子分光の難点を克服した実験手法である。とくに LaCoO<sub>3</sub> は、その表面あるいは薄膜が強磁性的であるという報告がある[11]ので、バルク敏感測定が不可欠である。また、必要に応じて VUV・SX 光も用いた。さらに、スピנקロスオーバーに伴う電子運動量分布の温度変化が予測されるので、完全にバルク測定である、コンプトン散乱法を用いた。特に LaCoO<sub>3</sub> の 500 K 転移については、高温のため実験手法が限られるため、コンプトン散乱は有効である。

解析手法としては、別課題(分担者)で構築中の、価電子帯光電子分光スペクトルを第一原理バンド計算の範囲内で光イオン化断面積等も含めて計算するパッケージソフト ABCAP を利用した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 光電子分光 [12-16]

硬 X 線光電子分光 (HAXPES) 測定による電子構造研究: ペロブスカイト型 Co 酸化物 LaCoO<sub>3</sub> で見られる 100 K 及び 500 K 付近のスピנקロスオーバーのうち、100K のものに伴う電子構造の温度変化を、低温でのチャージングを防ぐ試料準備を行い、室温 300 K から十分基底状態に近い 10 K まで HAXPES 測定することに成功した。その結果、価電子帯、Co 2p 内殻スペクトルはともに大きな温度変化を示し、その変化は定性的には低温低スピンから高温高スピンの変化であると解釈した。

次に、さらに情報量を増やすために、Co 2p 内殻の詳細な温度変化測定、および硬 X 線領域で顕著になる、価電子帯の入射光偏光 - 光電子放出角依存性実験 (通称偏光依存実験) を行った。その結果、どちらのスペクトルも低スピンと高スピンの重ね合わせでは再現できないことを見出した。また偏光依存実験の差分スペクトルを解析し、これまで全く考慮されていなかった Co 4sp や La 5p 状態が、Co 3d 状態と同様に温度変化していることを発見した。

他の RCoO<sub>3</sub> との比較については、PrCoO<sub>3</sub> の Co 2p 内殻および価電子帯の HAXPES スペクトルを室温と低温 20 K 付近で測定した。その結果、LaCoO<sub>3</sub> とは全く異なり顕著な温度変化を示さず、その電子構造は、低温から室温まで低スピンであることを確認した。

さらに今後の展開の為に予備実験も兼ね、課題の期間内目的を超えて、LaCoO<sub>3</sub> 単結晶の角度分解光電子分光 (ARPES) 測定を試みた。まず、通常の真空紫外光による ARPES 測定を何度か試みたが、価電子帯頂上の Co 3d t<sub>2g</sub> バンドには全くバンド分散が見られなかった。そこで、よりバルク敏感な SX-ARPES 測定 (540-740 eV, 室温) を実施した。その結果、Co 3d t<sub>2g</sub> バンドにおいて 0.5 eV を超える顕著なバンド分散を測定することに成功した。

##### (2) HAXPES スペクトルの第一原理バンド計算によるシミュレーション[17-19]

近年報告されている LaCoO<sub>3</sub> の価電子帯 HAXPES スペクトルにおける La 5p 状態の重要性について、光イオン化断面積も考慮した第一原理バンド計算によるシミュレーションを実施し、同様の結果を得た。また Co 4sp 状態もこれまでの見積もり以上の寄与を持ちうることも見出した。また通常のバンド計算のみでは HAXPES スペクトルを説明することが難しいことを、デラフォサイト型酸化物の例で明らかにした。

##### (3) コンプトン散乱[20,21]

LaCoO<sub>3</sub> の 500 K での絶縁体-金属転移を伴うスピנקロスオーバー現象における電子軌道状態の対称性変化を明らかにするために、LaCoO<sub>3</sub> 単結晶について、コンプトンプロファイルの結晶方位依存性を測定し、100 K スピנקロスオーバーによる e<sub>g</sub>-t<sub>2g</sub> 間電子移動が 500K 転移においてさらに生じていること、Co 3d 軌道状態が O 2p と混成した分子軌道の特徴を持つこと、を明らかにした。

また、100 K 転移を生じず、500K 転移まで低スピン状態を維持するとされている PrCoO<sub>3</sub> [100] 方向のコンプトンプロファイルの温度依存性を 5-300 K の範囲で測定した。その結果、低温 (9 K) と室温 (300 K) の間コンプトンプロファイルに大きな異方性を見出し、これを温度上昇に伴

う Pr-4f 電子状態変化を示唆するものであると解釈した。

(4) その他：スピン状態が類似している酸化物の電子構造

関連する「多量体を組んでスピンシングレット (= 低スピン) となる V 酸化物」について、比較測定を実施した。

参考文献

- [1] 浅井吉蔵、小林義彦、佐藤桂輔：日本物理学会誌 **70**, 6 (2015).
- [2] Saitoh *et al.*, Phys. Rev. B **55**, 4257 (1997).
- [3] Abbate *et al.*, Phys. Rev. B **47**, 16124 (1993).
- [4] Korotin *et al.*, Phys. Rev. B **54**, 5309 (1996).
- [5] Noguchi *et al.*, Phys. Rev. B **66**, 094404 (2002).
- [6] Kyômen *et al.*, Phys. Rev. B **67**, 144424 (2003).
- [7] Haverkort *et al.*, Phys. Rev. Lett. **97**, 116402 (2006).
- [8] Itoh *et al.*, Physica C **281-282**, 510 (2000).
- [9] Koethe, Dr. Thesis of Köln Univ.
- [10] Hariki *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **84**, 073706 (2015).
- [11] Yan *et al.*, Phys. Rev. B **70**, 014402 (2004); Fuchs *et al.*, *ibid.* **75**, 144402 (2007); Zhou *et al.*, *ibid.* **76**, 172407 (2007).
- [12] R. Takayanagi, S. Takei, M. Okawa, Y. Kobayashi, A. Yasui, E. Ikenaga, and T. Saitoh: Co 2p hard x-ray photoemission spectra of perovskite Co oxides as a manifestation of complex spin state, *International Workshop on Strong Correlations and Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy 2017 (CORPES17)*
- [13] 高柳亮平、金井大輔、大川万里生、小林義彦、保井晃、池永英司、齋藤智彦：Temperature dependence of valence-band and Co 2p hard x-ray photoemission spectra in LaCoO<sub>3</sub>、日本物理学会第 73 回年次大会
- [14] 齋藤智彦：Spin crossover phenomena in trivalent Co oxides from a viewpoint of electronic structure、第 28 回日本 MRS 年次大会 (招待講演)；
- [15] D. Kanai, R. Takayanagi, M. Okawa, Y. Kobayashi, A. Yasui, E. Ikenaga, and T. Saitoh: Electronic structure of LaCoO<sub>3</sub> probed by Hard x-ray photoemission spectroscopy, *The 23rd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation*.
- [16] 金井大輔、高柳亮平、大川万里生、小林義彦、保井晃、池永英司、齋藤智彦：硬 X 線光電子分光法 (HAXPES) による LaCoO<sub>3</sub> の電子構造、第 32 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム
- [17] Kenta Takahashi, Ryo Kato, Mario Okawa, Tetsuhi Okuda, Akira Yasui, Eiji Ikenaga, Kanta Ono, Noriaki Hamada, and Tomohiko Saitoh, J. Phys. Soc. Jpn. **88**, 074701 (2019).
- [18] 高橋謙太、加藤諒、大川万里生、奥田哲治、保井晃、池永英司、小野寛太、浜田典昭、齋藤智彦：デラフォサイト型銅酸化物 CuCrO<sub>2</sub> および CuAlO<sub>2</sub> の電子構造の比較研究、日本物理学会 2019 年秋季大会
- [19] 浜田典昭、中村賢、高橋謙太、齋藤智彦：第一原理バンド計算に基づく光電子スペクトル解析プログラムの開発、日本物理学会 2019 年秋季大会
- [20] Y. Kobayashi, Y. Sakurai, M. Itou, N. Tsuji, K. Sato and K. Asai, Imaging of Co(3d) orbitals responsible for the 500 K spin state transition in LaCoO<sub>3</sub> using X-ray Compton scattering, *The 10<sup>th</sup> international conference on Inelastic X-ray Scattering (IXS2017)*.
- [21] Y. Kobayashi, Y. Sakurai, N. Tsuji, K. Sato, and K. Asai, Phys. Rev. B **98**, 115154 (2018).

## 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 4件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kobayashi Y., Sakurai Y., Tsuji N., Sato K., Asai K.	4. 巻 98
2. 論文標題 Symmetry change of Co 3d orbital associated with the 500-K spin crossover accompanied by insulator-to-metal transition in LaCoO <sub>3</sub>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 115154-1--7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevB.98.115154">https://doi.org/10.1103/PhysRevB.98.115154</a>	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 Sato K., Minagawa K., Nakamura M., Ichikawa T., Hara Y., Nakaoka K., Kobayashi Y., Asai K.	4. 巻 752
2. 論文標題 Crystal orientation dependence of magnetostriction of twinned perovskite cobalt oxide	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Alloys and Compounds	6. 最初と最後の頁 327--331
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） <a href="https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2018.04.139">https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2018.04.139</a>	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 Rie Naito, Yuta Nakano, Mario Okawa, Hiroki Wadati, Ryouta Nakamura, Jun-ichiro Tozawa, Mitsuru Akaki, Hideki Kuwahara, Takeharu Sugiyama, Eiji Ikenaga, Hiroshi Kumigashira, Enju Sakai, Tomohiko Saitoh	4. 巻 30
2. 論文標題 Electronic Structure of Sr <sub>3</sub> Fe <sub>2-x</sub> CoxO <sub>7-d</sub> Studied by Photoemission and X-ray Absorption Spectroscopy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 JPS Conference Proceedings	6. 最初と最後の頁 011073-1--6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7566/JSPSC.30.011073	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 Kenta Takahashi, Ryo Kato, Mario Okawa, Tetsuji Okuda, Akira Yasui, Eiji Ikenaga, Kanta Ono, Noriaki Hamada, and Tomohiko Saitoh	4. 巻 88
2. 論文標題 Electronic Structure of a Delafossite Oxide CuAlO <sub>2</sub> in Comparison with CuCrO <sub>2</sub>	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 074701-1--6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7566/JPSJ.88.074701	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61件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 12件）

1. 発表者名 高橋謙太、加藤諒、大川万里生、奥田哲治、保井晃、池永英司、小野寛太、浜田典昭、齋藤智彦
2. 発表標題 デラフォサイト型銅酸化物CuCrO <sub>2</sub> およびCuAlO <sub>2</sub> の電子構造の比較研究
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 浜田典昭、中村賢、高橋謙太、齋藤智彦
2. 発表標題 第一原理バンド計算に基づく光電子スペクトル解析プログラムの開発
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 金井大輔、高柳亮平、中村拓海、大川万里生、小林義彦、小林正起、簀原誠人、堀場弘司、組頭広志、小野寛太、E. F. Schwier、島田賢也、齋藤智彦
2. 発表標題 共鳴光電子分光法によるPr <sub>1-x</sub> Y <sub>x</sub> CoO <sub>3</sub> の電子構造の研究II
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Daisuke Kanai, Ryohei Takayanagi, Mario Okawa, Yoshihiko Kobayashi, Masaki Kobayashi, Masato Minohara, Koji Horiba, Hiroshi Kumigashira, Akira Yasui, Eiji Ikenaga, and Tomohiko Saitoh
2. 発表標題 Electronic structure of Pr <sub>1-x</sub> Y <sub>x</sub> CoO <sub>3</sub> probed by photoemission spectroscopy
3. 学会等名 International Workshop on Trends in Advanced Spectroscopy in Materials Science (TASPEC) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 齋藤智彦
2. 発表標題 Spin crossover phenomena in trivalent Co oxides from a viewpoint of electronic structure
3. 学会等名 第28回日本MRS年次大会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金井大輔、高柳亮平、大川万里生、小林義彦、保井晃、池永英司、齋藤智彦
2. 発表標題 硬X線光電子分光法（HAXPES）によるLaCoO <sub>3</sub> の電子構造
3. 学会等名 第32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 2019年

1. 発表者名 D. Kanai, R. Takayanagi, M. Okawa, Y. Kobayashi, M. Kobayashi, M. Minohara, K. Horiba, H. Kumigashira, A. Yasui, E. Ikenaga, and T. Saitoh
2. 発表標題 Electronic structure of Pr <sub>1-x</sub> Y <sub>x</sub> CoO <sub>3</sub> showing a unique magnetic state
3. 学会等名 The 1st International Workshop on Momentum Microscopy and Spectroscopy for Materials Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 D. Kanai, R. Takayanagi, M. Okawa, Y. Kobayashi, A. Yasui, E. Ikenaga, and T. Saitoh
2. 発表標題 Electronic structure of LaCoO <sub>3</sub> probed by Hard x-ray photoemission spectroscopy
3. 学会等名 The 23rd Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金井大輔、高柳亮平、大川万里生、小林義彦、保井晃、池永英司、齋藤智彦
2. 発表標題 特異な磁性状態を示すLaCoO <sub>3</sub> の電子構造の研究
3. 学会等名 2018年度量子ビームサイエンスフェスタ・第36回PFシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Takahashi, M. Okawa, A. Yasui, E. Ikenaga, S. Ogata, M. Ota, T. Okuda, N. Hamada, and T. Saitoh
2. 発表標題 Linear-polarization-dependent hard x-ray photoemission study on Cu-based delafossite oxides
3. 学会等名 International Workshop on Strong Correlations and Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy 2017 (CORPES17) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Okawa, R. Kato, A. Yasui, E. Ikenaga, K. Ono, T. Okuda, and T. Saitoh
2. 発表標題 Cu <sup>+</sup> -M <sup>3+</sup> charge transfer effect in Cu-based delafossite oxides revealed by angle-resolved photoemission spectroscopy
3. 学会等名 International Workshop on Strong Correlations and Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy 2017 (CORPES17) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 R. Takayanagi, S. Takei, M. Okawa, Y. Kobayashi, A. Yasui, E. Ikenaga, and T. Saitoh
2. 発表標題 Co 2p hard x-ray photoemission spectra of perovskite Co oxides as a manifestation of complex spin state
3. 学会等名 International Workshop on Strong Correlations and Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy 2017 (CORPES17) (国際学会)
4. 発表年 2017年



1. 発表者名 K. Takahashi, M. Okawa, A. Yasui, E. Ikenaga, T. Okuda, S. Ogata, M. Ota, N. Hamada, and T. Saitoh
2. 発表標題 Polarization-emission angle dependent hard x-ray photoemission study of thermoelectric Cu-based delafossite oxides
3. 学会等名 International Symposium on Novel Energy Nanomaterials, Catalysts, and Surfaces for Future Earth (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Kobayashi, Y. Sakurai, M. Itou, N. Tsuji, K. Sato and K. Asai
2. 発表標題 Imaging of Co(3d) orbitals responsible for the 500K spin state transition in LaCoO <sub>3</sub> using X-ray Compton scattering
3. 学会等名 10th International Conference on Inelastic X-ray Scattering (IXS2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高橋謙太、大川万里生、保井晃、池永英司、奥田哲治、浜田典昭、齋藤智彦
2. 発表標題 Polarization-emission angle dependent hard x-ray photoemission study on Cu-based delafossite oxides
3. 学会等名 物性研究所短期研究会「光で見る・操る 電子物性科学の最前線～強相関，トポロジ，低次元，ダイナミクス～」
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高柳亮平、武井翔平、大川万里生、小林義彦、保井晃、池永英司、齋藤智彦
2. 発表標題 Co 2p内殻硬X線光電子分光によるペロブスカイト型Co酸化物のスピン状態
3. 学会等名 物性研究所短期研究会「光で見る・操る 電子物性科学の最前線～強相関，トポロジ，低次元，ダイナミクス～」
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高橋謙太、大川万里生、保井晃、池永英司、奥田哲治、小野寛太、齋藤智彦
2. 発表標題 銅系クレドナイト型酸化物 $Cu_{1+x}Mn_{1-x}O_2$ ( $x=0, 0.10, 0.15$ ) の電子構造
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 高柳亮平、金井大輔、大川万里生、小林義彦、保井晃、池永英司、小林正起、蓑原誠人、堀場弘司、組頭広志、小野寛太、齋藤智彦
2. 発表標題 $Pr_{1-x}Y_xCoO_3$ における光電子分光スペクトルのドーピング量依存性
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 高橋謙太、大川万里生、保井晃、池永英司、奥田哲治、浜田典昭、小野寛太、齋藤智彦
2. 発表標題 銅系クレドナイト型酸化物 $Cu_{1+x}Mn_{1-x}O_2$ ( $x=0, 0.10, 0.15$ ) の価数状態
3. 学会等名 第31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 2018年

1. 発表者名 井大輔、高柳亮平、大川万里生、小林義彦、小野寛太、Eike F. Schwier、島田賢也、齋藤智彦
2. 発表標題 特異な磁性状態を示す $Pr_{1-x}Y_xCoO_3$ の電子構造
3. 学会等名 第31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 2018年

1. 発表者名 高柳亮平、金井大輔、大川万里生、小林義彦、保井晃、池永英司、小林正起、蓑原誠人、堀場弘司、組頭広志、小野寛太、齋藤智彦
2. 発表標題 硬X線光電子分光およびX線吸収分光によるPr <sub>1-x</sub> Y <sub>x</sub> CoO <sub>3</sub> の磁性と電子構造
3. 学会等名 第31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 2018年

1. 発表者名 高橋謙太、大川万里生、保井晃、池永英司、奥田哲治、浜田典昭、小野寛太、齋藤智彦
2. 発表標題 銅系クレドネライト型酸化物Cu <sub>1+x</sub> Mn <sub>1-x</sub> O <sub>2</sub> (x=0, 0.10, 0.15) の電子構造
3. 学会等名 2017年度量子ビームサイエンスフェスタ・第35回PFシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高柳亮平、金井大輔、中村拓海、大川万里生、小林義彦、保井晃、池永英司、小林正起、蓑原誠人、堀場弘司、組頭広志、齋藤智彦
2. 発表標題 硬X線光電子分光およびX線吸収分光によるPr <sub>1-x</sub> Y <sub>x</sub> CoO <sub>3</sub> の磁性と価数変化
3. 学会等名 2017年度量子ビームサイエンスフェスタ・第35回PFシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金井大輔、高柳亮平、中村拓海、大川万里生、小林義彦、小野寛太、堀場弘司、齋藤智彦
2. 発表標題 ペロブスカイト型Co酸化物Pr <sub>1-x</sub> Y <sub>x</sub> CoO <sub>3</sub> の電子構造
3. 学会等名 2017年度量子ビームサイエンスフェスタ・第35回PFシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金井大輔、高柳亮平、大川万里生、小林義彦、小野寛太、堀場弘司、Eike F. Schwier、島田賢也、齋藤智彦
2. 発表標題 共鳴光電子分光法によるPr <sub>1-x</sub> Y <sub>x</sub> CoO <sub>3</sub> の電子構造の研究
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 高柳亮平、金井大輔、大川万里生、小林義彦、保井晃、池永英司、齋藤智彦
2. 発表標題 Temperature dependence of valence-band and Co 2p hard x-ray photoemission spectra in LaCoO <sub>3</sub>
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 富安啓輔、小林義彦、古府麻衣子、川村聖子、石原 純夫
2. 発表標題 LaCoO <sub>3</sub> の単結晶非弾性中性子散乱研究
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>東京理科大学研究者データベース RIDAI  <a href="https://www.tus.ac.jp/ridai/doc/ji/RIJIA01.php">https://www.tus.ac.jp/ridai/doc/ji/RIJIA01.php</a>          東京理科大学理学部応用物理学科 齋藤研究室 Webpage  <a href="http://www.rs.kagu.tus.ac.jp/~tsaitohg/">http://www.rs.kagu.tus.ac.jp/~tsaitohg/</a></p>
---

