

研究課題別評価

1 研究課題名: 強相関物質表面での光励起状態の光電子分光

2 研究者氏名: 溝川貴司

ポスドク研究員: James Quilty (研究期間 平成 14 年 4 月 ~ 平成 17 年 3 月)

ポスドク研究員: 孫 珍永 (研究期間 平成 15 年 9 月 ~ 平成 17 年 3 月)

リサーチスタッフ: 朝倉大輔 (研究期間 平成 16 年 2 月 ~ 平成 16 年 11 月)

3 研究の狙い:

本研究の目的は、電子の占有状態を観測する光電子分光法を用いて、光照射によって強相関物質に誘起される電子状態変化を直接に観測し、電子状態の情報から強相関物質が示す巨大光応答の機構を解明することによって、新しい光機能を持つ物質の探索に貢献することにある。赤外・可視・紫外領域の光源を光電子分光装置に付設して、強相関物質表面での光励起による電子状態変化を観測する。

超伝導・強磁性・金属絶縁体転移などの多様な物性を示す強相関物質での新規な電子状態の探索が精力的に進められ、これらの物質をベースにして新しい材料を開発する試みが国内外で展開している。強相関物質中の電子は、電子間クーロン相互作用や電子・格子相互作用によって相関の強い複雑な多電子状態となる場合がある。そこでは、電子間相互作用と電子・格子相互作用がもたらす電子のスピン・電荷・軌道秩序、さらには超伝導などの様々な秩序状態が競合し、これらの微妙なバランス上に形成された状態は、光照射などの外部からの摂動に劇的に応答すると期待される。また、複数の秩序が競合する微妙なバランスの上にある電子状態は、表面・界面での境界条件に強く影響を受けると予想される。本研究では、遷移金属酸化物や希薄磁性半導体の表面を研究対象として、複数の秩序状態が競合する系での光励起による電子状態変化を観測し、試料作成と光電子分光による評価を効率的に行うことにより、従来の物質探索とは異なる観点から新しい光機能を持つ物質を探索する。

4 研究成果:

赤外・可視・紫外領域の光源を真空紫外線・X線光電子分光装置に付設し、光励起下の強相関物質表面を光電子分光測定によって研究した。遷移金属酸化物、希薄磁性半導体を主な研究対象として実験データを蓄積し、以下の3点について新たな知見が得られた。(1) $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ / SrTiO_3 :Nb ヘテロ接合において、紫外線照射によって SrTiO_3 :Nb 側に光励起されたホールが $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ 側に注入される。Nd:YAG レーザーからの 355nm のパルス光励起下での X 線光電子分光実験を行い、 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ / SrTiO_3 :Nb ヘテロ接合での光起電力を非接触で測定できることを示した。さらに、光起電力による光電子スペクトルのエネルギーシフトが励起光の周波数に依存することから、注入されたキャリアの寿命について情報が得られた。(2) 電荷・軌道秩序を持つ種々の遷移金属化合物を系統的に光電子分光測定することによって、 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_{1+x}\text{Mn}_2\text{O}_7$, $\text{Cs}_2\text{Au}_2\text{X}_6$ ($\text{X}=\text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$) など、8 面体が頂点共有で繋がるペロブスカイト構造では、光励起によって電荷・軌道秩序状態が大きな影響を受ける一方で、 CuIr_2S_4 , $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$ 等の 8 面体が稜共有で繋がる遷移金属化合物では光励起の影響は小さいことがわかってきた。特に、 $\text{Cs}_2\text{Au}_2\text{Cl}_6$, $\text{Cs}_2\text{Au}_2\text{Br}_6$, $\text{Cs}_2\text{Au}_2\text{I}_6$ において、 Au^+ と Au^{3+} への電荷不均化によって $\text{Au} 4f$ 内殻準位が分裂する様子を系統的に計測し、さらに $\text{Cs}_2\text{Au}_2\text{Br}_6$ については、 Au^+ と Au^{3+} の 2 つの成分が光照射によって Au^{2+} に変化する様子を観測することに成功した。(3) 希薄磁性半導体 $\text{Ga}_{1-x}\text{Mn}_x\text{As}$, $\text{Ga}_{1-x}\text{Mn}_x\text{N}$, $\text{Zn}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}$, $\text{Ti}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_2$ において、光励起による内殻準位シフトの系統性を調べた。酸化物をベースにした希薄磁性半導体では、光励起後でも内殻準位シフトが長時間生き残ることが確認され、III-V 族の希薄磁性半導体とは異なる

振る舞いを示した。

この3点について以下に成果を説明する。

(1) 遷移金属酸化物をベースにしたヘテロ接合 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y / \text{SrTiO}_3:\text{Nb}$ において、紫外線照射によって $\text{SrTiO}_3:\text{Nb}$ 側に光励起されたホールが $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ 側に注入される現象 (光キャリアー注入) が知られている。当研究において Nd:YAG レーザーからの 355nm のパルス光励起下での X 線光電子分光実験を行い、光電子スペクトルのエネルギーシフトからヘテロ接合 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y / \text{SrTiO}_3:\text{Nb}$ での光起電力を非接触で計測できることを示した。さらに、このエネルギーシフトが励起光の周波数に依存することから注入されたキャリアーの寿命について情報が得られることを明らかにした (東京大学物性研究所・廣井研究室との共同研究)。 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ 側を開放した条件で Cu 2p, Y 3d, Ba 3d, Ba 4d の電子スペクトルを測定すると、接合部で生じる光起電力に相当するエネルギーだけ光電子スペクトルがシフトする。このエネルギーシフトは 355nm の励起光の on-off に反応し、光起電力に相当することを確認した。光照射下での光電子分光測定を用いると、真空中において電極を使うことなく非接触で光起電力を評価することが可能となる。ヘテロ接合 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y / \text{SrTiO}_3:\text{Nb}$ での光起電力によるエネルギーシフトが紫外線の周波数に依存することから、 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ 側に注入されたホールの寿命は 30 ms と見積もられた。高温超伝導体 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ でのホールは電子相関効果によって Zhang-Rice singlet を形成し、さらに Zhang-Rice singlet が強い電子・格子相互作用によってポーラロンの状態になることを考慮すると、電子とホールの再結合による寿命が長くなると予想される。

(2) 強相関物質においては、電子間相互作用と電子・格子相互作用がもたらすスピン・電荷・軌道秩序や超伝導などの様々な秩序状態が競合し、これらの微妙なバランス上に形成された状態は、光照射などの外部からの摂動に劇的に応答すると期待される。これまでも光照射による低スピン-高スピン転移、原子価転移、強磁性転移、金属絶縁体転移などの光誘起相転移が報告されている。これらの光誘起相転移に伴って電子状態が大きく変化すると期待され、電子の占有状態を観測する光電子分光法によって強相関物質での光誘起相転移に伴う電子状態変化を観測することができれば非常に興味深い。当研究では、電荷・軌道秩序を持つ種々の遷移金属化合物における光照射の効果を、光照射下の光電子分光実験によって系統的に調べた。 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_{1+x}\text{Mn}_2\text{O}_7$, $\text{Cs}_2\text{Au}_2\text{X}_6$ ($\text{X}=\text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$) など、遷移金属イオンとそれに配位する陰イオンが成す 8 面体が頂点共有で繋がるペロブスカイト構造では、光励起によって電荷・軌道秩序状態が大きな影響を受けるが、 CuIr_2S_4 , $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$ 等の 8 面体が稜共有で繋がる遷移金属化合物では光励起の影響は小さいことがわかってきた。

層状ペロブスカイト $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_{1+x}\text{Mn}_2\text{O}_7$ においては、強磁性金属相の $x=0.4$ では光照射の効果が小さいが、電荷秩序絶縁体相の $x=0.5$ では光照射の効果が大きい (東京大学工学系研究科・十倉研究室との共同研究)。 $x=0.4$ では 532nm の光照射によって O 1s 内殻光電子スペクトルが 0.2 eV 程度のエネルギーシフトを示す。一方、 $x=0.5$ では O 1s 内殻光電子スペクトルが 0.7 eV 程度の大きなエネルギーシフトを示し、スペクトルの形状も変化する。532nm の光照射によって Mn 2p 内殻および価電子帯の光電子スペクトルはほとんど変化しないことから、光照射によって試料の組成は変化していないと考えられる。O 1s 内殻光電子スペクトルのみが大きく変化することから、Mn-O 結合長が光照射によって変化し、O 2p 軌道に配分される電荷が変化したと解釈するのが自然である。 $x=0.5$ においては A 型反強磁性状態と CE 型反強磁性状態のエネルギーがほとんど縮退して、異なる Mn-O 結合長を持つ 2 相が競合することが知られている。O 1s 内殻光電子スペクトルの光照射による変化が $x=0.5$ で大きいという観測結果は、表面においても A 型反強磁性状態と CE 型反強磁性状態が競合していることを示唆している。

ペロブスカイト型の結晶構造を持つ CsAuCl_3 , CsAuBr_3 , CsAuI_3 は常温常圧において、格子歪

みを伴って Au^+ 、 Au^{3+} が交互に配列する電荷秩序を示し、 $\text{Cs}_2\text{Au}^+\text{Au}^{3+}\text{Cl}_6$ および $\text{Cs}_2\text{Au}^+\text{Au}^{3+}\text{Br}_6$ となる。 Au^+ 、 Au^{3+} に電荷不均化することは、 Au 4f 内殻光電子スペクトルが Au^+ 、 Au^{3+} に対応する2つのピークに分裂することからわかる。この状態で532 nmのレーザー光を試料に照射すると、 $\text{Cs}_2\text{Au}^+\text{Au}^{3+}\text{Cl}_6$ では Au^+ 、 Au^{3+} の電荷秩序は影響を受けないのに対して、 $\text{Cs}_2\text{Au}^+\text{Au}^{3+}\text{Br}_6$ では Au^+ 、 Au^{3+} に対応する2つのピークが Au^{2+} に対応する1つのピークに変化する。この光電子スペクトルの変化は、光照射によって原子価が Au^+ 、 Au^{3+} から Au^{2+} に転移したことを示しており、光誘起原子価転移による電子状態の変化を光電子分光によって見事に観測した最初の実験結果である。光誘起原子価転移に伴って価電子帯の光電子スペクトルも大きく変化しており、原子価転移によってバンド構造が大きく変化することを示唆している。

CuIr_2S_4 はスピネル構造を持ち、遷移金属イオンとそれに配位する陰イオンが成す8面体が稜共有で繋がっている。 CuIr_2S_4 は 226 K 付近で金属絶縁体転移を示すことが知られている。低温側の絶縁体相では $\text{Ir}^{3+}:\text{Ir}^{4+}=1:1$ の電荷秩序が生じ、さらにスピン1/2を持つ Ir^{4+} が軌道秩序によって2量体を形成して spin singlet となり、軌道・電荷秩序を伴う非磁性絶縁体状態であるというモデルが提案されている。8面体が稜共有で繋がっているため、隣り合う Ir 5d 軌道同士が直接に混成して2量体を形成できるのである。 CuIr_2S_4 のIr 4f 内殻光電子スペクトルでは、高温側の金属相で $\text{Ir}^{3.5+}$ に相当する成分のみ観測されるが、絶縁体相では Ir^{3+} 、 Ir^{4+} の電荷秩序に対応して2つの成分が現れる。この結果は、絶縁体相が $\text{CuIr}^{3+}\text{Ir}^{4+}\text{S}_4$ という電荷秩序状態にあることを示している。この電荷秩序状態に532 nm のレーザー光を照射したところ、Ir 4f 内殻光電子スペクトルの形状に変化は見られなかった。 $\text{CuIr}^{3+}\text{Ir}^{4+}\text{S}_4$ の電荷秩序状態は、軌道秩序によって Ir^{4+} が2量体を形成することによって安定化されているという点で、 $\text{Cs}_2\text{Au}^+\text{Au}^{3+}\text{Br}_6$ の電荷秩序状態とは状況が異なる。「2量体を形成するか否かによって、光照射への応答が分かれる」という仮説を検証するためには、さらに系統的な実験を行う必要がある。

(3)半導体表面においては、表面準位に電荷が蓄えられ、かつ、表面近傍に電荷欠乏層が形成されることによって、バンドベンディングが生じる。「光照射によって表面準位の電荷が電荷欠乏層へと移動してバンドベンディングが解消される」という表面光起電力が半導体表面で生じることが知られている。希薄磁性半導体表面での光照射効果を考える際には、この表面光起電力が重要となる。当研究では、希薄磁性半導体 $\text{Ga}_{1-x}\text{Mn}_x\text{As}$ 、 $\text{Ga}_{1-x}\text{Mn}_x\text{N}$ 、 $\text{Zn}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}$ 、 $\text{Ti}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_2$ の光励起による内殻準位のエネルギーシフトを系統的に測定した。酸化物希薄磁性半導体では、光励起後も内殻準位シフトが長時間生き残ることが確認されるが、III-V 族の希薄磁性半導体では光励起後に速やかに内殻準位シフトは消失する。室温で強磁性を示すことで知られる $\text{Ti}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_2$ では、強磁性を示さない $x=0.0$ ではシフトが小さく、強磁性を示す $x=0.05$ 、 0.10 で大きくシフトする様子が観測された。 $\text{Ti}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_2$ の O 1s 内殻光電子スペクトルは、Co のドーピングによって光電子スペクトルが低結合エネルギー側にシフトしており、これは伝導帯の交換分裂によってフェルミ準位が下がる効果と表面近傍でのバンドベンディングの効果の両者によるエネルギーシフトと考えられる。 $x=0.0$ と $x=0.1$ を比べると、0.7 eV 程度シフトしていることがわかる。 $x=0.0$ においては、355 nm の紫外線を照射しても O 1s 内殻光電子スペクトルはシフトしない。一方、 $x=0.1$ においては、355 nm の紫外線照射によって O 1s 内殻光電子スペクトルは 0.2 eV 程度シフトする。このエネルギーシフトは表面光起電力によるものであり、バンドベンディングによるエネルギーシフトは 0.2 eV 程度であることを示している。以上から、伝導帯の交換分裂によるエネルギーシフトが 0.5 eV と見積もられる。Co 2p 内殻光電子スペクトルの解析からドーピングされた Co は $2+$ で高スピンの電子配置を取ることが示される。伝導帯の交換分裂は、伝導帯を形成する Ti 3d 軌道と Co 3d 軌道との混成によってもたらされるものと考えられる。

5 自己評価:

3年間にわたり2名のポスドク、1名のリサーチスタッフと装置開発・実験を進めた結果、光励起による電子状態変化の直接観測、ヘテロ接合や表面での光起電力の観測に成功し、光励起下での光電子分光測定の実力を示すことができた。実験装置を立ち上げるにあたり、2名のポスドクの協力が不可欠であり、ポスドク参加型だからこそ当研究を推進することができたと考えている。実験装置の立ち上げに時間がかかり、最終年度になってようやく研究成果を挙げることができた。この研究推進の遅れの原因は、2名のポスドクを獲得するのに研究開始から4ヶ月～1年の時間を要した点にあり、ポスドク獲得の難しさを痛感した。最終年度に入って2名のポスドク、1名のリサーチスタッフと精力的に実験を進め、インパクトのある成果を国際会議や学術誌で発表することができた。すでに当研究に追随する実験が国内外で開始されつつあり、光励起下での光電子分光測定について、パイオニア的な役割を果たすことができたと考えている。角度分解光電子分光を用いて、光励起に伴うフェルミ面の形状変化を直接観測することが今後の課題である。また、100・nm角程度の微小な試料でも測定することが可能となり、研究対象となる物質の幅が広がった。さらに空間分解能を改善して、1・nm程度のドメインを光電子分光で観測することが次の課題である。

今後、光励起下での光電子分光測定をさらに発展させて、パルス光やパルス磁場・電場を印加した後に同期して時間分解光電子分光を行う光電子分光装置を開発することができれば、強相関物質の光・磁場・電場励起への応答のダイナミクス(バンド分散やフェルミ面の変化)を観測することが可能となる。効率の高い真空紫外線領域での時間分解光電子分光の発展が期待されるため、真空紫外領域でより高い輝度を持つ放射光施設において時間分解光電子分光装置の開発が望まれる。当研究課題は、このパルス励起と同期した時間分解型光電子分光への第一歩であり、当研究課題で活躍してくれたポスドクやリサーチスタッフとともに、次の研究を拓いて行きたいと考えている。

6 研究総括の見解:

光電子分光を専門とした溝川氏は本プロジェクトでは、レーザー光励起装置を光電子分光装置に組み込み、光励起に伴う電子状態の変化を時間の関数として測定することに成功した。更に、両システムを組み合わせることで、100・nm角程度の微小領域の測定を可能にした。

第一の成果は、光電子スペクトルのエネルギーシフトからヘテロ接合 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y/\text{SrTiO}_3:\text{Nb}$ での光起電力を非接触で計測することを可能とした。このエネルギーシフトが、励起光の周波数に依存することから注入されたキャリアの寿命も測ることに成功している。

第二は、 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_{1+x}\text{Mn}_2\text{O}_7$ と $\text{Cs}_2\text{A}_{n-2}\text{X}_6$ ($\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$) など、遷移金属イオンとそれに配位する陰イオンが形成する8面体が頂点共有でつながるペロブスカイト構造では、光励起による電荷・軌道秩序が大きく変化するのを見つけている。また、 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_{1+x}\text{Mn}_2\text{O}_7$ では、 $x = 0.4$ では強磁性金属相、 $x = 0.5$ では電荷秩序絶縁体相であるが、後者で大きな光照射効果を観測している。

第三には、半導体表面においては、表面準位に電荷が蓄えられたり、表面近傍に電荷欠乏層が形成されるが、磁性イオンが内殻光電子スペクトルに与える影響まで観測できるまでになった。

実験装置の立ち上げと2名のポスドクの獲得に時間がかかったが、最終年度に入って注目すべき成果が次々として出て、溝川氏の実験のレパートリーも広げることになった。それによって光励起下での光電子分光測定分野を切り拓き、パイオニア的な役割を果たした。更に、角度分解光電子分光を用いて、光励起に伴うフェルミ面の形状変化を直接観測したり、空間分解能を改善し、1・nm程度のドメインを光電子分光で観測する次の課題がスムーズに継続できることを願うばかりである。

7 主な論文等:

発表論文:

1. D. I. Khomskii and T. Mizokawa,
Orbitally-driven Peierls state in spinels,
Physical Review Letters, in press.
2. D. Asakura, J. W. Quilty, K. Takubo, S. Hirata, T. Mizokawa, Y. Muraoka, and Z. Hiroi,
Photoemission study of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ thin films under light illumination,
Physical Review Letters **93**, 247006 (2004).
3. T. Mizokawa,
Orbital polarization in layered t_{2g} electron systems,
New Journal of Physics **6**, 16.9 (2004).
4. T. T. Tran, T. Mizokawa, S. Nakatsuji, H. Fukazawa, and Y. Maeno,
Correlation effects in Sr_2RuO_4 and Ca_2RuO_4 : Valence-band photoemission spectra and self-energy calculations,
Physical Review B **70**, 153106 (2004).
5. D. Asakura, J. W. Quilty, K. Takubo, T. Mizokawa, Y. Muraoka, and Z. Hiroi,
Photoemission study of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ thin films under light illumination,
Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena, in press.
6. D. Asakura, Y. Fujii, and T. Mizokawa,
Development of high energy resolution inverse photoemission technique,
Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena, in press.
7. J. W. Quilty, J.-Y. Son, T. Mizokawa, D. Asakura,
Photoemission measurements of transition-metal oxides under laser illumination,
Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena, in press.
8. J.-Y. Son, T. Mizokawa, J. W. Quilty, S. Hirata, K. Takubo, T. Kimura, and Y. Tokura,
Electronic structure of $\text{La}_{2-2x}\text{Sr}_{1+2x}\text{Mn}_2\text{O}_7$ studied by x-ray photoemission spectroscopy,
Physical Review B **70**, 012411 (2004).
9. T. Mizokawa,
Photoemission study of layered transition-metal oxides and oxide-based diluted magnetic semiconductors,
Journal of Physics and Chemistry of Solids **65**, 1409-1415 (2004).
10. N. Ueda and T. Mizokawa,
Spin and charge ordering in hole-doped Cu-O single chain, double chain and ladder,
Physical Review B **69**, 224406 (2004).
11. T. Mizokawa, L. H. Tjeng, H.-J. Lin, C. T. Chen, S. Schuppler, S. Nakatsuji, H. Fukazawa, and Y. Maeno,
Orbital state and metal-insulator transition in $\text{Ca}_{2-x}\text{Sr}_x\text{RuO}_4$ ($x=0.0$ and 0.09) studied by x-ray absorption spectroscopy,
Physical Review B **69**, 132410 (2004).
12. D. Asakura and T. Mizokawa,
Doping dependence of Fermi surface in high- T_c cuprates studied by model Hartree-Fock calculations,
Physical Review B **68**, 092508 (2003).
13. M. Kurokawa and T. Mizokawa,
Orbital state and metal-insulator transition in $\text{Ca}_{2-x}\text{Sr}_x\text{RuO}_4$ cuprates studied by model Hartree-Fock calculations,
Physical Review B **66**, 024434 (2002).
14. T. Mizokawa, T. Nambu, A. Fujimori, T. Fukumura, and M. Kawasaki,

Electronic structure of the oxide-diluted magnetic semiconductor $\text{Zn}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}$,
Physical Review B **65**, 085209 (2002).

総説:

1. T. Mizokawa, A. Fujimori, J. Okabayashi, and O. Rader,
Photoemission spectroscopy of diluted Mn in and on solids,
Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena **136**, 21-30 (2004).
2. 溝川貴司,
「遷移金属酸化物のスピン・軌道秩序」,
固体物理 Vol. **37** No. 10, 733-743 (2002).

口頭発表(国際会議):

1. T. Mizokawa,
Electronic Structure of $\text{Ca}_{2-x}\text{Sr}_x\text{RuO}_4$ studied by photoemission and x-ray absorption spectroscopy (Invited), International Symposium on Spin-Triplet Superconductivity and Ruthenate Physics (STSR2004), Kyoto, October 25-28. 2004.
2. J.-Y. Son, T. Mizokawa, J. W. Quilty, K. Takubo, S. Hirata, T. Kimura, Y. Tokura, K. Ikeda, and N. Kojima, Electronic Structure Change Induced by Photoexcitation In Strongly Correlated Materials (Invited),
The 9th Asia Pacific Physics Conference (9th APPC), Hanoi, October 25-31 (2004).
3. T. T. Tran, T. Mizokawa, S. Nakatsuji, H. Fukazawa, and Y. Maeno,
Correlation effects in Sr_2RuO_4 and Ca_2RuO_4 : Valence-band photoemission spectra and self-energy calculations (Contributed),
The 9th Asia Pacific Physics Conference (9th APPC), Hanoi, October 25-31 (2004).
4. T. Mizokawa,
Electronic structure of some layered t_{2g} transition-metal oxides studied by photoemission and x-ray absorption spectroscopy (Invited),
International conference on FRONTIERS IN CONDENSED MATTER PHYSICS: electronic structure and properties (FESP02), Groningen, June 10- June 14 (2002).
5. T. Mizokawa,
Electron-lattice coupling in 3d transition-metal oxides probed by photoemission and x-ray absorption spectroscopy (Invited),
Local and Nanoscale Structure in Complex Systems 2002 (LNCS2002), Santa Fe, January 27- February 1 (2002).

口頭発表(国内学会):

1. 溝川貴司
光電子分光によるフェルミオロジー
物性研短期研究会「高輝度放射光を用いた先端科学研究と新たな展開」、2004年12月9日
～11日
2. 溝川貴司
強相関物質の光電子・逆光電子分光
第49回物性若手夏の学校、岩手県網張温泉、2004年7月29日～8月2日
3. 溝川貴司
Cu-O 鎖構造を持つ銅酸化物の角度分解光電子分光

物性研短期研究会「表面分光の最前線とナノサイエンスへの展開」(第22回吸着分子の分光光学セミナー)、2003年12月4日～5日

4. 溝川貴司

光電子分光・X線吸収分光によるCo-O三角格子の電子状態

物性研短期研究会「高輝度放射光による物質科学」、2003年11月28日～29日

5. 溝川貴司

高分解能光電子分光とフェルミオロジ -

PF研究会「VUV領域放射光を用いた物性基礎研究の最前線」、2002年5月1日

6. 溝川貴司

1次元および2次元構造を持つ遷移金属酸化物の角度分解光電子分光(SSRLの利用)

第9回 UVSOR ワークショップ、2002年3月5日～6日