

は最適ドーピングに程遠く、高い T_c が望めないにもかかわらず、両者間の何らかの相互作用により高い T_c が実現していると考えられる [6] .

1 物性実験

ホールドーピング、電子ドーピングの両方が可能な銅酸化物高温超伝導体

1.1 藤森研究室

藤森研究室では、角度分解光電子分光 (angle-resolved photoemission spectroscopy: ARPES), 軟 X 線磁気円二色性 (soft x-ray magnetic circular dichroism: XMCD) 等の高エネルギー分光を用いて強相関電子系の電子状態の研究を行っている。遷移金属化合物、磁性半導体などの複雑物質が示す高温超伝導、スピン依存伝導、金属 - 絶縁体転移、界面新奇物性等の発現機構解明をめざしている。実験室光源を用いた測定に加え、紫外光から X 線に至る高輝度放射光 (高エネルギー加速器研究機構フォトン・ファクトリー, SPring-8, 広島大放射光, スタンフォード放射光, 台湾放射光) を用い実験を行っている。

銅酸化物の高温超伝導は、反強磁性絶縁体にホールまたは電子をキャリアーとしてドーピングすることによって実現するが、ホールドーピング型超伝導体と電子ドーピング型超伝導体は異なる物質系であったため、ホール・ドーピング状態から電子ドーピング状態に移る際の電子の化学ポテンシャルの飛びなど、基本的な性質を測定できなかった。最近、ホールも電子もドーピングできる銅酸化物 $Y_{1-x}La_x(Ba_{1-x}La_x)_2Cu_3O_y$ が合成され、我々はこの物質の内殻準位の光電子分光測定から、化学ポテンシャルの飛びを初めて直接観測した。有限の飛びの存在は動的平均場理論 (DMFT) の予想と異なる。飛びの大きさは、これまでギャップの大きさとされてきた光学ギャップの約半分であり、バンドギャップが間接型であることが示された [7] .

1.1.1 高温超伝導

鉄化合物高温超伝導体における 3 次元的なフェルミ面

銅酸化物における高温超伝導は、その発見以来 20 年余りにわたって多くの研究が積み重ねられてきたが、今だに機構解明に至っていない世紀の難問である。また、反強磁性絶縁体相と超伝導相の間に出現する“擬ギャップ相”の起源についても、超伝導機構解明に匹敵する研究が行われてきたが、解明に至っていない。我々は、電子状態の有力な研究手段である ARPES を用いてこれらの問題を調べている。さらに、近年発見された鉄化合物高温超伝導はより複雑な電子構造を持つが、これらについても超伝導機構の解明を目指して ARPES 実験をおこなっている。

鉄化合物高温超伝導体の電子構造は、その層状結晶構造から、初期の研究では 2 次元的なものと仮定され、2 次元電子構造に基づいた理論的研究が多く行われて来た。我々は様々な光エネルギーを用いて光電子分光を行い、バンド構造・フェルミ面を 3 次元運動量空間内で調べ、3 次元性の強いバンド分散・フェルミ面を見出した。特に、電子数を変えずに反強磁性相から超伝導相をカバーでき、超伝導ギャップにノードが存在することが見つかった。BaFe₂(As_{1-x}P_x)₂ について、電子フェルミ面とホールフェルミ面のネスティングが 3 次元性のために悪化することを見出し、これが超伝導ギャップにノードが現れる原因のひとつであることを提唱した [15] .

多層型銅酸化物超伝導体の大きな超伝導ギャップと高い T_c

1.1.2 強相関界面・スピントロニクス

銅酸化物高温超伝導体の超伝導臨界温度 (T_c) は隣接する CuO_2 面の数に大きく依存し、3 層で最大値をとる。我々は、3 層系超伝導体 $Bi_2Sr_2Ca_2Cu_3O_{10+\delta}$ 最適ホールドーピング試料の ARPES 測定を行い、3 層の内側 CuO_2 面と外側 CuO_2 面のフェルミ面と超伝導ギャップを分離して観測することに成功した。外側 CuO_2 面は過剰ドーピングで通常の超伝導ギャップを、内側 CuO_2 面は不足ドーピングのため所謂“2 ギャップ”的振る舞いを示した。いずれも、高い T_c に対応してギャップは大きく、特に内側 CuO_2 面のギャップの大きさはこれまで観測されてきたもののうちでも最大級であった。過剰ドーピング面と不足ドーピング面のそれぞれ

金属 - 絶縁体転移、巨大磁気抵抗、スピン・電荷・軌道秩序など多彩な物性を示す遷移金属酸化物、半導体に遷移金属原子をドーピングした希薄磁性半導体、100%スピン偏極した電子を取り出せずハーフメタルとこれらの物質の作る極薄膜・界面は、従来のエレクトロニクスにスピンの自由度を導入した“スピントロニクス”の材料として期待されている。これらの物質の電子状態に対する界面効果、閉じ込め効果、基板圧力効果を光電子分光を用いて、通常の磁気測定では得られない元素選択的磁性・局所的磁性を XMCD を用いて調べている。

磁気トンネル接合 $\text{Co}_2\text{MnGe}/\text{MgO}$ 界面の元素選択磁性

強磁性金属の間に絶縁体を挟んだ磁気トンネル結合素子は、その巨大な磁気抵抗効果を利用した磁気記録の読み取りヘッドなどへの応用が始まっている。フェルミ準位付近の電子が100%スピン分極したハーフメタルを用いれば、磁気抵抗比を限りなく向上させることができるはずだが、実際は有限にとどまっている。その理由を解明するために、ハーフメタル Co_2MnGe と MgO 界面の Co , Mn 原子の磁気モーメントを XMCD により調べた。 MgO と接することによって Co , Mn は酸化されないが、 Co が過剰な場合 Co のモーメントが増加し、逆にフェルミ準位付近のスピン分極は低下していることが示唆された。 [12]。

室温強磁性体 $\text{Ti}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_2$ 薄膜の内部と表面の磁性

室温強磁性体 $\text{Ti}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_2$ (ルチル型結晶構造) の強磁性の起源を調べるために、 Co 内殻吸収の XMCD 測定を行っている。従来、表面敏感な電子収量測定で磁化測定より一桁小さく観測されていた Co の磁気モーメントが、バルク敏感な蛍光収量測定により磁化測定の値とほぼ一致した。このことは、厚さ数 nm の表面層で磁化が消えていることを示している。磁化が消える原因として、表面におけるキャリアー濃度の減少が考えられる [16]

< 受賞 >

- [1] 吉田鉄平：第5回日本物理学会若手奨励賞（2010年11月）。
- [2] 西一郎：理学系研究奨励賞（2011年3月）。
- [3] 鈴木博人：理学部学修奨励賞（2011年3月）。

< 新聞紹介記事 >

- [4] 「高温超電導体を解析-電力効率化に期待：広島大学院助教らチーム」中国新聞，11月22日

< 報文 >

(原著論文)

- [5] K. Yoshimatsu, T. Okabe, H. Kumigashira, S. Okamoto, S. Aizaki, A. Fujimori, and M. Oshima: Dimensional-crossover-driven metal-insulator transition in SrVO_3 ultrathin films, *Phys. Rev. Lett.* **104**, 147601–1-4 (2010).
- [6] S. Ideta, K. Takashima, M. Hashimoto, T. Yoshida, A. Fujimori, H. Anzai, T. Fujita, Y. Nakashima, A. Ino, M. Arita, H. Namatame, M. Taniguchi, K. Ono, M. Kubota, D. H. Lu, Z.-X. Shen, K. M. Kojima, and S. Uchida: Enhanced superconducting gaps in the tri-layer high-temperature $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$ cuprate superconductor, *Phys. Rev. Lett.* **104** 227001–1-4, (2010); arXiv:0905.1223.

- [7] M. Ikeda, M. Takizawa, T. Yoshida, A. Fujimori, K. Segawa, and Y. Ando: Chemical potential jump between the hole-doped and electron-doped sides of ambipolar high- T_c cuprate superconductors, *Phys. Rev. B* **82**, 020503(R)–1-4 (2010); arXiv:1001.0102.
- [8] T. Yoshida, M. Hashimoto, T. Takizawa, A. Fujimori, M. Kubota, K. Ono, and H. Eisaki: Mass renormalization in the band width-controlled Mott-Hubbard systems SrVO_3 and CaVO_3 studied by angle-resolved photoemission spectroscopy, *Phys. Rev. B* **82**, 085119–1-5 (2010); arXiv:1003.2269.
- [9] T. Kataoka, Y. Yamazaki, Y. Sakamoto, A. Fujimori, A. Tanaka, S. K. Mandal, T. K. Nath, D. Karmakar, and I. Dasgupta: Surface- and bulk-sensitive x-ray absorption study of the valence states of Mn and Co ions in $\text{Zn}_{1-2x}\text{Mn}_x\text{Co}_x\text{O}$ nanoparticles, *Appl. Phys. Lett.* **96**, 252502–1-7 (2010).
- [10] N.L. Saini, B. Joseph, A. Iadecola, T. Mizokawa, A. Fujimori, and T. Ito: Photoemission study of $\text{La}_{8-x}\text{Sr}_x\text{Cu}_8\text{O}_{20}$: Impact of the charge and spin density waves on the electronic structure, *J. Phys. Soc. Jpn.* **79**, 114718 (2010).
- [11] J. Okamoto, D.J. Huang, K. S. Chao, S.W. Huang, C.-H. Hsu, A. Fujimori, A. Masuno, T. Terashima, M. Takano, and C.T. Chen: Quasi-two-dimensional d -spin and p -hole ordering in a three-dimensional Fe perovskite $\text{La}_{1/3}\text{Sr}_{2/3}\text{FeO}_3$, *Phys. Rev. B* **82**, 132402–1-4 (2010)
- [12] D. Asakura, T. Koide, S. Yamamoto, K. Tsuchiya, T. Shioya, K. Amemiya, V.R. Singh, T. Kataoka, Y. Yamazaki, Y. Sakamoto, A. Fujimori, T. Taira, and M. Yamamoto: Magnetic states of Mn and Co atoms at $\text{Co}_2\text{MnGe}/\text{MgO}$ interfaces seen via soft x-ray magnetic circular dichroism study, *Phys. Rev. B* **82**, 184419–1-8 (2010).
- [13] H. Anzai, A. Ino, T. Kamo, T. Fujita, M. Arita, H. Namatame, M. Taniguchi, A. Fujimori, Z.-X. Shen, M. Ishikado, and S. Uchida: Energy-dependent enhancement of the electron-coupling spectrum of the underdoped $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ superconductor, *Phys. Rev. Lett.* **105**, 227002–1-4 (2010).
- [14] R.-H. He, X.J. Zhou, M. Hashimoto, T. Yoshida, K. Tanaka, S.-K. Mo, T. Sasagawa, N. Mannella, W. Meevasana, H. Yao, E. Berg, M. Fujita, T. Adachi, S. Komiya, S. Uchida, Y. Ando, F. Zhou, Z.X. Zhao, A. Fujimori, Y. Koike, K. Yamada, S.A. Kivelson, Z. Hussain and Z.-X. Shen: Doping dependence of the (π, π) shadow band in La-based cuprates studied by angle-resolved photoemission spectroscopy, *New J. Phys.* **13**, 013031–1-14 (2011); arXiv:0911.2245.
- [15] T. Yoshida, I. Nishi, S. Ideta, A. Fujimori, M. Kubota, K. Ono, S. Kasahara, T. Shibauchi, T. Terashima, Y. Matsuda, H. Ikeda, and R. Arita:

- Two-dimensional and three-dimensional Fermi surfaces of superconducting $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ and their nesting properties revealed by angle-resolved photoemission spectroscopy, *Phys. Rev. Lett.* **106**, 117001–1-4 (2011); arXiv:1008.2080.
- [16] V.R. Singh, Y. Sakamoto, T. Kataoka, M. Kobayashi, Y. Yamazaki, A. Fujimori, F.-H. Chang, D.-J. Huang, H.-J. Lin, C.T. Chen, H. Toyosaki, T. Fukumura, and M. Kawasaki: Bulk and surface magnetization of Co atoms in rutile $\text{Ti}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_{2-\delta}$ thin films revealed by x-ray magnetic circular dichroism, *J. Phys. Condens. Mat.* **23**, 176001–1-5 (2011); arXiv:1103.6092.
- [17] Y. Yamazaki, T. Kataoka, V.R. Singh, A. Fujimori, F.-H. Chang, H.-J. Lin, D.J. Huang, C.T. Chen, K. Ishikawa, K. Zhang, and S. Kuroda: Effect of co-doping of donor and acceptor impurities in the ferromagnetic semiconductor $\text{Zn}_{1-x}\text{Cr}_x\text{Te}$ studied by soft x-ray magnetic circular dichroism, *J. Phys. Condens. Mat.* **23**, 176002–1-4 (2011); arXiv:1103.4917.
- (会議抄録)
- [18] S. Ideta, K. Takashima, M. Hashimoto, T. Yoshida, A. Fujimori, H. Anzai, T. Fujita, Y. Nakashima, A. Ino, M. Arita, H. Namatame, M. Taniguchi, K. Ono, M. Kubota, D. H. Lu, Z.-X. Shen, K.M. Kojima, and S. Uchida: Angle-resolved photoemission study of the tri-layer high- T_c superconductor $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$: Effects of inter-layer hopping, *Proceedings of 9th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity (M2S-IX)*; *Physica C* **470**, S14-S16 (2010).
- (綜説, 解説, その他)
- [19] 出田真一郎: 角度分解光電子分光による $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{TM}_x)_2\text{As}_2$ ($\text{TM} = \text{Ni}, \text{Cu}$) のフェルミ面観測 (年会・合同シンポジウム学生発表賞審査結果), *放射光学会誌* **24**, 95 (2011).
- (学位論文)
- [20] 山崎陽: X-ray magnetic circular dichroism study of the diluted magnetic semiconductor $\text{Zn}_{1-x}\text{Cr}_x\text{Te}$ (修士論文).
- [21] 西一郎: Angle-resolved photoemission study of the iron-based superconductors PrFeAsO_{1-y} and $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ (修士論文).
- [22] 植村渉: Electron-doped high-temperature superconductors $\text{Y}_{1-z}\text{La}_z(\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x)_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ and $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ studied by photoemission spectroscopy (修士論文).
- < 学術講演 >
- (国際会議)
- 招待講演
- [23] A. Fujimori: Photoemission spectroscopy of electronically reconstructed and epitaxially strained oxide thin films, *Inter-phase: Novel Electronic States at Interfaces in Oxides* (Lorentz Center, Leiden, April 26-29, 2010).
- [24] A. Fujimori: Fermiology and core-level spectroscopy of strained and electronically reconstructed oxide thin films, *9th International Conference on Spectroscopies in Novel Superconductors (SNS2010)* (Fudan University, Shanghai, May 23-28, 2010).
- [25] A. Fujimori: Photoemission spectroscopy and the electronic structure of diluted magnetic semiconductors, *International Conference on Core Research and Engineering Science of Advanced Materials* (Osaka University, May 30-June 4, 2010).
- [26] A. Fujimori: XMCD characterization of high- T_C diluted magnetic semiconductors, *ibid.*
- [27] A. Fujimori: Photoemission spectroscopy of perovskite-type oxides under epitaxial strain, *12th International Ceramics Congress (CIMTEC 2010)* (Montecatini Terme, Italy, June 6-11, 2010).
- [28] A. Fujimori: Fermiology and core-level spectroscopy of oxide thin films under epitaxial strain, *2010 Villa Conference on Complex Oxide Heterostructures (VCCOH-2010)* (Santorini, Greece, June 14-18, 2010).
- [29] A. Fujimori: Fermiology and core-level spectroscopy of strained and electronically reconstructed oxide thin films, *2nd APCTP-IACS Joint Conference, International Conference on Physics of Novel Oxide Materials* (APCTP, Pohang, July 15-17, 2010).
- [30] A. Fujimori: Fermiology of Fe pnictide superconductors by ARPES, *International Conference on Quantum Phenomena in Complex Matter (Superstripes 2010)* (Erice, Italy, July 20-24, 2010).
- [31] A. Fujimori: Three-dimensional electronic structure of Fe pnictides, *Recent Progress on Spectroscopies and High-Tc Superconductors* (Tohoku University, August 9-11, 2010).
- [32] A. Fujimori: Heterostructures of transition metal oxides, *5th Windsor Summer School "Quantum Phenomena in Low-Dimensional Materials and Nanostructures"* (Windsor, August 9-21, 2010).
- [33] A. Fujimori: Local magnetic information in ferromagnetic thin films from x-ray magnetic circular dichroism, *International Conference on Magnetic Materials (ICMM-2010)* (Saha Institute for Nuclear Physics, Kolkata, October 25-29, 2010).
- [34] K. Yoshimatsu, K. Horiba, H. Kumigashira, T. Yoshida, A. Fujimori, and M. Oshima: Metal-insulator transition and two-dimensional electron liquid in SrVO_3 ultrathin films, *4th Indo-Japan Seminar on Electronic Structure of Novel Magnetic and Superconducting Materials* (Tokyo University, February 1-2, 2011).

- [35] A. Fujimori: Three-dimensional electronic structure of Fe pnictides, *11th Korea-Japan-Taiwan Symposium on Strongly Correlated Electron System: 8th Workshop for A3 Foresight Program* (Jeju Island, Korea, February 10-12, 2011).
- [36] T. Yoshida: Three-dimensional Fermi surfaces and superconducting gap of iron pnictide superconductor, 第15回広島放射光国際シンポジウム(広島大学, 2011年3月3-4日).
- [37] A. Fujimori: Three-dimensional electronic structure of Fe pnictide superconductors, *International Meeting on High-Accuracy, Hierarchical and Many-Body Schemes for Materials Simulations*(東大物工, 2011年3月10-11日).
- [38] A. Fujimori: Three-dimensional electronic structure and superconductivity in Fe pnictides, *Study of Matter at Extreme Conditions (SMEC2011)* (Miami, March 27-April 2, 2011).
Three-dimensional Fermi surfaces and their nesting properties in the iron pnictide superconductor BaFe₂(As_{1-x}P_x)₂ stripes
- 一般講演
- [39] N. Kamakura, T. Okane, Y. Takeda, S. Fujimori, Y. Saitoh, H. Yamagami, A. Fujimori, A. Fujita, S. Fujieda, and K. Fukamichi: Electronic structure of La(Fe_{0.88}Si_{0.12})₁₃, *2010 MRS Spring Meeting* (San Francisco, April 6-8, 2010).
- [40] T. Yoshida, I. Nishi, A. Fujimori, M. Yi, R. Moor, D.-H. Lu, Z.-X. Shen, K. Kiho, P. M. Shirage, H. Kito, C.-H. Lee, A. Iyo, H. Eisaki, and H. Harima: Quasi-particle band dispersion and Fermi surfaces of the iron pnictides superconductor KFe₂As₂, *9th International Conference on Spectroscopies in Novel Superconductors (SNS2010)* (Shanghai, May 23-25, 2010).
- [41] S. Ideta, T. Yoshida, M. Hashimoto, A. Fujimori, H. Anzai, T. Fujita, Y. Nakashima, A. Ino, M. Arita, H. Namatame, M. Taniguchi, K. Ono, M. Kubota, D. H. Lu, Z.-X. Shen, K. Takashima, K. M. Kojima, and S. Uchida: Relationship between the Fermi arc length, energy gap, and superconducting transition temperature in the high- T_c cuprate superconductors observed by ARPES, *ibid.*
- [42] I. Nishi, W. Malaeb, T. Yoshida, A. Fujimori, Y. Kotani, M. Kubota, K. Ono, M. Yi, D. H. Lu, R. Moore, Z.-X. Shen, M. Ishikado, A. Iyo, K. Kihou, H. Kito, H. Eisaki, S. Shamoto, and R. Arita: Angle-resolved photoemission study of PrFeAsO_{1-y}, *ibid.*
- [43] V. K. Verma, V. R. Singh, K. Ishigami, T. Kataoka, A. Fujimori, F.-H. Chang, H.-J. Lin, D.-J. Huang, C.T. Chen, S. Jana, S. Ray, Niladri, S. Karan, S. Jana, and N. Pradhan: Room temperature ferromagnetism in dilute magnetic semiconductor Mn doped ZnS nanoparticles, *International Conference on Core Research and Engineering Science of Advanced Materials* (Osaka University, May 30-June 4, 2010).
- [44] K. Yoshimatsu, H. Kimigashira, A. Fujimori, and M. Oshima: *In situ* angle-resolved photoemission study on SrRuO₃ thin films, *37th International conference on Vacuum Ultraviolet and X-ray Physics (VUVX-37)*(Vancouver, July 11-16, 2010).
- [45] K. Yoshimatsu, E. Sakai, H. Kimigashira, A. Fujimori, and M. Oshima: Fermi surface of SrRuO₃ thin films studied by soft x-ray angle-resolved photoemission spectroscopy, *17-th International Workshop on Oxide Electronics (WOE-17)* (Awaji, September 19-22, 2010).
- [46] J. Okabayashi, S. Toyoda, K. Ono, M. Oshima, and A. Fujimori: Temperature-dependent electronic structure of Ga_{1-x}Mn_xAs studied by photoemission spectroscopy, *6th International Conference on the Physics and Applications of Spin Related Phenomena in Semiconductors (PASPS-VI)* (University of Tokyo, August 1-4, 2010).
- [47] S. Fujimori, T. Ohkochi, I. Kawasaki, A. Yasui, Y. Takeda, T. Okane, Y. Saitoh, A. Fujimori, H. Yamagami, Y. Haga, E. Yamamoto, and Y. Onuki: Electronic structure of heavy Fermion uranium compounds studied by core-level photoelectron spectroscopy, *International Conference on Heavy Electrons 2010 (ICHE2010)* (Tokyo Metropolitan University, September 17-20, 2010)
- [48] Y. Takeda, T. Okane, T. Ohkochi, Y. Saitoh, H. Yamagami, A. Fujimori, A. Ochiai, E. Yamamoto, and Y. Haga: Electronic structure of uranium monochalcogenides UXC (XC = S, Se, Te) as seen via soft x-ray photoemission spectroscopy, *ibid.*
- [49] T. Okane, T. Ohkochi, A. Yasui, I. Kawasaki, S.-i. Fujimori, Y. Takeda, Y. Saitoh, H. Yamagami, A. Fujimori, Y. Matsumoto, N. Kimura, T. Komatsubara, and H. Aoki: Resonant angle-resolved photoemission study of substitutional solid solutions of CeRu₂Si₂, *ibid.*
- [50] V.K. Verma, V.R. Singh, K. Ishigami, G. Shibata, A. Fujimori, T. Koide, T. Chakraborty, and S. Ray; X-ray absorption spectroscopy and x-ray magnetic circular dichroism study of Fe-doped BaTiO₃, *International Conference on Magnetic Materials (ICMM-2010)* (Saha Institute for Nuclear Physics, October 25-29, 2010).
- [51] S. Ideta, T. Yoshida, 4, I. Nishi, A. Fujimori, H. Kotani, M. Arita, K. Ono, Y. Nakashima, M. Matsuo, T. Sasagawa, and R. Arita: Three dimensional Fermi surfaces of iron-based superconductor Ba(Fe_{1-x}Ni_x)₂As₂ observed by ARPES, *JSPS A3 Foresight Program Autumn School for Young Scientists* (Kyoto, November 7-11, 2010).
- [52] I. Nishi, M. Ishikado, W. Malaeb, T. Yoshida, A. Fujimori, Y. Kotani, M. Kubota, K. Ono, M. Yi,

- D.H. Lu, R. Moore, Z.-X. Shen, A. Iyo, K. Kihou, H. Kito, H. Eisaki, S. Shamoto, and R. Arita: Angle-resolved photoemission spectroscopy study of $\text{PrFeAsO}_{0.7}$: Pnictogen height dependence of the electronic structure, *ibid.*
- [53] K. Ishigami, K. Yoshimatsu, M. Takizawa, H. Kumigashira, M. Oshima, T. Yoshida, and A. Fujimori: Soft x-ray photoemission study of $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{TiO}_3$ thin films, *ibid.*
- [54] Y. Yamazaki, T. Kataoka, V.R. Singh, A. Fujimori, F.-H. Chang, H.-J. Lin, D.J. Huang, C.T. Chen, K. Ishikawa, K. Zhang, and S. Kuroda: Soft x-ray magnetic circular dichroism study of the diluted magnetic semiconductor $\text{Zn}_{1-x}\text{Cr}_x\text{Te}$, *ibid.*
- [55] W. Uemura, S. Ideta, I. Nishi, T. Yoshida, A. Fujimori, M. Kubota, K. Ono, K. Segawa, and Y. Ando: Angle-resolved photoemission spectroscopy study of hole-doped and electron-doped cuprate $\text{Y}_{1-z}\text{La}_z(\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x)_2\text{Cu}_3\text{O}_y$, *ibid.*
- [56] V.R. Singh, T. Kataoka, Y. Yamazaki, V.K. Verma, G. Shibata, A. Fujimori, F.-H. Chang, H.-J. Lin, D.-J. Huang, C.T. Chen, Y. Yamada, T. Fukumura and, M. Kawasaki: Carrier-induced ferromagnetism of cobalt-doped anatase TiO_2 thin films studied by soft x-ray magnetic circular dichroism, *4th Indo-Japan Seminar on Electronic Structure of Novel Magnetic and Superconducting Materials* (Tokyo University, February 1-2, 2011).
- [57] A. Fujimori: Three-dimensional electronic structure and superconductivity in Fe pnictides, *ibid.*
- [58] V.R. Singh, K. Ishigami, Y. Yamazaki, V.K. Verma, A. Fujimori, Y. Takeda, T. Okane, Y. Saitoh, H. Yamagami, Y. Nakamura, M. Azuma, and Y. Shimakawa: X-ray absorption spectroscopy and x-ray magnetic circular dichroism investigations of Co-doped BiFeO_3 films, *ibid.*
- [59] V.K. Verma, V.R. Singh, K. Ishigami, Y. Yamazaki, G. Shibata, T. Kadono, A. Fujimori, T. Koide, S. Chattopadhyay, and T.K. Nath: Study of valence state and magnetic property of Fe in Fe-doped ZnO thin films, *ibid.*
- [60] S. Ideta, T. Yoshida, I. Nishi, A. Fujimori, M. Nakajima, H. Kotani, M. Kubota, K. Ono, Y. Nakashima, M. Matsuo, T. Sasagawa, K. Kihou, Y. Tomioka, C.H. Lee, A. Iyo, H. Eisaki, T. Ito, S. Uchida, R. Arita: Electronic structure of the electron-doped iron-based superconductors $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{TM}_x)_2\text{As}_2$ ($\text{TM} = \text{Ni}, \text{Cu}$) observed by angle-resolved photoemission spectroscopy, *ibid.*
- [61] K. Yoshimatsu, M. Takizawa, H. Kumigashira, M. Oshima, T. Yoshida, and A. Fujimori: Soft x-ray photoemission study of $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{TiO}_3$ thin films, *ibid.*
- [62] W. Uemura, S. Ideta, I. Nishi, T. Yoshida, A. Fujimori, M. Kubota, K. Ono, K. Segawa, and Y. Ando: Angle-resolved photoemission spectroscopy study of hole-doped and electron-doped cuprate $\text{Y}_{1-z}\text{La}_z(\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x)_2\text{Cu}_3\text{O}_y$, *ibid.*
- [63] I. Nishi, S. Ideta, T. Yoshida, A. Fujimori, S. Kasahara, T. Terashima, T. Shibauchi, Y. Matsuda, M. Nakajima, S. Uchida, Y. Tomioka, T. Ito, K. Kihou, C. Lee, A. Iyo, H. Eisaki, M. Kubota, K. Ono, H. Ikeda, and R. Arita: Composition dependence of Fermi surfaces in $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$, *ibid.*
- [64] G. Shibata, V.R. Singh, V.K. Verma, K. Ishigami, A. Fujimori, T. Koide, K. Yoshimatsu, E. Sakai, H. Kumigashira, and M. Oshima: Thickness dependence of the magnetic properties of $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$ thin films studied by soft x-ray magnetic circular dichroism, *ibid.*
- [65] Y. Yamazaki, T. Kataoka, V.R. Singh, A. Fujimori, F.-H. Chang, H.-J. Lin, D.J. Huang, C.T. Chen, K. Ishikawa, K. Zhang, S. Kuroda: Soft x-ray magnetic circular dichroism study of the diluted magnetic semiconductor $\text{Zn}_{1-x}\text{Cr}_x\text{Te}$, *ibid.*
- [66] T. Yoshida, I. Nishi, S. Ideta, A. Fujimori, M. Kubota, K. Ono, S. Kasahara, T. Shibauchi, T. Terashima, Y. Matsuda, M. Nakajima, S. Uchida, Y. Tomioka, T. Ito, K. Kihou, C.H. Lee, A. Iyo, H. Eisaki, H. Ikeda, and R. Arita: Observation of the three-dimensional Fermi surfaces and the superconducting gaps in $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$, *11th Korea-Japan-Taiwan Symposium on Strongly Correlated Electron System: 8th Workshop for A3 Foresight Program* (Jeju Island, Korea, February 10-12, 2011).
- [67] S. Ideta, T. Yoshida, I. Nishi, A. Fujimori, H. Kotani, M. Kubota, K. Ono, Y. Nakashima, M. Matsuo, T. Sasagawa, M. Nakajima, K. Kihou, Y. Tomioka, C.H. Lee, A. Iyo, H. Eisaki, T. Ito, S. Uchida, and R. Arita: Electronic structure of the iron-based superconductor $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{TM}_x)_2\text{As}_2$ ($\text{TM} = \text{Ni}, \text{Cu}$) observed by ARPES, *ibid.*
- [68] I. Nishi, S. Ideta, T. Yoshida, A. Fujimori, S. Kasahara, T. Terashima, T. Shibauchi, Y. Matsuda, M. Nakajima, S. Uchida, Y. Tomioka, T. Ito, K. Kihou, C. Lee, A. Iyo, H. Eisaki, M. Kubota, K. Ono, H. Ikeda, and R. Arita: Doping dependence of Fermi surfaces in $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$, *ibid.*
- [69] S. Ideta, T. Yoshida, T. Shimojima, W. Malaeb, M. Nakajima, A. Fujimori, S. Uchida, Y. Nakashima, H. Anzai, A. Ino, M. Arita, H. Namatame, M. Taniguchi, Y. Tomioka, T. Ito, K. Kihou, C.H. Lee, A. Iyo, H. Eisaki, S. Kasahara, T. Terashima, T. Shibauchi, Y. Matsuda, H. Ikeda, and R. Arita: Out-of-plane momentum dependence of the superconducting gap in $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ observed by angle-resolved photoemission spectroscopy, 第15回広島放射光国際シンポジウム (広島大学, 2011年3月3 - 4日).

- [70] T. Yoshida, I. Nishi, S. Ideta, A. Fujimori, M. Nakajima, S. Uchida, M. Kubota, K. Ono, S. Kasahara, T. Terashima, H. Ikeda, T. Shibauchi, Y. Matsuda, Y. Tomioka, T. Ito, K. Kihou, C. Lee, A. Iyo, H. Eisaki, and R. Arita: Three-dimensional Fermi surfaces and superconducting gap of $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$, *International Workshop on Novel Superconductors and Super Materials 2011 (NS220011)* (Miraikan, March 6-8, 2011).
- [71] S. Ideta, T. Yoshida, I. Nishi, M. Nakajima, S. Uchida, A. Fujimori, H. Kotani, M. Kubota, K. Ono, Y. Nakashima, M. Matsuo, T. Sasagawa, K. Kihou, Y. Tomioka, C. H. Lee, A. Iyo, H. Eisaki, T. Ito, and R. Arita: Electronic structure of the electron-doped $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{TM}_x)_2\text{As}_2$ ($\text{TM} = \text{Ni}, \text{Cu}$) observed by angle-resolved photoemission spectroscopy, *ibid.*
- [72] I. Nishi, S. Ideta, T. Yoshida, A. Fujimori, M. Nakajima, S. Uchida, R. Arita, S. Kasahara, T. Terashima, T. Shibauchi, Y. Matsuda, H. Ikeda, Y. Tomioka, T. Ito, K. Kihou, C. Lee, A. Iyo, H. Eisaki, M. Kubota, and K. Ono: Composition dependence of Fermi surfaces in $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$, *ibid.*
- [73] Y. Takeda, T. Okane, T. Ohkochi, Y. Saitoh, H. Yamagami, A. Fujimori, A. Ochiai, E. Yamamoto, and Y. Haga: Electronic structure of uranium monochalcogenides UX_C as seen via soft x-ray photoemission spectroscopy, *6-th Workshop on Speciation, Techniques, and Facilities for Radioactive Materials at Synchrotron Light Sources and Other Quantum Beam Sources (Actinide XAS 2011)* (Harima, March 2-4, 2011).
- (国内会議)
- 招待講演
- [74] 吉田鉄平: Correlated electronic structure of cuprate and iron-pnictide superconductors observed by ARPES, *Seminar for New Aspects of High- T_c Superconductivity from Cuprates to Fe-Based Superconductors* (小柴ホール, 2010年7月4日)
- [75] 吉田鉄平: KEK-PF BL-28 と他施設との比較 (ARPESを中心に), ISSP ワークショップ「東京大学アウトステーション (SPring-8 BL-07LSU) での物性研究の新展開」(物性研, 3月8日)
- 一般講演
- [76] 吉田鉄平: $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ の超伝導ギャップ, フェルミ面, TRIP 領域会議「物性」分科会 (JST, 2010年6月5日)
- [77] 竹田幸治, 岡根哲夫, 藤森淳, 斎藤祐児, 山上浩志, 大矢忍, ファムナムハイ, 田中雅明: 軟 X 線磁気円二色性を用いた $\text{Ga}_{1-x}\text{Mn}_x\text{As}$ の熱処理によるスピン電子状態変化の研究, 2010 年度スピン流の創出と制御研究会 (京都大学化学研究所, 2010年6月23-25日)
- [78] V.R. Singh, V.K. Verma, K. Ishigami, D. Asakura, A. Fujimori, T. Koide, F.-H. Chang, H.-J. Lin, D.-J. Huang, C.T. Chen, T. Ishikawa, and M. Yamamoto: X-ray absorption spectroscopy and x-ray magnetic circular dichroism of epitaxial Co_2MnSi thin films with various Mn compositions facing an MgO barrier, 同上.
- [79] V.K. Verma, V.R. Singh, K. Ishigami, G. Shibata, A. Fujimori, T. Koide, T. Chakraborty and S. Ray: X-ray absorption spectroscopy and x-ray magnetic circular dichroism study of Fe-doped BaTiO_3 , 同上.
- [80] 吉田鉄平, 西一郎, 出田真一郎, 藤森淳, 笠原成, 寺嶋孝仁, 芝内孝禎, 松田祐司, 久保田正人, 小野寛太, 池田浩章, 有田亮太郎: $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ におけるフェルミ面の3次元構造, 日本物理学会秋季大会 (大阪府立大学, 2010年9月23-26日).
- [81] 出田真一郎, 吉田鉄平, 西一郎, 藤森淳, 久保田正人, 小野寛太, 小谷佳範, D.H. Lu, Z.-X. Shen, 有田亮太郎, 中島裕司, 笹川崇男: 角度分解光電子分光による $\text{BaFe}_{2-x}\text{Ni}_x\text{As}_2$ のフェルミ面と超伝導ギャップの観測, 同上.
- [82] 芝田悟朗, 石上啓介, V.R. Singh, V.K. Verma, 藤森淳, 小出常晴, 吉松公平, 組頭広志, 尾嶋正治: $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$ 薄膜の軟 X 線磁気円二色性の膜厚依存性, 同上.
- [83] V.R. Singh, K. Ishigami, Y. Yamazaki, V.K. Verma, A. Fujimori, Y. Takeda, T. Okane, Y. Saitoh, H. Yamagami, Y. Nakamura, M. Azuma, and Y. Shimakawa: X-ray absorption spectroscopy and x-ray magnetic circular dichroism investigations of Co-doped BiFeO_3 films, 同上.
- [84] 吉松公平, 坂井延寿, 組頭広志, 藤森淳, 尾嶋正治: SrRuO_3 薄膜の軟 X 線角度分解光電子分光, 同上.
- [85] 鎌倉望, 岡根哲夫, 竹田幸治, 藤森伸一, 斎藤祐児, 山上浩志, 藤森淳, 藤田麻哉, 藤枝俊, 深道和明: $\text{La}(\text{Fe}_{0.88}\text{Si}_{0.12})_{13}$ の電子状態, 同上.
- [86] 藤森淳: 光電子スペクトルにおける電子相関効果の問題点 - Cu 酸化物, V 酸化物, Fe 砒素化物, 新学術領域研究「コンピュータイクスによる物質デザイン」A03 高田班・今田班合同研究会 (東大, 2010年11月16-17日)
- [87] S. Ideta, T. Yoshida, I. Nishi, A. Fujimori, H. Kotani, M. Kubota, K. Ono, Y. Nakashima, M. Matsuo, T. Sasagawa, and R. Arita: Electronic structure of iron-based superconductor $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{TM}_x)_2\text{As}_2$ ($\text{TM} = \text{Ni}, \text{Cu}$) observed by ARPES, 物構研シンポジウム'10 - 量子ビーム科学の展望 - (つくば, 12月7-8日)
- [88] K. Yoshimatsu, E. Sakai, H. Kimigashira, A. Fujimori, and M. Oshima: Soft x-ray angle-resolved photoemission study on SrRuO_3 thin films, 同上.
- [89] Y. Yamazaki, T. Kataoka, V. R. Singh, A. Fujimori, F.-H. Chang, H.-J. Lin, D.J. Huang, C.T. Chen, K. Ishikawa, K. Zhang, and S. Kuroda: Effects of co-doping of donor and acceptor impurities in the ferromagnetic semiconductor $\text{Zn}_{1-x}\text{Cr}_x\text{Te}$

- studied by soft x-ray magnetic circular dichroism, 第 15 回半導体スピン工学の基礎と応用 (PASPS-15) (筑波大学, 2010 年 12 月 20-21 日)
- [90] 藤森淳, 小出常晴, 竹田幸治: XMCD による高スピン偏極材料のキャラクタリゼーション, 2010 年度スピン流の創出と制御成果報告会 (東京大学, 2011 年 1 月 6-7 日).
- [91] V.K. Verma, V.R. Singh, K. Ishigami, G. Shibata, A. Fujimori, T. Koide, S. Chattopadhyay, and T.K. Nath: X-ray absorption spectroscopy and x-ray magnetic circular dichroism study of Fe doped and Fe, Al co-doped ZnO thin films, 同上.
- [92] V.R. Singh, T. Kataoka, Y. Yamazaki, V. K. Verma, G. Shibata, A. Fujimori, F.-H. Chang, H.-J. Lin, D.-J. Huang, C.T. Chen, Y. Yamada, T. Fukumura, and M. Kawasaki: Carrier-induced ferromagnetism of cobalt-doped anatase TiO₂ thin films studied by soft x-ray magnetic circular dichroism, 同上.
- [93] 吉田鉄平, 西一郎, 出田真一郎, 藤森淳, 笠原成, 寺嶋孝仁, 芝内孝禎, 松田祐司, 久保田正人, 小野寛太, 池田浩章, 有田亮太郎: BaFe₂(As_{1-x}P_x)₂ の 3 次元フェルミ面の観測, 第 24 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム (つくば, 2011 年 1 月 7-10 日).
- [94] 出田真一郎, 吉田鉄平, 西一郎, 藤森淳, 小谷佳範, 久保田正人, 小野寛太, 有田亮太郎, 中島裕司, 松尾明寛, 笹川崇男: 角度分解光電子分光による Ba(Fe_{1-x}Ni_x)₂As₂ のフェルミ面観測, 同上.
- [95] 芝田悟朗, 石上啓介, V.R. Singh, V.K. Verma, 藤森淳, 小出常晴, 吉松公平, 組頭広志, 尾嶋正治: La_{0.6}Sr_{0.4}MnO₃ 薄膜の軟 X 線磁気円二色性の膜厚依存性, 同上.
- [96] 吉松公平, 坂井延寿, 組頭広志, 藤森淳, 尾嶋正治: SrRuO₃ 薄膜の *in situ* 角度分解光電子分光, 同上.
- [97] 出田真一郎, 吉田鉄平, 藤森淳, 久保田正人, 小野寛太, 中島正道, 木方邦宏, 富岡泰秀, 李哲虎, 伊豫彰, 永崎洋, 伊藤利充, 内田慎一: 角度分解光電子分光による Ba(Fe_{1-x}Cu_x)₂As₂ の電子構造観測, 日本物理学会第 66 回年次大会 (新潟大学, 2011 年 3 月 25-28 日).
- [98] 西一郎, 出田真一郎, 吉田鉄平, 藤森淳, 笠原成, 寺嶋孝仁, 芝内孝禎, 松田祐司, 中島正道, 内田慎一, 富岡泰秀, 伊藤利充, 木方邦宏, 李哲虎, 伊豫彰, 永崎洋, 久保田正人, 小野寛太, 池田浩章, 有田亮太郎: BaFe₂(As_{1-x}P_x)₂ のバンド構造とフェルミ面の組成依存性, 同上.
- [99] 植村渉, 出田真一郎, 西一郎, 吉田鉄平, 藤森淳, 久保田正人, 小野寛太, 瀬川耕司, 安藤陽: 両極ドーブ系 Y_{1-z}La_z(Ba_{1-x}La_x)₂Cu₃O_y の角度分解光電子分光, 同上.
- [100] 吉田鉄平, 西一郎, 出田真一郎, 藤森淳, 笠原成, 寺嶋孝仁, 芝内孝禎, 松田祐司, 中島正道, 内田慎一, 富岡泰秀, 伊藤利充, 木方邦宏, 李哲虎, 伊豫彰, 永崎洋, 久保田正人, 小野寛太, 池田浩章, 有田亮太郎: BaFe₂(As_{1-x}P_x)₂ の超伝導ギャップの観測, 同上.
- [101] V.K. Verma, V.R. Singh, K. Ishigami, Y. Yamazaki, G. Shibata, T. Kadono, A. Fujimori, T. Koide, S. Chattopadhyay, and T. K. Nath: X-ray absorption spectroscopy and x-ray magnetic circular dichroism study of Fe doped ZnO thin films, 同上.
- [102] 芝田悟朗, 門野利治, V.R. Singh, V.K. Verma, 石上啓介, 藤森淳, 小出常晴, 吉松公平, 坂井延寿, 組頭広志, 尾嶋正治: La_{0.6}Sr_{0.4}MnO₃ 薄膜の軟 X 線磁気円二色性・線二色性の膜厚依存性, 同上.
- [103] 竹田幸治, 岡根哲夫, 藤森淳, 斎藤祐児, 山上浩志, 大矢忍, ファムナムハイ, 田中雅明: 軟 X 線磁気円二色性による希薄磁性半導体 Ga_{1-x}Mn_xAs の熱処理前後におけるスピン電子状態変化の研究, 同上.
- [104] 藤森伸一, 川崎郁斗, 保井晃, 竹田幸治, 岡根哲夫, 斎藤祐児, 山上浩志, 藤森淳, 菅井孝志, 芳賀芳範, 山本悦嗣, 大貫惇睦: 角度分解光電子分光による URhGe, UCoGe の電子状態, 同上.

セミナー他

- [105] A. Fujimori: X-ray magnetic circular dichroism studies of spintronics and multiferroic oxides (Indian Institute of Science, Bangalore, November 1, 2010).
- [106] A. Fujimori: Two- versus three-dimensional Fermi surfaces of Fe pnictide superconductors (Tata Institute for Fundamental Research, Mumbai, November 2, 2010).
- [107] A. Fujimori: Probing novel electronic phases at oxide interfaces (Tata Institute for Fundamental Research Colloquium, Mumbai, November 3, 2010).
- [108] 藤森淳: 銅系, 鉄系高温超伝導体の電子構造研究 (京都大学工学系研究科, 2011 年 2 月 24 日).

I

Summary of group activities in 2010

1 Fujimori Group

Research Subjects: Photoemission Spectroscopy of Strongly Correlated Systems

Member: Atsushi Fujimori and Teppei Yoshida

We study the electronic structure of strongly correlated systems using high-energy spectroscopic techniques such as angle-resolved photoemission spectroscopy and soft x-ray magnetic circular dichroism using synchrotron radiation. We investigate mechanisms of high-temperature superconductivity [1], metal-insulator transitions, giant magnetoresistance, carrier-induced ferromagnetism, spin/charge/orbital ordering in strongly correlated systems such as transition-metal oxides [2], magnetic semiconductors [3], and their interfaces.

[1] S. Ideta, K. Takashima, M. Hashimoto, T. Yoshida, A. Fujimori, H. Anzai, T. Fujita, Y. Nakashima, A. Ino, M. Arita, H. Namatame, M. Taniguchi, K. Ono, M. Kubota, D. H. Lu, Z.-X. Shen, K. M. Kojima, and S. Uchida: Enhanced superconducting gaps in the tri-layer high-temperature $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$ cuprate superconductor, *Phys. Rev. Lett.* **104** 227001–1-4, (2010).

[2] T. Yoshida, M. Hashimoto, T. Takizawa, A. Fujimori, M. Kubota, K. Ono, and H. Eisaki: Mass renormalization in the band width-controlled Mott-Hubbard systems SrVO_3 and CaVO_3 studied by angle-resolved photoemission spectroscopy, *Phys. Rev. B* **82**, 085119–1-5 (2010).

[3] V.R. Singh, Y. Sakamoto, T. Kataoka, M. Kobayashi, Y. Yamazaki, A. Fujimori, F.-H. Chang, D.-J. Huang, H.-J. Lin, C.T. Chen, H. Toyosaki, T. Fukumura, and M. Kawasaki: Bulk and surface magnetization of Co atoms in rutile $\text{Ti}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_{2-\delta}$ thin films revealed by x-ray magnetic circular dichroism, *J. Phys. Condens. Mat.* **23**, 176001–1-5 (2011).

II

2010年度 物理学教室全般に関する報告

1 学部講義概要

1.1 4年生 冬学期

1.1.1 化学物理学 : 藤森 淳

1. 原子の電子状態

1.1 一電子状態

1.2 多電子原子

1.3 周期律

2. 分子の電子状態

2.1 水素分子・二原子分子

2.2 ベンゼン等の分子

2.3 金属錯体