

# 1 物性実験

## 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) 測定等の放射光分光実験により、高温超伝導、スピントロニクス材料、薄膜・界面の電子状態の研究を行っている。遷移金属酸化物、遷移金属化合物、強磁性半導体、強磁性合金が示す超伝導、金属-絶縁体転移、磁気異方性、界面における新奇物性等の発現機構解明をめざしている。紫外光から X 線に至る放射光源 (KEK フォトンファクトリー, SPring-8, スタンフォード放射光, 広島大放射光, 台湾放射光), レーザー光源 (物性研), 実験室光源 (本郷) を用いて実験を行っている。

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らない世紀を超えた難問である。また、その後発見された鉄系高温超伝導体は、銅酸化物と多くの共通点を持つ一方で、多くの相違点も有している。我々は、これらの超伝導物質における超伝導発現機構解明と、擬ギャップ等の異常な物性の発現機構の解明を目指して、角度分解光電子分光 (ARPES) を用いて電子状態を調べている。

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、半導体に磁性原子をドーピングした強磁性半導体、重金属-遷移金属接合界面は、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・試料における磁気異方性、基板圧力効果を光電子分光および X 線磁気円二色性 (XMCD) 測定により調べている。とくに、元素選択的・局所的な磁性プローブである XMCD 測定を、磁場方向、偏光方向を自由に変えられるベクトル型超伝導マグネット装置を開発して行っている。

### 基板応力下の $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ 薄膜が示す磁気異方性の起源

巨大磁気抵抗を示す強磁性体金属  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  ( $x \sim 0.3-0.4$ , LSMO) は、異なる格子定数を持つ単結晶基板に薄膜をエピタキシャルに成長させることによって様々な磁性・伝導性を示す。特に、基板からの応力が伸張性応力か圧縮性応力かによって、磁化容易方向が面内または面に垂直に変化する。この磁気異方性の起源を調べるために我々は、伸張性基板  $\text{SrTiO}_3$  上に成長した LSMO 薄膜と圧縮性基板  $\text{LaAlO}_3$  上に

成長した LSMO 薄膜の磁場方向依存 XMCD 測定を行い比較した。その結果、多くの強磁性体に見られる磁気異方性と軌道磁気モーメントの異方性の間の良く知られた関係 (Bruno の関係) は見られず、応力により生じたスピン密度の空間分布の異方性 (有限の磁気ダイポール) が観測され、後者がスピン-軌道相互作用を通じて磁気異方性を支配していることが示唆された [14]。

### $L1_0$ 型 FePt 薄膜の垂直磁気異方性の起源

$L1_0$  型秩序 FePt 合金の薄膜は強い垂直磁気異方性を示すことで知られ、高密度磁気記録材料として期待されている。垂直磁気異方性の起源を調べるために、Fe および Pt の  $L$  吸収端で XMCD 測定を行った。第一原理計算の結果も援用し解析を行ったところ、Fe 端、Pt 端ともに Bruno の関係が破れていることがわかった。今後は、磁気異方性の起源として可能性の高いスピン密度の空間分布の異方性 (磁気ダイポール) を、Fe  $3d$  電子および Pt  $5d$  電子について調べる必要がある [10]。また、材料開発の分野では、FePt 合金の Fe を他の元素に置換して磁気モーメントの大きさを制御することも行われてきたが、薄膜試料のマクロな磁化測定は磁化の変化を調べるには精度が不足していた。我々は XMCD を用いて元素選択的な磁化測定を行い、元素置換により磁化の増減を明らかにした [11]。

#### <受賞>

- [1] 芝田悟朗: 15-th International Conference on Advanced Materials (IUMRS-ICAM 2017) (Kyoto, August 21-September 1), 研究奨励賞.
- [2] 池田啓祐: 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 (つくば, 2018 年 1 月 8-10 日), 学生発表賞.
- [3] 野中洋亮: 2017 年度量子ビームサイエンスフェスタ (水戸, 2018 年 3 月 2-4 日), 優秀ポスター賞.
- [4] 坂本祥哉: 理学系研究奨励賞.

#### <報文>

(原著論文)

- [5] K. Yano, T. Okane, Y. Takeda, H. Yamagami, A. Fujimori, K. Nishimura, and K. Sato: Element specific electronic states and spin-flip-like behavior of Ce in  $(\text{Ce}_{0.2}\text{Gd}_{0.8})\text{Ni}$  composed of heavy Fermion CeNi and ferri-magnet GdNi through XMCD method, *Physica B* **515**, 118-125 (2017).
- [6] T. Noda, K. Kudo, M. Takasuga, M. Nohara, T. Sugimoto, D. Ootsuki, M. Kobayashi, K. Horiba, K. Ono, H. Kumigashira, A. Fujimori, N. L. Saini, T. Mizokawa: Orbital-dependent band renormalization in  $\text{BaNi}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$  ( $x = 0.00$  and  $0.092$ ), *J. Phys. Soc. Jpn.* **86**, 064708-1-8 (2017).

- [7] Y. K. Wakabayashi, Y. Nonaka, Y. Takeda, S. Sakamoto, K. Ikeda, Z. Chi, G. Shibata, A. Tanaka, Y. Saitoh, H. Yamagami, M. Tanaka, A. Fujimori, and R. Nakane: Electronic structure and magnetic properties of magnetically dead layers in epitaxial  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}(111)$  films studied by x-ray magnetic circular dichroism, *Phys. Rev. B* **96**, 104410–1–11 (2017); arXiv:1704.01712
- [8] S.-i. Fujimori, M. Kobata, Y. Takeda, T. Okane, Y. Saitoh, A. Fujimori, H. Yamagami, Y. Matsumoto, E. Yamamoto, N. Tateiwa, Y. Haga: Electronic structure of  $\text{ThRu}_2\text{Si}_2$  studied by angle-resolved photoelectron spectroscopy: Elucidating the contribution of U 5*f* states in  $\text{URu}_2\text{Si}_2$ , *Phys. Rev. B* **96**, 125117–1–9 (2017); arXiv:1708.08165
- [9] S.-I. Fujimori, M. Kobata, Y. Takeda, T. Okane, Y. Saitoh, A. Fujimori, H. Yamagami, Y. Haga, E. Yamamoto, and Y. Onuki: Electronic structures of  $\text{UX}_3$  ( $X = \text{Al}, \text{Ga}, \text{and In}$ ) studied by photoelectron spectroscopy, *Phys. Rev. B* **96**, 115126 (2017); arXiv:1709.06235
- [10] K. Ikeda, T. Seki, G. Shibata, T. Kadono, K. Ishigami, Y. Takahashi, M. Horio, S. Sakamoto, Y. Nonaka, M. Sakamaki, K. Amemiya, N. Kawamura, M. Suzuki, K. Takanashi, and A. Fujimori: Magnetic anisotropy of  $L1_0$ -ordered FePt thin films studied by Fe and Pt  $L_{2,3}$ -edges x-ray magnetic circular dichroism, *Appl. Phys. Lett.* **111**, 142402–1–5 (2017); arXiv:1706.08183
- [11] S. Sakamoto, K. Srinivasan, R. Zhang, O. Krupin, K. Ikeda, G. Shibata, Y. Nonaka, Z. Chi, M. Sakamaki, K. Amemiya, A. Fujimori, and A. Ajan: Effects of cobalt substitution in  $L1_0$ -(Fe,Co)Pt thin films, *Phys. Rev. B* **96**, 144437–1–5 (2017); arXiv:1710.03927
- [12] M. Kobayashi, K. Yoshimatsu, T. Mitsunashi, M. Kitamura, E. Sakai, R. Yukawa, M. Minohara, A. Fujimori, K. Horiba, and H. Kumigashira: Emergence of quantum critical behavior in metallic quantum-well states of strongly correlated oxides, *Sci. Rep.* **7**, 16621–1–7 (2017); arXiv:1706.02433
- [13] D. Ootsuki, H. Ishii, K. Kudo, M. Nohara, M. Takahashi, M. Horio, A. Fujimori, T. Yoshida, M. Arita, H. Anzai, and H. Namatame: A Novel one-dimensional electronic state at  $\text{IrTe}_2$  surface, *J. Phys. Soc. Jpn.* **86**, 123704–1–5 (2017).
- [14] G. Shibata, M. Kitamura, M. Minohara, K. Yoshimatsu, T. Kadono, K. Ishigami, T. Harano, Y. Takahashi, S. Sakamoto, Y. Nonaka, K. Ikeda, Z. Chi, M. Furuse, S. Fuchino, M. Okano, J. Fujihira, A. Uchida, K. Watanabe, H. Fujihira, S. Fujihira, A. Tanaka, H. Kumigashira, T. Koide, and A. Fujimori: Anisotropic spin-density distribution and magnetic anisotropy of strained  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  thin films: Angle-dependent x-ray magnetic circular dichroism, *npj Quantum Mater.* **3**, 3–1–6 (2018); arXiv:1706.05183.
- [15] K. Yamamoto, Y. Hirata, M. Horio, Y. Yokoyama, K. Takubo, M. Minohara, H. Kumigashira, Y. Yamasaki, H. Nakao, Y. Murakami, A. Fujimori, and H. Wadati: Thickness dependence and dimensionality effects on charge and magnetic orderings in  $\text{La}_{1/3}\text{Sr}_{2/3}\text{FeO}_3$  thin films, *Phys. Rev. B* **97**, 075134–1–6 (2018); arXiv:1703.09995
- [16] S. Yamamoto, D. Ootsuki, D. Shimonaka, D. Shibata, K. Kodera, M. Okawa, T. Saitoh, M. Horio, A. Fujimori, H. Kumigashira, K. Ono, E. Ikenaga, S. Miyasaka, S. Tajima, and T. Yoshida: Observation of a pseudogap in the vicinity of the metal-insulator transition in the perovskite-type vanadium oxides  $\text{Nd}_{1-x}\text{Sr}_x\text{VO}_3$ , *J. Phys. Soc. Jpn.* **87**, 024708–1–5 (2018).
- [17] K. Okazaki, H. Suzuki, T. Suzuki, T. Yamamoto, T. Someya, Y. Ogawa, M. Okada, M. Fujisawa, T. Kanai, N. Ishii, J. Itatani, M. Nakajima, H. Eisaki, A. Fujimori, and S. Shin: Antiphase Fermi-surface modulations accompanying displacement excitation in a parent compound of iron-based superconductors, *Phys. Rev. B* **97**, 121107(R)–1–6 (2018); <https://arxiv.org/abs/1803.02599>
- (綜説, 解説, その他)
- [18] 藤森 淳: 巻頭言「放射光施設と放射光ユーザー」, *放射光* **30**, No. 34, 1–2.
- [19] 堀尾真史, 奥石佳佑, 中田勝, 萩原健太, 小林正起, 堀場弘司, 組頭広志, Y. Krockenberger, 入江宏, 山本秀樹, 藤森淳: 角度分解光電子分光で明らかにした銅酸化物ノンドープ超伝導体の電子状態, *PF News* Vol. 53, No. 2, p. 8 (2017).
- [20] 小林正起, 吉松公平, 三橋太一, 北村未歩, 坂井延寿, 湯川龍, 箕原誠人, 藤森淳, 堀場弘司, 組頭広志: 強相関酸化物の金属量子井戸における量子臨界的挙動, *PF News* Vol. 35, No. 4, p. 7 (2018).
- [21] 池田啓祐: JSR2018 学生発表賞 第二分野「角度依存 XMCD による  $L1_0$  秩序型 FePt 薄膜の垂直磁気異方性の研究」, *放射光* Vol. 31, No. 2, p. 145–146 (2018).
- (学位論文)
- [22] 坂本祥哉: Electronic structures and magnetic properties of Fe-doped ferromagnetic semiconductors (博士論文)
- [23] 池 振棟: X-ray magnetic circular dichroism study of Co-heavy metal heterointerfaces (修士論文)
- [24] 中田 勝: Angle-resolved photoemission study of electronic nematicity in the cuprate superconductors (修士論文)
- [25] 萩原健太: Superconducting gap and pseudogap in the surface states of iron-based superconductors studied by angle-resolved photoemission spectroscopy (修士論文)
- <学術講演>

(国際会議)

招待講演

- [26] A. Fujimori: Multiple component Fermi surfaces of high- $T_c$  cuprates revealed by ARPES, *Quantum Physics in Complex Matter: Superconductivity, Magnetism and Ferroelectricity (Superstripes 2017)* (Ischia, Italy, June 5-10, 2017).
- [27] A. Fujimori and M. Horio: Antiferromagnetic versus correlation pseudogap in electron-doped cuprates, *International Workshop on Strong Correlations and Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy (CORPES17)* (Hiroshima, July 2-7, 2017).
- [28] M. Kitamura, K. Horiba, M. Kobayashi, E. Sakai, M. Minohara, R. Yukawa, T. Mitsuhashi, D. Shiga, K. Amemiya, T. Nagai, Y. Nonaka, G. Shibata, A. Fujimori, H. Fujioka, and H. Kumigashira: Origin of interfacial ferromagnetism between perovskite oxides  $\text{LaNiO}_3$  and  $\text{LaMnO}_3$ , *IUMRS-ICAM 2017 (15-th International Conference on Advanced Materials)* (Kyoto, August 27-September 1, 2017).
- [29] A. Fujimori: New insight into the pseudogap and symmetry breaking in high-temperature superconductors revealed by ARPES, *23 Users' Meeting & Workshops* (NSRRC Taiwan, September 5-8, 2017).
- [30] A. Fujimori: New insight into the pseudogap and symmetry breaking in high-temperature superconductors from ARPES, *Electronic Properties of Strongly Correlated Materials* (University of British Columbia, December 2-4, 2017).
- [31] A. Fujimori: New electron-doped cuprates studied by ARPES and core-level spectroscopies, *Electron and Photon Spectroscopies of Quantum Materials: Status and Perspectives* (IFW Dresden, January 29-31 2018).

一般講演

- [32] S. Sakamoto, N. T. Tu, Y. Takeda, S.-i. Fujimori, P. N. Hai, L. D. Anh, Y. K. Wakabayashi, G. Shibata, M. Horio, K. Ikeda, Y. Saitoh, H. Yamagami, M. Tanaka, A. Fujimori: Soft x-ray spectroscopy and first-principles calculation studies of the electronic structure of the novel high- $T_C$  ferromagnetic semiconductor  $(\text{Ga,Fe})\text{Sb}$ , *IEEE International Magnetism Conference (INTERMAG Europe 2017)* (Dublin, April 24-28, 2017).
- [33] K. Yamamoto, Y. Hirata, M. Horio, Y. Yokoyama, K. Takubo, M. Minohara, H. Kumigashira, Y. Yamasaki, H. Nakao, Y. Murakami, A. Fujimori, H. Wadati: Thickness dependence of charge and magnetic orderings in  $\text{La}_{1/3}\text{Sr}_{2/3}\text{FeO}_3$  thin films studied by hard and soft x-ray scattering, *International Conference on Strongly Correlated Electron Systems 2017 (SCES 2017)* (Prague, July 17-21, 2017).
- [34] S. Fujimori, Y. Takeda, T. Okane, Y. Saitoh, A. Fujimori, H. Yamagami, Y. Haga, E. Yamamoto, and Y. Onuki: Electronic structures of strongly correlated uranium compounds studied by ARPES, *International Workshop on Strong Correlations and Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy (CORPES17)* (Hiroshima, July 2-7, 2017).
- [35] T. Yoshida, D. Ootsuki, K. Yamawaki, D. Shimonaka, D. Shibata, H. Eisaki, T. Sasagawa, A. Fujimori, H. Kumigashira, K. Ono, M. Arita, H. Namatame, M. Taniguchi, S. Ideta, and K. Tanaka: Self-energy in the superconducting states of the high- $T_c$  cuprates  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ , *ibid.*
- [36] D. Ootsuki, S. Yamamoto, D. Shimonaka, D. Shibata, K. Kodera, M. Okawa, T. Saitoh, M. Horio, A. Fujimori, H. Kumigashira, K. Ono, E. Ikenaga, S. Miyasaka, S. Tajima, and T. Yoshida: Non-Fermi liquid behavior in the vicinity of metal to insulator transition in  $\text{Nd}_{1-x}\text{Sr}_x\text{VO}_3$  probed by photoemission spectroscopy, *ibid.*
- [37] A. Fujimori, M. Horio, Y. Mori, A. Takahashi, T. Konno, T. Ohgi, H. Sato, T. Yoshida, H. Suzuki, K. Okazaki, K. Koshiishi, D. Ootsuki, T. Mizokawa, K. Ono, M. Kobayashi, M. Minohara, K. Horiba, H. Kumigashira, T. Anzai, M. Arita, H. Namatame, M. Taniguchi, S. Ideta, K. Tanaka, Y. Yokoyama, K. Takubo, Y. Hirata, S. Shin, H. Wadati, A. Yasui, E. Ikenaga, Y. Krockenberger, H. Yamamoto, T. Adachi, and Y. Koike: Effects of reduction annealing on the electron-doped cuprates revealed by ARPES and core-level spectroscopy, *28th International Conference on Low Temperature Physics (LT28)* (Gothenburg, Sweden, August 9-16, 2017).
- [38] T. Yoshida, D. Ootsuki, K. Yamawaki, D. Shimonaka, D. Shibata, H. Eisaki, T. Sasagawa, A. Fujimori, H. Kumigashira, K. Ono, M. Arita, H. Namatame, M. Taniguchi, S. Ideta, and K. Tanaka: Self-energy in the superconducting states of the high- $T_c$  cuprates revealed by angle-resolved photoemission spectroscopy, *ibid.*
- [39] G. Shibata, M. Kitamura, M. Minohara, K. Yoshimatsu, T. Kadono, K. Ishigami, T. Harano, Y. Takahashi, S. Sakamoto, Y. Nonaka, K. Ikeda, Z. Chi, M. Furuse, S. Fuchino, M. Okano, J.-i. Fujihira, A. Uchida, K. Watanabe, H. Fujihira, S. Fujihira, H. Kumigashira, T. Koide, and A. Fujimori: Magnetic anisotropy and anisotropic spin-density distribution in strained  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  thin films revealed by angle-dependent XMCD, *IUMRS-ICAM 2017 (15-th International Conference on Advanced Materials)* (Kyoto, August 27-September 1, 2017).
- [40] G. Shibata, M. Kitamura, M. Minohara, K. Yoshimatsu, T. Kadono, K. Ishigami, T. Harano, Y. Takahashi, S. Sakamoto, Y. Nonaka, K. Ikeda,

- Z. Chi, M. Furuse, S. Fuchino, M. Okano, J.-i. Fujihira, A. Uchida, K. Watanabe, H. Fujihira, S. Fujihira, H. Kumigashira, T. Koide, and A. Fujimori: Anisotropic spin-density distribution in strained  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  thin films revealed by angle-dependent XMCD, *Junjiro Kanamori Memorial International Symposium* (Koshiba Hall, September 26-29, 2017).
- [41] S. Sakamoto, G. Q. Zhao, G. Shibata, Z. Deng, K. Zhao, B. J. Chen, Y. Nonaka, K. Ikeda, Z. Chi, Y. Wan, M. Suzuki, T. Koide, S. Maekawa, Y. J. Uemura, C. Q. Jin, and A. Fujimori: XMCD study on large perpendicular magnetic anisotropy of the new ferromagnetic semiconductor  $(\text{Ba,K})(\text{Zn,Mn})_2\text{As}_2$  single crystal, *ibid.*
- [42] Y. Nonaka, Y. K. Wakabayashi, G. Shibata, Y. Takeda, S. Sakamoto, K. Ikeda, Z. Chi, A. Tanaka, Y. Saitoh, H. Yamagami, M. Tanaka, R. Nakane, and A. Fujimori: Cation distribution at the interface of epitaxial  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}(111)$  films studied by x-ray magnetic circular dichroism, *ibid.*
- [43] K. Ikeda, T. Seki, G. Shibata, T. Kadono, K. Ishigami, Y. Takahashi, M. Horio, S. Sakamoto, Y. Nonaka, M. Sakamaki, K. Amemiya, N. Kawamura, M. Suzuki, K. Takanashi, and A. Fujimori: Anisotropic orbital magnetic moments in  $L1_0$ -ordered FePt thin films studied by Fe and Pt  $L_{2,3}$ -edge x-ray magnetic circular dichroism, *ibid.*
- [44] Z. Chi, G. Shibata, S. Sakamoto, Y. Nonaka, K. Ikeda, Y. Wan, M. Suzuki, N. Kawamura, M. Mizumaki, M. Suzuki, M. Sakamaki, K. Amemiya, Y.-C. Lau, M. Hayashi, and A. Fujimori: Orbital magnetic moment and Dzyaloshinskii-Moriya interaction in Co-heavy metal heterostructures, *ibid.*
- [45] M. Kobayashi, L. D. Anh, P. N. Hai, Y. Harada, T. Schmitt, A. Fujimori, M. Tanaka, M. Oshima, and V. N. Strocov: Valence-band electronic structure of  $n$ -type ferromagnetic semiconductor  $(\text{In,Fe})\text{As}$ , *ibid.*
- [46] Z. Chi, G. Shibata, S. Sakamoto, Y. Nonaka, K. Ikeda, Y. Wan, M. Suzuki, N. Kawamura, M. Mizumaki, M. Suzuki, M. Sakamaki, K. Amemiya, Y.-C. Lau, M. Hayashi, and A. Fujimori: Orbital magnetic moment anisotropy at ferromagnet/heavy metal heterostructures studied by x-ray magnetic circular dichroism, *Max Planck-UBC-UTokyo School for Quantum Materials* (University of Tokyo, February 15-18, 2018)
- [47] S. Nakata, M. Horio, K. Koshiishi, K. Hagiwara, C. Lin, M. Suzuki, S. Ideta, K. Tanaka, D. Song, Y. Yoshida, H. Eisaki, and A. Fujimori: Nematicity in the pseudogap state of the cuprate superconductor  $\text{Bi2212}$  revealed by ARPES, *ibid.*
- [48] K. Ikeda, T. Seki, G. Shibata, S. Sakamoto, Y. Nonaka, Z. Chi, Y.-X. Wan, M. Suzuki, M. Sakamaki, K. Amemiya, K. Takanashi, A. Fujimori: Magnetic field angle-dependent XMCD study of  $L1_0$ -ordered FePt thin films with perpendicular magnetic anisotropy, *ibid.*
- [49] G. Shibata, K. Yoshimatsu, K. Ishigami, T. Harano, Y. Takahashi, S. Sakamoto, Y. Nonaka, T. Kadono, M. Furuse, S. Fuchino, M. Okano, J.-i. Fujihira, A. Uchida, K. Watanabe, H. Fujihira, S. Fujihira, A. Tanaka, H. Kumigashira, T. Koide, and A. Fujimori: Magnetically-induced anisotropic charge distribution in  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  thin films revealed by x-ray magnetic linear dichroism, *18-th Taiwan-Japan-Korea Symposium on Strongly Correlated Electron Systems (TJK18)* (Kenting, Taiwan, February 22-23, 2018).
- [50] K. Ikeda, T. Seki, G. Shibata, S. Sakamoto, Y. Nonaka, Z. Chi, Y.-X. Wan, M. Suzuki, M. Sakamaki, K. Amemiya, K. Takanashi, A. Fujimori: Magnetic field angle-dependent XMCD study of  $L1_0$ -ordered FePt thin films with perpendicular magnetic anisotropy, *ibid.*
- (国内会議)  
招待講演
- [51] A. Fujimori: Phase diagram and antiferromagnetic pseudogap of electron-doped cuprates, *The Research Forefront of High- $T_c$  Cuprates* (東北大金研&作並温泉, 2017年5月23-24日)
- [52] 藤森淳: まとめ, 日本物理学会 2017 年秋季大会シンポジウム「放射光を用いた磁性研究の 30 年磁気円二色性の新たな展開」(岩手大学, 2017年9月21-24日)
- [53] 坂本祥哉, 藤森淳: 光電子分光, XMCD, 第一原理計算からみた Fe ドープ強磁性半導体, 第 1 回 CSRN-Tokyo Workshop 2017「新しいスピントロニクス機能材料の開発とその物性制御」(東京大学, 2017年10月27-28日)
- 一般講演
- [54] 興石佳佑: 角度分解光電子分光で観測する Te アニール  $\text{FeTe}_{1-x}\text{Se}_x$  の電子構造, 物性研短期研究会「光で見る・操る 電子物性科学の最前線～強相関, トポロジー, 低次元, ダイナミクス」(物性研, 2017年6月12-14日)
- [55] 中田勝, 堀尾真史, 興石佳佑, 萩原健太, C. Lin, 出田真一郎, 田中清尚, D. Song, 永崎洋, 藤森淳: 角度分解型光電子分光で調べる銅酸化物超伝導体  $\text{Bi2212}$  のネマティシティ, 同上.
- [56] 萩原健太: 角度分解光電子分光による  $\text{PrFeAsO}_{1-y}$  の超伝導ギャップ, 同上.
- [57] C. Lin, M. Horio, K. Koshiishi, S. Nakata, K. Hagiwara, H. Kumigashira, K. Ono, D. Song, Y. Yoshida, H. Eisaki, and A. Fujimori: Effects of pseudogap opening in the anti-nodal region of  $\text{Bi2212}$  studied by ARPES, 同上.
- [58] S. Sakamoto, G. Zhao, G. Shibata, Z. Deng, K. Zhao, B. Chen, Y. Nonaka, K. Ikeda, Z. Chi, Y.

- Wan, M. Suzuki, T. Koide, S. Maekawa, Y. Uemura, C. Q. Jin, and A. Fujimori: Large perpendicular magnetic anisotropy of the new ferromagnetic semiconductor  $(\text{Ba,K})(\text{Zn,Mn})_2\text{As}_2$  single crystal, 第 78 回応用物理学会秋季講演会 (福岡, 2017 年 9 月 5-8 日)
- [59] Z. Chi, G. Shibata, S. Sakamoto, Y. Nonaka, K. Ikeda, Y. Wan, M. Suzuki, N. Kawamura, M. Mizumaki, M. Suzuki, M. Sakamaki, K. Amemiya, Y. Lau, M. Hayashi, A. Fujimori: Orbital magnetic moment of heavy metals in Co-heavy metal heterostructures studied by x-ray magnetic circular dichroism, 同上.
- [60] M. Kobayashi, L. D. Anh, P. N. Hai, Y. Harada, T. Schmitt, A. Fujimori, M. Tanaka, M. Oshima, V. N. Strocov: Valence-Band Electronic Structure of  $n$ -type Ferromagnetic Semiconductor  $(\text{In,Fe})\text{As}$ , 同上.
- [61] M. Kitamura, K. Horiba, M. Kobayashi, E. Sakai, M. Minohara, R. Yukawa, T. Mitsuhashi, D. Shiga, K. Amemiya, T. Nagai, Y. Nonaka, G. Shibata, A. Fujimori, H. Fujioka, H. Kumigashira: Charge distribution and ferromagnetism at the heterointerface between perovskite oxides  $\text{LaNiO}_3$  and  $\text{LaMnO}_3$ , 同上.
- [62] 芝田悟朗: 角度依存 XMCD により明らかにした  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  薄膜のスピン分布異方性, 日本放射光学学会第 9 回若手研究会「最先端のパルス光で観る超高速科学」(東京大学, 2017 年 9 月 11-12 日)
- [63] 池田啓祐: Fe, Pt  $L$  端 XMCD により観測した  $L1_0$  秩序型 FePt 薄膜の磁気モーメントの異方性, 同上.
- [64] 小林正起 L. D. Anh, P. N. Hai, 原田慈久, T. Schmitt, 藤森淳, 田中雅明, 尾嶋正治, V. N. Strocov:  $n$  型強磁性半導体  $(\text{In,Fe})\text{As}:\text{Be}$  の価電子帯電子構造, 同上.
- [65] 野中洋亮, 若林勇希, 芝田悟朗, 竹田幸治, 坂本祥哉, 池田啓祐, 池震棟, 田中新, 斎藤祐児, 山上浩志, 酒巻真粧子, 雨宮健太, 田中雅明, 中根了昌, 藤森淳: Si(111) 基板上に作製したスピネルフェライト  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  薄膜の角度依存 XMCD, 日本物理学会 2017 年秋季大会 (岩手大学, 2017 年 9 月 21-24 日)
- [66] 輿石佳佑, 大塚匠, 堀尾眞史, 中田勝, 萩原健太, C. Lin, Y. Wan, 鈴木雅弘, 小林正起, 組頭広志, 小野寛太, 渡辺孝夫, 藤森淳: Te アニールした 11 型鉄系超伝導体  $\text{FeTe}_{1-x}\text{Se}_x$  の角度分解光電子分光, 同上.
- [67] 池田啓祐, 芝田悟朗, 関剛斎, 坂本祥哉, 野中洋亮, 池震棟, 万宇軒, 鈴木雅弘, 酒巻真粧子, 雨宮健太, 高梨弘毅, 藤森淳: 磁場角度依存 XMCD による  $L1_0$ -FePt 薄膜の磁気異方性の研究, 同上.
- [68] 萩原健太, 堀尾眞史, 輿石佳佑, 中田勝, 林春, 万宇軒, 石角元志, 石田茂之, 永崎洋, 社本真一, 出田眞一郎, 田中清尚, 小野寛太, 組頭広志, 吉田鉄平, 藤森淳: 角度分解光電子分光で観測した  $\text{PrFeAsO}_{1-y}$  の表面状態の超伝導ギャップ, 同上.
- [69] 中田勝, 堀尾眞史, 輿石佳佑, 萩原健太, 林春, 出田眞一郎, 田中清尚, D. Song, 吉田良行, 永崎洋, 藤森淳: 角度分解型光電子分光による銅酸化物超伝導体  $\text{Bi2212}$  のネマティシティ, 同上.
- [70] C. Lin, M. Horio, K. Koshiishi, S. Nakata, K. Hagiwara, H. Kumigashira, K. Ono, D. Song, Y. Yoshida, H. Eisaki, A. Fujimori: Effects of pseudogap opening in the anti-nodal region of  $\text{Bi2212}$  studied by ARPES, 同上.
- [71] 鈴木雅弘, B. Gao, 芝田悟朗, 坂本祥哉, 輿石佳佑, 野中洋亮, 池田啓祐, 池震棟, 中田勝, 萩原健太, 林春, 万宇軒, 組頭広志, 小野寛太, 小林正起, S-W. Cheong, 藤森淳: van der Waals 強磁性体  $\text{Cr}_2\text{Ge}_2\text{Te}_6$  の ARPES および XMCD の測定, 同上.
- [72] Y. Wan, S. Guo, K. Koshiishi, S. Sakamoto, Z. Chi, M. Kobayashi, R. Yukawa, K. Horiba, H. Kumigashira, Y. J. Uemura, F. Ning, and A. Fujimori: Photoemission study of the  $n$ -typed diluted ferromagnetic semiconductor  $\text{Ba}(\text{Zn,Co})_2\text{As}_2$ , 同上.
- [73] 小林正起, 木内久雄, 丹羽秀治, 宮脇淳, 藤森淳, L. D. Anh, P. N. Hai, 田中雅明, 尾嶋正治, 原田慈久:  $n$  型強磁性半導体  $(\text{In,Fe})\text{As}$  の電子構造に対する Be 添加効果, 同上.
- [74] 山脇一真, 下中大也, 川本雅人, 柴田大輔, 大槻太毅, 有田将司, 生天目博文, 谷口雅樹, 出田眞一郎, 田中清尚, 藤森淳, 組頭広志, 小野寛太, 笹川崇男, 永崎洋, 吉田鉄平:  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$  の超伝導状態の自己エネルギー, 同上.
- [75] 藤森伸一, 小島雅明, 竹田幸治, 岡根哲夫, 斎藤祐児, 藤森淳, 山上浩志, 芳賀芳範, 山本悦嗣, 大貫惇睦: 3 次元 ARPES による  $\text{URu}_2\text{Si}_2$  の電子状態, 同上.
- [76] 中田勝, 堀尾眞史, 輿石佳佑, 萩原健太, 林春, 出田眞一郎, 田中清尚, D. Song, 吉田良行, 永崎洋, 藤森淳: ARPES による銅酸化物超伝導体  $\text{Bi2212}$  の擬ギャップ相における四回回転対称性の破れの観測, UVSOR シンポジウム 2017 (分子研, 2017 年 10 月 28 日)
- [77] 小林正起, L. D. Anh, P. N. Hai, 原田慈, T. Schmitt, 藤森淳, 田中雅明, 尾嶋正治, V. N. Strocov:  $n$  型強磁性半導体  $(\text{In,Fe})\text{As}:\text{Be}$  の価電子帯電子構造, 「強制的秩序とその操作に関わる研究グループ」第 6 回 研究会 (東京大学, 2018 年 1 月 4 日)
- [78] 野中洋亮, C. F. Chang, 芝田悟朗, X. Liu, 坂本祥哉, 池田啓祐, 池震棟, 田中新, 酒巻真粧子, 雨宮健太, L. H. Tjeng, 藤森淳: 双晶化を抑制したマグネタイト  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  薄膜の磁場角度依存 XMCD で探る Verwey 転移の軌道秩序, 第 31 回日本放射光学学会年会・放射光科学合同シンポジウム (つくば, 2018 年 1 月 8-10 日)
- [79] 輿石佳佑, 大塚匠, 堀尾眞史, 中田勝, 萩原健太, C. Lin, Y. Wan, 鈴木雅弘, 小林正起, 組頭広志, 小野寛太, 出田眞一郎, 田中清尚 D, 渡辺孝夫, 藤森淳: 角度分解光電子分光による Te アニール 11 型鉄系超伝導体  $\text{FeTe}_{1-x}\text{Se}_x$  の研究, 同上.
- [80] 池田啓祐, 関剛斎, 芝田悟朗, 坂本祥哉, 野中洋亮, 池震棟, 万宇軒, 鈴木雅弘, 酒巻真粧子, 雨宮健太, 高梨弘毅, 藤森淳: X 線磁気円二色性による  $L1_0$  秩序型 FePt 薄膜の垂直磁気異方性の研究, 同上.

- [81] Z. Chi, G. Shibata, S. Sakamoto, Y. Nonaka, K. Ikeda, Y. Wan, M. Suzuki, N. Kawamura, M. Mizumaki, M. Suzuki, M. Sakamaki, K. Amemiya, Y. Lau, M. Hayashi, and A. Fujimori: Orbital magnetic moment at ferromagnet/heavy metal heterointerfaces studied by x-ray magnetic circular dichroism, 同上.
- [82] 萩原健太, 堀尾真史, 奥石佳佑, 中田勝, 林春, 万宇軒, 鈴木雅弘, 石角元志, 石田茂之, 永崎洋, 社本真一, 出田真一郎, 田中清尚, 小野寛太, 組頭広志, 吉田鉄平, 藤森淳: 角度分解光電子分光による  $\text{PrFeAsO}_{1-y}$  の表面状態の超伝導ギャップ・擬ギャップ, 同上.
- [83] 中田勝, 堀尾真史, 奥石佳佑, 萩原健太, 林春, 出田真一郎, 田中清尚, D. Song, 吉田良行, 永崎洋, 藤森淳: 角度分解型光電子分光による銅酸化物超伝導体  $\text{Bi2212}$  のネマティシティの観測, 同上.
- [84] C. Lin, M. Horio, K. Koshiishi, S. Nakata, K. Hagiwara, H. Kumigashira, K. Ono, D. Song, Y. Yoshida, H. Eisaki, and A. Fujimori: Effects of the charge density wave on the ARPES spectra in the anti-nodal region of  $\text{Bi2212}$ , 同上.
- [85] 鈴木雅弘, Bin Gao, 芝田悟朗, 坂本祥哉, 奥石佳佑, 野中洋亮, 池田啓祐, 池震棟, 中田勝, 萩原健太, 林春, 万宇軒, 組頭広志, 小野寛太 B, 小林正起, S.-W. Cheong, 藤森淳: ファンデルワールス強磁性体  $\text{Cr}_2\text{Ge}_2\text{Te}_6$  の角度分解光電子分光と磁気円二色性, 同上.
- [86] 小林正起, L. D. Anh, P. N. Hai, 原田 慈久, T. Schmitt, 藤森淳, 田中雅明, 尾嶋正治, V. N. Strocov:  $n$  型強磁性半導体  $(\text{In,Fe})\text{As}$  の価電子帯電子構造, 同上.
- [87] 坂本祥哉, L. D. Anh, N. T. Tu, P. N. Hai, 竹田幸治, 小林正起, 中根了昌, 芝田悟朗, 若林勇希, 高橋文雄, 野中洋亮, 池田啓祐, 池震棟, 万宇軒, 鈴木雅弘, 斎藤祐児, 山上浩志, 小出常晴, 田中雅明, 藤森淳: XMCD による Fe ドープ強磁性半導体の磁化過程の研究, 「スピントロニクス学術研究基盤と連携ネットワーク」シンポジウム (東京大学, 2018 年 3 月 1 日)
- [88] 小林正起, L. D. Anh, P. N. Hai, 木内久雄, 丹羽秀治, 宮脇淳, 原田慈久, T. Schmitt, 藤森淳, V. N. Strocov, 尾嶋正治, 田中雅明: 放射光分光による鉄系強磁性半導体の強磁性発現機構解明, 同上.
- [89] 関宗俊, 鈴木雅弘, 小林正起, 堀場弘司, 組頭広志, 藤森淳, 田畑仁: 鉄系酸化物の光電変換特性とその磁場制御, 同上.
- [90] 野中洋亮, 若林勇希, 芝田悟朗, 坂本祥哉, 池田啓祐, 池震棟, 酒巻真粧子, 雨宮健太, 田中雅明, 中根了昌, 藤森淳:  $\text{Si}(111)$  面上に作製した  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  薄膜の膜厚に依存した磁気異方性の変化, 2017 年度量子ビームサイエンスフェスタ (水戸, 2018 年 3 月 2-4 日)
- [91] 野中洋亮, 若林勇希, 芝田悟朗, 坂本祥哉, 池田啓祐, 池震棟, 万宇軒, 鈴木雅弘, 酒巻真粧子, 雨宮健太, 田中雅明, 中根了昌, 藤森淳: X 線磁気円二色性で探る  $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}(111)$  構造の界面における磁氣的デッドレイヤーの起源とその修復, ISSP-Workshop 「Spring-8 BL07LSU の現状と次世代軟 X 線科学創成への戦略」(物性研, 2018 年 3 月 13 日)
- [92] 池田啓祐, 関剛斎, 芝田悟朗, 坂本祥哉, 野中洋亮, 池震棟, 万宇軒, 鈴木雅弘, 酒巻真粧子, 雨宮健太, 高梨弘毅, 藤森淳: A Fe  $L$  端磁場角度依存 XMCD による  $L1_0$ -FePt 薄膜の結晶磁気異方性の研究, 同上.
- [93] 小林正起, L. D. Anh, P. N. Hai, 木内久雄, 丹羽秀治, 宮脇淳, 原田慈久, T. Schmitt, 藤森淳, V. N. Strocov, 尾嶋正治, 田中雅明: 放射光分光による鉄系強磁性半導体の強磁性発現機構解明, 同上.
- [94] S. Sakamoto, L. D. Anh, P. N. Hai, Y. Takeda, M. Kobayashi, R. Nakane, Y. Wakabayashi, Y. Nonaka, K. Ikeda, Z. Chi, Y. Wan, M. Suzuki, Y. Saitoh, H. Yamagami, M. Tanaka, and A. Fujimori: Magnetization process of the insulating ferromagnetic semiconductor  $(\text{Al,Fe})\text{Sb}$ , 第 65 回応用物理学会春季学術講演会 (早稲田大学, 2018 年 3 月 17-20 日)
- [95] K. Ikeda, T. Seki, G. Shibata, S. Sakamoto, Y. Nonaka, Z. Chi, Y. Wan, M. Suzuki, M. Sakamaki, K. Amemiya, K. Takanashi, A. Fujimori: Magnetic field angle-dependent XMCD study of  $L1_0$ -ordered FePt thin films with perpendicular magnetic anisotropy, 同上.
- [96] M. Kobayashi, H. Kiuchi, H. Niwa, J. Miyawaki, A. Fujimori, L. D. Anh, P. N. Hai, M. Tanaka, M. Oshima, Y. Harada: Effect of Be Doping on the Electronic Structure of  $n$ -Type Ferromagnetic Semiconductor  $(\text{In,Fe})\text{As}$ , 同上.
- [97] 芝田悟朗, 吉松公平, 石上啓介, 原野貴幸, 高橋文雄, 坂本祥哉, 野中洋亮, 門野利治, 古瀬充穂, 淵野修一郎, 岡野真, 藤平潤一, 内田公, 渡邊和訓, 藤平秀幸, 藤平誠一, 田中新, 組頭広志, 小出常晴, 藤森淳: X 線磁気直線二色性による  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  薄膜中の磁化誘起異方的電荷分布の観測, 日本物理学会第 73 回年次大会 (東京理科大, 2018 年 3 月 22-25 日)
- [98] 中田勝, 堀尾真史, 奥石佳佑, 萩原健太, 林春, 鈴木雅弘, 出田真一郎, 田中清尚, D. Song, 吉田良行, 永崎洋, 藤森淳: 角度分解型光電子分光による銅酸化物超伝導体  $\text{Bi2212}$  のネマティシティの研究 II, 同上.
- [99] 萩原健太, 堀尾真史, 奥石佳佑, 中田勝, 林春, 万宇軒, 鈴木雅弘, 石角元志, 石田茂之, 永崎洋, 社本真一, 出田真一郎, 田中清尚, 堀場弘司, 小野寛太, 組頭広志, 吉田鉄平, 藤森淳: 角度分解光電子分光で観測した  $\text{PrFeAsO}_{1-y}$  の表面状態の超伝導ギャップ・擬ギャップ, 同上.
- [100] C. Lin, M. Horio, K. Koshiishi, S. Nakata, K. Hagiwara, M. Suzuki, A. Fujimori, K. Ono, K. Horiba, H. Kumigashira, S.-i. Ideta, K. Tanaka, T. Adachi, T. Ohgi, T. Kawamata, H. Sato, Y. Koike: Extended superconducting dome of  $\text{Pr}_{1.3-x}\text{La}_{0.7}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$  after protect annealing, 同上.
- [101] 鈴木雅弘, B. Gao, A. Solomon, 芝田悟朗, 坂本祥哉, 奥石佳佑, 野中洋亮, 池田啓祐, 池震棟, 中田勝, 萩原健太, 林春, 万宇軒, 堀場弘司, 小野寛太, 組頭広志, 出田

真一郎, 田中清尚, 小林正起, S.-W. Cheong, 藤森淳 :  
van der Waals 強磁性体  $\text{Cr}_2\text{Ge}_2\text{Te}_6$  及び  $\text{Fe}_3\text{GeTe}_2$   
の ARPES, 同上.

[102] Y. Zhang, L. Wu, J. Ma, Q. Zhang, A. Fujimori, J. Ma, Y. Lin, C. Nan: Controllable uniaxial magnetic anisotropy induced by interfacial orbital preferential occupation in Ni/NiO(110) heterostructures, 同上.

[103] 藤森伸一, 小島雅明, 竹田幸治, 岡根哲夫, 斎藤祐児, 藤森淳, 山上浩志, 芳賀芳範, 山本悦嗣, 大貫惇睦 : 3 次元 ARPES による  $\text{UPd}_2\text{Al}_3$  の電子状態, 同上.

セミナー

[104] A. Fujimori: Introduction to Max Planck-UBC-UTokyo Center for Quantum Materials (Koshiba Hall, April 25, 2017).

[105] 藤森淳 : 光電子分光で見る強相関物質と超伝導体, 第 62 回物性若手夏の学校 (長良川温泉, 2017 年 7 月 25-28)

[106] A. Fujimori: Renewed picture of electron-doped cuprates by ARPES and core-level spectroscopy (University of British Columbia, March 27, 2018)

# 1 Fujimori Group

**Research Subjects:** Spectroscopy of Strongly Correlated Systems

**Member:** Atsushi Fujimori and Goro Shibata

We study the electronic structure of superconductors and spintronics materials by high-energy spectroscopic techniques such as angle-resolved photoemission spectroscopy (ARPES) and soft x-ray magnetic circular dichroism (XMCD) using synchrotron radiation. We investigate the mechanisms of high-temperature superconductivity, metal-insulator transitions, giant magnetoresistance, and magnetic anisotropies in transition-metal oxides [1], ferromagnetic alloys [2,3], and their thin films and interfaces.

[1] G. Shibata, M. Kitamura, M. Minohara, K. Yoshimatsu, T. Kadono, K. Ishigami, T. Harano, Y. Takahashi, S. Sakamoto, Y. Nonaka, K. Ikeda, Z. Chi, M. Furuse, S. Fuchino, M. Okano, J. Fujihira, A. Uchida, K. Watanabe, H. Fujihira, S. Fujihira, A. Tanaka, H. Kumigashira, T. Koide, and A. Fujimori: Anisotropic spin-density distribution and magnetic anisotropy of strained  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  thin films: Angle-dependent x-ray magnetic circular dichroism, *npj Quantum Mater.* **3**, 3–1-6 (2018).

[2] K. Ikeda, T. Seki, G. Shibata, T. Kadono, K. Ishigami, Y. Takahashi, M. Horio, S. Sakamoto, Y. Nonaka, M. Sakamaki, K. Amemiya, N. Kawamura, M. Suzuki, K. Takanashi, and A. Fujimori: Magnetic anisotropy of  $L1_0$ -ordered FePt thin films studied by Fe and Pt  $L_{2,3}$ -edges x-ray magnetic circular dichroism, *Appl. Phys. Lett.* **111**, 142402–1-5 (2017).

[3] S. Sakamoto, K. Srinivasan, R. Zhang, O. Krupin, K. Ikeda, G. Shibata, Y. Nonaka, Z. Chi, M. Sakamaki, K. Amemiya, A. Fujimori, and A. Ajan: Effects of cobalt substitution in  $L1_0$ -(Fe,Co)Pt thin films, *Phys. Rev. B* **96**, 144437–1-5 (2017).