

1.1 藤森研究室

藤森研究室では、光電子分光、軟 X 線磁気円二色性などの手法により、固体電子物性の研究を行っている。とくに、強相関電子系の示す特異な物性の発現機構の解明を目指している。具体的には、遷移金属酸化物、磁性半導体などが示す金属-絶縁体転移（モット転移、電荷・軌道整列、アンダーソン転移）、高温超伝導、巨大磁気抵抗、巨大熱電能の機構解明と、これらの物質が作る界面・ナノ構造の新奇電子状態の探索と解明をめざす。実験室における極紫外・軟 X 線光源を用いた測定に加え、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、スタンフォード放射光研究所、パークレー放射光施設、台湾放射光で共同利用実験・共同研究を行っている。

1.1.1 高温超伝導

銅酸化物における高温超伝導現象は、その発見以来 20 年間、膨大な研究がなされてきたが、機構解明に至っていない。この世紀の難問の解決に向けて、光電子分光、とくに角度分解光電子分光（angle-resolved photoemission spectroscopy: ARPES）は非常に重要な役割を果たしている。

超伝導ギャップと擬ギャップの区別

不足ドーピング領域の高温超伝導体において、超伝導臨界温度 T_c より高温側で開く擬ギャップの起源と超伝導との関係の解明は長い間課題となってきた。高温超伝導体 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ の光電子スペクトルの詳細な温度依存性を測定し、超伝導ギャップは擬ギャップよりはるかに小さいことを見出した [21]。高温超伝導体 Bi2212 の ARPES 測定より、超伝導ギャップはブリルアン領域の対角線付近に、擬ギャップはそれとは 45 度離れた方向に開くことを明らかにした [15]。

フェルミ面のラッティンジャー総和則

$\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ の ARPES を系統的に測定し、フェルミ面の面積が全伝導電子数に等しいというラッティンジャー総和則が近似的に満たされていることを見出した。これは、多くの高温超伝導体でラッティンジャー総和則が破れているのと対照的な結果である [17]。

フェルミアークの振舞いと物性

擬ギャップが開くことによって残されたフェルミ面の一部でアーク状の部分の ARPES スペクトルの解析から、不足ドーピング領域で電子比熱係数、ホール係数、超流体密度がホールドーピング量に比例して増大

することを説明した [20]。

1.1.2 強相関遷移金属酸化物

遷移金属酸化物は、高温超伝導の他にも金属-絶縁体転移、巨大磁気抵抗、スピン・電荷・軌道・格子の自由度の絡んだ現象など非常に多彩な物性を示す。光電子分光により、これらの物質のバンド構造・フェルミ面、電荷・軌道・格子の揺らぎなど、多くの重要な知見を得ることができる。

ペロブスカイト型 Mn 酸化物における化学ポテンシャル・シフトとスペクトル強度の移動

ドーピングしたホールが低温でストライプ状に整列することで知られる $\text{Pr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ について、系統的な光電子分光測定を行った「ストライプ」状揺らぎの周期がホール濃度とともに変化する高温領域で、予測された化学ポテンシャル・シフトとスペクトル強度の移動が観測された [10]。

単結晶薄膜を用いたペロブスカイト型 Fe 酸化物の電子構造

パルス・レーザー蒸着法で作成した $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ の単結晶薄膜試料についてその場 (*in situ*) 光電子分光測定を行い、温度変化に伴う電子構造の変化を高精度で調べた [2]。また、ARPES 測定を行って得られたバンド構造はタイト・バインディング近似バンド構造とよい一致を示したが、計算に比べ全体にフェルミ準位から遠ざかる方向にシフトし、強いポラロン効果によるホールの局所を示唆した [11]。

1.1.3 酸化物界面

強相関物質をはじめとする酸化物がつくる界面は、それぞれの物質にはない新しい物性・機能を発現し、これらを理解することが将来の「酸化物エレクトロニクス」の実現にとって必要である。光電子分光・軟 X 線吸収分光を用いることによって、界面の電子状態を明らかにできる。

モット絶縁体 - バンド絶縁体界面の金属状態

強い電子相関により電子が局在したモット絶縁体 LaTiO_3 (電子配置 d^1) と通常のバンド絶縁体 SrTiO_3 (電子配置 d^0) の界面に金属状態が出現することが、電子顕微鏡による観察と理論計算から示唆されていたが、これを光電子分光により観測し証明した [8]。

ともに極性をもつ LaAlO₃ 層と LaVO₃ 層の界面で、V の価数が増加することを内殻光電子分光の測定により見出した。この増加は.../AlO₂/LaO/VO₂/LaO/... では起こるが.../LaO/VO₂/LaO/AlO₂/... では起こらず、静電ポテンシャルの発散を抑える電荷再構成モデルで解釈された [16]。

酸化物 *p-n* 接合のビルトイン・ポテンシャルの観測

酸化物 *p-n* 接合である NiO/ZnO 界面におけるビルトイン・ポテンシャルを、イオンスパッタと内殻光電子分光測定を組み合わせた新しい方法で求め、*I-V* 特性を説明するバンド・ダイアグラムを得た [12]。

強誘電体薄膜における強誘電性の消失限界

電子デバイスの高度集積化に伴い、強誘電性がどのくらい小さなサイズまで維持されるかが重要となっている。強誘電体 Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃ 薄膜の光電子分光スペクトルの温度変化が膜厚約 2.5 nm 以下で消失することを見出し、Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃ の強誘電性臨界膜厚が約 2.5 nm であると結論した [26]。

1.1.4 半導体スピントロニクス

従来の半導体エレクトロニクスにスピンの自由度を導入する「半導体スピントロニクス」の実現には、室温で強磁性を示す半導体の開発が必要不可欠である。軟 X 線磁気円二色性 (x-ray magnetic circular dichroism: XMCD) を用いた元素・磁気応答選択的な電子状態の研究は、強磁性半導体の開発に重要な役割を果たす。

Co をドーブした TiO₂ の室温強磁性

Ti_{1-x}Co_xO₂ の Co 2*p* 内殻吸収スペクトルの XMCD を室温で測定し、強磁性を担っているのが Co 金属ではなく Ti 原子を置換した Co イオンであることを明らかにした [9]。

熱拡散により Mn をドーブした GaN

GaN に Mn 金属を蒸着し熱拡散させた試料について、イオンスパッタと内殻光電子分光測定により深さ方向分析を行った。試料深部に Mn 原子が拡散し、希薄磁性半導体 Ga_{1-x}Mn_xN 中の Mn イオンに似た電子状態になっていることを見出した。GaN 基板に *p* 型を用いた場合は、わずかながら室温で強磁性が見られた [25]。

弱い強磁性を示す V ドープ ZnO

弱い強磁性を示す Zn_{1-x}V_xO 試料の XMCD 測定を行い、V 原子の一部が常磁性に、大部分は反強磁性状態にあることを見出した。これらの結果は、マクロな磁化測定とも定量的にコンシステントであった [19]。

< 報文 >

(原著論文)

- [1] O. Rader, M. Lezaic, S. Blugel, A. Fujimori, A. Kimura, N. Kamakura, A. Kakizaki, S. Miyanishi and H. Akinaga: Spin-Polarized Surface State of MnSb(0001), *New J. Phys.* **7** (2005) 111-1-10.
- [2] H. Wadati, A. Chikamatsu, R. Hashimoto, M. Takizawa, H. Kumigashira, A. Fujimori, M. Oshima, M. Lippmaa, M. Kawasaki, and H. Koinuma: Temperature-Dependent Soft X-Ray Photoemission and Absorption Studies of Charge Disproportionation in La_{1-x}Sr_xFeO₃, *J. Phys. Soc. Jpn.* **75** (2006) 054704-1-6; cond-mat/0410202.
- [3] M. Naeem, S. K. Hasanain, M. Kobayashi, Y. Ishida, A. Fujimori, S. Buzby and S.I. Shah: Effect of Reducing Atmosphere on the Magnetism of Zn_{1-x}Co_xO (0 ≤ x ≤ 0.10) Nanoparticles, *Nanotechnology* **17** (2006) 2675-2680; cond-mat/0512597.
- [4] H. Yagi, T. Yoshida, A. Fujimori, Y. Kohsaka, M. Misawa, T. Sasagawa, H. Takagi, M. Azuma and M. Takano: Chemical Potential Shift in Lightly-Doped to Optimally-Doped Ca_{2-x}Na_xCuO₂Cl₂, *Phys. Rev. B* **73** (2006) 172503-1-4.
- [5] A. Chikamatsu, H. Wadati, H. Kumigashira, M. Oshima, A. Fujimori, N. Hamada, T. Ohnishi, M. Lippmaa, K. Ono, M. Kawasaki and H. Koinuma: Band Structure and Fermi Surface of La_{0.6}Sr_{0.4}MnO₃ Thin Films Studied by Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy, *Phys. Rev. B* **73** (2006) 195105-1-7; cond-mat/0503373.
- [6] S-i. Fujimori, A. Fujimori, K. Shimada, T. Narimura, K. Kobayashi, H. Namatame, M. Taniguchi, H. Harima, H. Shishido, S. Ikeda, D. Aoki, Y. Tokiwa, Y. Haga and Y. Onuki: Direct Observation of Quasi-Particle Band in CeIrIn₅: Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy Study, *Phys. Rev. B* **73** (2006) 224517-1-5; cond-mat/0602296.
- [7] H. Kumigashira, A. Chikamatsu, R. Hashimoto, M. Oshima, T. Ohnishi, M. Lippmaa, H. Wadati, A. Fujimori, K. Ono, M. Kawasaki, H. Koinuma: Robust Ti⁴⁺ States in SrTiO₃ Layers of La_{0.6}Sr_{0.4}MnO₃/SrTiO₃/La_{0.6}Sr_{0.4}MnO₃ Junctions, *Appl. Phys. Lett.* **88** (2006) 192504-1-3; cond-mat/0510501; selected for *Virtual Journal of Nano Science and Technology*.

- [8] M. Takizawa, H. Wadati, K. Tanaka, M. Hashimoto, T. Yoshida, A. Fujimori, A. Chikamatsu, H. Kumigashira, M. Oshima, K. Shibuya, T. Mihara, T. Ohnishi, M. Lippmaa, M. Kawasaki, H. Koinuma, S. Okamoto and A. J. Millis: Photoemission from Buried Interfaces in SrTiO₃/LaTiO₃ Superlattices, *Phys. Rev. Lett.* **97** (2006) 057601–1-4; cond-mat/0603333.
- [9] K. Mamiya, T. Koide, A. Fujimori, H. Tokano, H. Manaka, A. Tanaka, H. Toyosaki, T. Fukumura and M. Kawasaki: Indication of Intrinsic Room-Temperature Ferromagnetism in Ti_{1-x}Co_xO_{2-δ} Thin Film: An X-Ray Magnetic Circular Dichroism Study, *Appl. Phys. Lett.* **89** (2006) 062506–1-3; cond-mat/0603149.
- [10] K. Ebata, H. Wadati, M. Takizawa, A. Fujimori, Y. Tomioka and Y. Tokura: Chemical Potential Shift and Spectral-Weight Transfer in Pr_{1-x}Ca_xMnO₃ Revealed by Photoemission Spectroscopy, *Phys. Rev. B* **74** (2006) 064419–1-6; cond-mat/0606356.
- [11] H. Wadati, A. Chikamatsu, M. Takizawa, R. Hashimoto, H. Kumigashira, T. Yoshida, T. Mizokawa, A. Fujimori, M. Oshima, M. Lippmaa, M. Kawasaki, and H. Koinuma: Strong Localization of Doped Holes in La_{1-x}Sr_xFeO₃ from Angle-Resolved Photoemission Spectra, *Phys. Rev. B* **74** (2006) 115114–1-5; cond-mat/0603333.
- [12] Y. Ishida, H. Ohta, M. Hirano, A. Fujimori and H. Hosono: Potential Profiling of the Nanometer-scale Charge Depletion Layer in *n*-ZnO/*p*-NiO Junction Using Photoemission Spectroscopy, *Appl. Phys. Lett.* **89** (2006) 153502–1-3; cond-mat/0604549.
- [13] H. Wadati, T. Yoshida, A. Chikamatsu, H. Kumigashira, M. Oshima, H. Eisaki, Z.-X. Shen, T. Mizokawa and A. Fujimori: Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy of Perovskite-Type Transition-Metal Oxides and their Analyses using Tight-Binding Band Structure, Phase Transitions **79** (2006) 617-635; cond-mat/0603642.
- [14] R.J.O. Mossaneck, M. Abbatea and A. Fujimori: Cluster Model Calculations of the Coherent Spectral Weight Transfer in the Bandwidth-Controlled Ca_{1-x}Sr_xVO₃ Series, *Phys. Rev. B* **74** (2006) 155127–1-5; cond-mat/0606253.
- [15] K. Tanaka, W.S. Lee, D.H. Lu, A. Fujimori, T. Fujii, Risdiana, I. Terasaki, D. J. Scalapino, T.P. Devereaux, Z. Hussain and Z.-X. Shen: Distinct Fermi-Momentum Dependent Energy Gaps in Deeply Underdoped Bi2212, *Science* **314** (2006) 1910-1913; cond-mat/0612048.
- [16] Y. Hotta, H. Wadati, A. Fujimori, T. Susaki and H. Y. Hwang: Electronic Structure of the Mott Insulator LaVO₃ in a Quantum Well Geometry, *Appl. Phys. Lett.* **89** (2006) 251916-1–3; cond-mat/0607547.
- [17] T. Yoshida, X.J. Zhou, K. Tanaka, Z. Hussain, Z.-X. Shen, A. Fujimori, S. Komiyama, Y. Ando, H. Eisaki, T. Kakeshita and S. Uchida: Systematic Doping Evolution of the Underlying Fermi Surface of La_{2-x}Sr_xCuO₄, *Phys. Rev. B* **74** (2006) 224510–1-5; cond-mat/0510608.
- [18] Y.-H. Lin, R. Zhao, C.-W. Nan, M. Kobayashi, Y. Ooki and A. Fujimori: Enhancement of Ferromagnetic Properties of NiO:Fe Thin Film by the Li Doping, *Appl. Phys. Lett.* **89** (2006) 202501–1-3.
- [19] Y. Ishida, J.I. Hwang, M. Kobayashi, Y. Takeda, K. Mamiya, J. Okamoto, S.-I. Fujimori, T. Okane, K. Terai, Y. Saitoh, Y. Muramatsu, A. Fujimori, A. Tanaka, H. Saeki, T. Kawai and H. Tabata: Soft X-Ray Magnetic Circular Dichroism Study of Weakly Ferromagnetic Zn_{1-x}V_xO Thin Film, *Appl. Phys. Lett.* **90** (2007) 022510–1-3; cond-mat/0609173.
- [20] T. Yoshida, X. J. Zhou, D. H. Lu, S. Komiyama, Y. Ando, H. Eisaki, T. Kakeshita, S. Uchida, Z. Hussain, Z.-X. Shen and A. Fujimori: Low-Energy Electronic Structure of the High-T_c Cuprates La_{2-x}Sr_xCuO₄ Studied by Angle-resolved Photoemission Spectroscopy, *J. Phys.: Condens. Matter* **19** (2007) 125209–1-23; cond-mat/0610759.
- [21] M. Hashimoto, T. Yoshida, K. Tanaka, A. Fujimori, M. Okusawa, S. Wakimoto, K. Yamada, T. Kakeshita, H. Eisaki and S. Uchida: Distinct Doping Dependences of the Pseudogap and Superconducting Gap of La_{2-x}Sr_xCuO₄ Cuprate Superconductors, *Phys. Rev. B* **75** (2007) 140503–1-4; cond-mat/0610758.
- [22] T. Yamasaki, K. Yamazaki, A. Ino, M. Arita, H. Namatame, M. Taniguchi, A. Fujimori, Z.-X. Shen, M. Ishikado and S. Uchida: Unmasking the Quasiparticle Dynamics in Cuprate Superconductors Using Low-Energy Photoemission, *Phys. Rev. B* **75** (2007) 140513–1-4; cond-mat/0603006.
- [23] D.D. Sarma, S. Ray, K. Tanaka, M. Kobayashi, A. Fujimori, P. Sanyal, H.R. Krishnamurthy and C. Das Gupta: Unconventional Magnetoresistance in Sr₂FeMoO₆ from a Magnetic Tunnel Barrier Mechanism, *Phys. Rev. Lett.* **98** (2007) 157205; cond-mat/0311013; *selected for Virtual Journal of Nanoscale Science and Technology*.
- [24] W. Meevasana, X.J. Zhou, S. Sahrakorpi, W.S. Lee, W.L. Yang, N. Mannella, T. Yoshida, Y.L. Chen, K. Tanaka, R.H. He, H. Lin, S. Komiyama, Y. Ando, F. Zhou, W.X. Ti, J.W. Xiong, Z. X. Zhao, T. Sasagawa, T. Kakeshita, K. Fujita, S. Uchida, H. Eisaki, A. Fujimori, Z. Hussain, R. S. Markiewicz, A. Bansil, N. Nagaosa, J. Zaanen, T.P. Devereaux and Z.-X. Shen: Hierarchy of Multiple Many-Body Interaction Scales in High-Temperature Superconductors, *Phys. Rev. B*, in press.
- [25] J.I. Hwang, Y. Osafune, M. Kobayashi, K. Ebata, Y. Ooki, Y. Ishida, A. Fujimori, Y. Takeda, T. Okane, Y. Saitoh, K. Kobayashi and A. Tanaka:

- Depth Profile High-Energy Spectroscopic Study of Mn-Doped GaN Prepared by Thermal Diffusion, *J. Appl. Phys.*, in press.; cond-mat/0703429.
- [26] Y.-H. Lin, K. Terai, H. Wadati, M. Kobayashi, M. Takizawa, J. I. Hwang, A. Fujimori, C.-W. Nan, G. Liu, S.-I. Fujimori, T. Okane, Y. Saitoh and K. Kobayashi: Phase Change Observed in Ultrathin $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{TiO}_3$ Films by *in-situ* Resonant Photoemission Spectroscopy, *Appl. Phys. Lett.*, in press.
- (会議抄録)
- [27] K. Shimada, H. Namatame, M. Taniguchi, M. Higashiguchi, S.-i. Fujimori, Y. Saitoh, A. Fujimori, M.S. Kim, D. Hirata, T. Takabatake: High-Resolution Photoemission Study of CeRhX ($X = \text{Sn, In}$), *Proceedings of the International Conference on Strongly Correlated Electron Systems (SCES'05)*; *Physica B* **378-380** (2006) 791-792.
- [28] T. Okane, Y. Takeda, S.-i. Fujimori, K. Terai, Y. Saitoh, Y. Muramatsu, A. Fujimori, E. Yamamoto, Y. Haga and Y. Onuki: Soft X-Ray Magnetic Circular Dichroism Study of UFe_2 , *ibid*; *Physica B* **378-380** (2006) 959-960.
- [29] S.-i. Fujimori, K. Terai, Y. Takeda, T. Okane, Y. Saito, Y. Muramatsu, A. Fujimori, H. Yamagami, S. Ikeda, T. Matsuda, Y. Tokiwa, Y. Haga, E. Yamamoto, Y. Onuki: Soft X-Ray Synchrotron Radiation Photoemission Study on Uranium Compounds, *ibid*; *Physica B* **378-380** (2006) 995-996.
- [30] J. I. Hwang, Y. Ishida, M. Kobayashi, Y. Osafune, T. Mizokawa, A. Fujimori, Y. Takeda, K. Terai, S.-i. Fujimori, Y. Saitoh, Y. Muramatsu, A. Tanaka, T. Kondo, H. Munekata, M. Hashimoto, H. Tanaka, S. Hasegawa and H. Asahi: Photoemission and X-Ray Absorption Studies of the Electronic Structure of GaN-Based Diluted Magnetic Semiconductors, *Proceedings of 6th International Conference on Nitride Semiconductors*; *Phys. Stat. Solidi B* **243** (2006) 1696-700.
- [31] K. Shimada, M. Higashiguchi, S.-i. Fujimori, Y. Saitoh, A. Fujimori, H. Namatame, M. Taniguchi, T. Sasakawa, T. Takabatake: High-Resolution Photoemission Study of $\text{Ce}_{1-x}\text{La}_x\text{RhAs}$: A Collapse of the Energy Gap in the Kondo Semiconductor, *Proceedings of 3rd Hiroshima Workshop – Novel Functional Materials with Multinary Free-dom* -, *Physica B* **383** (2006) 140-141.
- [32] S.-i. Fujimori, K. Terai, Y. Takeda, T. Okane, Y. Saitoh, K. Kobayashi, A. Fujimori, H. Yamagami, S. Ikeda, T. Matsuda, Y. Haga, E. Yamamoto and Y. Onuki: Band Structure and Fermi Surface of Uranium Compounds: Soft X-ray Angle-Resolved Photoemission Study, *5th International Symposium on Advanced Science Research in Celebration of the World Year of Physics 2005 – Advances in the Physics and Chemistry of Actinide Compounds (ASR '05)*; *J. Phys. Soc. Jpn.* **75** (2006) 99-100.
- [33] T. Okane, Y. Takeda, S.-i. Fujimori, Y. Saitoh, J. Okamoto, K. Mamiya, Y. Muramatsu, A. Fujimori, A. Ochiai, Y. Haga, E. Yamamoto and Y. Onuki: Soft X-Ray Magnetic Circular Dichroism Study of Ferromagnetic Uranium Compounds, *ibid*; *J. Phys. Soc. Jpn.* **75** (2006) 105-106.
- [34] M. Hashimoto, T. Yoshida, A. Fujimori, K. Tanaka, D. Lu, Z.-X. Shen, S. Wakimoto, M. Okusawa and K. Yamada: Photoemission Study of Excess Oxygen-doped $\text{La}_2\text{CuO}_{4.10}$, *Proceedings of the 18th International Symposium on Superconductivity*, *Physica C* **445-448** (2006) 80-83.
- [35] Y. Ishida, A. Fujimori, H. Ohta and H. Hosono: Photoemission Study of $\text{Na}_{0.8}\text{CoO}_2$ Epitaxial Thin Film with Large Thermoelectric Power, *Proceedings of the 24th International Conference on Low Temperature Physics*; *AIP Conference Proceedings* **850** (2006) 1215-1216.
- [36] M. Hashimoto, K. Tanaka, T. Yoshida, A. Fujimori, Z.-X. Shen, D. Lu, S. Ono and Y. Ando: Doping Evolution of the Electronic Structure in the Single-Layer Cuprate $\text{Bi}_2\text{Sr}_{2-x}\text{La}_x\text{CuO}_{6+\delta}$, *ibid*; *AIP Conference Proceedings* **850** (2006) 513-514.
- [37] K. Mamiya, T. Koide, Y. Ishida, Y. Osafune, A. Fujimori, Y. Suzuki, T. Katayama and S. Yuasa: Angle-Resolved Soft X-Ray Magnetic Circular Dichroism in a Monatomic Fe Layer Facing an $\text{MgO}(001)$ Tunnel Barrier, *Rad. Phys. Chem.* **75** (2006) 1872-1877.
- [38] H. Kumigashira, R. Hashimoto, A. Chikamatsu, M. Oshima, T. Ohnishi, M. Lippmaa, H. Wadati, A. Fujimori, K. Ono, M. Kawasaki, H. Koinuma: *In-situ* Resonant Photoemission Characterization of $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$ Layers Buried in Insulating Perovskite Oxides, *Proceedings of the 50-th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials*, *J. Appl. Phys.* **99** (2006) 08S903-1-3.
- [39] H. Wadati, A. Maniwa, H. Kumigashira, A. Fujimori, M. Oshima, M. Lippmaa, M. Kawasaki and H. Koinuma: *In-situ* Photoemission Study of $\text{Pr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ Epitaxial Thin Films, *Proceedings of International Conference on Magnetism 2006 (ICM 2006)*; *J. Magn. Magn. Mater.* **310** (2007) 1997-1999.
- [40] A. Chikamatsu, H. Wadati, H. Kumigashira, M. Oshima, A. Fujimori, T. Ohnishi, M. Lippmaa, K. Ono, M. Kawasaki, and H. Koinuma: *in-situ* Angle-Resolved Photoemission Study of Halfmetallic $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$ Thin Films, *ibid*; *J. Magn. Magn. Mater.* **310** (2007) 1030-1032.
- [41] K. Terai, K. Yoshii, Y. Takeda, S.-i. Fujimori, Y. Saitoh, K. Ohwada, T. Inami, T. Okane, M. Arita, K. Shimada, H. Namatame, M. Taniguchi, K. Kobayashi, M. Kobayashi, A. Fujimori: Electronic Structure and Magnetism of $\text{CaMn}_{1-x}\text{Ru}_x\text{O}_3$ Thin Films, *ibid*; *J. Magn. Magn. Mater.* **310** (2007) 1070-1072.

- [42] H. Kumigashira, R. Hashimoto, A. Chikamatsu, M. Oshima, H. Wadati, A. Fujimori, M. Lippmaa, M. Kawasaki and H. Koinuma: *In-situ* Photoemission Characterization of the Tunneling Barrier in $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3/\text{SrTiO}_3/\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$ Tunneling Junctions, *ibid*; J. Magn. Magn. Mater. **310** (2007) 1997-1999.
- [43] S.-i Fujimori, Y. Saitoh, T. Okane, H. Yamagami, A. Fujimori, S. Ikeda, T.D. Matsuda, Y. Haga, E. Yamamoto, Y. Onuki: Band Structure and Fermi Surface of UPd_2Al_3 Studied by Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy, *ibid*; J. Magn. Magn. Mater. **310** (2007) e79-81.
- [44] K. Shimada, H. Higashiguchi, M. Arita, H. Namatame, M. Taniguchi, S.-I. Fujimori, Y. Saitoh, A. Fujimori, Y. Takata, S. Shin, K. Kobayashi, E. Ikenaga, M. Yabashi, K. Tamasaku, Y. Nishino, D. Miwa, T. Ishikawa, T. Sasakawa and T. Takabatake: High-Resolution Photoemission Study of the Hybridization Gap in the Kondo Semiconductor CeRhAs , *ibid*; J. Magn. Magn. Mater. **310** (2007) e57-58.
- [45] J. I. Hwang, Y. Osafune, M. Kobayashi, K. Ebata, Y. Ooki, Y. Ishida, A. Fujimori, A. Tanaka, Y. Takeda, T. Okane, Y. Saitoh and K. Kobayashi: Depth Profile Study using X-Ray Photoemission Spectroscopy of Mn-Doped GaN Prepared by Thermal Diffusion of Mn, *Proceedings of 28th International Conference on Physics of Semiconductors*; AIP Conference Proceedings **893** (2007) 1225.
- [46] K. Horiba, A. Chikamatsu, H. Kumigashira, M. Oshima, H. Wadati, A. Fujimori, M. Lippmaa, M. Kawasaki, and H. Koinuma: Temperature-Dependence of the Electronic Structure of $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ Thin Films Studied by *in situ* Photoemission Spectroscopy, *Proceedings of the 10th International Conference on Electronic Spectroscopy and Structure (ICES-10)*; J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom. **156-158** (2007) 375-378.
- [47] T. Yoshida, X.J. Zhou, Z. Hussain, Z.-X. Shen, A. Fujimori, S. Komiya, Y. Ando, H. Eisaki and S. Uchida: Effect of Zn-Impurity Scattering in $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ Studied by Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy, *Proceedings of 8th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity High Temperature Superconductors VIII ($M^2S-VIII$)*; Physica C, in press.
- [48] M. Hashimoto, K. Tanaka, T. Yoshida, A. Fujimori, M. Okusawa, S. Wakimoto, K. Yamada, T. Kakeshita, H. Eisaki and S. Uchida: Relationship between the Superconducting Gap and the Pseudogap: Temperature-Dependent Photoemission Study of $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ and $\text{La}_2\text{CuO}_{4.10}$, *ibid*; Physica C, in press.
- [49] M. Lindroos, V. Arpiainen, S. Sahrakorpi, R.S. Markiewicz, X.J. Zhou, T. Yoshida, W. L. Yang, T. Kakeshita, H. Eisaki, S. Uchida, A. Fujimori, Z. Hussain, Z.-X. Shen and A. Bansil: Existence of a Quasiparticle Remnant in Angle-Resolved Photoemission Spectrum of $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$, *ibid*; Physica C, in press.
- [50] K. Ebata, H. Wadati, M. Takizawa, K. Maekawa, A. Fujimori, A. Chikamatsu, H. Kumigashira, M. Oshima, Y. Tomioka, H. Kuwahara, Y. Tokura: Photoemission Study of Perovskite-Type Manganites with Stripe Ordering, *Proceedings of International Conference on Macroscopic Quantum Phenomena in Complex Striped Matter - Stripes 2006*; J. Supercond., in press.
- [51] M. Ikeda, T. Yoshida, A. Fujimori, M. Kubota, K. Ono, K. Unozawa, T. Sasagawa and H. Takagi: Angle-Resolved Photoemission Study of Lanthanide Substitution Effects in Electron-Doped High- T_c Superconductors, *ibid*; J. Supercond., in press; cond-mat/0612660.

(編著書)

- [52] 清水忠雄, 大苗敦, 小野嘉之, 藤森淳, 牧島一夫, 水野義之, 美宅成樹, 矢崎紘一, 湯川哲之編: 物理データ事典 (朝倉書店, 2006年)

- [53] H. Wadati, T. Yoshida and A. Fujimori: High-Resolution Photoemission Spectroscopy of Perovskite-Type Transition-Metal Oxides, in *Very High Resolution Photoelectron Spectroscopy*, edited by S. Hüfner (Springer, Heidelberg) pp.327-346.

(学位論文)

- [54] 和達大樹: Photoemission Studies of Perovskite-Type Transition-Metal Oxides in Epitaxial Thin Films (博士論文)
- [55] 黄鐘日: High-Energy Spectroscopic Studies of GaN-Based Diluted Magnetic Semiconductors (博士論文, 新領域創成科学研究科)
- [56] 前川考志: Photoemission Study of d^0 and d^1 Oxide Systems in Thin Films (修士論文)
- [57] 大木康弘: Photoemission Study of the Spinel-Type $(\text{Ni,Zn,Fe,Ti})_3\text{O}_4$ Thin Films Exhibiting Photo-Induced Magnetism (修士論文, 新領域創成科学研究科)

< 学術講演 >

(国際会議)

一般講演

- [58] K. Terai, Y. Takeda, S.I. Fujimori, Y. Saitoh, T. Okane, Y. Muramatsu, K. Kobayashi, and A. Fujimori: Laser Molecular-Beam Epitaxy System for *in-situ* Soft X-Ray Spectroscopy in SPring-8 at BL23SU, *9th International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation (SRI 2006)* (Daegu, Korea, May 2006)

- [59] H. Wadati, A. Maniwa, I. Ohkubo, H. Kumigashira, A. Fujimori, M. Oshima, M. Lippmaa, M. Kawasaki and H. Koinuma: *In-situ* Photoemission Study of $\text{Pr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ Epitaxial Thin Films, *International Symposium on Anomalous Quantum Materials 2006*, (Okinawa, June 2006)
- [60] M. Hashimoto, K. Tanaka, T. Yoshida, A. Fujimori, M. Okusawa, S. Wakimoto, K. Yamada, T. Kakeshita, H. Eisaki and S. Uchida: Relationship between Superconducting Gap and Pseudogap: Temperature-Dependent Photoemission Study of $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ and $\text{La}_2\text{CuO}_{4.10}$, *ibid.*
- [61] T. Yoshida, X.J. Zhou, Z. Hussain, Z.-X. Shen, A. Fujimori, S. Komiya, Y. Ando, H. Eisaki and S. Uchida: Effects of Zn Impurities in $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ Studied by Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy, *8th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity High Temperature Superconductors VIII (M²S-VIII)* (Dresden, July 2006)
- [62] M. Hashimoto, K. Tanaka, T. Yoshida, A. Fujimori, M. Okusawa, S. Wakimoto, K. Yamada, T. Kakeshita, H. Eisaki and S. Uchida: Relationship between the Superconducting Gap and the Pseudogap: Temperature-Dependent Photoemission Study of $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ and $\text{La}_2\text{CuO}_{4.10}$, *ibid.*
- [63] J.-I. Hwang, Y. Osafune, M. Kobayashi, K. Ebata, Y. Ooki, Y. Ishida, A. Fujimori, A. Tanaka, Y. Takeda, T. Okane, Y. Saitoh, K. Kobayashi: High-Energy Spectroscopic Study of Mn-Doped GaN Prepared by Thermal Diffusion of Mn, *28th International Conference on the Physics of Semiconductors* (Vienna, July 2006)
- [64] H. Wadati, A. Maniwa, H. Kumigashira, A. Fujimori, M. Oshima, M. Lippmaa, M. Kawasaki and H. Koinuma: *In-situ* Photoemission Study of $\text{Pr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ Epitaxial Thin Films, *International Conference on Magnetism 2006 (ICM 2006)* (Kyoto, August 2006)
- [65] H. Kumigashira, R. Hashimoto, A. Chikamatsu, M. Oshima, M. Lippmaa, H. Wadati, A. Fujimori, M. Kawasaki, and H. Koinuma: *in-situ* Photoemission Characterization of the Tunneling Barrier in $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3/\text{SrTiO}_3/\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$ Tunneling Junctions, *ibid.*
- [66] A. Chikamatsu, H. Wadati, H. Kumigashira, M. Oshima, A. Fujimori, T. Ohnishi, M. Lippmaa, K. Ono, M. Kawasaki, and H. Koinuma: *in-situ* Angle-Resolved Photoemission Study on Halfmetallic $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$ Thin Films, *ibid.*
- [67] S-i Fujimori, Y. Saitoh, T. Okane, K. Kobayashi, A. Fujimori, H. Yamagami, S. Ikeda, T. D. Matsuda, Y. Haga, E. Yamamoto and Y. Onuki: Band Structure and Fermi Surface of UPd_2Al_3 Studied by Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy, *ibid.*
- [68] K. Terai, K. Yoshii, Y. Takeda, S.I. Fujimori, Y. Saitoh, K. Ohwada, T. Inami, T. Okane, M. Arita, K. Shimada, H. Namatame, M. Taniguchi, K. Kobayashi, M. Kobayashi and A. Fujimori: Electronic Structure and Magnetism of $\text{CaMn}_{1-x}\text{Ru}_x\text{O}_3$ Thin Films, *ibid.*
- [69] A. Chikamatsu, H. Wadati, H. Kumigashira, M. Oshima, A. Fujimori, M. Lippmaa, K. Ono, M. Kawasaki and H. Koinuma: Temperature Dependence of Angle-Resolved Photoemission Spectra for Ferromagnetic $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ Thin Films, *Advances in Neutron, Synchrotron Radiation, μSR and NMR Researches* (Tokai, August 2006)
- [70] K. Horiba, A. Chikamatsu, H. Kumigashira, M. Oshima, H. Wadati, A. Fujimori, M. Lippmaa, M. Kawasaki and H. Koinuma: Temperature-Dependence of the Electronic Structure on $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ Thin Films Studied by *in situ* Photoemission Spectroscopy, *International Conference on Electronic Spectroscopy and Structure (ICES)* (Foz do Iguacu, Brazil, September 2006)
- [71] G.W.J. Hassink, N. Nakagawa, M. Takizawa, H. Wadati, L. Fitting, Y. Takata, K. Horiba, M. Matsunami, S. Shin, M. Yabashi, K. Tamasaku, Y. Nishino, D. Miwa, T. Isikawa, T. Susaki, G. Rijnders, D.A. Muller, A. Fujimori, H.Y. Hwang, D.H.A. Blank: Electronic Effects in LTO/LAO Superlattices, *XIII International Workshop on Oxide Electronics* (Ischia, Italy, October 2006)
- [72] T. Yanagida, H. Tanaka, T. Kawai, Y. Saitoh, K. Takeda and A. Fujimori: Can Ce-doped Manganites be Electron-doped Ferromagnet?, *ibid.*
- [73] K. Ebata, H. Wadati, M. Takizawa, K. Maekawa, A. Fujimori, A. Chikamatsu, H. Kumigashira, M. Oshima, Y. Tomioka, H. Kuwahara and Y. Tokura: Photoemission Study of Mixed-Valence Manganites, *7-th Japan-Korea-Taiwan Symposium on Strongly Correlated Electron Systems* (Spring-8, October 2006).
- [74] G.S. Song, Y. Osafune, J.I. Hwang, M. Kobayashi, Y. Ooki, Y. Ishida, K. Ebata, A. Fujimori, H. Takahashi, J. Okabayashi, K. Kanai, K. Kubo and M. Oshima: Photoemission Study of Thermally Diffused Mn/GaAs(001) Interfaces, *ibid.*
- [75] M. Takizawa, M. Minohara, H. Kumigashira, D. Toyota, K. Maekawa, H. Wadati, T. Yoshida, A. Fujimori, M. Oshima, M. Lippmaa, M. Kawasaki and H. Koinuma: Angle-Resolved Photoemission Study of SrVO_3 Thin Films, *ibid.*
- [76] M. Kobayashi, Y. Ishida, J.I. Hwang, A. Fujimori, Y. Takeda, K. Terai, S.-I. Fujimori, T. Okane, Y. Saitoh, H. Yamagami, K. Kobayashi, A. Tanaka, H. Saito and K. Ando: X-Ray Absorption and Photoemission Spectroscopy Studies of the II-VI Diluted Magnetic Semiconductor $\text{Zn}_{1-x}\text{Cr}_x\text{Te}$, *ibid.*
- [77] S.I. Fujimori, T. Ohkuchi, T. Okane, Y. Saitoh, A. Fujimori, H. Yamagami, Y. Haga, E. Yamamoto

- and Y. Onuki: Dual Nature of U $5f$ Electrons in Heavy Fermion Superconductors UPd₂Al₃ and UNi₂Al₃: An ARPES Study, *ibid.*
- [78] T. Ohkochi, S.-I. Fujimori, T. Okane, Y. Saitoh, A. Fujimori, H. Yamagami, Y. Haga, E. Yamamoto and Y. Onuki: Electronic Structure of Itinerant Uranium Compound UB₂ Studied by Soft X-ray Angle Resolved Photoemission Spectroscopy, *ibid.*
- [79] T. Okane, Y. Takeda, S.-i. Fujimori, Y. Saitoh, H. Yamagami, M. Kobayashi, A. Fujimori, T.D. Matsuda, E. Yamamoto, Y. Haga and Y. Onuki: X-Ray Absorption Magnetic Circular Dichroism Study at U $N_{4,5}$ and Cu $L_{2,3}$ Edges of UCu₂Si₂, *ibid.*
- [80] K. Terai, K. Yoshii, Y. Takeda, S.I. Fujimori, Y. Saitoh, K. Ohwada, T. Inami, T. Okane, M. Arita, K. Shimada, H. Namatame, M. Taniguchi, K. Kobayashi, M. Kobayashi and A. Fujimori: Electronic Structure and Magnetism of CaMn_{1-x}Ru_xO₃ Thin Films, *ibid.*
- [81] M. Ikeda, T. Yoshida, M. Hashimoto, A. Fujimori, M. Kubota, K. Ono, K. Unozawa, T. Sasagawa and H. Takagi: Strong Antiferromagnetic Effects in the Electron-Doped High- T_c Superconductor Sm_{2-x}Ce_xCuO₄, *Kyoto Conference on Solid State Chemistry - Transition-Metal Oxides: Past, Present and Future* (Kyoto, November 2006).
- [82] K. Ebata, H. Wadati, M. Takizawa, K. Maekawa, A. Fujimori, A. Chikamatsu, H. Kumigashira, M. Oshima, Y. Tomioka, H. Kuwahara and Y. Tokura: Photoemission Study of Mixed-Valence Manganites, *ibid.*
- [83] K. Ebata, H. Wadati, M. Takizawa, K. Maekawa, A. Fujimori, A. Chikamatsu, H. Kumigashira, M. Oshima, Y. Tomioka, H. Kuwahara and Y. Tokura: Photoemission Study of Perovskite-Type Manganites with Stripe Ordering, *5-th International Conference on Macroscopic Quantum Phenomena in Complex Striped Matter - Stripes 2006* (Rome, December 2006).
- [84] M. Ikeda, T. Yoshida, A. Fujimori, M. Kubota, K. Ono, K. Unozawa, T. Sasagawa and H. Takagi: Angle-Resolved Photoemission Study of Lanthanide Substitution Effects in Electron-Doped High- T_c Superconductors, *ibid.*
- [85] H. Wadati, A. Maniwa, H. Kumigashira, A. Fujimori, M. Oshima, M. Lippmaa, M. Kawasaki and H. Koinuma: Orbital States in La_{1-x}Sr_xMnO₃ Thin Films Studied by X-Ray Absorption Linear Dichroism, *2nd Indo-Japan Seminar "Novel Magnetic Materials and their Electronic Structures"* (University of Tokyo, March 2007).
- [86] K. Ebata, H. Wadati, M. Takizawa, K. Maekawa, A. Fujimori, A. Chikamatsu, H. Kumigashira, M. Oshima, Y. Tomioka, H. Kuwahara and Y. Tokura: Photoemission Study of Perovskite-Type Manganites with Stripe Ordering, *ibid.*
- [87] G.S. Song, Y. Osafune, J.I. Hwang, M. Kobayashi, Y. Ooki, Y. Ishida, K. Ebata, A. Fujimori, K. Kanai, K. Kubo, M. Oshima and J. Okabayashi: Photoemission Study of Thermally Diffused Mn/GaAs (001) Interfaces, *ibid.*
- [88] H. Kumigashira, A. Maniwa, A. Chikamatsu, H. Wadati, K. Horiba, M. Oshima, A. Fujimori, M. Lippmaa, M. Kawasaki, and H.Koinuma: *In-situ* Photoemission Study on Strain Controlled La_{0.5}Sr_{0.5}MnO₃ Thin Films, *ibid.*
- [89] A. Chikamatsu, H. Wadati, H. Kumigashira, M. Oshima, A. Fujimori, M. Lippmaa, K. Ono, M. Kawasaki and H. Koinuma, Temperature-Dependent Spectral Weight Transfer in La_{0.8}Sr_{0.2}MnO₃ Thin Films Studied by *in-situ* Photoemission Spectroscopy, *ibid.*
- [90] Y. Ishida, H. Ohta, M. Hirano, A. Fujimori and H. Hosono: Potential Profiling of the Nanometer-Scale Charge-Depletion Layer in n -ZnO/ p -NiO Junction using Photoemission Spectroscopy *American Physical Society March Meeting* (Denver, March 2007).
- [91] K. Tanaka, W.S. Lee, D.H. Lu, A. Fujimori, T. Fujii, Risdiana, I. Terasaki, K. Fujita, M. Ishikado, S. Uchida, D.J. Scalapino, T.P. Devereaux, Z. Hussain and Z.-X. Shen: Distinct Fermi-Momentum Dependent Energy Gaps in Deeply Underdoped Bi2212, *ibid.*
- [92] W. Meevasana, X.J. Zhou, Z.-X. Shen, S. Sahrakorpi, A. Bansil, T. Yoshida, A. Fujimori, Y. Ando, F. Zhou, Z.X. Zhao, T. Sasagawa, K. Fujita and H. Eisaki: The Hierarchy of Multiple Many-Body Interaction Scales in High-Temperature Superconductors, *ibid.*
- [93] A. Bansil, S. Sahrakorpi, R.S. Markiewicz, M. Lindroos, V. Arpiainen, X.J. Zhou, T. Yoshida, W.L. Yang, T. Kakeshita, H. Eisaki, S. Uchida, A. Fujimori, Z. Hussain, Z.-X. Shen: Nature of the Quasiparticle Remnant in La_{2-x}Sr_xCuO₄ (LSCO), *ibid.*

招待講演

- [94] A. Fujimori: Soft X-Ray Dichroism and Photoemission of Correlated Systems, *Scientific Opportunities with Taiwan Photon Source* (Hsinchu, Taiwan, April 2006).
- [95] A. Fujimori: XMCD Studies of Diluted Magnetic Semiconductors, *International Conference on Modern Materials & Technologies (CIMTEC 2006)* (Sicily, June 2006).
- [96] A. Fujimori: Doping and Temperature Evolution of Pseudogap and Superconducting gap in Underdoped Cuprates in the Presence of Fermi Arc, *8th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity and High-Temperature Superconductors (M²S-HTSC-VIII)* (Dresden, July 2006).

- [97] A. Fujimori: Evolution of Fermi Surface/Arc and Pseudogap in the Two-Dimensional Cuprates near Mott Transition, *International Conference on Physics near the Mott Transition* (Bangalore, July 2006).
- [98] A. Fujimori: Photoemission and XMCD Studies of Magnetic Semiconductors, *4-th International Conference on Physics and Application of Spin-Related Phenomena in Semiconductors (PASPS-IV)* (Sendai, August 2006).
- [99] A. Fujimori: Fermi Arc, Pseudogap, and Superconducting Gap in La-Cuprates, *International Conference on Magnetism 2006 (ICM 2006)* (Kyoto, August 2006).
- [100] A. Fujimori: Photoemission Spectroscopy of Oxide Interfaces *XIII International Workshop on Oxide Electronics* (Ischia, Italy, October 2006).
- [101] A. Fujimori: Photoemission Spectroscopy of Oxide Interfaces and Heterostructures, *7-th Japan-Korea-Taiwan Symposium on Strongly Correlated Electron Systems* (SPRING-8, October 2006).
- [102] A. Fujimori: Oxygen p -Hole Character in Transition-Metal Oxides Revealed by Photoemission Spectroscopy, *Kyoto Conference on Solid State Chemistry - Transition-Metal Oxides: Past, Present and Future* (Kyoto, November 2006).
- [103] A. Fujimori: Spectroscopic Characterization of Ferromagnetic Semiconductors and their Heterostructures, *Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium* (Osaka, November 2006).
- [104] A. Fujimori: Fermi Arc, Pseudogap and Superconducting Gap in High- T_c Cuprates Studied by ARPES, *5-th International Conference on Macroscopic Quantum Phenomena in Complex Striped Matter - Stripes 2006* (Rome, December 2006).
- [105] A. Fujimori: Strain and Polarity Discontinuity Effects on the Electronic Structure of Manganite Thin Films and Interfaces, *UBC-Tokyo Conference on Novel Quantum Matter* (University of British Columbia, February 2007).
- [106] A. Fujimori: Chemical Pressure Effects on the Fermi Surface and Band Structure of Electron-Doped Cuprate Superconductors *Workshop on Electronic Structure of Emerging Materials: Theory & Experiment* (Lonavala, India, February 2007).
- [107] A. Fujimori: ARPES Studies on Superconducting Gap in Cuprates, *CREST Workshop on Charge Dynamics in High Temperature Superconductors* (University of Tokyo, February 2007).
- (国内会議)
一般講演
- [108] 和達大樹, 摩庭篤, 大久保勇男, 組頭広志, 藤森淳, 尾嶋正治, Mikk Lippmaa, 川崎雅司, 鯉沼秀臣: 電荷整列を抑制した $\text{Pr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ 薄膜の *in-situ* 光電子分光, 日本物理学会秋の分科会 (千葉大学, 2006年9月).
- [109] 和達大樹, 近松彰, 摩庭篤, 組頭広志, 藤森淳, 尾嶋正治, Mikk Lippmaa, 川崎雅司, 鯉沼秀臣: $\text{Nd}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$, $\text{Pr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ 薄膜の *in-situ* 角度分解光電子分光, 同上.
- [110] 和達大樹, 摩庭篤, 組頭広志, 藤森淳, 尾嶋正治, Mikk Lippmaa, 川崎雅司, 鯉沼秀臣: X線吸収の線二色性を用いたペロブスカイト型 Mn 酸化物薄膜の軌道状態の観測, 同上.
- [111] 滝沢優, 筑原誠人, 組頭広志, 豊田大介, 前川考志, 和達大樹, 藤森淳, 尾嶋正治, Mikk Lippmaa, 川崎雅司, 鯉沼秀臣: SrVO_3 薄膜の角度分解光電子分光, 同上.
- [112] 江端一晃, 滝沢優, 前川考志, 和達大樹, 藤森淳, 桑原英樹, 富岡泰秀, 十倉好紀: $\text{Nd}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ の化学ポテンシャルシフトの温度依存性, 同上.
- [113] 前川考志, 滝沢優, 和達大樹, 藤森淳, 組頭広志, 尾嶋正治: Nb ドープした SrTiO_3 の角度分解光電子分光, 同上.
- [114] 池田正樹, 吉田鉄平, 橋本信, 藤森淳, 久保田正人, 小野寛太, 宇野沢圭一, 笹川崇男, 高木英典: ランタノイドを置換した電子ドープ系高温超伝導体の角度分解光電子分光, 同上.
- [115] 黄鐘日, 小林正起, 藤森淳, 竹田幸治, 寺井恒太, 藤森伸一, 岡根哲夫, 斎藤祐児, 山上浩志, H.C. Jeon, T.W. Kang: 強磁性 GaN/GaMnN 超構造の共鳴光電子分光, 同上.
- [116] 小林正起, 黄鐘日, 石田行章, 藤森淳, 竹田幸治, 寺井恒太, 藤森伸一, 岡根哲夫, 斎藤祐児, 山上浩志, 小林啓介, 斎藤秀和, 安藤功児: II-VI 族磁性半導体 $\text{Zn}_{1-x}\text{Cr}_x\text{Te}$ の光電子分光と X線吸収分光, 同上.
- [117] 池田正樹, 吉田鉄平, 橋本信, 藤森淳, 久保田正人, 小野寛太, 宇野沢圭一, 笹川崇男, 高木英典: ランタノイドを置換した電子ドープ系高温超伝導体の角度分解光電子分光, 同上.
- [118] 吉田鉄平, 橋本信, 池田正樹, 田中清尚, 藤森淳, X.-J. Zhou, N. Mannella, W.L. Yang, D.H. Lu, Z.-X. Shen, Z. Hussain, 小宮世紀, 安藤陽一, 永崎洋, 藤巻洋介, 内田慎一: アンダードープ領域 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ における擬ギャップの異方性とフェルミアーク, 同上.
- [119] 大木康弘, 黄鐘日, 江端一晃, 宋敬錫, 小林正起, 藤森淳, 竹田幸治, 寺井恒太, 藤森伸一, 岡根哲夫, 斎藤祐児, 山上浩志, 田中新, 関宗俊, 川合知二, 田畑仁: 光誘起磁性を示すスピネル型 $(\text{Ni,Zn,Fe,Ti})_3\text{O}_4$ 薄膜の共鳴光電子分光, 同上.
- [120] 橋本信, 吉田鉄平, 池田正樹, 藤森淳, 久保田正人, 小野寛太, 藤田和博, 内田慎一: $\text{Bi}_2\text{Sr}_{1.6}\text{Ln}_{0.4}\text{CuO}_{6+\delta}$ ($\text{Ln} = \text{La, Gd}$) の角度分解光電子分光, 同上.
- [121] 近松彰, 和達大樹, 組頭広志, 尾嶋正治, 藤森淳, Mikk Lippmaa, 小野寛太, 川崎雅司, 鯉沼秀臣: *In-situ* 角度分解光電子分光電子による $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$ 薄膜の電子状態; 温度依存性, 同上.

- [122] 近松彰, 和達大樹, 組頭広志, 尾嶋正治, 藤森淳, Mikk Lippmaa, 小野寛太, 川崎雅司, 鯉沼秀臣: *In-situ* 角度分解光電子分光電子による $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$ 薄膜の電子状態; 温度依存性, 同上.
- [123] 組頭広志, 橋本龍司, 近松彰, 尾嶋正治, 和達大樹, 藤森淳, Mikk Lippmaa, 川崎雅司, 鯉沼秀臣: $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3/\text{SrTiO}_3/\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$ スピントネル接合界面の *in-situ* 光電子分光, 同上.
- [124] 組頭広志, 滝沢優, 豊田大介, 尾嶋正治, 藤森淳, Mikk Lippmaa, 川崎雅司, 鯉沼秀臣: *In-situ* 光電子分光による $\text{SrTiO}_3/\text{SrRuO}_3$ ヘテロ界面の電子状態, 同上.
- [125] 摩庭篤, 近松彰, 和達大樹, 組頭広志, 藤森淳, 尾嶋正治, Mikk Lippmaa, 川崎雅司, 鯉沼秀臣: 基板応力により物性を制御した $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$ 薄膜の *in-situ* 光電子分光, 同上.
- [126] 竹田幸治, 藤森伸一, 岡根哲夫, 斎藤祐児, 山上浩志, 藤森淳, 稲見俊哉, 大和田謙二, 有田将司, 島田賢也, 生天目博文, 高島敏郎: Ce 化合物近藤半導体の軟・硬 X 線光電子分光, 同上.
- [127] 藤森伸一, 大河内拓雄, 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: UPd_2Al_3 , UNi_2Al_3 のバンド構造とフェルミ面: 角度分解光電子分光, 同上.
- [128] 藤森伸一, 大河内拓雄, 岡根哲夫, 斎藤祐児, 藤森淳, 山上浩志, 岡田耕三, 池田修悟, 松田達磨, 芳賀芳範, 山本悦嗣, 大貫惇睦: ウラン化合物の内殻光電子分光, 同上.
- [129] 大河内拓雄, 藤森伸一, 岡根哲夫, 斎藤祐児, 藤森淳, 山上浩志, 池田修悟, 松田達磨, 芳賀芳範, 山本悦嗣, 大貫惇睦: 磁性ウラン系化合物 UTe , UIn_3 の光電子分光, 同上.
- [130] 寺井恒太, 岡根哲夫, 竹田幸治, 藤森伸一, 斎藤祐児, 稲見俊哉, 山上浩志, 小林啓介, 島田賢也, 有田将司, 生天目博文, 谷口雅樹, 小林正起, 藤森淳: $\text{CaMn}_{1-x}\text{Ru}_x\text{O}_3$ 薄膜の電子構造と磁性発現機構, 同上.
- [131] 岡根哲夫, 大河内拓雄, 竹田幸治, 藤森伸一, 斎藤祐児, 山上浩志, 藤森淳, 松田達磨, 山本悦嗣, 芳賀芳範, 大貫惇睦: UCu_2Si_2 の XMCD によるメタ磁性状態の研究, 同上.
- [132] 岡根哲夫, 大河内拓雄, 竹田幸治, 藤森伸一, 斎藤祐児, 山上浩志, 藤森淳, 河村直巳, 鈴木基寛, 筒井智嗣, 青木大, 本間佳哉, 塩川佳伸, 山本悦嗣, 芳賀芳範, 大貫惇睦: NpTGa_5 ($T = \text{Co}, \text{Ni}$) の XMCD によるリガンドサイトの磁性状態の研究, 同上.
- [133] J. I. Hwang, M. Kobayashi, G. S. Song, A. Fujimori, Y. Takeda, K. Terai, S.-i. Fujimori, T. Okane, Y. Saitoh, H. Yamagami, A. Tanaka, C. S. Yang, H. J. Lin, D. J. Huang, C. T. Chen, H. C. Jeon and T. W. Kang: Resonant Photoemission and X-Ray Magnetic Circular Dichroism Study of $\text{GaN}/\text{Ga}_{1-x}\text{Mn}_x\text{N}$ Digital Ferromagnetic Heterostructure, 第 11 回 半導体スピン工学の基礎と応用 (物性研, 2006 年 12 月).
- [134] G.S. Song, Y. Osafune, J.I. Hwang, M. Kobayashi, Y. Ooki, Y. Ishida, K. Ebata, A. Fujimori, H. Takahashi, J. Okabayashi, K. Kanai, K. Kubo and M. Oshima: Photoemission Study of Thermally Diffused $\text{Mn}/\text{GaAs}(001)$ Interfaces, 同上.
- [135] 藤森淳: ARPES に基づいたフェルミ・アークの常伝導物性と超伝導の理解, 特定領域研究「異常量子物質の創製 - 新しい物理を生む新物質 -」2006 年度成果報告会 (東大, 2007 年 1 月).
- [136] 滝沢優, 養原誠人, 組頭広志, 豊田大介, 前川考志, 和達大樹, 吉田鉄平, 藤森淳, 尾嶋正治, Mikk Lippmaa, 川崎雅司, 鯉沼秀臣: SrVO_3 薄膜の角度分解光電子分光, 放射光学会合同シンポジウム (広島, 2007 年 1 月).
- [137] 池田正樹, 吉田鉄平, 橋本信, 藤森淳, 久保田正人, 小野寛太, 宇野沢圭一, 笹川崇男, 高木英典: ランタノイド置換した電子ドープ系高温超伝導体の角度分解光電子分光, 同上.
- [138] 近松彰, 和達大樹, 組頭広志, 尾嶋正治, 藤森淳, Mikk Lippmaa, 小野寛太, 川崎雅司, 鯉沼秀臣: *In-situ* 光電子分光による強磁性 $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ 薄膜電子状態の温度依存性, 同上.
- [139] 摩庭篤, 近松彰, 和達大樹, 組頭広志, 尾嶋正治, 藤森淳, Mikk Lippmaa, 川崎雅司, 鯉沼秀臣: エピタキシャル応力により物性を制御した $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$ 薄膜の *in-situ* 放射光光電子分光, 同上.
- [140] 大河内拓雄, 藤森伸一, 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: 軟 X 線角度分解光電子分光による遍歴ウラン系化合物 UB_2 の電子状態, 同上.
- [141] 藤森伸一, 大河内拓雄, 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: 超伝導ウラン化合物の電子状態: 軟 X 線角度分解光電子分光実験, 同上.
- [142] 安齋太陽, 加茂剛, 藤田泰輔, 井野明洋, 有田将司, 生天目博文, 谷口雅樹, 藤森淳, Z.-X. Shen, 石角元志, 内田慎一: $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ の結合および反結合バンドの低エネルギー励起角度分解光電子分光, 同上.
- [143] 加茂剛, 山崎健太郎, 山崎達也, 安齋太陽, 井野明洋, 有田将司, 生天目博文, 谷口雅樹, 藤森淳, Z.-X. Shen, 藤田和博, 内田慎一: $\text{Bi}_2\text{Sr}_{1.6}\text{La}_{0.4}\text{CuO}_{6+\delta}$ のノード準粒子の低エネルギー励起角度分解光電子分光, 同上.
- [144] 組頭広志, 滝沢優, 豊田大介, 尾嶋正治, 藤森淳, Mikk Lippmaa, 川崎雅司, 鯉沼秀臣: *In-situ* 光電子分光による SrRuO_3 薄膜の表面・界面電子状態, 同上.
- [145] 前川考志, 滝沢優, 和達大樹, 吉田鉄平, 藤森淳, 組頭広志, 尾嶋正治: 電子ドープした SrTiO_3 の角度分解光電子分光, 第 2 回放射光表面科学部会シンポジウム「放射光表面科学の最前線」(東大化学, 2007 年 1 月).
- [146] 池田正樹, 吉田鉄平, 橋本信, 藤森淳, 久保田正人, 小野寛太, 宇野沢圭一, 笹川崇男, 高木英典: ランタノイド置換した電子ドープ系高温超伝導体の角度分解光電子分光, 同上.

- [147] 滝沢優, 義原誠人, 組頭広志, 豊田大介, 前川考志, 和達大樹, 吉田鉄平, 藤森淳, 尾嶋正治, Mikk Lippmaa, 川崎雅司, 鯉沼秀臣: SrVO₃ 薄膜の角度分解光電子分光, 同上.
- [148] 宋敬錫, 長船義敬, 小林正起, 石田行章, 黄鐘日, 江端一晃, 大木康弘, 藤森淳, 岡林潤, 金井謙, 久保光太郎, 高橋晴彦, 尾嶋正治: 熱拡散 Mn/GaAs(001) 界面の光電子分光, 同上.
- [149] 橋本信, 吉田鉄平, 池田正樹, 藤森淳, 久保田正人, 小野寛太, 藤田和博, 内田慎一: Bi_{2.0}Sr_{1.6}Ln_{0.4}CuO_{6+δ} (Ln = La, Gd) の角度分解光電子分光, 第 24 回 PF シンポジウム (物質構造科学研究所, 2007 年 3 月).
- [150] 池田正樹, 吉田鉄平, 橋本信, 工藤諭, 藤森淳, 久保田正人, 小野寛太, 宇野沢圭一, 笹川崇男, 高木英典: 電子ドーピング型高温超伝導体のフェルミ面とバンド構造に対する化学圧力効果, 同上.
- [151] 朝倉大輔, 小出常晴, 藤森淳, 齋藤秀和, 安藤功児: 希薄磁性半導体 Ga_{1-x}Mn_xAs の Mn L 及び Ga L 吸収端 XMCD, 同上.
- [152] 近松彰, 和達大樹, 組頭広志, 尾嶋正治, 藤森淳, Mikk Lippmaa, 小野寛太, 川崎雅司, 鯉沼秀臣: *In-situ* 光電子分光による La_{0.8}Sr_{0.2}MnO₃ 薄膜電子状態の温度依存性, 同上.
- [153] 江端一晃, 滝沢優, 前川考志, 和達大樹, 藤森淳, 桑原英樹, 富岡泰秀, 十倉好紀: Nd_{1-x}Sr_xMnO₃, Pr_{1-x}Ca_xMnO₃ の光電子スペクトルにおける光照射効果, 日本物理学会春の分科会 (鹿児島大学, 2007 年 3 月).
- [154] 吉田鉄平, 橋本信, 藤森淳, 久保田正人, 小野寛太, 永崎洋: SrVO₃, CaVO₃ のフェルミ面、バンド分散の観測, 同上.
- [155] 吉田鉄平, 橋本信, 池田正樹, 田中清尚, 藤森淳, X.-J. Zhou, N. Mannella, W. L. Yang, D. H. Lu, Z.-X. Shen, Z. Hussain, 久保田正人, 小野寛太, 小宮世紀, 安藤陽一, 永崎洋, 藤巻洋介, 内田慎一: La_{2-x}Sr_xCuO₄ における擬ギャップとノード付近の電子状態の組成依存性, 同上.
- [156] 橋本信, 田中清尚, 池田正樹, 工藤諭, 八木創, 吉田鉄平, 藤森淳, D.H. Lu, Z.-X. Shen, 久保田正人, 小野寛太, 藤田和博, 内田慎一, 小野新平, 安藤陽一: Bi₂Sr_{2-x}La_xCuO_{6+δ} の角度分解光電子スペクトルのホール濃度依存性, 同上.
- [157] 池田正樹, 吉田鉄平, 橋本信, 工藤諭, 藤森淳, 久保田正人, 小野寛太, 宇野沢圭一, 笹川崇男, 高木英典: 電子ドーピング系高温超伝導体の角度分解光電子スペクトルのランタノイド置換による系統的变化, 同上.
- [158] 滝沢優, 和達大樹, G.W.J. Hassink, 高田恭孝, 堀場弘司, 松波雅治, 辛埴, 矢橋牧名, 玉作賢治, 西野吉則, 石川哲也, 須崎友文, G. Rijnders, 藤森淳, H.Y. Hwang, D.H.A. Blank: LaAlO₃/LaTiO₃ 界面の光電子分光, 同上.
- [159] 工藤諭, 吉田鉄平, 橋本信, 池田正樹, 藤森淳, 鎌倉望, 久保田正人, 小野寛太, 石角元志, 内田慎一: Bi2212 の ARPES スペクトルの温度依存性, 同上.
- [160] 宋敬錫, 長船義敬, 小林正起, 石田行章, 黄鐘日, 江端一晃, 大木康弘, 藤森淳, 岡林潤, 金井謙, 久保光太郎, 高橋晴彦, 尾嶋正治: 熱拡散 Mn/GaAs(001) 界面の光電子分光: 同上.
- [161] 近松彰, 摩庭篤, 和達大樹, 組頭広志, 尾嶋正治, 藤森淳, 浜田典昭, 小野寛太, Mikk Lippmaa, 川崎雅司: 基板応力により物性を制御した La_{0.6}Sr_{0.4}MnO₃ 薄膜の *in-situ* 角度分解光電子分光, 同上.
- [162] 大河内拓雄, 藤森伸一, 岡根哲夫, 斎藤祐児, 藤森淳, 山上浩志, 芳賀芳範, 山本悦嗣, 大貫睦隆: 軟 X 線角度分解光電子分光による遍歴ウラン系化合物 UB₂ の電子状態, 同上.
- [163] 安斎太陽, 加茂剛, 藤田泰輔, 井野明洋, 有田将司, 生天目博文, 谷口雅樹, 藤森淳, Z.-X. Shen, 石角元志, 内田慎一: 低エネルギー放射光角度分解光電子分光による Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ} の準粒子波数依存性, 同上.
- [164] 摩庭篤, 近松彰, 和達大樹, 組頭広志, 尾嶋正治, 藤森淳, Mikk Lippmaa, 川崎雅司, 鯉沼秀臣: エピタキシャル応力を制御した La_{0.6}Sr_{0.4}MnO₃ 薄膜の *in-situ* 放射光光電子分光, 応用物理学会春季学術講演会 (青山学院大学, 2007 年 3 月).

招待講演

- [165] 藤森淳: 遍歴電子磁性化合物の電子構造: 光電子分光と XMCD, 日本金属学会分科会研究会「金属系シナジー化合物の遍歴電子制御による高機能化」第 1 回研究会「遍歴電子制御による高機能シナジー化合物の創製に向けて」(有馬温泉, 2006 年 4 月).
- [166] 藤森淳: 磁性半導体と遷移金属酸化物の XMCD, PF 研究会「新 BL-16 高速スイッチング可変偏光アンジュレータービームライン放射光を利用した軟 X 線分光研究の新展開」(物質構造科学研究所, 2006 年 5 月).
- [167] 藤森淳: 高温超伝導体のフェルミアーク, 日本物理学会秋の分科会, シンポジウム「20 年を迎えた高温超伝導の現状と課題」(千葉大学, 2006 年 9 月).
- [168] 藤森淳: 高温強磁性半導体および超構造の XMCD と軟 X 線散乱, 東北大通研共同プロジェクト研究会「スピンエレクトロニクスの新展開」(東北大学通研, 2006 年 9 月).
- [169] 藤森淳: Fermi Arc, Pseudogap and Superconducting Gap Studied by ARPES, 金研ワークショップ「高温超伝導体における特異な電子状態と物性」(東北大金研, 2006 年 11 月).
- [170] 藤森淳: 希薄強磁性半導体と超構造の XMCD, 金研ワークショップ「強磁性半導体スピントロニクスの室温動作を目指して ~ 構造と物性の理解 ~」(東北大金研, 2006 年 11 月).
- [171] 藤森淳: 強相関物質界面の放射光分光, 理研シンポジウム「局所電子構造の理解に基づく物質科学の新展開」(理研, 2006 年 11 月).
- [172] 藤森淳: 高い熱電能を示す物質の光電子分光, 兵庫県立大学ワークショップ「遍歴電子シナジー化合物の物性とその応用」(兵庫県立大, 2006 年 11 月).

- [173] 藤森淳：固体分光から計算機科学への期待，物性研短期研究会「計算物性科学におけるスーパーコンピュータ利用の現状と展望」(物性研，2006年12月)。
- [174] 和達大樹：ペロブスカイト型酸化物の角度分解光電子分光，第2回放射光表面科学部会シンポジウム「放射光表面科学の最前線」(東大化学，2007年1月)。
- [175] 藤森淳：まとめ - 電子構造研究の立場から - ，日本物理学会春の分科会，シンポジウム「先端スペクトロスコピーが解き明かす遍歴電子磁性 - 新奇物性と応用への展開 - 」(鹿児島大学，2007年3月)。

セミナー

- [176] 藤森淳：Tanabe-Sugano ダイアグラムとCIクラスターモデルについてのコメント，第17回「分子系の物性」(科学技術振興機構東京事務所，2006年9月)
- [177] 藤森淳：モットハ・バード型 d^1 電子系の角度分解光電子分光，物構研セミナー(物質構造科学研究所，2006年2月)

1 Fujimori Group

Research Subjects: Photoemission Spectroscopy of Strongly Correlated Systems

Member: Atsushi Fujimori and Teppei Yoshida

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

[1] K. Tanaka, W.S. Lee, D.H. Lu, A. Fujimori, T. Fujii, Risdiana, I. Terasaki, D. J. Scalapino, T.P. Devereaux, Z. Hussain and Z.-X. Shen: Distinct Fermi-Momentum Dependent Energy Gaps in Deeply Underdoped Bi2212, *Science* **314** (2006) 1910-1913.

[2] K. Mamiya, T. Koide, A. Fujimori, H. Tokano, H. Manaka, A. Tanaka, H. Toyosaki, T. Fukumura and M. Kawasaki: Indication of Intrinsic Room-Temperature Ferromagnetism in $\text{Ti}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_{2-\delta}$ Thin Film: An X-Ray Magnetic Circular Dichroism Study, *Appl. Phys. Lett.* **89** (2006) 062506-1-3.

[3] M. Takizawa, H. Wadati, K. Tanaka, M. Hashimoto, T. Yoshida, A. Fujimori, A. Chikamatsu, H. Kumigashira, M. Oshima, K. Shibuya, T. Mihara, T. Ohnishi, M. Lippmaa, M. Kawasaki, H. Koinuma, S. Okamoto and A. J. Millis: Photoemission from Buried Interfaces in $\text{SrTiO}_3/\text{LaTiO}_3$ Superlattices, *Phys. Rev. Lett.* **97** (2006) 057601-1-4.

第1章 2006年度に開講された学部講義概要

1.1 2年生 冬学期

1.1.1 解析力学・量子力学I : 藤森 淳

1. 講義の目的
2. ラグランジュ方程式
ダランベールの原理, 変分原理
3. 一般化座標
一般化運動量, 一般化された力, 循環座標
4. ハミルトンの正準方程式
5. 正準変換
母関数, ポアソンの括弧式, リウビルの定理
ハミルトン・ヤコビの偏微分方程式, 断熱不変量
6. 前期量子論
7. シュレディンガー方程式
古典力学の限界, ボーアの対応原理
物質波, 1次元ポテンシャル問題,
波動関数の物理的意味, 位置と運動量の観測
8. 演算子とヒルベルト空間
状態と演算子の表示, 保存量, 時間発展
9. ハイゼンベルグ方程式
シュレディンガー表示とハイゼンベルグ表示
ハイゼンベルグの運動方程式, 調和振動子