

1. 機能発現基礎に関する研究

1.2. 制御・評価

1.2.1. 作製プロセス基礎

1.2.2.1. 光電子分光による電子構造・物性の評価

東京大学大学院新領域創成科学研究科

藤森 淳

(1) 要 約

光電子分光法により、高温超伝導や巨大磁気抵抗を示す酸化物格子の電子構造・電子物性を明らかにした。希薄ドーピング領域の銅酸化物高温超伝導体でフェルミ面の一部が生き残る“フェルミ・アーク”を見出した。また、ストライプ的な電荷揺ぎの影響を、化学ポテンシャル・シフトの測定により調べた。巨大磁気抵抗を示すマンガン酸化物に関しては、シフトの抑制が見られず、相分離があったとしてもナノ・サイズでクラスター化していると結論した。Mn をドーピングした ZnO の光電子スペクトルの解析から、p 型キャリアをドーピングできれば高温強磁性体を作れることを予測した。

(2) 研究目的

酸化物格子の電子構造・電子物性の結晶構造・化学組成・温度依存性を、光電子分光法によって系統的に解明し、新規物性を含む電子物性を評価する。高温超伝導、巨大磁気抵抗等の発現機構を明かにすることによって、新機能材料の創製、既存物質における新機能の開発と制御に資する。

(3) 研究方法

高分解能角度分解光電子分光法により、電子物性に直接関与するフェルミ準位付近の電子状態とその化学組成依存性・温度依存性を詳細に調べ、高温超伝導、巨大磁気抵抗等の機能出現機構解明に関する情報を得る。また、内殻光電子分光法により化学ポテンシャルのシフトを求め、電荷ストライプの形成、電子相分離の存在についての知見を得た。さらに、光電子分光から電子構造パラメータを求め、これを用いたハートリー-フォック計算、アンダーソン不純物モデル計算により磁性や電荷整列現象を調べる。

(4) 研究成果

(4-1) 高温超伝導

高温超伝導体の最大の特徴は反強磁性体にホールをドーピングすることによって超伝導が出現することであるので、反強磁性絶縁体-超伝導体転移の機構を解明することが重要である。反強磁性絶縁体-超伝導体転移近傍の電子状態を精密に調べるために、ホール濃度の非常に薄い、いわゆる“スピングラス相” ( $0.02 < x < 0.06$ ) を中心とした  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  の角度分解光電子分光測定を行った。その結果、単一の試料で、絶縁体に由来する深いエネ

ルギー位置の構造と金属的なフェルミ準位付近の構造が共存する“二重電子構造”が観測された。この“二重電子構造”の原因として、ストライプ的な電荷不均一性 [1] と、強相関係一般に見られるコヒーレント・非コヒーレント部分 [2] の両方の可能性が考えられた。

また、希薄ドープ領域では図 1 a, e に示すように、 $\mathbf{k} = (0, 0) - (\pi, \pi)$  方向のみでフェルミ面の一部 (“フェルミ・アーク”) が観測された。ドープ量の増加とともに、フェルミ・アークは広がり、最適ドープ組成に至ると、全体がつながった通常のフェルミ面が回復することがわかった (図 1 d) [3]。(0, 0) -  $(\pi, \pi)$  方向は d 波 ( $d_{x^2-y^2}$  波) 超伝導のオーダー・パラメータのノード方向であるので、希薄ドープ領域におけるフェルミ・アークの出現により、反強磁性絶縁体から d 波超伝導体を経てフェルミ液体に至るまでの連続的な電子状態変化が自然に理解できることとなった。一方、フェルミ・アークの描像ではフェルミ面の面積を定義できないので、キャリア数をどう定義し輸送現象をどう考えるかという問題が提起される。そこで我々は、フェルミ面上のスペクトル強度をキャリア数とみなすことを提案し、輸送現象の実験結果とくにキャリア数が  $x$  に比例するという振舞いをよく説明することを示した。

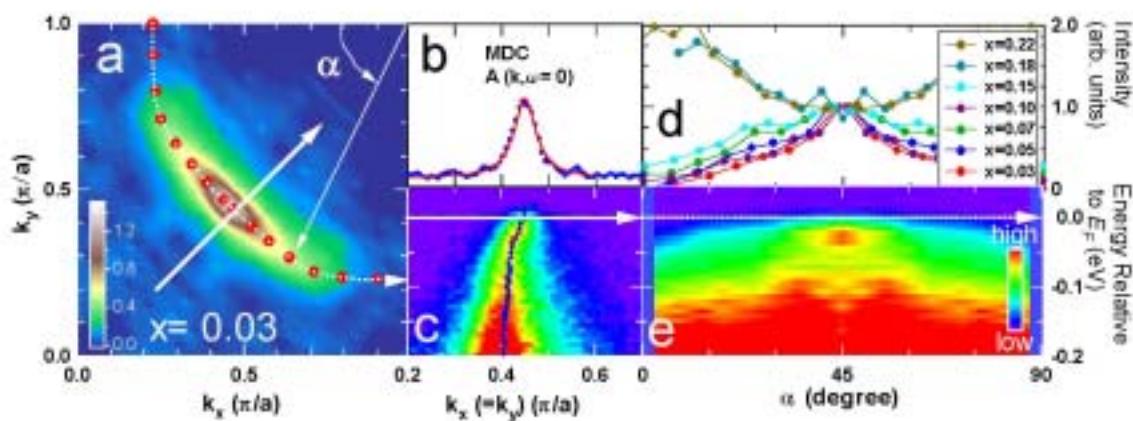


図 1 : 希薄ドープ  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  ( $x = 0.03$ ) の角度分解光電子スペクトル [3]。a: フェルミ準位上の強度マップ。b: 運動量空間の対角線方向に沿ったフェルミ準位上の強度プロフィール。c: 対角線方向運動量-エネルギー平面での強度マップ。d: フェルミ面 (フェルミ・アーク) に沿ったフェルミ準位上の強度プロフィール。e: フェルミ面 (フェルミ・アーク) 上運動量-エネルギー平面での強度マップ。

以上の観測結果と  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  におけるストライプ的な電荷揺らぎの存在との関係を調べるために、ストライプが存在しないと考えられている  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$  のホール量を極端に減らした  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{1-x}\text{Er}_x\text{Cu}_2\text{O}_8$ 、 $\text{Bi}_{2-x}\text{Pb}_x\text{Sr}_2\text{ErCu}_2\text{O}_8$  の光電子分光測定を行い、二重電子構造が見えないことを確かめた。また、ストライプを含む電荷の不均一を反映する化学ポテンシャルのシフトを、ストライプが存在しないと考えられている電子ドープ型  $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$  や [4]、ストライプの揺らぎが弱いとされている  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{1-x}\text{R}_x\text{Cu}_2\text{O}_8$  ( $\text{R} = \text{Er}, \text{Pr}$ ) [5] について測定した。図 2 に示すように、 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  に見られた低ドープ領域での化学ポテンシャル・シフトの抑制 [6] が  $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$  では見られず、 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{1-x}\text{R}_x\text{Cu}_2\text{O}_8$  では弱くなり、 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  に特徴的なストライプ揺らぎの影響が明らかになった。

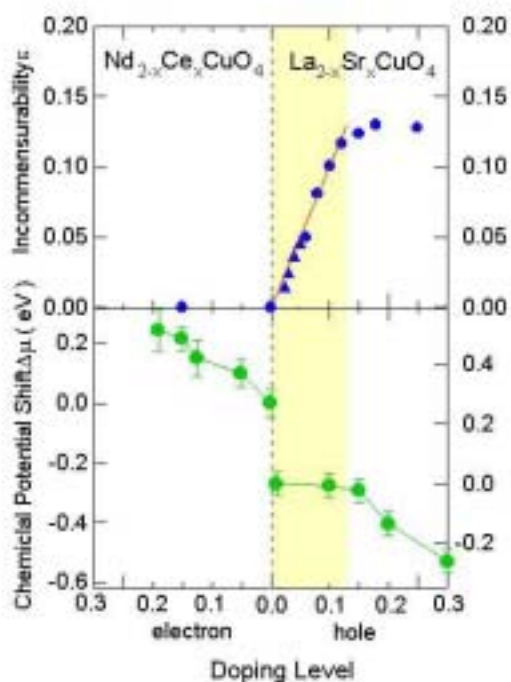


図 2 :  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  [ 6 ]、 $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$  [ 4 ] の化学ポテンシャルシフトと中性子散乱ピークの不整合性が変化する領域 [ 7 ] でストライプ揺らぎが顕著になり、化学ポテンシャル・シフトが抑制されている。

( 4-2) 磁気伝導結合系

$\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  等の巨大磁気抵抗の原因とされている電子相分離の有無を調べるために、内殻シフトの測定から化学ポテンシャル・シフトを求めた。結果は図 3 に示すように、相分離に特有なシフトの抑制は見られなかった [ 8 ]。しかし、La サイトの Sr 置換によるランダムネスの影響を受けて、ナノスケールでクラスター状の相分離が起こっている可能性が指摘されており [ 9 ]、その可能性と今回の結果はコンシステントである。

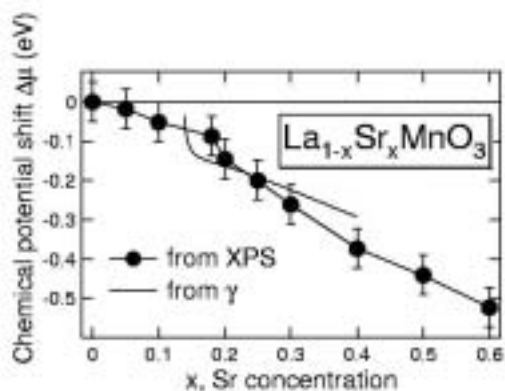


図 3 :  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  の化学ポテンシャル・シフト [ 8 ]。磁気抵抗効果が最大となる  $x \sim 0.3$  付近でシフトの抑制が見られない。

また、新しい磁気伝導系として最近注目されている、 $\text{ZnO}$  の Zn の一部を Mn に置換した  $\text{Zn}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}$  の電子構造を内殻光電子分光、共鳴光電子分光により調べた [10]。その結果、 $\text{ZnO}$  の価電子帯頂上と Mn スピンの交換相互作用が非常に強いことがわかり、 $\text{Zn}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}$  にホールをドーブできれば、高いキューリー点を持つ透明磁石が得られる

ことが予言された。室温で強磁性を示すことが最近報告されて注目されている  $Zn_{1-x}V_xO$  ( $x \sim 0.1$ ) [11] についても、詳細な研究を行なった。V 置換により ZnO のバンドギャップ中に V 3d 軌道に由来する状態が出現すること、さらに酸素置換による電子ドーピングによりフェルミ準位上に金属的な状態が出現することを見出した。共鳴光電子分光により、フェルミ準位上の状態も、ZnO の伝導帯ではなく V 3d 軌道に由来することを見出した。

## (5) 考 察

第 II 期では、高温超伝導体  $La_{2-x}Sr_xCuO_4$  についての測定・解析が精密化し、電子状態の新しい側面が次々と明らかになってきた。Nd<sub>2-x</sub>Ce<sub>x</sub>CuO<sub>4</sub>、低ドーブ  $Bi_2Sr_2CaCu_2O_8$  との比較から、 $La_{2-x}Sr_xCuO_4$  の電子構造に対するストライプ揺らぎの影響が明らかになってきた。ストライプ揺らぎが超伝導臨界温度を下げる方向に働いていることもわかってきた。では、このような異なる超伝導体の異なる振舞いを生み出している原因は何か？この点を明らかにすることができれば、より高い臨界温度をもった超伝導体の設計、探索に大きく寄与できる。このためには、さらに系統的で精密な光電子分光実験により、電子状態の物質依存性を明らかにする必要がある。

磁気伝導結合系については、Mn 酸化物の温度依存性の測定を除いて、測定・解析がほぼ終了した。巨大磁気抵抗機構の解明に迫る結果が得られたが、対象物質は  $La_{1-x}Sr_xMnO_3$  に限られており、今後、物質依存性を系統的に調べていく必要がある。現在、新物質として注目されている遷移金属をドーブした ZnO は、将来の発展性が大きい。電子構造評価の立場から、ZnO 系新物質の開発と連携していく必要がある。

## (6) 引用文献

- [1] J. M. Tranquada et al., Evidence for stripe correlations of spins and holes in copper-oxide superconductors, *Nature* **375**, 561 (1995).
- [2] A. Fujimori et al., Evolution of the spectral function in Mott-Hubbard systems with  $d^1$  Configuration, *Phys. Rev. Lett.* **69**, 1796 (1992).
- [3] T. Yoshida et al., Nodal metallic behavior of lightly-doped  $La_{2-x}Sr_xCuO_4$ , submitted to *Phys. Rev. Lett.*
- [4] N. Harima et al., Chemical potential shift in  $Nd_{2-x}Ce_xCuO_4$ : Contrasting behavior between the electron- and hole-doped cuprates, *Phys. Rev. B* **64**, 220507 (2001).
- [5] N. Harima et al., Chemical potential shift in  $Bi_2Sr_2Ca_{1-x}R_xCu_2O_{8+y}$  ( $R = Pr, Er$ ), submitted to *Phys. Rev. B*.
- [6] A. Ino et al., Chemical-potential shift in overdoped and underdoped  $La_{2-x}Sr_xCuO_4$ , *Phys. Rev. Lett.* **79**, 2101 (1997).
- [7] K. Yamada et al., **Doping dependence of the spatially modulated dynamical spin correlations and the superconducting-transition temperature in  $La_{2-x}Sr_xCuO_4$** , *Phys. Rev. B* **57**, 6165 (1998).
- [8] J. Matsuno et al., Chemical potential shift in  $La_{1-x}Sr_xMnO_3$ : Photoemission test of the phase separation scenario, *Europhys. Lett.*, in press.
- [9] A. Moreo et al., Gisant cluster coexistence in doped manganites and other compounds, *Phys. Rev. Lett.* **84**, 5568 (2000).
- [10] T. Mizokawa et al., Photoemission study of the oxide diluted magnetic semiconductor  $Zn_{1-x}Mn_xO$ , *Phys. Rev. B* **65**, 085209 (2002).
- [11] H. Saeki, H. Tabata and T. Kawai, Magnetic and electric properties of vanadium doped ZnO films, *Solid State Commun.* **120**, 439 (2001).

## (7) 成果の発表

## 1) 原著論文による発表

## ア) 国内誌 (国内英文誌を含む)

1. J. D. Lee, T. Mizokawa and A. Fujimori: Photoemission in the System of Linear Chains: Application to  $\text{PrBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  and  $\text{Nd}_{2-x-y}\text{La}_y\text{Sr}_y\text{CuO}_4$ , J. Phys. Soc. Jpn., **70**, 2468, (2001).
2. K. Okazaki, A. Fujimori and M. Onoda: Temperature-dependent Electronic Structure of  $\text{VO}_2$ , J. Phys. Soc. Jpn., **71**, 822, (2002).

## イ) 国外誌

1. M. Satake, T. Mizokawa, A. Fujimori, T. Tanabe, T. Katsufuji and Y. Tokura: Charge Ordering and Chemical Potential Shift in  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{NiO}_4$  Studied by Photoemission Spectroscopy, Phys. Rev. B **61**, 15515, (2000).
2. A. Ino, C. Kim, M. Nakamura, T. Mizokawa, Z.-X. Shen, A. Fujimori, Y. Kakeshita, H. Eisaki and S. Uchida: Electronic Structure of  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  in the Vicinity of Superconductor-Insulator Transition, Phys. Rev. B **62**, 4137, (2000).
3. Okamoto, H. Miyauchi, T. Sekine, T. Shidara, T. Koide, K. Amemiya, A. Fujimori, T. Saitoh, A. Tanaka, Y. Takeda and M. Takano: Magnetic X-Ray Dichroism Study of  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_3$ , Phys. Rev. B **62**, 4455, (2000).
4. T. Mizokawa, C. Kim, Z.-X. Shen, A. Ino, T. Yoshida, A. Fujimori, M. Goto, H. Eisaki, S. Uchida, M. Tagami, K. Yoshida, A. I. Rykov, Y. Siohara, K. Tomimoto, S. Tajima, Y. Yamada, S. Horii, N. Yamada, Y. Yamada and I. Hirabayashi: Angle-Resolved Photoemission Study of Insulating and Metallic Cu-O Chains in  $\text{PrBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  and  $\text{PrBa}_2\text{Cu}_4\text{O}_8$ , Phys. Rev. Lett. **85**, 4779, (2000).
5. T. Yoshida, X. J. Zhou, M. Nakamura, S. A. Kellar, P. V. Bogdanov, E. D. Lu, A. Lanzara, Z. Hussain, A. Ino, T. Mizokawa, A. Fujimori, H. Eisaki, C. Kim, Z.-X. Shen, T. Kakeshita and S. Uchida: Electron-Like Fermi Surface and Remnant  $(\pi, 0)$  Feature in Overdoped  $\text{La}_{1.78}\text{Sr}_{0.22}\text{CuO}_4$ , Phys. Rev. B **63** R220501, (2001).
6. X. J. Zhou, T. Yoshida, S. A. Kellar, P. V. Bogdanov, E. D. Lu, A. Lanzara, M. Nakamura, T. Noda, T. Kakeshita, H. Eisaki, S. Uchida, A. Fujimori, Z. Hussain and Z.-X. Shen: Dual Nature of the Electronic Structure of the Stripe Phase, Phys. Rev. Lett. **86**, 5578, (2001).
7. Lanzara, P. V. Bogdanov, X. J. Zhou, S. A. Kellar, E. D. Lu, T. Yoshida, H. Eisaki, D.L. Feng, A. Fujimori, K. Kishio, J. -I. Shimoyama, T. Noda, S. Uchida, Z. Hussain and Z.-X. Shen: Ubiquitous and Almost Isotropic Coupling of Quasiparticle to Collective Excitations in High Temperature Superconductors, Nature **412**, 510, (2001).
8. J. D. Lee and A. Fujimori: Strong Spin-Fluctuation Effects on the Photoemission Line Shape in the Normal State of High  $T_c$  Cuprates, Phys. Rev. Lett. **87**, 167008 (2001).
9. J. D. Lee and A. Fujimori: Effects of Acoustic Plasmons in Photoemission from Coupled Layered Systems, Phys. Rev. B **64**, 184519, (2001).
10. N. Harima, J. Matsuno, A. Fujimori, Y. Onose, K. Taguchi and Y. Tokura: Chemical potential shift in  $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ : Contrasting Behavior between the Electron- and Hole-Doped Cuprates, Phys. Rev. B **64**, 220507, (2001).
11. T. Koide, H. Miyauchi, J. Okamoto, T. Shidara, T. Sekine, T. Saitoh, A. Fujimori, H. Fukutani, M. Takano and Y. Takeda: Evidence for a Close Correlation between the Magnetic Moments, Lattice Distortions and Hybridization in  $\text{LaMnO}_3$  and  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_{3+\delta}$ : Doping-Dependent Magnetic Circular X-Ray Dichroism Study, Phys. Rev. Lett. **87**, 246404, (2001).

12. T. Mizokawa, T. Nambu, A. Fujimori, T. Fukumura and M. Kawasaki: Photoemission Study of the Oxide Diluted Magnetic Semiconductor  $Zn_{1-x}Mn_xO$ , *Phys. Rev. B* **65**, 085209, (2002).
13. Ino, C. Kim, M. Nakamura, T. Yoshida, T. Mizokawa, Z.-X. Shen, A. Fujimori, T. Kakeshita, H. Eisaki and S. Uchida: Doping Dependent Evolution of the Electronic Structure of  $La_{2-x}Sr_xCuO_4$  in the Superconducting and Metallic Phases, *Phys. Rev. B* **65**, 094504, (2002).

2) 原著論文以外による発表 (レビュー等)

イ) 国外誌

1. A. Fujimori, A. Ino, T. Yoshida, T. Mizokawa, M. Nakamura, C. Kim, Z.-X. Shen, T. Kakeshita, H. Eisaki and S. Uchida: Fermi Surface, Pseudogap and Superconducting Gap in  $La_{2-x}Sr_xCuO_4$ , in *Proceedings of 6-th International Conference, Materials and Mechanisms of Superconductivity and High Temperature Superconductors*, *Physica C* **341-348**, 2067 (2000).
2. N. Tsuda, K. Nasu, A. Fujimori and K. Siratori: *Electronic Conduction in Oxides* (Springer-Verlag, Berlin, 2000).
3. Fujimori, A. Ino, T. Yoshida, T. Mizokawa, M. Nakamura, C. Kim, Z.-X. Shen, K. Kishio, T. Kakeshita, H. Eisaki and S. Uchida: Pseudogaps and Dynamical Stripes in  $La_{2-x}Sr_xCuO_4$  from Photoemission Spectroscopy, in *Proceedings of CREST International Workshop on Pseudo Gap, Spin Gap and Anomalous Metals*, *J. Phys. Chem. Solids*, **62**, 15 (2001).
4. A. Fujimori, A. Ino, T. Yoshida, T. Mizokawa, Z.-X. Shen, C. Kim, T. Kakeshita, H. Eisaki and S. Uchida: Fermi Surface, Pseudogaps and Dynamical Stripes in  $La_{2-x}Sr_xCuO_4$ , in *Open Problems in Strongly Correlated Electron Systems*, edited by J. Bonca, P. Prelovsek, A. Ramsak and S. Sarkar, 119, (Kluwer, 2001).
5. A. Fujimori, T. Yoshida, K. Okazaki, T. Tsujoka, K. Kobayashi, T. Mizokawa, M. Onoda, B. T. Katsufuji, Y. Taguchi and Y. Tokura: Electronic Structure of Mott-Hubbard Type Transition-Metal Oxides, *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* 117-118, 277, (2001).

3) 口頭発表

ア) 招待講演

1. A. Fujimori : Fermi Surface, Pseudogaps and Stripes in  $La_{2-x}Sr_xCuO_4$ , *NATO Advanced Research Workshop — Open Problems in Strongly Correlated Electron Systems*, (Bled, Slovenia, April 2000).
2. Fujimori : Superconductor, Insulator and "Stripe Phase" in Between, *Dutch-Japanese Symposium on Strong Correlations in Many-Body Systems* (Nikko, June 2000).
3. Fujimori, Photoemission Spectroscopy of  $La_{2-x}Sr_xCuO_4$ , in *XIII Workshop on Strongly Correlated Electron Systems* (ICTP Trieste, Italy, July 2000).
4. T. Mizokawa, C. Kim, A. Ino, Z.-X. Shen, M. Nakamura, T. Yoshida, A. Fujimori, H. Eisaki, T. Kakeshita, S. Uchida, K. Tomimoto, S. Tajima S. Horii and Y. Yamada: APRES Study of LSCO and PBCO, *3rd International Conference on Stripes and High- $T_c$  Superconductivity* (Rome, August 2000).
5. A. Fujimori: Electronic Structure of Fe Oxides Studied by Photoemission Spectroscopy, 8-th International Conference on Ferrites (Kyoto, September 2000).
6. A. Fujimori: Photoemission Spectroscopy of 1D Metals and Stripe Phase in High- $T_c$  Cuprates 1st Korea-Japan Symposium on Strongly Correlated Electron Systems (Seoul National University, October 2000).
7. Fujimori: Photoemission Spectra of Dynamical Stripe Phase and Metallic Cu-O Chains, Workshop on Novel Quantum Phenomena in Transition Metal Oxides (Sendai, November 2000).

8. Fujimori: Evolution of the Electronic Structure from the Mott Insulator to Underdoped Cuprates, 6-th International Conference on the Spectroscopy of Novel Superconductors (Chicago, May 2001).
9. Fujimori: Evolution of the Electronic Structure from the Antiferromagnetic Insulator to Lightly Doped Cuprates, International Workshop on the Mechanism of High Temperature Superconductors (Lijiang, China, June 2001).
10. Fujimori: Two-Component Electronic Structure and shadow Fermi Surface in Lightly Doped  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ , International Workshop on Novel Quantum Phenomena in Transition-Metal Oxides (Sendai, August 2001).
11. Fujimori: Two-Component Electronic Structure and Shadow Bands in Underdoped  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ , 2nd Korean-Japanese Workshop on Strongly Correlated Electron Systems (SPring-8, September 2001).
12. Fujimori: Continuous Evolution from the Mott Insulator to the d-Wave Superconductor in  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ , Synchrotron Radiation and the Cuprate, Fulleride and New High-Temperature Superconductors (ICTP Trieste, Italy, December 2001).
13. Fujimori: Evolution of Fermi Surface in High-Tc Cuprates from Mott Insulator to Superconductor, COE International Workshop on High Resolution Photoemission Spectroscopy of Correlated Electron Systems (HPES2002) (Osaka University, January 2002).
14. 藤森淳: 機能調和酸化物の電子構造と機能発現機構、第12回日本MRS 学術シンポジウム (2000年12月、かながわサイエンスパーク)
15. 藤森淳:  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  スピングラス相の金属的振る舞い、高温超伝導基礎理論関連動向調査ワーキンググループ研究会「高温超伝導における新奇現象」(箱根、2001年12月)
16. 藤森淳: 高温超伝導体のフェルミ面—新しい知見、日本物理学会シンポジウム「高分解能光電子分光」(立命館大、2002年3月)

イ) 応募・主催講演等

1. A. Ino, S. Fujimori, T. Okane, A. Fujimori, T. Mizokawa, Y. Yasui, T. Nishikawa and M. Sato: Photoemission Study in the Filling-Control Metal-Insulator Transition in the Two-Dimension System  $\text{La}_{1.17-x}\text{Pb}_x\text{VS}_{3.17}$ , *Proceedings of International Conference on Magnetism 2000*, (Recife, Brazil, August 2000).
2. A. Fujimori, J. Okabayashi, T. Nambu, T. Mizokawa, A. Kimura, O. Rader, T. Hayashi, M. Tanaka, T. Fukumura, M. Kawasaki : Photoemission Spectroscopy of New Diluted Magnetic Semiconductors:  $\text{Ga}_{1-x}\text{Mn}_x\text{As}$  and  $\text{Zn}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}$ , *Workshop on Application of Synchrotron Light to Magnetic Materials* (Campinas, Brazil, August 2000).
3. T. Yoshida, X. J. Zhou, M. Nakamura, S. A. Kellar, P. Bogodanov, E. D. Lu, A. Lanzara, Z. Hussain, A. Ino, T. Mizokawa, A. Fujimori, Z.-X. Shen, H. Eisaki, T. Kakeshita, S. Uchida : Spectral Weight Mapping and Fermi Surface in  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ , 3rd International Conference on Stripes and High-Tc Superconductivity (Rome, August 2000).
4. T. Yoshida, X. J. Zhou, M. Nakamura, S. A. Kellar, P. Bogodanov, W. Yang, A. Lanzara, Z. Hussain, A. Ino, T. Mizokawa, A. Fujimori, Z.-X. Shen, H. Eisaki, T. Kakeshita and S. Uchida: Electronic Structure Evolution from Mott Insulator to Superconductor in  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ , 6-th International Conference on the Spectroscopy of Novel Superconductors (Chicago, May 2001).
5. J. D. Lee and A. Fujimori: Spin-Fluctuation-Induced Photoemission in the Normal State of the Cuprates, *ibid.*
6. J. D. Lee: Spin Fluctuation Effects in Photoemission Line Shape in the Normal State of High TC Cuprates: Anisotropies, Doping Dependencies and Shadow Bands, 2nd Korean-Japanese Workshop on Strongly Correlated Electron Systems (SPring-8, September 2001).
7. K. Okazaki, T. Mizokawa, A. Fujimori, E. V. Sampathkumaran, M.J. Martinez-Lope and J. A. Alonso:

- Temperature-Dependent Electronic Structure of  $\text{Nd}_{1-x}\text{Sm}_x\text{NiO}_3$ , Todai International Symposium ISSP 2001, Correlated Electrons (Kashiwa, October 2001).
8. A. Fujimori: Metallic Behavior of the "Spin-Glass" Phase in  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ , HERS Endstation Review (Advanced Light Source, Berkeley, October 2001).
  9. 南部貴: 磁性半導体  $\text{Zn}_{1-x}\text{Mn}_x$  の光電子分光、フォトンファクトリー研究会「高分解能光電子分光が明かす低次元系新物性」(物構研、2000年5月)
  10. 吉田鉄平、中村元彦、井野明洋、溝川貴司、藤森淳、X.-J. Zhou、P. Bogdanov、S. A. Kellar、E. Lu、A. Lanzara、Z. Hussain、笹川崇男、永崎洋、C. Kim、Z.-X. Shen、掛下照久、内田慎一:  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  のフェルミ面マッピング、日本物理学会秋の分科会(2000年9月、新潟大学)
  11. 田中清尚、岡林潤、藤森淳、内田慎一、高木英典:  $\text{BaPb}_{1-x}\text{Bi}_x\text{O}_3$  の光電子分光、同上
  12. J. D. Lee, T. Mizokawa and A. Fujimori: Photoemission in the System of Linear Chains: an Application to PBCO and Nd-LSCO Systems、同上
  13. 中村元彦、吉田鉄兵、笹川崇男、永崎洋、C. Kim、P. Armitage、D. Lu、井野明洋、奥沢誠、後藤昌宏、岸尾光二、内田慎一、Z. X. Shen、Z. Hussain、藤森淳:  $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{Cu}_{1-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$  の角度分解光電子分光、同上
  14. 設楽哲夫、小出常晴、関根武俊、宮内洋司、藤森淳、福谷博仁、木村剛、十倉好紀: 層状ペロブスカイト  $\text{La}_{2-2x}\text{Sr}_{1+2x}\text{Mn}_{2O7}$  の内殻吸収線二色性、同上
  15. 小出常晴、関根武俊、宮内洋司、設楽哲夫、藤森淳、福谷博仁、木村剛、十倉好紀: 層状ペロブスカイト  $\text{La}_{2-2x}\text{Sr}_{1+2x}\text{Mn}_{2O7}$  の角度分解内殻吸収磁気円二色性、同上
  16. 岡崎浩三、藤森淳、磯部正彦、上田寛: 1次元バナジウム酸化物  $\text{LiV}_2\text{O}_5$  の角度分解光電子分光、日本物理学会年会(2001年3月、中央大学)
  17. 松野丈夫、藤森淳、瀬戸誠、北尾真司、小林康浩、春木理、三井隆也、川崎修嗣、高野幹夫: ペロブスカイト型 Fe 酸化物の電荷不均化、同上
  18. 播磨有幸、藤森淳、菅谷剛洋、寺崎一郎:  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{1-x}\text{R}_x\text{Cu}_2\text{O}_8$  (R=Pr, Er) の化学ポテンシャルシフト、同上
  19. 吉田鉄平、中村元彦、井野明洋、溝川貴司、藤森淳、X.-J. Zhou、P. Bogdanov、S. A. Kellar、E. Lu、A. Lanzara、Z. Hussain、笹川崇男、永崎洋、C. Kim、Z.-X. Shen、掛下照久、内田慎一:  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  のフェルミ面マッピング II、同上
  20. 奥沢誠、吉田鉄平、藤森淳、N.P. Armitage、D.H. Lu、C. Kim、Z.-X. Shen、脇本秀一、山田和芳:  $\text{La}_2\text{CuO}_4 + \delta$  の角度分解光電子分光、同上
  21. 井野明洋、吉田鉄平、藤森伸一、岡根哲夫、藤森淳、Z.-X. Shen、掛下照久、内田慎一: T\*型銅酸化物超伝導体  $\text{SmLa}_{0.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_{4-\delta}$  の角度分解光電子分光、同上
  22. J. D. Lee, T. Mizokawa and A. Fujimori: Photoemission in Quasi-Two-Dimensional Solids: Concentrating on the Role of Acoustic Plasmons、同上
  23. 岡本淳、藤森淳、中村元彦、吉居俊輔、村田一大、佐藤正俊: 金属絶縁体転移を示す  $\text{Sm}_{2-x}\text{Ca}_x\text{Ru}_2\text{O}_7$  の光電子分光、X線吸収分光、同上
  24. 小出常晴、関根武俊、宮内洋司、設楽哲夫、藤森淳、木村剛、十倉好紀: 層状ペロブスカイト  $\text{La}_{2-2x}\text{Sr}_{1+2x}\text{Mn}_{2O7}$  の角度分解内殻吸収磁気円二色性 II 単一 eg 軌道の四葉クローバー性の発現、同上
  25. 岡崎浩三、溝川貴司、藤森淳、E. V. Sampathkumaranc、J. A. Alonso:  $\text{Nd}_{1-x}\text{Sm}_x\text{NiO}_3$  の電子構造の温度依存性、日本物理学会(徳島大、2001年9月)
  26. 吉田鉄平、X.-J. Zhou、笹川崇男、田中清尚、中村元彦、井野明洋、J. D. Lee、溝川貴司、藤森淳、P. Bogdanov、W. Yang、A. Lanzara、Z. Hussain、永崎洋、C. Kim、Z.-X. Shen、掛下照久、内田慎一: Lightly Doped  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  における二成分構造とシャドーバンド、同上
  27. 田中清尚、吉田鉄平、岡林潤、藤森淳、Z.-X. Shen、菅谷剛洋、寺崎一郎: lightly doped  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.12}\text{O}_7$  の角度分解光電子



分光、同上

28. 井野明洋、吉田鉄平、藤森淳、Z. -X. Shen、島田賢也、生天目博文、谷口雅樹、足立匡、小池洋二：銅酸化物高温超伝導体  $\text{La}_{1.89}\text{Ba}_{0.11}\text{CuO}_4$  の角度分解光電子分光、同上
29. 小出常晴、真中浩貴、設楽哲夫、藤森淳：Fe および Co 磁性酸化物の軟 X 線内殻 XAS、同上
30. 石田行章、岡林潤、D. D. Sarma、溝川貴司、藤森淳、佐伯洋昌、田畑仁、川合知二：酸素欠損を導入した希薄磁性半導体  $\text{Zn}_{1-x}\text{V}_x\text{O}$  の共鳴光電子分光、放射光学会年会（物性研、2002 年 1 月）
31. 吉田鉄平、X. -J. Zhou、笹川崇男、田中清尚、井野明洋、溝川貴司、藤森淳、P. Bogdanov、W. Yang、A. Lanzara、Z. Hussain、永崎洋、Z. -X. Shen、掛下照久、内田慎一：Lightly doped  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  における金属的振る舞い、同上
32. 田中 清尚、吉田 鉄平、藤森 淳、Z. -X. Shen、寺崎 一郎：Lightly doped  $\text{Bi}_{2212}$  の角度分解光電子分光、同上
33. 吉田鉄平、X. -J. Zhou、笹川崇男、田中清尚、井野明洋、溝川貴司、藤森淳、P. Bogdanov、W. Yang、A. Lanzara、Z. Hussain、永崎洋、Z. -X. Shen、掛下照久、内田慎一：Lightly Doped  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  における金属的振る舞い、日本物理学会（立命館大、2002 年 3 月）
34. 田中清尚、吉田鉄平、岡林潤、藤森淳、Z. -X. Shen、菅谷剛洋、寺崎一郎： $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{1-x}\text{R}_x\text{Cu}_2\text{O}_8$  (R= Pr, Er) の光電子分光、同上
35. 岡崎浩三、櫃田幸央、溝川貴司、藤森淳、小野田雅重、小高秀文、重里有三、村岡祐治、広井善二： $\text{VO}_2$  薄膜の光電子分光、同上
36. 八木創、藤森淳、内田慎一、縄井伸一郎、後藤昌宏： $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$  のケミカルポテンシャル・シフト、同上
37. 石田行章、岡林潤、D. D. Sarma、溝川貴司、藤森淳、佐伯洋昌、田畑仁、川合知二：酸素欠損を導入した希薄磁性半導体  $\text{Zn}_{1-x}\text{V}_x\text{O}$  の共鳴光電子分光、同上
38. 櫃田幸央、岡崎浩三、藤森淳、溝川貴司、山本剛、内野倉國光、塚田一郎、北脇涼太、寺崎一郎、S. Lambert、C. Michel：三角格子を持つ層状コバルト酸化物の光電子分光、同上

## (1) 研究発表件数

	原著論文による発表	左記以外の誌上発表	口頭発表	合計
国内	第Ⅰ期 2 第Ⅱ期 2 件	第Ⅰ期 3 第Ⅱ期 0 件	第Ⅰ期 69 第Ⅱ期 33 件	第Ⅰ期 74 第Ⅱ期 35 件
国際	第Ⅰ期 19 第Ⅱ期 12 (12) 件	第Ⅰ期 6 第Ⅱ期 4 (3) 件	第Ⅰ期 32 第Ⅱ期 21 件	第Ⅰ期 57 第Ⅱ期 37 (15)
合計	第Ⅰ期 21 第Ⅱ期 14 (12) 件	第Ⅰ期 9 第Ⅱ期 4 (3) 件	第Ⅰ期 101 第Ⅱ期 54 件	第Ⅰ期 131 第Ⅱ期 72 (15) 件

\* 論文件数は、既発表論文数を記載し、投稿中の論文数については括弧書きで併記すること。

\* 原著論文については、査読制度のある論文のみとし、その他の論文については、「左記以外の誌上発表」に含めて記載すること。

## (2) 特許等出願件数

第Ⅰ期 0 件 (うち国内 件、国外 件)  
 第Ⅱ期 0 件 (うち国内 件、国外 件)  
 合計 0 件 (うち国内 件、国外 件)

## (3) 受賞等

第Ⅰ期 2 件 (うち国内 2 件、国外 0 件)

- ・ 日本 IBM 科学賞 (平成 9 年 10 月 20 日) 光電子分光による強相関係の電子物性の解明
- ・ 超伝導科学技術賞 (平成 11 年 4 月 14 日) 光電子分光法を用いた高温超伝導体電子構造の解明

第Ⅱ期 0 件 (うち国内 0 件、国外 0 件)

合計 2 件 (うち国内 2 件、国外 0 件)

## (4) 主要雑誌への研究成果発表 サブテーマの分類がわからないので、「合計」のみ記入しました

Journal	IF 値	サブテーマ 1	サブテーマ 2	サブテーマ 3	合計
第Ⅰ期					
Phys. Rev. Lett.					5
Phys. Rev. B					14
J. Phys. Soc. Jpn.					2
第Ⅱ期					
Phys. Rev. Lett.					4
Phys. Rev. B					9
J. Phys. Soc. Jpn.					2