

銅酸化物高温超伝導体 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ における on-site クーロンエネルギー On-site Coulomb energy in high T_c cuprate superconductor $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$

Kim Gunwoo^{1,*}, 長本備大¹, 大槻太毅¹, 組頭広志^{2,3}, 小宮世紀⁴, 安藤陽一⁵, 吉田鉄平¹

¹ 京都大学大学院人間・環境学研究科, 〒606-8501 京都市左京区吉田二本松町

² 高エネルギー加速器研究機構, 物質構造科学研究所, 放射光科学研究施設,
〒305-0801 つくば市大穂 1-1

³ 東北大学多元物質科学研究所, 〒980-8577 仙台市青葉区片平二丁目 1 番 1 号

⁴ 電力中央研究所, 〒240-0101 横須賀市長坂 2 丁目 6-1

⁵ ケルン大学, Zùlpicher Straße 77, 50937 Köln, Germany

Gunwoo Kim^{1,*}, M. Nagamoto¹, D. Ootsuki¹, H. Kumigashira^{2,3}, S. Komiya⁴, Y. Ando⁵,
and T. Yoshida¹

¹ Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University, Sakyo-ku,
Kyoto 606-8501, Japan

² High Energy Accelerator Research Organization, Institute of Materials Structure Science,
Photon Factory, Tsukuba, Ibaraki 305-0801, Japan

³ Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University,
Sendai 980-8577, Japan

⁴ Central Research Institute of Electric Power Industry, Yokosuka, Kanagawa 240-0101, Japan

⁵ University of Cologne, Zùlpicher Straße 77, 50937 Köln, Germany

1 はじめに

銅酸化物高温超伝導体の超伝導機構を理解するには強い電子相関の性質を明らかにすることが重要である。最近の研究では共鳴光電子分光(RPES)と Cini-Sawatzky(CS)法を用いて様々な銅酸化物高温超伝導体の Cu 3d 軌道における原子内の on-site クーロンエネルギー U_{dd} が見積もられている[1]。また、単層系銅酸化物高温超伝導体においては CuO_2 面の電子状態が頂点酸素の有無に強く依存することが指摘されている[2,3]。そこで本研究では、RPES を用いて頂点酸素が存在する単層系 T 型銅酸化物高温超伝導体 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ (LSCO) の U_{dd} を調査した。

2 実験

試料は Traveling-Solvent Floating-Zone 法で作成された LSCO($x=0.15$) を用いた。測定温度は 20 K であり、単結晶試料を 10^{-8} Pa 以下の超高真空中で劈開することで清浄表面を得た。励起光は $h\nu = 930\text{--}947$ eV の軟 X 線を用い、エネルギー較正には蒸着された Au のフェルミ端を用いた。

3 結果および考察

図 1 (a) は LSCO における Cu L 端の RPES スペクトルである。入射光エネルギーを 930-947 eV の範囲にわたって 1 eV 間隔で変化させることで、オージェ構造のエネルギーシフトとともに、Cu 3d⁸ 由来のサテライト構造の共鳴的増大が観測された。この Cu 3d⁸ サテライト構造は終状態に 2 つのホールを持ち、2 つのホールの間に on-site クーロンエネルギーが働く。

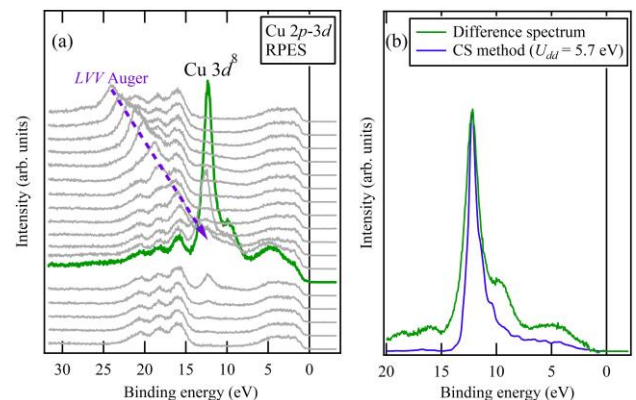


図 1 : (a) LSCO($x = 0.15$) の Cu L 端(2p-3d)RPES スペクトル。(b) LDA と CS 法で計算した Cu 3d⁸ スペクトル(青)、 $h\nu = 930$ eV のスペクトルと $h\nu = 935$ eV の差分スペクトル(緑)の比較。

そこで、共鳴増大が最大となる $h\nu = 935$ eV のスペクトルと局所密度近似 (LDA) より得られた Cu 3d 部分状態密度を用いて CS 法による解析を行った(図 1 (b))。その結果、 $x = 0.15$ では $U_{dd} \sim 5.7$ eV と見積もられた。この値は頂点酸素を持たない単層系 T 型銅酸化物高温超伝導 $\text{Pr}_{1.3-x}\text{La}_{0.7}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ (PLCCO) の $U_{dd}(\sim 6.5$ eV)と同程度であり[1]、 U_{dd} の値が頂点酸素の有無によって大きく変化しないことが示唆される。

4 まとめ

T 型銅酸化物高温超伝導体 LSCO($x=0.15$) の共鳴光

電子分光を行い、オージェ構造と Cu $3d^8$ 由来のサテライト構造の共鳴的増大を観測した。また、CS 法により $U_{dd} \sim 5.7$ eV と求められた。この値は T' 型銅酸化物高温超伝導 PLCCO の $U_{dd} \sim 6.5$ eV と同程度であることが分かった。これは U_{dd} が頂点酸素の有無に対してほとんどに依存しないことを示唆している。

参考文献

- [1] A. Chainani *et al.*, Phys. Rev. B **107**, 195152 (2023).
- [2] H. Das *et al.*, Phys. Rev. B **79**, 134522 (2009).
- [3] C. Weber *et al.*, Phys. Rev. B **82**, 125107 (2010).

* kim.gunwoo.43a@st.kyoto-u.ac.jp