

銅酸化物高温超伝導体 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ における電子状態の温度依存性

Temperature dependence of electronic state in high- T_c cuprate superconductor $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$

長本備大^{1*}, 石田達拓¹, 大槻太毅¹, 北村未歩², 小澤健一², 藤森淳^{3,4}, 小宮世紀⁵, 安藤陽一⁶, 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 つくば市大徳 1-1

³国立精華大学, Hsinchu 30013, Taiwan, Republic of China

⁴東京大学大学院理学研究科, 〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1

⁵電力中央研究所, 〒240-0101 横須賀市長坂 2 丁目 6-1

⁶ケルン大学, Zùlpicher Straße 77, 50937 Köln, Germany

M. Nagamoto¹, T. Ishida¹, D. Ootsuki¹, M. Kitamura², K. Ozawa², A. Fujimori^{3,4}, S. Komiya⁵, Y. Ando⁶, and T. Yoshida^{1*}

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

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

³National Tsing Hua University, Hsinchu 30013, Taiwan, Republic of China

⁴Department of Physics, The University of Tokyo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0033, Japan

⁵Central Research Institute of Electric Power Industry, Yokosuka, Kanagawa 240-0101, Japan

⁶University of Cologne, Zùlpicher Straße 77, 50937 Köln, Germany

1 背景

銅酸化物高温超伝導体の常伝導状態は異常金属状態として知られている。 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ (LSCO)のアンダードープ領域 $x = 0.07$ では準粒子性が失われるコヒーレンス温度(T_{coh})が $100 < T_{\text{coh}} < 200$ Kであり、オーバードープ領域 $x = 0.22$ では $300 \text{ K} < T_{\text{coh}}$ であることが角度積算光電子分光により報告されている[1]。また、アンダードープ領域 $x = 0.08$ では、200 K 以上で光学伝導度のドルーデピークが減少する振る舞いが観測されている[2]。本研究では温度変化に伴う準粒子のコヒーレンス性の変化を観測するために LSCO ($x = 0.07$, $x = 0.22$) に対して角度分解光電子分光(ARPES)を行った。

2 実験

試料は Traveling-Solvent Floating-Zone 法で作成された LSCO ($x = 0.07$, $x = 0.22$) を用いた。測定温度は 50 K 及び 300 K であり、単結晶試料を 10^{-8} Pa 以下の超高真空下で劈開することで清浄表面を得た。電子分析器は Scienta omicron DA30 を使い、エネルギー校正には Au のフェルミ準位を用いた。励起光は 55 eV (円偏光) であり、エネルギー分解能は約 20 meV である。

3 結果および考察

図 1 (a),(b)に LSCO ($x = 0.07$, $x = 0.22$)のノードにおけるエネルギー分布曲線(EDC)を示す。50 K ではフェルミ準位近傍に明瞭な準粒子ピークが観測された。一方で 300 K における $x = 0.07$ の EDC スペクトルでは 0.2 eV 付近からフェルミ準位にかけて緩やかにスペクトル強度が減少しており、 $x = 0.22$ と比較してフェルミ準位上に明瞭なカットオフが見られない。これらの結果は $x = 0.07$ の 300 K では準粒子のコヒーレンス性が消失していることを示唆しており、先行研究の角度積算光電子分光の結果[1]とも一致している。図 1 (c),(d)に ARPES から得られたバンド分散の温度変化を示す。 $x = 0.07$ では 300 K の

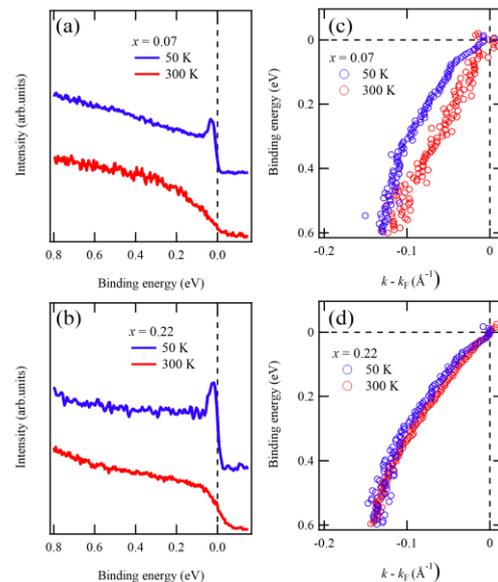


図 1: $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ ($x = 0.07$, $x = 0.22$)におけるノード方向の光電子スペクトルの温度変化。(a),(b)はノードにおけるエネルギー分布曲線。(c),(d)は ARPES から抽出したバンド分散である。

バンド分散の傾きは 50 K よりも大きくなっている。この振る舞いは $x = 0.22$ と異なっており、電子ボソン相互作用が弱くなっていることを示唆している。

4 まとめ

本研究では ARPES により LSCO における詳細な電子状態の温度変化を観測した。その結果、 $x = 0.22$ の室温において観測されたフェルミ準位直上の明瞭なカットオフが、 $x = 0.07$ では観測されず、スペクトル強度が抑制されていることがわかった。これはアンダードープ領域における準粒子性の消失を示唆している。

参考文献 [1] M. Hashimoto *et al.*, Phys. Rev. B **79**, 140502 (2009). [2] K. Takenaka *et al.*, Phys. Rev. B **68**, 134501 (2003).

Photon Factory Activity Report 2022 #40 (2023)

* nagamoto.minato.56e@st.kyoto-u.ac.jp