

銅酸化物高温超伝導体における自己エネルギーの波数依存性 Momentum dependence of the self-energy in high T_c cuprates

下中大也^{1*}, 吉田鉄平¹, 藤森淳², 組頭広志³, 小野寛太³, 小宮世紀⁴, 安藤陽一⁵

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

³放射光科学研究施設, 〒305-0801 つくば市大穂 1-1

⁴電力中央研究所 材料科学研究所, 〒240-0196 神奈川県横須賀市長坂 2-6-1

⁵ケルン大学 物理学科, Köln 50937, Germany

Daiya Shimonaka^{1*}, Tepei Yoshida¹, Atsushi Fujimori², Hiroshi Kumigashira³, Kanta Ono³,
Seiki Komiya⁴, Yoichi Ando⁵

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

²Department of Physics, University of Tokyo, Tokyo 113-0033, Japan

³Photon Factory, 1-1 Oho, Tsukuba, 305-0801, Japan

⁴Central Research Institute of Electric Power Industry, Yokosuka, Kanagawa 240-0196, Japan

⁵Institute of Physics, University of Cologne, Köln 50937, Germany

1 はじめに

銅酸化物高温超伝導体におけるノード方向の準粒子構造について, これまでの研究からフェルミ準位上のスペクトル強度 Z はホールドーブと共に増大する一方で[1], フェルミ速度 v_F はドーブ量に依存せずほぼ一定であることが明らかになっている[2]. このような振る舞いを”universal Fermi velocity”[2]と呼び, フェルミ液体論の範疇では説明することが出来ないが, 自己エネルギーの波数依存性を顕に考慮することによって理解しようとする提案がなされている[3]. 本研究では銅酸化物高温超伝導体 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ (LSCO) について角度分解光電子分光 (ARPES) を行い, 波数依存性を考慮した自己エネルギー解析を行った.

2 実験

試料には floating zone 法で作製されたアンダードーブ($x = 0.03$), 最適ドーブ($x = 0.15$), オーバードーブ($x = 0.22$)の3組成の LSCO 単結晶を用いた. 実験は Photon Factory BL-28A の角度分解光電子分光装置で行い, 測定は試料温度 10 K, エネルギー分解能 20 meV の条件で行った.

3 結果および考察

本研究では ARPES イメージプロットを各波数についてエネルギー方向に切りだしたエネルギー分布曲線(EDCs)に Kramers-Kronig 変換を施すことで, 波数分解された自己エネルギーを求めた. 同様の方法がフェルミ液体として知られる SrVO_3 で行われており[4], 広いエネルギー領域で自己エネルギーを求めることに成功している. 図 1 に自己エネルギー解析の結果を示す. 最適ドーブ, オーバードーブ領域では自己エネルギーの波数依存性を含む $\epsilon_k^0 + \text{Re}\Sigma(\mathbf{k}, 0)$ の値が LDA 計算による裸のバンド分散 ϵ_k^0 に等しく, フェルミ液体的な波数に依存しない自己エネルギー

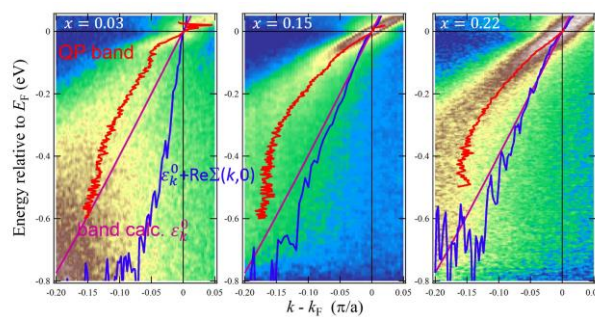


図 1: LSCO($x = 0.03, 0.15, 0.22$)の自己エネルギー解析の結果. 赤線が MDC のピーク位置より定めた準粒子分散. 紫線が LDA 計算による裸のバンド分散 ϵ_k^0 . 青線が解析により求めた $\epsilon_k^0 + \text{Re}\Sigma(\mathbf{k}, 0)$.

の振る舞いが見られる一方で, アンダードーブ領域では ϵ_k^0 から大きくずれる. アンダードーブ領域で見られるこのような自己エネルギーの波数依存性は, 電子密度の低下による遮蔽効果の弱まりや, スピン密度波的な相関に起因するものと考えられる. また繰り込み因子 Z がドーピングとともに増大する結果も得られており, この両者の振る舞いから universal Fermi velocity を再現することが出来た.

4 まとめ

銅酸化物高温超伝導体 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ について ARPES を行い, 波数依存性を考慮した自己エネルギー解析を行った. 自己エネルギーの波数依存性と繰り込み因子 Z の振る舞いにより v_F がドーピング依存性を示さない現象を説明することができた.

参考文献

- [1] T. Yoshida *et al.*, Phys. Rev. Lett. 91, 027001 (2003).
- [2] X. J. Zhou *et al.*, Nature 423, 398 (2003).
- [3] M. Randeria *et al.*, Phys. Rev. B 69, 144509 (2004).
- [4] S. Aizaki *et al.*, Phys. Rev. Lett. 109, 056401 (2012).

*shimonaka.daiya.86u@st.kyoto-u.ac.jp