

Title	Soft X-ray photoemission study of the high-T _c superconductor La _{2-x} Sr _x CuO ₄
Author(s)	笠井, 修一
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/45935
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	笠井修一
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 19554 号
学位授与年月日	平成 17 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学位論文名	Soft X-ray photoemission study of the high- T_c superconductor $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ (高温超伝導体 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ の軟 X 線光電子分光による研究)
論文審査委員	(主査) 教授 菅 滋正 (副査) 教授 北岡 良雄 教授 井元 信之

論文内容の要旨

強相関係物質と呼ばれる電子間のクーロン相互作用が強い物質では、しばしば表面と物質内部（バルク）の電子状態が異なっている。この種の物質に対して、バルク敏感な測定は真の電子状態を調べるために不可欠である。角度分解光電子分光（ARPES）はフェルミ面・バンド構造などの電子構造の波数依存を直接的に調べることができる実験手法である。しかし一般的に用いられてきた ARPES は真空紫外線領域の光を用いており、この場合は観測する電子の平均自由行程の小ささ（数Å）から表面の電子状態しか調べることは出来ない。一方、高エネルギー（軟 X 領域）の光を用いた場合、電子の平均自由行程の増大（数十Å）によりバルク感性が増し、真の電子状態の調査が可能になる。本研究は高分解能の高エネルギー光電子分光法を駆使し、強相関係物質の一つである銅酸化物高温超伝導体 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ のバルクの電子構造を明らかにする事を目的としている。Cu 2p 内殻光電子スペクトルと価電子帯光電子スペクトルを調べた結果、バルクにおいて頂点酸素の CuO_2 面への寄与が表面よりも大きくなっていることを見出した。またこの頂点酸素の影響の違いにより、バルクと表面でフェルミ準位近傍の電子構造・フェルミ面が異なっていることがわかった。オーバードープ・オプティマル領域組成においては $(0, \pi)$ $(\pi, 0)$ 点付近でバンド分散がバルクでより広がることで電子的なフェルミ面を形成し、この運動量空間位置で頂点酸素と CuO_2 面との結合が強くなっていることがわかった。またアンダードープ域では $(0, \pi)$ $(\pi, 0)$ 点付近で母物質絶縁体による影響が見られ準粒子が不安定になっている様子が見られた。これはアンダードープ域での輸送特性における強い異方性と関連があると思われる。

論文審査の結果の要旨

電子間のクーロン相互作用が強い強相関係物質では、しばしば表面と物質内部（バルク）の電子状態が異なっている。この種の物質に対して、バルク敏感な測定は真の電子状態を調べるために不可欠である。角度分解光電子分光（ARPES）ではフェルミ面・バンド構造などの電子構造の波数依存を直接的に調べることができる。しかし一般的に

用いられてきた ARPES は低エネルギー領域の光を用いており、観測する電子の平均自由行程の小ささ (数Å) から表面の電子状態しか調べることは出来ない。一方、高エネルギー (軟 X 領域) の光を用いた場合、電子の平均自由行程の増大 (数十Å) によりバルク敏感性が増し、真の電子状態の調査が可能になる。

本研究は高分解能の高エネルギーARPES 及び角度積分光電子分光 (PES) を駆使し、強相関系物質の一つである銅酸化物高温超伝導体 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ (LSCO) のバルクの電子構造を明らかにしたものである。励起エネルギー700 eV で得られた LSCO ($x=0.14$) の Sr3d 内殻 X 線光電子分光 (XPS) スペクトルの放出角度依存性より、バルクと異なる電子状態を持つ表面の La(Sr)O ブロックの存在を明らかにした。また励起エネルギー1350 eV での Cu2p 内殻 XPS スペクトルでは表面の $\text{Cu}2p_{3/2}|cd^{10}L\rangle$ ピーク構造はバルクのものよりもシャープになっている。今回の結果から表面とバルクで頂点酸素の配置が異なっている可能性が示され、表面において頂点酸素の Cu3d 状態への影響がバルクと比べて小さくなっていることがわかった。

励起エネルギー500 eV での PES で LSCO の価電子帯の電子状態を調べた結果、 $\text{Cu}3d_{3z^2-r^2} \cdot \text{O}2p_z$ 反結合状態に対応したスペクトル構造を新たに観測した。これはこれまでの低エネルギーPES では観測されなかったものである。

フェルミ面形状を 500 eV の励起光を用いた ARPES で調べた結果、オーバードープ組成 $x=0.23$ とオプティマルドープ組成 $x=0.16, 0.14$ では(0, 0) 点を中心に閉じた電子的なフェルミ面であることがわかった。これは組成 $x < 0.20$ で (π, π) 点を中心に閉じるホール的なフェルミ面であるとする表面敏感な低エネルギーARPES の結果と異なるものである。その理由として、バルクと表面での頂点酸素の Cu3d 電子状態への寄与の違いが挙げられる。頂点酸素の存在はフェルミ面を構成するそのバンドの幅を増大させるとされる。つまりバルクの (0, 0) - (0, π) 方向のバンドのバンド幅は表面のものよりも、頂点酸素の寄与によってより広がっており、その違いによりフェルミ面の形状もバルクでは表面と比べてより電子的なものになっていると思われる。

以上のように本論文は高温超伝導体 LSCO のバルク電子状態を軟 X 線光電子分光の手法で解明した画期的な研究であり、基礎物性の理解・発展にも大きく寄与しているので博士 (理学) の学位論文として価値のあるものと認める。