



Title	High- $h\nu$ soft x-ray photoemission study of strongly correlated quasi 2D systems and development of a spin-resolved photoemission spectrometer
Author(s)	恒川, 雅典
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/45916">https://hdl.handle.net/11094/45916</a>
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=" <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> ">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏名	恒川 雅典
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 19577 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	High- $h\nu$ soft x-ray photoemission study of strongly correlated quasi 2D systems and development of a spin-resolved photoemission spectrometer (強相関擬二次元電子系の高エネルギー軟 X 線光電子分光による研究とスピン分解光電子分光装置の開発)
論文審査委員	(主査) 教授 菅 滋正 (副査) 教授 那須 三郎 教授 冷水 佐壽

## 論文内容の要旨

1. 「電子ドープ型銅酸化物超伝導体  $Nd_{2-x}Ce_xCuO_4$ (NCCO :  $x=0.075, 0.15$ ) の高エネルギー角度分解光電子分光(HE-ARPES)」:

(1) Fermi 準位 ( $E_F$ ) 近傍のスペクトル強度分布の  $k_z$  依存性と(2) ドープ量依存性について調べるために、バルク電子状態を強く反映できる HE-ARPES を擬 2 次元系である NCCO に対し実施した。(1)では、Fermi 面形状の  $k_z$  依存性と、これまで電子型では見られなかったノード方向の kink 的振舞いを初めて観測した。これはホール型銅酸化物超伝導体と同様に電子型でも電子格子相互作用の存在を支持するものである。(2)から、表面とバルクにおけるドープ量の違いは Fermi 面形状には顕著にみられないことがわかった。

また、高分解能 Cu 2p 内殻 PES を行った。バルク・表面の寄与の割合が変化する電子放出角度依存性を測定し、スペクトル形状の角度依存性を明らかにした。

2. 「有機導体  $\kappa \cdot \alpha$  型 BEDT-TTF(ET) 塩のバルク敏感 PES」:

近年「擬 2 次元有機強相関系」として注目されている  $\kappa \cdot (ET)_2Cu[N(CN)_2]Br, \alpha \cdot (ET)_2XHg(SCN)_4 (X = NH_4, K)$  に対して、バルク敏感である HE-PES を行った。通常では劈開の方が乱れのない、良い表面が得られると考えられているが、この系では劈開した面では  $E_F$  近傍のスペクトル強度が弱く、破断した面のスペクトルの方がスペクトル強度が明らかに強い。これをバルク電子状態の寄与であると説明した。

## 3. 「スピン偏極 PES 装置の開発」:

SPRING-8 BL25SU を軟 X 線放射光源として利用し、バルク敏感にスピン電子状態の知見を得ることが期待されるスピン偏極 PES 装置を開発中であり、現在、実験室で XPS は測定可能である。Mott 型スピン検出器のレンズパラメータを独自で調整し、工場出荷時に比べ信号強度を 8 倍にまで向上させた。試料の磁化機構は独自で開発し、動作は確認済である。この経験を通じ装置開発技術を広い範囲で蓄積した。これまでの経過をまとめた。

## 論文審査の結果の要旨

近年バルク電子状態を強く反映できる高エネルギー (high- $h\nu$   $\geq 400$  eV) の高分解能光電子分光が盛んになってきている。その結果少なくとも三次元の強相関電子系ではバルクと表面で電子状態が大きく変わる事が判明した。ところで擬二次元系である高温超伝導体では層状構造になっていることから表面第一層でもバルク層と電子状態が変わらないとの推測もなされており、低エネルギー (low- $h\nu$ ) ARPESによる研究が盛んに行われているが、これが妥当かどうか、バルク敏感な high- $h\nu$  ARPESでの検証は不可欠である。

本研究で主に対象としたのは擬二次元系である電子ドープ型銅酸化物超伝導体  $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$  (NCCO :  $x=0.075, 0.15$ ) である。(1)「Fermi 準位 ( $E_F$ ) 近傍のスペクトル強度分布」と(2)「ドープ量依存性」について調べるために、バルク電子状態を強く反映できる high- $h\nu$  角度分解光電子分光 ARPES を実施した。そこでは、Fermi 面 (FS) 形状の励起光エネルギー依存性 ( $k_z$  依存性) が見られた。この結果は擬二次元電子系 NCCO の FS が三次元性を帶びていることを示唆するものである。またこれまで多くのホール型銅酸化物で観測されていたノード方向の kink 的振舞いを、今回電子型において、バルク敏感な high- $h\nu$  ARPES で初めて観測した。この結果はホール型銅酸化物超伝導体と同様に電子型でも電子格子相互作用の重要性を支持するものであり、非弾性中性子散乱や非弾性X線散乱による NCCO の報告と矛盾しない。(2)のドープ量依存性については、high- $h\nu$  ARPES の結果は low- $h\nu$  ARPES のそれと矛盾が無い。つまり表面とバルクにおけるドープ量の違いは FS 形状には顕著にみられないことがわかった。

また、高分解能 Cu 2p 内殻 PES を行った。バルク・表面の寄与の割合が変化する電子放出角度依存性を測定したところ、スペクトル形状に明らかな角度依存性が見られた。特に Cu 2p 内殻スペクトルでは以前報告されている単純なピーク同定では表面とバルクでドープ量が不自然な程に異なることとなり、我々の結果と矛盾が生じる。一方で光電子スペクトルを表面成分とバルク成分に分離すると、その形状が大きく異なっていることが判明した。これは伝導を担う  $E_F$  近傍の電子状態の遍歴性が表面第一層とバルク層で異なるということを示唆する。このように  $E_F$  近傍の電子状態の非局所的内殻遮蔽が、スペクトル形状や角度依存性に大きな影響を与えていた事を明らかにした。

このほか世界最高性能の軟X線放射光源 SPring-8 BL25SU で、バルク敏感スピン偏極 PES を行うための装置開発を行った。

以上のように本論文は電子ドープの高温超伝導体におけるバルク敏感な電子状態をフェルミオロジーを含めて明らかにした極めて有意義な研究であり、基礎物性の理解・発展にも大きく寄与している。またスピン分解光電子分光装置開発の上での功績も大きいので博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。