

低次元異常金属の開発

—高温超伝導体の擬ギャップとストライプ—

研究代表者 佐藤 正俊 名大大学院理学研究科 教授

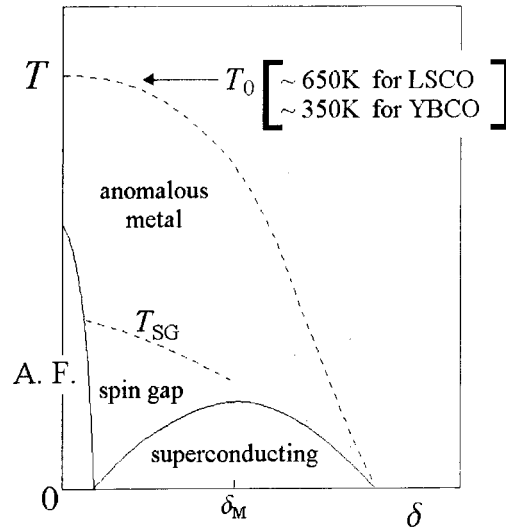
共同研究者 伊藤 雅典、原科 浩、安井 幸夫、小林 義明 他

銅酸化物の超伝導発現機構について中性子散乱、NMR、さらには輸送特性、熱特性等、多様な手段によって研究してきた結果について紹介する。図1は高温超伝導体の物理をごく簡単に理解するために我々が提案し、よく用いてきた相図である。温度を降下させるとき、特徴的溫度 T_0 あたりから反強磁性相関が成長し、それに伴ってスピン一重項電子対が徐々に形成され、その結果、磁気励起や電子励起に擬ギャップが生じること、さらに T_{SG} あたりでその一重項対相関が反強磁性相関

をしのぎ、 T_c で超伝導が実現しスピン一重項電子対が超伝導クーパー対に（擬ギャップが超伝導ギャップへと）発達すること等がこの図の背後にこめられている。このような描像に至るまでには輸送特性や帯磁率、中性子非弾性散乱実験による磁気励起スペクトルや格子振動（フォノン）の特徴的挙動等の観測に加え、スピンギャップをもつ量子スピン系を用いた中性子散乱やNMR研究が大きく役立ってきた。

このような状況の中で最近、我々が注意を払ったのは特に次の二つの点である。第一は、 T_c より高温側で見られる擬ギャップが、 T_c 以下で超伝導ギャップへと発達する（上記のような描像のものとは異なる“別物”という主張がしばしばなされたことに対して、その真偽を明らかにしたいということである。この主張は電子トンネル効果や光電子分光の実験で観測された電子励起スペクトルのギャップ様構造が、 T_c より高温側のものと、 T_c 以下の超伝導ギャップとでは異なるように見えることが根拠になっている。第二に“ストライプ”秩序と呼ばれる電荷秩序（磁気秩序も伴う）と超伝導との関係を明らかにしたいということである。 $La_{2-x}Ba_xCuO_4$ や $La_{2-x-y}Nd_ySr_xCuO_4$ といったLa214によく知られた $x=1/8$ の周辺での超伝導転移温度の抑制はいわゆる1/8問題としてよく知られていたが、それが“ストライプ”秩序の形成によるものであるとの指摘がな

図 1



されて以来、La214系以外の系に対しても同様の“ストライプ”秩序（もしくはそのゆっくりとしたゆらぎ）が存在し、超伝導の抑制のみならず、その発現にも役割を果す場合があるとの議論が数多くなされてきた。

我々は特に $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ (Bi2212) 系の電子励起スペクトルデータの解析や $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ (YBCO)系に対する磁気励起スペクトル測定とその解析によってこれらの問題に取り組んできた。図2はBi2212系のトンネル電子励起スペクトルに見られるギャップ構造(Rennerらによって得られた)に対する解析結果を示し、図3にはYBCO系で測定した磁気励起スペクトルの解析結果を観測データ点とともに示す。これらは上記相図を説明する際に用いられた物理描像をベースにして得られたものであるが、どちらもよく実験結果を再現していることがわかる。図2の解析では準粒子（一重項対を形成していない電子）のエネルギーに依存したそのエネルギーの拡がりを適切に考慮することが大切であった。図3の解析においてもこの系のeffectiveなバンド分散を使い、やはり準粒子のエネルギーの拡がりを取り入れれば、反強磁性秩序を抑えることができるとともに図のような結果を得ることができ、決して擬ギャップと超伝導ギャップを“別物”としなければいけないこともないし、また、“ストライプ”がYBCO系に存在すると考える必要もないことが示される。このことから超伝導発現に関して得られている上記の描像が基本的に当を得たものと考えてよいようである。

図2 (計算) (実験)

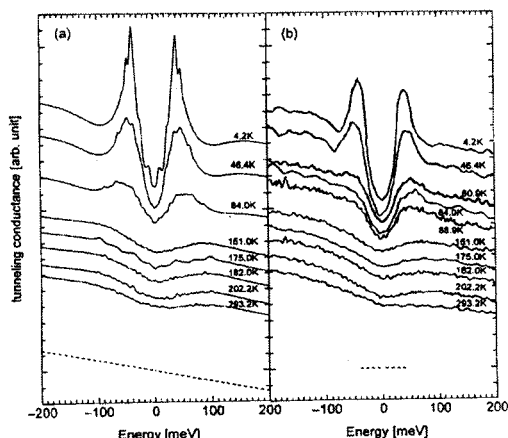


図3

