

学位申請論文公開講演会

日時：1月14日（金）15：00～

申請者：飯久保 智

場所：A4南講義室（A-477）

題目：「銅酸化物の磁気励起および

パイロクロア格子系のnon-trivialな磁気構造研究—中性子散乱—」

（主論文の要旨）

銅酸化物高温超伝導体の磁気励起およびパイロクロア格子を持つ強磁性金属のnon-trivialな磁気構造について、中性子散乱を主な手段にして研究した。

銅酸化物の高温超伝導発現機構や常伝導相で見られる異常物性にはこの系の大きな磁気揺らぎが重要な役割を果たしている。近年、“stripe”と呼ばれる正孔の一次元的秩序がLa214系の一部で実現しているとの報告があり、さらにそれが揺らいだ状態にあるとき、超伝導の発現に積極的に関与するとの説が提案された。我々はその説が正しいか否かを知る目的で、 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ (YBCO)とLa214系の磁気励起スペクトル $\chi''(q, \omega)$ （波数ベクトル q 、エネルギー ω ）を測定し、詳しい解析を行ってきた。ここでは“stripe”の影響が $\chi''(q, \omega)$ にどのような形で現れるのか、また“stripe”がこれらの系に共通に存在するかどうかに注目した。

申請者を含めたグループによるこれまでの研究では、YBCOの $\chi''(q, \omega)$ が“stripe”の影響なしに計算で再現されるのに対し、 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ (LSCO)系や $\text{La}_{1.6-x}\text{Nd}_{0.4}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ (LNSCO)系のいわゆるLa214系では、 $x=0.12$ で“stripe”秩序(LNSCOの $x=1/8$ の低温域で存在する)または揺らぎのために、秩序がまだ形成されていない高温域でも、 $\chi''(q, \omega)$ の観測データと計算結果とに低エネルギー域で差異が見られている。

計算をさらに高エネルギー領域まで拡張し、YBCOやLa214系の一つである $\text{La}_{2-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_4$ ($x=1/8$)に対して最近報告された磁気励起スペクトルと比較し“stripe”の影響の有無を調べた。YBCO系では $\chi''(q, \omega)$ にcommensurate peakが現れるエネルギー(ω_c)を通り越して ω を増加させたとき、逆格子空間の点 ($\omega/a, \omega/a$)を基点にして眺めたincommensurate (IC) peakの位置が45°回転した方向に観測されるが、上記のモデルでもその特徴がよく再現される。すなわち、 ω_c を超える高エネルギー領域でも“stripe”の影響を考える必要が無い。この結果は、バンド描像を基盤にした当モデルの妥当性を示すとともに、“stripe”が銅酸化物系に共通に存在し、超伝導発現機構に重要な役割を果たすとする考え方に否定的のように見える。La214系の一つである $\text{La}_{2-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_4$ の高エネルギー領域では“stripe”の影響がはっきりと識別できるほどの振舞いは同定できない。“stripe”の影響は主に低エネルギー領域でのIC peakのsharpeningとして観測される。この研究では、さらにこの“stripe”の影響の大きさやエネルギー域が、ホール濃度にどう依存するかについても詳しいデータを提供する。

さらに本研究ではパイロクロア型、スピネル型化合物の磁気構造を中性子散乱によって調べ、それと異常ホール効果との関連性について考察した。

パイロクロア型強磁性酸化物の $\text{Nd}_2\text{Mo}_2\text{O}_7$ では、そのホール抵抗が従来考えられてきた現象論的式には従わない。しかしNdとMoの二種類の原子が磁気モーメントを担っていることを考慮すれば、その振舞いが全温度域で説明できる。一方、同時期に行われた他グループの研究では、その振舞いが、スピнкаイラリティー（三つのスピン、 S_1, S_2, S_3 に対して局所的 $\vec{S} = S_1 \cdot S_2 \times S_3$ と定義されnon-coplanarな磁気構造に対してゼロでない値を持つ）を考慮すれば説明可能とされた。この大変斬新なメカニズムの実際の系への適用が妥当かどうかを調べる目的で $\text{Nd}_2\text{Mo}_2\text{O}_7$ ばかりでなく、やはりnon-trivialな磁気構造を持つと思われた $\text{Cu}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Cr}_2\text{Se}_4$ の中性子回折実験を行い、それらのきわめて特徴的で特異な磁気構造をまず、明らかにした。それをもとに、スピнкаイラリティー機構が \vec{S}_i を決めているかどうかを調べたが、そこに期待される \vec{S}_i の特徴的振舞いが見出されなかった。