

# 高温超伝導体 Bi2201 におけるホール局在化と磁氣的短距離秩序形成

## Hole localization and magnetic short-range-order formation in high-T<sub>c</sub> cuprate superconductor Bi2201

平賀 晴弘<sup>1)</sup>, 脇本 秀一<sup>2)</sup>, 山田 和芳<sup>1)</sup>

Haruhiro HIRAKA, Shuichi WAKIMOTO, Kazuyoshi YAMADA

<sup>1)</sup> 東北大学      <sup>2)</sup> 原子力機構

(要約) 短距離磁気秩序の形成が確認された Fe 置換 (Bi, Pb) 2201 を用い、冷中性子三軸分光装置により、電荷密度変調に起因する原子変位変調の有無を調査した。原子変位変調ピークは無いが、有るとしても磁気密度変調ピークより十分弱いことが分かった。

キーワード: 高温超伝導体 Bi2201、スピン・電荷密度変調、中性子三軸分光、Fe 置換

### 1. 目的

高温超伝導をもたらすクーパ対の電子間引力の起源について、いまだ最終的な結論が得られていない。近年、いわゆる「砂時計」型磁気分散が La214 系、Y123 系、Bi2212 系において共通して見出されたことから、磁氣的相互作用が脚光を浴びている。その一方で、CuO<sub>2</sub> 単層 Bi2Sr2CuO<sub>6</sub> (Bi2201) に関してはこれまで、そもそも有意な磁気散乱自体が報告されておらず、磁氣的側面から高温超伝導を理解する上で障害となっていた。しかし、最近本研究グループはその Bi と Cu サイトを Pb と Fe でそれぞれ置換することで、Bi2201 に対して世界で初めて、準弾性ではあるが磁気散乱断面積を観測することに成功した[1]。その磁気散乱はブロードな格子非整合ピークとして現れ、La214 系で観測されている最大の格子非整合度 ( $\delta \sim 0.13$ ) [2] より遥かに大きな値 ( $\delta = 0.20$ ) となるが、その原因はいまだ確定していない。

La214 系では、そのスピン密度変調に呼応し、格子非整合度  $2\delta$  の格子変調として電荷密度変調が観測されている。そこで本研究では、準静的磁気秩序を示す Fe 置換 Bi2201 系を用い、電荷の観点から格子非整合な変調を探索する。

### 2. 方法

TSFZ 法により育成した 12%Fe 置換 (Bi, Pb) 2201 単結晶 (約 3 グラム、モザイク幅 1°) の as-grown 試料を用いた。ホール濃度はおよそ  $p=0.2$ 。バックグラウンドを極力落とすため、冷中性子三軸型中性子分光器 LTAS を利用し、(h, k, 0) 散乱面で弾性散乱を測定した。原子変位に起因する散乱を調査するため、 $E_i=8\text{meV}$  として、なるべく Q の大きな (2, 0, 0) ゾーンで測定を行った。分光器における散乱角 ( $S_2$ ) の制約により単純な Q スキャンが困難だったため、 $2\delta=0.2 \times 2=0.4$  に相当する Q を通るよう  $S_2$  を固定し (93.6°)、結晶角 ( $S_1$ ) で走査した。図 1 に示すように、ちょうどスピン密度変調に相当する格子非整合ピーク近傍を通過するため、Q 位置の校正と強度比較に利用した。

### 3. 研究成果

図 2 に、低温と高温 (磁気散乱強度が出現する温度・約 50K より上) で測定した Q スペクトルの差を示す。ここで、 $S_1=86^\circ$ ,  $46^\circ$  はスピン密度変調  $Q_s=(2.2, \pm 0.8, 0)$  近傍に、 $S_1=76^\circ$ ,  $56^\circ$  は原子変位変調  $Q_c=(2.4, \pm 0.4, 0)$  に、それぞれ相当する。磁気散乱ピークに比べ、La214 系からの類推で期待される原子変位起因のピークは明確ではない。仮に原子変位変調ピークがあったとしても、(2, 0, 0) ゾーンでのそれは (2, 1, 0) ゾーンでの磁気変調ピークに比べ、10%以下の強度である。

### 4. 結論・考察

磁気変調ピーク (格子非整合度  $\delta$ ) に比べて、原子変位変調ピーク ( $2\delta$ ) の強度は無いが、有ったとしても十分に弱いことがわかった。ただし、磁気散乱ピークの幅が広く  $Q_c$  地点にまで磁気成分が混入するため、微弱な原子変位成分を定量的に分離し議論することは困難

であった。これを解決するには、よりQの大きいゾーンでの測定が簡便な手法である。そうすれば、磁気成分が減少し、原子変位成分が増加するためである。しかし、冷中性子ではこれ以上遠くのゾーンには到達できない。そこで、多重反射やバックグラウンドの増加は予想されるものの、熱中性子を利用する実験が次のステップとなるであろう。Fe置換Bi2201系で見出された大きな $\delta$ を理解するために、引き続き、電荷チャンネルからの調査は有効であると考えられる。

5. 引用(参照)文献等

- [1] 平賀晴弘他、「Cu サイト置換によるBi2201における磁気相関の探査」、日本物理学会、2007年9月(北海道大学)。
- [2] K. Yamada et al., Phys. Rev. B 57, 6165 (1998).

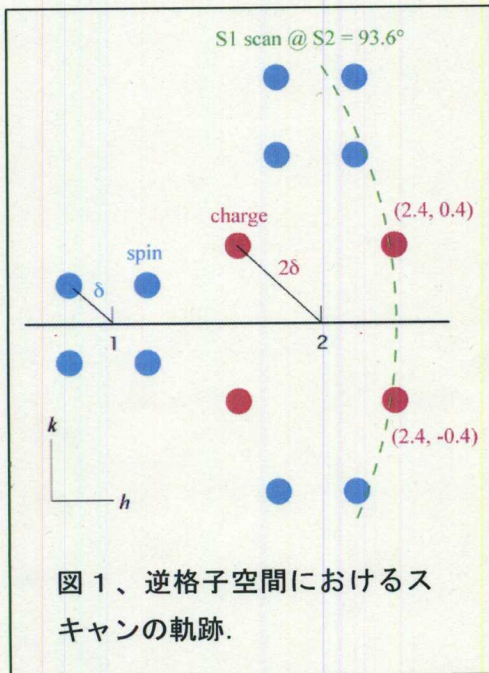


図1、逆格子空間におけるスキヤンの軌跡。

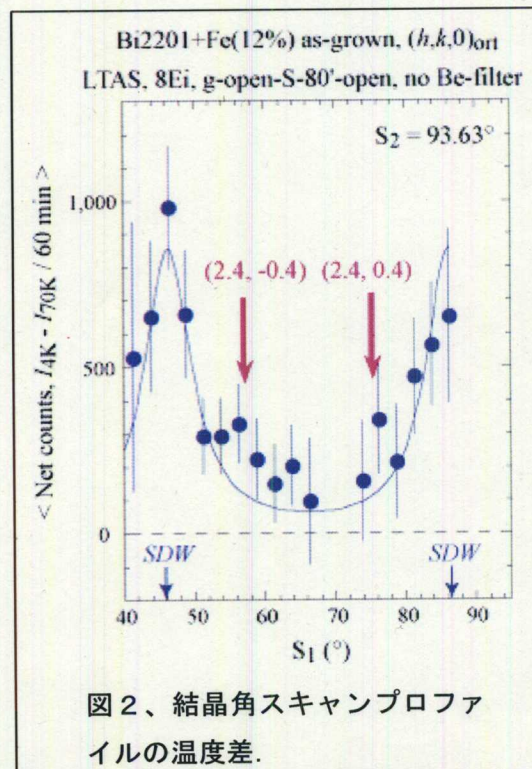


図2、結晶角スキヤンプロファイルの温度差。