

論文要約

論文題目：NMR に基づく鉄系超伝導体 $\text{Ba}_{0.66}\text{K}_{0.34}\text{Fe}_2\text{As}_2$ および FeSe のスピンドYNAMIKSの研究

所属・氏名：名古屋大学大学院理学研究科物質理学専攻・太田善彦

電子間の強い相互作用を持つ強相関電子系では、電子のスピン・軌道・電荷のゆらぎが顕著に現れ、これらのゆらぎは超伝導などの電子物性の発現において重要な役割を果たすと考えられる。ゆらぎを詳細に調べて、超伝導などの物性との関連を明らかにすることは、基礎的のみならず物質設計の指針を得る上でも重要である。強相関電子系である鉄系超伝導体では、スピンや軌道のゆらぎを介して非従来型超伝導状態が発現する可能性が議論され、そのゆらぎの研究が求められ、数多く進められている。

本研究では、相図上でスピンと軌道の秩序相に近接するためスピンと軌道のゆらぎが強い $\text{Ba}_{0.66}\text{K}_{0.34}\text{Fe}_2\text{As}_2$ と、 d 電子の局在性が強いと考えられる系で軌道秩序と超伝導転移を併せ持つ FeSe の2つの鉄系超伝導体を対象として、核磁気共鳴 (NMR) を用いて常伝導状態におけるスピンゆらぎの温度変化を微視的に調べた。

鉄ヒ素超伝導体 $\text{Ba}_{0.66}\text{K}_{0.34}\text{Fe}_2\text{As}_2$ の ^{75}As 核のスピンエコー(NMR) 信号減衰率 $1/T_2$ を測定した。スピンエコー信号減衰曲線はローレンツ成分 $\exp(-2\tau/T_{2L})$ とガウス成分 $\exp[-0.5(2\tau/T_{2G})^2]$ で表され、この $1/T_{2L}$ は、ゼロ周波数近傍の縦磁気揺らぎ $u_{zz}(0)$ と NMR 周波数近傍の横磁気揺らぎ (核スピン格子緩和率 $1/T_1$) で表すことができる。 $1/T_{2L}$ の異方性は、 $1/T_1$ から得た磁気ゆらぎの異方性と同様で、Fe スピンのストライプ型反強磁性相関の発達を示す。 $u_{zz}(0)$ は 100 K 以下において温度降下で増大し、 $1/T_1$

の温度変化と同様であることからスピンゆらぎの周波数変化は小さい。 $u_{zz}(0)$ の発達の起源について議論した。また、 $1/T_1 T$ からのスピンゆらぎを、先行研究のネマティック感受率からの B_{2g} 対称性を持つ軌道ゆらぎと比較すると、両ゆらぎの結合は弱く、電子ドープ系鉄系超伝導体 $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ と大きく異なることがわかった。この結果を元に、両ゆらぎの発達の違いを議論した。

鉄カルコゲナイド超伝導体 FeSe では ^{77}Se 核で同じ実験を行った。スピンエコー信号減衰曲線はローレンツ成分 $\exp[-2\tau/T_2]$ のみで表された。 $u_{zz}(0)$ は構造相転移温度 $T_{s,\text{nem}} \sim 90 \text{ K}$ 以下において温度降下で増大する。一方 $1/T_1$ は徐々に減少することから、周波数変化に敏感なスピンゆらぎの存在を見つけた。極めて遅いスピンドダイナミクスが発現していると考えられ、局在スピンによる磁気フラストレーションや斜方晶ドメインの遅いゆらぎについて議論した。

今回、鉄系超伝導体の電子状態を反映するスピンゆらぎの周波数依存性を調べ、極めて遅いスピンドダイナミクスの発現機構を提案した。その結果は鉄系超伝導体の超伝導発現において、低周波数までのスピンゆらぎを考慮する重要性を示すものである。