



Title	NMR/NQR studies on heavily electron-doped iron-based high-Tc superconductors
Author(s)	小内, 貴祥
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/92216
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論 文 内 容 の 要 旨

氏 名 (小 内 貴 祥)	
論文題名	NMR/NQR studies on heavily electron-doped iron-based high- T_c superconductors (NMR/NQRを用いた過剰電子ドーピング鉄系高温超伝導体の研究)
論文内容の要旨	
鉄系物質で高温超伝導が発見されて以降、その発現機構をめぐってスピン揺らぎや軌道揺らぎに基づく機構が議論されてきたが未だ解決されていない。さらに過剰に電子ドーピングされて再出現する高温超伝導相の存在も明らかになり、広いドーピング域にわたる超伝導発現機構の解明は重要な課題となっている。本論文は、ドーピング量を広範に制御可能でかつ過剰に電子ドーピングが可能な鉄系物質、$(\text{La}_{0.5-x}\text{Na}_{0.5+x})\text{Fe}_2\text{As}_2$と$\text{LaFePnO}_{1-y}(\text{F/H})_y$ ($\text{Pn} = \text{As}_{1-x}\text{Sb}_x, \text{As}_{1-x}\text{P}_x$)に着目し、超伝導機構の解明を目指し核磁気共鳴(NMR/NQR)測定を行った。 最近発見された新しい過剰電子ドーピング域超伝導体$(\text{La}_{0.5-x}\text{Na}_{0.5+x})\text{Fe}_2\text{As}_2$において$^{75}\text{As}$-NMR/NQR測定を行い、過剰電子ドーピング域にも関わらず存在する小さな$\text{Fe-}3d_{xy}$ホール面由来の弱い反強磁性スピン揺らぎを伴った非従来型超伝導状態にあることを明らかにした。$\text{LaFePnO}_{1-y}(\text{F/H})_y$の過剰電子ドーピング超伝導相においては、低エネルギー域にギャップを持つ新奇なタイプのスピン揺らぎの存在を発見し、超伝導転移温度T_cと密に関連することを明らかにした。これは低ドーピング域の超伝導相で見られる低エネルギー域で増大するスピン揺らぎと大きく異なることがわかった。 一方、軌道揺らぎに関しては、大きな電気四重極モーメントをもつSb核を用いたNMR実験により観測できることを世界で初めて明らかにした。この軌道揺らぎは、母物質から低電子ドーピング超伝導相にかけて観測されるが、過剰電子ドーピング超伝導相へ向けて大きく抑制されることがわかった。軌道揺らぎへの実験的アプローチは大型単結晶合成の困難な系ではほとんどなかったが、NMRによりスピンと軌道の両者の揺らぎの両面から超伝導との相関を多結晶でも広範な電子ドーピング域に渡り議論できることを示した。 これらの結果から、スピン揺らぎの観点からは過剰電子ドーピング域での超伝導発現の鍵は、小さな$\text{Fe-}3d_{xy}$ホール面の存在に由来する低エネルギー域にギャップを持つスピン揺らぎの発達が重要であると示唆される。本研究は鉄系超伝導発現機構の解明に向け重要な礎となると期待される。	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (小 内 貴 祥)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教 授	石 渡 晋太郎
	副 査	教 授	井 澤 公一
	副 査	教 授	千 葉 大地
	副 査	准教授	椋 田 秀和

論文審査の結果の要旨

2008年に発見された鉄系超伝導体で起こる高温超伝導現象の起源として、現在スピン揺らぎと軌道揺らぎが有力視されているが、そのどちらが本質かという問題は未だに解決されていない。学位申請者の小内貴祥氏は、それを明らかにするため、核磁気共鳴法を用いた微視的視点からの実験研究を推進した。学位論文は主に以下の内容により構成されている。

第1の対象物質(La,Na)Fe₂As₂は、過剰電子ドーブ域まで広い組成域での超伝導が発現することが最近明らかになった新しい系であり、低エネルギーのスピン揺らぎの存在と非従来型の超伝導状態にあることを明らかにした。第2の対象物質LaFeAsO系においては、これまで反強磁性揺らぎの存在が不明であった過剰電子ドーブ域において、Sbをドーブしてニクトゲンの高さとFermi面を制御した試料を用いて、精密なAs-NMRによる精密なナイトシフト測定と核スピン緩和率測定を行った。その結果、低エネルギー域が抑制された新奇なスピンゆらぎの存在を明らかにした。このスピン揺らぎは超伝導の出現と関連している傾向が見られ、過剰電子ドーブ域で起こる鉄系高温超伝導現象と関連する因子であることを報告している。一方、軌道揺らぎに関しては、過去のNMR実験からはほとんど議論されて来なかったが、大きな電気四重極モーメントをもつ同位体Sb核を用いることで、NMR実験によっても軌道揺らぎが検出できることを世界で初めて示した。この軌道揺らぎは、母物質から低電子ドーブ超伝導相にかけて観測されるが、過剰電子ドーブ超伝導相へ向けて大きく抑制されることを示した。この新しい実験的アプローチから、多結晶試料を用いたNMR実験によりスピンと軌道の両者の揺らぎと超伝導との相関を、広範な電子ドーブ域に渡り議論できることを示した。これらの結果は、今後の鉄系超伝導発現機構の解明、さらには他の強相関物質で起こる超伝導発現機構との普遍性や多様性の理解に向け重要な礎となることが期待される。

本研究の内容は、筆頭著者として主に国際的な学術誌5編(内1編投稿中)で原著論文として発表しており、いずれも高い新奇性と波及効果があると判断されるため、博士（理学）の学位論文として価値のあるものと認める。