

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 豊田 真幸

論 文 題 目 核磁気共鳴法を用いた鉄系超伝導体の電子
ネマティックゆらぎとその秩序についての研究

論文審査担当者

主 査	名古屋大学大学院理学研究科	教 授	理学博士	伊 藤 正 行
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	教 授	工学博士	和 田 信 雄
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	教 授	博士(理学)	紺 谷 浩
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	准教授	博士(理学)	小 林 義 明
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	准教授	博士(理学)	三 野 広 幸

論文審査の結果の要旨

鉄系超伝導体の発見は、超伝導の研究に新たな展開をもたらした。発見直後から、新しい超伝導発現機構を持つ可能性が指摘され、スピン揺らぎのみならず軌道揺らぎの重要性が議論されてきた。これらの揺らぎによる物性としては、超伝導現象にとどまらず、鉄系超伝導体の正方晶相でも結晶構造の対称性を破った異方性が種々の物理量に観測され、電子ネマティック状態と呼ばれる状態が出現する。ネマティック揺らぎが、ネマティック感受率を与え、その秩序が構造相転移を引き起こすと考えられている。しかし、その起源について、スピン揺らぎと軌道揺らぎの立場から議論が行われているが、まだ十分には理解されていない。このように、現在、鉄系超伝導の分野では、電子ネマティック現象の理解が重要な研究課題となっており、申請者は、その電子状態の解明を目指した研究を行った。

申請者は、まず、典型的な鉄系超伝導体である $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ をとりあげ、核磁気共鳴 (NMR) 実験を行った。 BaFe_2As_2 の正方晶相で、NMR スペクトルの角度分解実験から、 ^{75}As 核の電場勾配が 2 回対称性を示す Fe 面内異方性を持つことを見出した。これは、結晶構造が持つ 4 回対称性が局所的に破れていることを意味する。その起源として、格子欠陥などの不完全性が、内部応力を引き起こし、ネマティック分極が誘起されることを指摘した。これは、鉄系超伝導体が、大きな軌道揺らぎを持つことと整合している。また、Co をドーブした $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ においても、正方晶相の広い Co の組成域で電場勾配の面内異方性が存在し、特に、この異方性が大きい Co の組成域で、超伝導転移温度が高くなることを見出した。

次に、申請者は、他の鉄系超伝導体 NaFeAs と LiFeAs の NMR 実験を行い、両物質においても、正方晶相で 4 回対称性が破れていることを明らかにした。また、 $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ も含めたこれら 3 つの系で、電場勾配の面内異方性パラメータ η が、キュリーワイス型の温度変化を示すことを見出した。この温度変化は、電子ラマン散乱によって得られているネマティック感受率とのスケールリングから、ネマティック感受率に支配されていることを明らかにした。さらに、 η の温度変化に現れるワイス温度が、キャリアドーブ量にスケールして、3 つの系で統一的に振る舞うことを見出した。一方、磁気揺らぎをモニターする核スピン格子緩和率は、キュリーワイス型の温度変化を示し、これによって磁気相互作用の強さを評価することができる。この核スピン格子緩和率と η は、3 つの系の中でさえ、必ずしもスケールしないことを見出し、ネマティック揺らぎが、スピン揺らぎのみに支配されていないことを指摘した。

これらの結果は、鉄系超伝導体の正方晶相で現れる電子ネマティック状態に関して、局所的な電荷分布を直接観測し、NMR がネマティック感受率を測定する上で有効であることを示したものであり、高く評価できる。また、参考論文は、鉄系超伝導体の正方晶相の結晶構造について報告したものであり、価値あるものである。以上の理由により、申請者は博士(理学)の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。