

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲	第 / 0330号
------	-----	-----------

氏 名 羽尻 哲也

### 論 文 題 目

角度分解光電子分光による鉄系高温超伝導体の電子状態の研究

### 論文審査担当者

主査	名古屋大学	准教授	伊藤 孝寛
委員	名古屋大学	教授	高嶋 圭史
委員	名古屋大学	教授	宇治原 徹
委員	名古屋大学	教授	紺谷 浩
委員	大阪大学	教授	木村 真一
委員	名古屋大学	教授	浅野 秀文

## 論文審査の結果の要旨

羽尻哲也君の論文「角度分解光電子分光による鉄系高温超伝導体の電子状態の研究」は、高温超伝導物質の探索を行う上での新機軸として期待される鉄系超伝導体における超伝導発現のメカニズムを電子状態の直接観測により明らかにすることを目的として、超伝導転移温度の異なる2種の鉄系高温超伝導体においてシンクロトロン光を用いた偏光依存3次元ARPES測定を行い、得られた電子状態を解析、比較した結果をまとめたものであり、全体で5章から構成されている。

第1章では、鉄系高温超伝導体と銅酸化物超伝導体との類似点および相違点について、物性および電子状態の研究例を基本的な超伝導ギャップ対称性とクーパー対を形成するための相互作用の関係に関する理論も含め総合的にまとめており、鉄系高温超伝導体における超伝導発現メカニズムを明らかにする上で、フェルミ面を形成する複数の鉄3d軌道における軌道対称性を3次元的なフェルミ面上において精緻に実験決定することが重要であることを明確に示している。

第2章では、光電子分光から3次元ブリルアンゾーンにおける電子状態を得る基本的原理についてまとめており、直線偏光シンクロトロン光を用いたARPESスペクトルから軌道対称性を分離するための手法について光電子励起断面積のシミュレーション結果も合わせて詳しい説明を与えている。また、本章の後半において紹介される「垂直放出角度決定機構」および「試料バンク」は分子科学研究所UVSOR施設において申請者自身が開発しビームラインに設置を行ったものであり、これらの工夫により初めて本研究におけるARPES測定が実現したことは特筆すべき点であるといえる。

第3章では、構造相転移をもたずストイキオメトリ相で磁気相転移を伴わない超伝導を示すことから鉄系高温超伝導体の超伝導発現メカニズム研究の基礎的理解を進める上で理想的な系と考えられるLiFeAsおよび超伝導を示さないドープ系 $\text{Li}_{1-x}\text{FeAs}$ における偏光依存3次元ARPES測定結果について報告・考察がされている。この系における研究から申請者は、超伝導を示すストイキオメトリ相LiFeAsにおいて、(1) 3次元的に決定した電子状態における軌道対称性分離、(2) フェルミ面ネスティングの直接観測、(3) 常伝導相における特定ホールバンドのエネルギースhiftの発見、そして超伝導を示さないドープ系LiFeAsにおける系統測定から、(4) ストイキオメトリ相からドープ系への非リジッドバンド的な電子状態変化とキャリア有効質量の増大の観測、および(5) ドープ系における強い磁氣的相互作用に起因する高エネルギーシンク構造の直接観測に成功している。以上の結果から本論文提出者は、LiFeAsにおける超伝導発現が、常伝導相から発達するスピン揺らぎを媒介としたバンド間散乱に起源をもつことを明らかにし、この系における超伝導クーパー対が $s$ ±波対称性であることを電子状態観測の結果から示すことに成功した。

第4章では、鉄系高温超伝導体における超伝導温度向上のメカニズムに迫ることを目的として、比較的高い超伝導転移温度をもつ $\text{BaFe}_{2-x}\text{Co}_x\text{As}_2$  ( $x = 0.2$ ,  $T_c \sim 24$  K) における偏光依存3次元ARPES測定結果について報告・考察がされている。この系において本論文提出者は3次元的な全フェルミ面上における超伝導ギャップの直接観測に成功し、ブリルアンゾーン境界の楕円形電子面の長軸方向においてのみ超伝導ギャップが消失する(ノードが形成される)ことを見出した。さらに、観測したノードをもつ異方的超伝導ギャップを最近の理論予測と比較することにより、 $\text{BaFe}_{2-x}\text{Co}_x\text{As}_2$  における超伝導発現はLiFeAs系とは異なり、不純物によるスピン揺らぎ-軌道揺らぎの競合に起源をもち、超伝導クーパー対がNodal  $s$  波対称性であると結論づけた。

第5章では、3~4章で報告した研究成果を要約・結論づけた上で、鉄系高温超伝導体において更に高い超伝導転移温度を実現する上でスピン揺らぎと軌道揺らぎの共存状態が重要であることを示し、総括としている。

以上のように、本研究での実験結果は極めて質が高く、鉄系高温超伝導体の特異な物性と電子状態の関係を多角的な視野から捉えることに成功しており、鉄系高温超伝導体の超伝導発現メカニズムの理解の進展に学術上、工学上大きな貢献をするものである。よって、本論文提出者、羽尻哲也君は博士(工学)の学位を受けるのに十分な資格があると判定した。