

## 研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名：高分解能 ARPES による鉄系高温超伝導体の微細電子構造の研究
2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）：

研究代表者

佐藤宇史（東北大学大学院理学研究科 准教授）

### 3. 研究実施概要

本研究課題は、超高分解能角度分解光電子分光 (ARPES) 法を用いて鉄系高温超伝導体の電子状態を精密に決定することによって、その高温超伝導発現機構を解明することを目的とした。当目的を実現するために、現有の高分解能光電子分光装置の励起光源系や電子エネルギー分析系の改良を行い、1meV 以下の精度の超高分解能 ARPES 実験を可能にし、改良した装置を用いて鉄系超伝導体単結晶のフェルミ面、エネルギーバンド分散、準粒子、超伝導ギャップ、および擬ギャップを直接観測した。その結果、フェルミ準位 (EF) 近傍の微細電子構造を明らかにした。また、電子ドーピング型およびホールドーピング型や、様々な結晶構造を有する鉄系超伝導体について系統的な ARPES 実験を行うことによって、鉄系超伝導体の高温超伝導メカニズムについて電子状態の立場からの知見を得た。

### 4. 事後評価結果

#### 4-1. 研究の達成状況及び得られた研究成果

本研究課題では次のような成果が得られた。

##### ① Ba<sub>1-x</sub>K<sub>x</sub>Fe<sub>2</sub>As<sub>2</sub> 超伝導体の不足ドーピング領域における擬ギャップの観測

ホールドーピング型鉄系超伝導体 Ba<sub>1-x</sub>K<sub>x</sub>Fe<sub>2</sub>As<sub>2</sub> の高分解能 ARPES を行い、不足ドーピング領域の電子状態を決定した。その結果、超伝導転移温度以上において電子状態密度における擬ギャップを観測することに成功した。

##### ② BaFe<sub>2</sub>As<sub>2</sub> 系超伝導体における超伝導機構の電子-ホール対称性

電子ドーピング型鉄系超伝導体 BaFe<sub>1.85</sub>Co<sub>0.15</sub>As<sub>2</sub> の高分解能 ARPES を行い、超伝導ギャップの対称性を直接決定する事に成功した。その結果、超伝導機構の「電子-ホール対称性」が成り立っている事を明らかにした。

##### ③ BaFe<sub>2</sub>As<sub>2</sub> におけるディラックコーンのバンド分散の直接観測

鉄系超伝導体の母物質 BaFe<sub>2</sub>As<sub>2</sub> の高分解能 ARPES を行い、反強磁性相における EF 近傍の電子バンド分散を精密に決定する事に成功した。その結果、バンド分散における「ディラック電子的振る舞い」を初めて明らかにした。

#### 4-2. 総合的評価

本チームは超高分解能角度分解光電子分光法 (ARPES) を用いた、鉄系高温超伝導体の研究を行った。ARPES は電子状態研究にはなくてはならない実験手法となったが、当チームは世界ではじめて鉄系超伝導体における超伝導ギャップの観測に成功し、その後の研究に大きな影響を与えた。TRIP が始まってからは装置改良によって 1meV を切る分解能を実現することで、フェルミ面の形状と超伝導ギャップのバンド・運動量・キャリアー濃度・温度依存性を、種々の物質に対して詳細に明らかにした。122 系に対して、まず母物質の反強磁性状態においてディラック型のバンド分散を見出した。電子ドーピングとホールドーピングの間で、超伝導ギャップは定性的にほぼ同様なギャップ構造を持つこと（電子・ホール対称性）を見出した。一方で、キャリアー濃度依存性が電子・正孔で異なる原因を、 $\Gamma$ 点と M 点まわりのフェルミ面の変化を系統的に調べた上で、ネスティング条件の観点から議論した。またホールドーピングの小さい領域において超伝導転移温度以上で「擬ギャップ」が存在することを ARPES では初めて観測した。以上、ARPES を武器に、先

駆的な仕事で研究を先導したことは高く評価できる。表面と3次元方向の分散の効果、dvHA実験との対応などの検討を行うとさらに確度の高い研究になると考える。