

## 【基盤研究（S）】

理工系（数物系科学）



### 研究課題名 極低温・超高分解能レーザー光電子分光の開発と低温超伝導体の超伝導機構の解明

東京大学・物性研究所・教授

しん しぎ  
辛 埴

研究分野： 物性I  
キーワード： 光物性

#### 【研究の背景・目的】

高温超伝導体の発見と超伝導機構解明の研究を通して、超伝導のメカニズムは従来型のBCS機構を超えて多彩であることがわかってきた。角度分解光電子分光法（ARPES）は物質の電子構造を直接観測する強力なツールであり、銅系・鉄系高温超伝導体の超伝導ギャップ対称性、擬ギャップ、バンド分散の折れ曲がりなどの微細電子構造を解明してきた。一方、 $T_c$ の低い非従来型超伝導体も多く研究者の興味を引いてきたが、機構解明にとって重要となる超伝導ギャップ対称性をARPESで直接観測することは不可能であった。これは、ARPESの分解能と最低到達温度が低温超伝導体の測定に不十分であるために他ならない。しかしながら、超伝導の多様性を解明し、室温超伝導への可能性も含めて新規超伝導体の設計・発見への指針を得るには、ARPESによる低温非従来型超伝導体の研究（図1）を可能にすることが必須であると考えられる。

最近我々は、光電子分光器、ヘリウム4クライオスタット、そして世界初の高分解能用準CW 7 eVレーザーを独自に開発し、ARPESにおいてエネルギー分解能70  $\mu\text{eV}$ と最低到達温度1.5 Kを達成した。これにより、 $T_c=3.4$  Kの鉄系超伝導体 $\text{KFe}_2\text{As}_2$ の超伝導ギャップのノード構造を明らかにした(Okazaki *et al.* Science 2012)。レーザー励起型ARPESにより、未踏の低温超伝導体の電子状態研究が可能になりつつある。

#### 【研究の方法】

本プロジェクトでは、これまで培ってきた高調波レーザー、極低温クライオスタット、高分解能光電子の技術を大幅に発展させて、超低温高分解能ARPES装置を開発し、これまで測定が不可能であった低 $T_c$ のエキゾチック超伝導体の電子状態、特に超伝導ギャップ異方性を直接観測し、機構解明を行う。ヘリウム3クライオスタットを新たに開発し、また、高調波レーザーの高繰り返し化・CW化を行うことにより、最高分解能50  $\mu\text{eV}$ 、最低温500 mK以下を目指す。更に、非線形結晶KBBFを2つ用いた8 eV高調波レーザー等の新規高調波レーザーの開発を行い、ブリュアンゾーン全体の測定を可能にする。

#### 【期待される成果と意義】

本プロジェクトにより達成される究極のARPES装置により、図1に示すエキゾチック超伝導体の機構について重要な知見が得られるはずである。また、トポロジカル超伝導体におけるマヨラナフェルミオンなど、全く新しい量子状態が実現している可能性も検証可能となる。多様な超伝導対形成機構の理解を進めることで、新規超伝導体の設計・発見にも大きな寄与をもたらすことが期待される。また、本研究による新たな真空紫外域の高調波レーザー開発は大きなチャレンジであり、光科学分野の新しい展開を生むことが期待される。

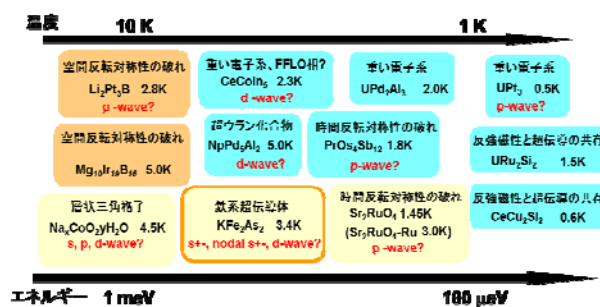


図1 エキゾチック超伝導体

#### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Octet-line node structure of superconducting order parameter in  $\text{KFe}_2\text{As}_2$ , K. Okazaki, S. Shin *et al.*, Science **337** (2012) 1314-1319.
- Orbital independent superconducting gaps in iron pnictides, T. Shimojima, S. Shin *et al.*, Science **332** (2011) 564-567.

#### 【研究期間と研究経費】

平成25年度～29年度  
149,700千円

#### 【ホームページ等】

<http://shin.issp.u-tokyo.ac.jp/>  
[shin@issp.u-tokyo.ac.jp](mailto:shin@issp.u-tokyo.ac.jp)