

【基盤研究(S)】

理工系 (数物系科学)



研究課題名 ウラン系重い電子物質の超伝導解明と 新奇超伝導状態の探索

京都大学・大学院理学研究科・教授 いしだ けんじ
石田 憲二

研究課題番号: 15H05745 研究者番号: 90243196

研究分野: 物性物理

キーワード: 強磁性超伝導体、強相関電子系、重い電子系、ウラン化合物

【研究の背景・目的】

銅酸化物超伝導体の発見以降、様々な物質群で「非従来型の超伝導」が発見されている。これらの超伝導体の特徴として、反強磁性秩序近傍で見られること、従来のS波対称性とは異なる超伝導対関数を持つことが挙げられる。しかし、非従来型超伝導体の発現機構については、従来の電子-格子相互作用とは異なることについてはコンセンサスは得られているが、スピン、電荷、軌道のゆらぎなどの候補が挙げられているものの未だ同定に到っていない。

このような状況の中、ウラン化合物で発見された「強磁性超伝導体」は新たな潮流を形成しつつある。2000年に強磁性体 UGe_2 において加圧下で超伝導が発見されて以降、ウラン化合物で類似の性質を示す超伝導体の探索が続けられた。その結果 $URhGe$ と $UCoGe$ において強磁性状態のもと常圧で超伝導転移することが発見された。これら強磁性超伝導体の特徴として、超伝導上部臨界磁場の異方性が非常に大きいこと、超伝導が磁場に対して強められたり、一度磁場で消えた超伝導が磁場を上げると再度現れるというという振舞い(リエントラント超伝導)が報告された(図1)。これは従来の超伝導のみならず反強磁性と共存する超伝導体でも見られなかった特異な振舞いである。

我々の研究の目的は、これらウラン化合物の強磁性超伝導体の超伝導特性を実験・理論の両面から明らかにし、超伝導発現機構を解明することである。特に強磁性超伝導体で実現しているであろう「スピン三重項超伝導状態」の理解につとめる。

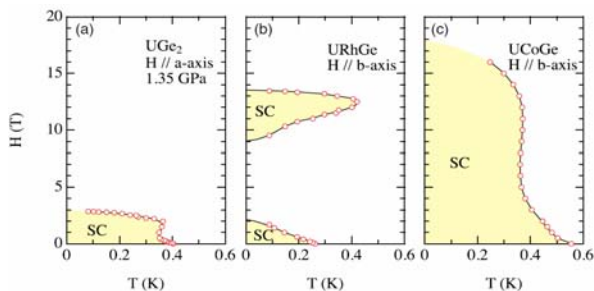


図1 ウラン化合物強磁性超伝導体の上部臨界磁場
D. Aoki and J. Flouquet, *J. Phys. Soc. Jpn.* **83**, 061011(2014)より参照

【研究の方法】

我々は、これらウラン化合物の強磁性超伝導体で

は、化合物の持つ強磁性ゆらぎと超伝導が密接に関係していると考えている。3種類の強磁性超伝導体において調べ、共通の振舞いについて探る。核磁気共鳴(NMR)実験は、低エネルギーの強磁性ゆらぎの磁場依存性を、希釈冷凍機温度域まで精度よく捉えることのできる数少ない実験手法であり、本研究課題では特にNMR実験に重きを置く。良質な単結晶を用いた実験を行い、理論と比較することから超伝導発現機構を理解する。さらにウラン化合物の中には、超伝導状態で多重相の振舞いを示すものも知られている。これらの超伝導状態もNMR実験を基に調べる。

【期待される成果と意義】

今までのところ、電子-格子相互作用以外で同定された超伝導発現機構はない。本研究期間内でウラン化合物強磁性超伝導体を実験・理論の両面から詳細に研究し、非フォノンによる超伝導の発現機構を確実なものとする。これは他の非従来型超伝導の理解にも大きな影響を与えると期待できる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- “Coexistence of superconductivity and ferromagnetism in $URhGe$ ”, D. Aoki, A. Huxley, E. Ressouche, D. Braithwaite, J. Flouquet, J.-P. Brison, E. Lhotel and C. Paulsen, *Nature* **413**, 613-616, (2001).
- “Superconductivity Induced by Longitudinal Ferromagnetic Fluctuations in $UCoGe$ ”, T. Hattori, Y. Ihara, Y. Nakai, K. Ishida, Y. Tada, S. Fujimoto, N. Kawakami, E. Osaki, K. Deguchi, N. K. Sato, and I. Satoh, *Phys. Rev. Lett.*, **108**, 066403-1-5, (2012).
- “Reentrant Superconductivity Driven by Quantum Tricritical Fluctuations in $URhGe$: Evidence from ^{59}Co NMR in $URh_{0.9}Co_{0.1}Ge$ ”, Y. Tokunaga, D. Aoki, H. Mayaffre, S. Krämer, M.-H. Julien, C. Berthier, M. Horvatić, H. Sakai, S. Kambe, and S. Araki, *Phys. Rev. Lett.* **114**, 216401 1-5, (2015).

【研究期間と研究経費】

平成27年度-31年度 153,800千円

【ホームページ等】

<http://www.ss.scphys.kyoto-u.ac.jp/index.html>
kishida@scphys.kyoto-u.ac.jp