

Title	Odd-State Superconductivity in Strongly Correlated Electron Systems : Organic and Heavy-Electron Compounds
Author(s)	伏屋, 雄紀
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/45055">https://hdl.handle.net/11094/45055</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	伏 屋 雄 紀
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 8 8 3 1 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 16 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学 位 論 文 名	Odd-State Superconductivity in Strongly Correlated Electron Systems : Organic and Heavy-Electron Compounds (強相関電子系における奇態な超伝導 : 有機化合物と重い電子系化合物)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 三 宅 和 正  (副査) 教 授 北 岡 良 雄 教 授 鈴 木 直

#### 論 文 内 容 の 要 旨

反強磁性相近傍で超伝導が観測されることは強相関電子系の様々な物質で共通して見られている。そのような超伝導相では、反強磁性スピンゆらぎによって d 波スピン一重項超伝導 (dSS) が実現する、という見解がこれまで数々の研究によって支持されてきた。ところが最近、この標準的な見解とは相反するような実験結果がいくつか報告された。ひとつは準 1 次元系物質においてで、もうひとつは反強磁性相と共存する超伝導相においてである。

準 1 次元系有機導体の  $(\text{TMTSF})_2\text{PF}_6$  はスピン密度波相の高圧側で超伝導転移を示す。このような場合、これまでの研究から反強磁性スピンゆらぎによる dSS が発現すると期待できるのだが、いくつかの実験でスピン三重項対を示唆する結果が報告されている。

また、重い電子系 Ce 化合物に見られる反強磁性と共存する超伝導相では、やはり反強磁性スピンゆらぎによる dSS が期待されるにもかかわらず、実験はギャップレス超伝導を示している。このようなふるまいには、従来の常識的な見解とは本質的に異なった物理が隠されている可能性が期待される。そこで本論文の目的は、これらの標準的な見解に従わない謎を解明することにある。

準 1 次元系においては、準 1 次元の特徴をうまく取り込めるように拡張した「摂動論的くりこみ群」の方法を用いて超伝導の対称性を議論した結果、p 波スピン三重項対が形成されることが示され、実験を矛盾せずに説明できることがわかった。

また反強磁性との共存相においては、超伝導ギャップ関数の振動数依存性が奇関数となるような、奇振動数超伝導の可能性をも考慮に入れた結果、共存相や量子臨界点の近傍では、奇振動数超伝導である、p 波スピン一重項対が形成されることが示され、その超伝導は必然的にギャップレス超伝導となることが示された。この結果は実験結果をうまく説明することができる。

また特に、ギャップ関数の形に着目すれば、1 次元系では波数空間においてギャップレスとなるような、奇エネルギー超伝導が必然的に現れることが示され、これら二つの特殊な場合が、フェルミ面上でギャップがなくなるような超伝導、奇態な超伝導という観点から理解できる可能性を議論した。

## 論文審査の結果の要旨

反強磁性相近傍で超伝導が観測されることは強相関電子系の様々な物質で共通して見られている。そのような超伝導相では、反強磁性スピンゆらぎによって d 波スピン一重項超伝導 (dSS) が実現する、という見解がこれまで数々の研究によって支持されてきた。ところが最近、この標準的な見解とは相反するような実験結果が、準 1 次元系のいくつかの物質および反強磁性相と共存する超伝導相において報告された。例えば、準 1 次元系有機導体の  $(\text{TMTSF})_2\text{PF}_6$  はスピン密度波 (SDW) 相の高圧側で超伝導転移を示す。このような場合、80 年代後半以来、反強磁性スピンゆらぎによる dSS が発現すると考えられてきたが、いくつかの実験でスピン三重項対を示唆する結果が報告されている。また、重い電子系 Ce 化合物に見られる、反強磁性と共存する超伝導相では、やはり反強磁性スピンゆらぎによる (超伝導ギャップがラインノードをもつ) dSS が期待されるにもかかわらず、実験はギャップレス超伝導を示している。このような振る舞いには、従来の定説とは本質的に異なった超伝導機構が隠されている可能性がある。本論文では、これらの謎が解明された。

準 1 次元系においては、準 1 次元での相互作用の特徴を取り込むことができるように拡張した「摂動論的くりこみ群」の方法を用いて超伝導の対称性を議論した結果、p 波スピン三重項対が形成され得ることが示され、 $(\text{TMTSF})_2\text{PF}_6$  で観測されている実験の異常な振る舞いが矛盾なく理解できることが分かった。

重い電子系物質  $\text{CeCu}_2\text{Si}_2$  や  $\text{CeRhIn}_5$  の反強磁性と超伝導の共存相および反強磁性量子臨界点の近傍では、スピンゆらぎに媒介される相互作用が反強磁性波数ベクトル近傍の波数変化に対して発散的に増大する。それに起因して、超伝導ギャップ関数の振動数依存性が奇関数である、p 波スピン一重項対が安定化し、その超伝導状態は必然的にギャップレス超伝導となることが示された。この結果は実験で観測された「普通でない」超伝導の性質を矛盾なく説明する。

これら二つのフェルミ面上でギャップがなくなるような奇態な超伝導が現実的な相互作用によって実現することが可能であることを理論的にしめしたことの学術的意義は高く、博士 (理学) の学位論文として価値のあるものと認める。