

氏名(本籍)	よし おか とも き 樹 (愛媛県)		
学位の種類	博士(理学)		
学位記番号	博甲第2304号		
学位授与年月日	平成12年3月24日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	物理学研究科		
学位論文題目	Numerical Renormalization Group Study on Localized Excited States Induced around an Impurity in Superconductivity (超伝導体中における不純物周囲の局在励起準位の数値繰り込み群による研究)		
主査	筑波大学教授	理学博士	高田 慧
副査	筑波大学教授	理学博士	有光 敏彦
副査	筑波大学教授	理学博士	押山 淳
副査	筑波大学助教授	理学博士	平島 大
副査	筑波大学講師	理学博士	大橋 洋士

論文の内容の要旨

本論文は、s波超伝導体中における1不純物問題に数値繰り込み群法(NRG)を適用、種々の不純物近傍における電子状態を、基底状態、及び、局在励起状態について統一的に研究したものである。この研究により、これまで独立に研究されてきた様々な不純物効果相互のつながりが解明され、また、反強磁性不純物の場合に見られる近藤効果と超伝導の競合が、不純物が反磁性の極限から離れるにつれ、如何に消失していくかが明らかにされた。

本論文では、不純物を記述するモデルとして、超伝導状態における異方的sdモデル、及びアンダーソン模型を研究対象としている。先ず、前者を用い、反強磁性、強磁性的不純物、及び古典スピン型不純物が、その中間的な場合を含め、統一的に研究された。sd相互作用の異方性に対し、基底状態、局在励起状態の性質に関する相図を決定、更に、等方的な反強磁性sd相互作用の場合に知られていた性質、「局在励起状態のエネルギーが T_K/Δ (T_K :近藤温度、 Δ :超伝導秩序パラメータ)でスケールされる」が、異方性がある場合にも広範囲にわたり成立することを明らかにした。すなわち、この領域では異方性はあっても、基底状態、局在励起状態に関する限り、等方的な場合同様、超伝導と近藤効果の競合が現象を支配している。他方、不純物の性質が古典スピン、或いは等方的な強磁性sd相互作用に極めて近い場合、このスケール則が破れる領域が存在、そこでは、等方的sdモデル、古典スピン何れの場合とも異なり、エネルギーの異なる2つの局在励起状態が現れることが見出された。常伝導ではこの領域は等方的反強磁性sdモデルに繰り込まれることから、この結果は、等方的反強磁性sdモデルへの繰り込みが、超伝導により阻止されていることを意味している。

超伝導伝導状態におけるアンダーソン模型では、対象アンダーソン模型を用い、反強磁性的不純物、共鳴散乱体を、また、非対称アンダーソン模型により反強磁性不純物、価数揺動状態の不純物、及びポテンシャル散乱で記述される非磁性不純物を、これら不純物間相互の移り変わりを含め統一的に研究された。超伝導状態におけるアンダーソン模型は、これまで主に、近藤効果が無視された平均場近似の範囲内で研究されてきたが、NRGを用いた本論文で初めて、全域にわたり近藤効果が完全に考慮された研究が行われた。この際、非対称アンダーソン模型にNRGを適用する際生じる、粒子数非保存の問題も、本論文では克服されている。

対称, 非対称アンダーソン模型いずれの場合も, 平均場近似の効果とは大きく異なり, 上記不純物に対する束縛状態のエネルギー, 及びその性質は, モデルのパラメータ変化に対し連続的に移り変わっていくことが示された。また, 対称アンダーソン模型の場合, 磁性極限からかなり離れ, 不純物と伝導電子との混成と不純物サイトでのクーロン斥力が同程度の強度になるまで, (T_K/Δ) のスケール則が成立することが示され, 広範囲にわたり超伝導と近藤効果の競合が起きていることが解明された。但し, 不純物準位が励起ギャップ内に存在する場合はこの限りではなく, この時, スケール則は成立しない。このスケール則は, 非対称アンダーソン模型の場合にも調べられ, 磁性極限から価数揺動状態に至るまで成立することが示された。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文の研究により, 従来独立に研究されてきた, 超伝導体中における様々な種類の不純物近傍の基底状態, 局在励起状態の性質が相互の繋がりも含め, 統一的に理解できるようになった。また, 数値繰り込み群を駆使することで, 局在励起状態のエネルギーに見られる近藤効果と超伝導の競合, という現象が, 不純物が反強磁性極限からずれた場合, どの程度まで起こるのか, あるいはどのように消失していくのか, という問題に対する回答が本論文により与えられた。更に, 超伝導状態におけるアンダーソン模型に対するNRGの適用は, 本論文で初めて行われ, この模型に内在する粒子数非保存の問題も克服された。

本論文はs波超伝導体中の1不純物問題に対する研究としては, 基底状態, 局在励起状態に関する限り, ほぼ決定版と言える内容であり, 博士論文としての価値は十分であると判断する。

よって, 著者は博士(理学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。