

氏 名	黒 田 義 浩 くろ だ よし ひろ
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	論 理 博 第 412 号
学位授与の日付	昭 和 48 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	On the Renormalized Random Phase Approximation for Dilute Magnetic Alloys. (II) (稀薄磁性合金に於ける揺動線り込みの理論, (II))

(主 査)
論文調査委員 教 授 松 原 武 生 教 授 富 田 和 久 教 授 長 谷 田 泰 一 郎

論 文 内 容 の 要 旨

遷移金属原子 (又は希土類金属原子) を不純物として含む稀薄磁性合金において、母体のひろがった s-電子と、不純物原子の局在した d (又は f)-電子の間の相互作用のために、いろいろ特徴的な性質が現われることはよく知られている。中でも電気抵抗の異常性に関連した近藤効果はもっとも著しいものの一つである。これらの性質を理解するのに局在磁気モーメントの存在を出発点とした s-d 模型が導入され、多くの成功をおさめてきた。しかし実際に個々の物質で、局在磁気モーメントが存在するかどうか、またどの程度局在化しているかについて、未だ議論の余地を残しており、それらの議論も含めてより一般的に稀薄磁性合金系の性質を理解するために提唱されたのが Anderson 模型である。

Anderson 模型では、最初から局在モーメントの存在は仮定せず、ひろがった s-電子と、局在した d-電子およびそれらの間の混成効果を与える項に、d-準位に反対向きのスピンの電子が 2 個はいったとき生ずるクーロン斥力をつけ加えて、全系の基底状態がどんな条件の下に局在モーメントをもつようになるかを調べるのである。Anderson 自身この模型を用いて分子場近似の解から、この系のいくつかの主要な性質を定性的によく説明した。しかし分子場近似ではゆらぎの効果が落ちてしまうため近藤効果のような動的性質は議論することはできない。そこで分子場近似の拡張として考えられたのが、主論文の主題になっている揺動くりこみ理論 (Renormalized Random Phase Approximation) である。これはもっとも簡単なスピンの効果を、つじつま合うように電子の自己エネルギーの中に取りこんだものである。すなわち電子の状態は自己エネルギーを含む一電子グリーン関数で記述されるが、その自己エネルギーはスピン帯磁率を用いて表わされ、スピン帯磁率はまたグリーン関数を用いて表わされる。こうしてすべてを首尾一貫してきめる方程式の組がつくられる。これらの方程式を一般的に解析的に解くことは難しいが、Suhl 達は数値的に解いて近藤効果に類似した結果を導いた。この結果この理論に多大の興味が寄せられるようになったが、しかし数値解だけでは、この近似の意味を理解することは難しい。そこで申請者はその主論文において解析的手法によって、magnetic limit と呼ばれる極限の場合についてではあるが、揺動くり

こみ理論を厳密に解くことを試み、それに成功していくつかの重要な結果を得ている。例えばこの近似では上向きスピンの平均数と下向きスピンの平均数が等しい状態が常に安定であること、帯磁率は低温である一定値に近づき、高温では絶対温度の -0.457 乗に比例することなどである。また、帯磁率の異常を特徴づける温度 T_s も計算されたが、これは正確な値と信じられるものに比して著しく大きい値を与えることがわかった。このことから申請者は揺動くりこみ理論では磁気モーメントの局在化を完全に記述することはできないと結論している。

参考論文は 5 編あり、主論文の前駆となった揺動くりこみ理論に関する論文 1 編の他に、弱結合超伝導体の熱力学、非磁性合金における電子格子相互作用と超伝導との関係、磁性不純物を含んだ超伝導体の秩序度の場所的变化、ボーズ粒子の対理論による液体ヘリウムに対する新しい理論の試みなど、いずれも極低温物性に関するものである。

論文審査の結果の要旨

主論文は、稀薄磁性合金の近藤効果と呼ばれる現象を説明するために用いられるいわゆる Anderson 模型について、その解法をめぐって従来取られている見地に一つの新しい知見をつけ加えたものである。

近藤効果あるいは s-d 問題と呼ばれるものは、唯 1 個の磁性不純物原子と、それがはいった母体の伝導電子の相互作用によって引おこされる著しい現象で、その理論的研究が進むにつれ、新しい型の多体問題であることが明らかになり、困難さのために現在なお終局的な解決が得られていない状態である。

s-d 問題に対する単純でしかも充分一般的な模型が Anderson 模型であるが、この模型でも容易に解を見出すことはできない。今まで多くの人が様々な近似解法を試みてきたが、その結論にはしばしば重要な点でくいちがいがあり、正しい解答に達するためには採用された各近似の意味を明確にしておくことが本質的に重要になっている。最近注目されている近似の一つは揺動くりこみ理論と呼ばれるもので、これは次のような計算実行可能な方程式の一群を出発点にするものである。まず d-電子のグリーン関数は一般的な自己エネルギーを用いて表わされる。自己エネルギーはスピンのゆらぎの効果を与える帯磁率と d-電子グリーン関数を用いて表わされる。さらに帯磁率は d-電子グリーン関数を用いて表わされるので、結局 d-電子グリーン関数、自己エネルギー、帯磁率の三つの量をつじつまが合うようにきめる非線形の方程式の組がつけられる。電子計算機を使って Suhl 達はこの方程式群の数値解を、理論に含まれるパラメーターのいくつかの値について求め、電気抵抗や帯磁率を温度の関数として計算することに成功した。その結果は近藤効果に相当するものを示して一見もっともな解答を与えており、これは揺動くりこみ理論の正しさを示すものと一般に受取られるに至った。

しかし申請者はこの数値解にあきたらず、この理論のもつ意味をより正確に理解するために、これを厳密かつ解析的手法で取扱うことを試み、実際 Suhl 達が扱わなかった magnetic limit と呼ばれるパラメーターの値に対して $O(1)$ の数因子を除いて厳密な解を得ることに成功した。その解法は巧妙で信頼することができるが、それにも増して得られた結論は注目に値するものである。すなわち揺動くりこみ理論は Anderson 模型に対する 1 つの近似であるが、この近似の範囲で、ある特別の極限で厳密解を求めると、それは s-d 問題の正しい解を与えないということである。この結論は Suhl 達の数値解に対する従来の

評価に一つの問題を投げかけると同時に、揺動くりこみ理論そのものを正しいとする考えに警告を発するものといえる。要するに、主論文は一つの厳密解を通して、いままであいまいな意味のままに用いられていた揺動くりこみ理論に対する評価、特に近藤効果との関連における評価に一つの結論を与えたもので、現在なお未解決の s - d 問題の今後の発展に寄与する所が少なくない。参考論文はいずれも極低温物性に関する理論的労作であって、申請者のこの分野における豊富な知識とすぐれた研究能力を示している。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。