

氏 名	佐々田友平 さ さ だ とも へい
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理 博 第 221 号
学位授与の日付	昭 和 46 年 7 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 物 理 学 第 一 専 攻
学位論文題目	稀薄合金の局在モメントのスピン共鳴に関する研究
論文調査委員	(主 査) 教 授 富 田 和 久 教 授 松 原 武 生 教 授 長 谷 田 泰 一 郎

論 文 内 容 の 要 旨

稀薄合金中の局在磁気モメントの問題は1960年 Anderson の提出したその存在条件に関する理論および1964年 Kondo の提出した s-d 相互作用に基づく電気抵抗極小の解明によって過去10年間における金属磁性の中心課題とされ、現在なお未解決の問題を残している。その有力な実験的研究手段はスピン共鳴であるが、高度に発達した理論的取り扱いにも拘らずいまだ局在モメントのスピン共鳴を解明する完全な理論は提出されていない。その興味深い問題の一つとして、局在モメントのスピン共鳴に対し伝導電子スピンの演ずる二つの相反する役割、すなわち(1) s-d 相互作用が純粋にダイナミカルなものとして作用し伝導電子スピンはスピン系の一部として共鳴に関与する役割と(2)伝導電子スピンは局在モメントに対し熱浴の一部とみなされ、s-d 相互作用が局在モメントに外部磁場として作用する役割、とを同時に適切に記述することが必要となっている。実際の系では両役割が同時に働いており、特に役割(2)の大小によって局在モメントの共鳴条件が左右されているからである。事を決定する因子は伝導電子のスピン格子緩和時間の長さであって、これが s-d 緩和時間よりも十分長いとき(1)が(2)を凌いで強い相互作用にも拘らず共鳴シフトは極めて小さい。

これは伝導電子スピンと熱浴との間のチャンネルが閉ざされていることによるもので、「bottleneck 効果」と呼ばれている。これが実験的に確認されたのは、1967年 Heeger, Gossard その他の人々によってであり、それ以前の見解を覆すものであった。

以上の実験事実を予想乃至説明する理論としては、従来現象論に基づく Bloch 方程式以外に適切なものがない。そこで、本論文において申請者は、問題を微視的立場から理論的に取り扱い、その極限の場合として、現象論との対応関係を導くことを試みた。前述のように、完全な理論は局在モメントまたは s-d 系の基底状態に関する精密理論にまたねばならないのであるが、現状でそれが未完成であることから、申請者は、Hartree-Fock 法を近似手段として採用し、ダイナミカル励起を取り扱うのに回転不変性を保証する補正を正しく取り入れて周波数に依存する帯磁率の理論式を導いている。その際、重要な伝導電子の

スピン格子緩和については、超伝導体の Knight shift に関する Abrikosov-Gorkov の理論に用いられた方法にならって取り扱い、現象論的な取り入れ方のために生ずる疑義を除くことに成功した。すなわち、従来 Bloch 方程式の緩和項のえらび方に二様の解釈があって、それによって帯磁率の表式は一定しなかった。すなわち：

(a) 磁化が緩和的に変化して落ち着く「行く先」は、その系のもつ静帯磁率と外部磁場および s-d 相互作用に対応する局所磁場の合成磁場とから定まる瞬間的磁化平均値であるとする考え方

(b) 上記の中で s-d 相互作用にもとづく局所磁場をおとす考え方
があった。

(a)の立場は多くの人々によって常識的に用いられているものであるが、それから求められる帯磁率は申請者の導いた微視理論に基づく公式と一致しない。これに対して(b)の立場から求められる帯磁率はパラメタを適切にえらぶことにより微視的理論と一致することが示された。従って申請者の導いた理論式にもとづいて、現象論に固有な疑問点が解消することになったのである。

申請者は以上の結果を要約し、その正当性を検討・主張するに際して、s-d 相互作用によって生ずる伝導電子のスピン偏極の「帰属」を静的な場合について提出されている Anderson の「補償定理」の思想に従って考察し、以下の様に説明する。すなわち、「伝導電子のスピン偏極のうち s-d 相互作用による部分は局在モメントの大きさを変更するものとして働き、残余の様な偏極はあたかも相互作用が存在しない場合のパウリ常磁性だけとなる」。これは静的な場合には Anderson の補償定理そのものであるが、本論文において導かれた結果は、同様の性質がダイナミカルな現象に対しても導かれることを示している。

参考論文 1, 「プロット電子の異常群速度」とは、1959年 Adams が、バンド理論において導入した概念であるが、実験的に証明された例はなかった。この仕事は、半導体の遠赤外吸収に現われるスピン反転の共鳴線が実はこの要素と電磁波との結合にもとづくものであることを始めて指摘したものである。

参考論文 2, トンネル現象に対する強磁場横効果を、二帯モデルで理論的に扱ったものである。

参考論文 3, 金属、絶縁体の中間に存在すると予想される未知の相（エキストニック・フェーズ）に関する最近の理論の解説である。

論文審査の結果の要旨

稀薄合金中の磁気モーメントの問題は10年来理論的・実験的に追求されてきた課題であるが、初期の時代から、討議が別れ、長い間の宿題となっていた問題がいくつか含まれている。

本論文において申請者がとり上げた電子スピン共鳴もその様な問題を含む著名な現象である。すなわち、空間的に局在しない伝導電子（s 電子）が、いかなる役割を演ずるかについて、大きく分けて二つの考えが対立的に提出されていた。それは、

(1) 常磁性共鳴に際して s 電子は局在電子（d-電子と）と不離なる一体として行動し、s-d 相互作用は内力として共鳴の表面にあらわれない

とする考えと、

(2) 局在電子に対して伝導電子は外系、または熱浴とみなすべきものであって、s-d 相互作用は d-電

子の常磁性共鳴に対して、外場の一部としての効果をあらわす。

と考える見方とがあった。

実験的に両者の相異を明確に示すことが必ずしも容易でないことから、この論争は長きにわたることになったが、申請者の本論文は、この問題に理論の面から明快な結論を与えたものである。本論文の示した結果によれば、上記の見方のいずれもが絶対的に正しいのではなく、 s -電子の格子緩和の強さと、 s - d 結合の強さとの相対的大きさによって、前者がエネルギーの流れの *bottle neck* となる場合は略々(1)の見方で整理することが出来、前者が後者にくらべて、充分大きな緩和機構となる場合には、(2)の見方で整理されることが示されたのである。最近の実験結果では、(1)の場合が成り立つ例が確認されている。

さらに、現象論の式にあらわれる緩和項のねらう行き先きについては、 s - d 相互作用によって生ずる内部磁場を外部磁場に含める考え方は正しくないことが一般的に示された。これも年来の懸案に明確な答えを与えたものである。

以上を要するに、申請者の本論文は伝導電子 (s 電子) と局在電子 (d -電子) を互いに相互作用をもつ一つの系として扱う Anderson の模型に基づき、 s -電子の格子緩和を注意深く取り入れて、問題を微視的な立場から、詳細に検討した結果、現象論的立場の範囲で争点をのこしたいくつかの宿題に対して、明確な解答を与えたものである。

参考論文は、いずれも固体内における電子的素過程についての申請者の素養と学識を示すものである。

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。

なお、主論文の調査に際しては、その一部を、長谷川洋助教授に依頼したことを附記する。