

# 応用物理学科 — 応用力学講座 —



## 研究室紹介

本講座は応用物理学教室に籍をおくが、力学関係の教育を行うための共通講座で名称は応用力学講座である。とはいっても大学院学生の教育研究に関しては応用物理学教室の一員としてそれに携わっている上、応用物理学の学部学生の卒業研究の研究指導も行っている。現在、当研究室が行っている講義は一般力学、量子力学、物理数学（以上学部）と大学院の統計力学Ⅰ、Ⅱである。

次に当研究室の研究内容であるが、これは一言でいって物性物理学の理論的研究である。以下ではその研究内容について少し細かく述べて当研究室の研究室紹介としたい。

まず筆者が昭和43年に助教授として当研究室に着任して以来手掛けてきたテーマについて述べさせていただく。それらは金属の軟X線吸収端異常の問題、磁性体（主にイオン結晶）による光吸収、散乱の問題、金属・半導体（多体的に生じたバンドギャップの小さい絶縁体）界面付近の電子状態の計算、超伝導物質 $V_3Si$ （A-15タイプ）の電子状態の研究、イオン結晶磁性体 $MnF_2$ の核スピン緩和時間の計算、 $NiS_{2-x}Se_x$ 等弱磁性を示す金属磁性体の起源についての研究、さらには粒子の散乱、吸着を含めた表面物理の研究、金属中の電子の局所的な多体問題を記述するアンダーソンモデルの厳密解およびそれにまつわる物理現象の研究などである。特に表面およびアンダーソンモデルの研究については現在も続行中なので少し詳しく述べさせていただく。

表面現象をミクロな立場から解明していく必要性は触媒などを例にあげるまでもなく、現在多くの人々により認識されているところである。

興地斐男\*

そのことは文部省科研重点領域研究「表面新物質相」（代表者吉森昭夫基礎工教授）が本年度から発足していることから理解できる。その研究班のメンバーの一員としての我々が手掛けてきた表面関係の仕事は次の通りである。表面吸着子の電子状態の研究、分子が表面に吸着したときの解離現象の説明、表面吸着子の作る構造の説明、原子の表面散乱の電荷移動の研究、そのときのエネルギーの流れの推定、分子の表面散乱による分子振動の変化の説明等である。特に表面による粒子（原子、分子）の散乱過程は非断熱過程であるためこれらの理論的取扱いは慎重さが要求される。当研究室の表面研究のグループは筆者と助手の笠井秀明氏を中心メンバーとし、大学院生の協力を得て研究を進めている次第である。

アンダーソンモデルの厳密解は、いろいろの経緯があつてここでそのことについて述べる余裕はないが、要するに最終的に筆者と助手の川上則雄氏（当時大学院前期課程の学生）とによって得られた。このモデルは厳密に解けるモデルとしては珍らしく物理学の分野での応用範囲が広い。興味のある方は専門外の方々にも理解していただければ幸いである。<sup>1)</sup>元々、このモデルは金属中の不純物内電子のクーロン相互作用を考慮した場合の不純物近傍の電子状態を記述するために提出されたモデルである。金属中の不純物問題は不純物内電子間クーロン相互作用を無視して（不純物位置以外の他の場所での電子間相互作用はこの場合当然考えていない。遷移金属、希土類金属以外は殆んどの場合このような取り扱いが許される）一体の電子レベルを求め、パウリ則に従って電子をつめていく考えでよい場合は簡単である。しかし、その場合ですら同種の金属に異なった不純物を含ませてそれ

\*興地斐男 (Ayao OKIJI), 大阪大学工学部, 応用物理学教室, 教授, 理学博士, 物性物理学理論

ぞれの状態の波動関数を計算してやると両者の波動関数は数学的に直交してしまう。無論、不純物を含まない金属とその金属に不純物を含ませて波動関数を求めてやってもそれらの波動関数は直交してしまうのである。それは空間的に局在した摂動とフェルミ面のシャープさとが結びついて起こっているのである。普通、このことは物理現象に直接顔を出すことはないと思われていた。しかしながら、上記の軟X線吸収端の異常などはこれが原因で起こっている。すなわちX線によって原子核近くの閉殻電子が励起され殻外に放出されると、その電子が属していた原子は突然金属中の不純物イオンになる。その影響が上記の波動関数の直交性のために観測量に顔を出す。さらには、金属に含まれる不純物内電子のクーロン相互作用を考慮すると（普通の金属中に遷移金属元素または希土類金属元素が不純物として含まれる場合にはこのことは常に考慮する必要がある）不純物内電子状態に電子スピンに関連した自由度が生じ、そのことは伝導電子から見ると異なる状態の不純物が同じ場所に時間的に変化しながら存在することになり再び上記の波動関数の直交性の問題が時間変化を伴って発生することになる。これが近藤効果である。金属中に不純物が含まれたときに生じる低温での電気抵抗極小の説明を与えた近藤氏により提出された近藤効果と呼ばれるこの物理的に見て異常だと思われた現象は波動関数の直交性が再び物理量に顔を出した例になっているのである。実は筆者が東大物性研の助手時代、芳田奎教授のもとで研究生活を送っている時にこの難問題に初めて出会した。ところが解くのが困難であると思われていた近藤問題はアンダーソンモデルの厳密解が得られたことにより完全に解けたことになる。その他、複合粒子（例えば原子）による表面散乱の問題、金属中を動く粒子の起こす物理現象の説明などにこの波動関数の直交性が顔を出すことが知られている。以上のように金属の特徴であるフェルミ面の存在、しかもそれがシャープであることと、空間的に局所的な摂動が加えられることにより生じる波動関数の直交性は種々の物理現象に重大な変化をもたらす。これらの事柄は最近の物性物理

学分野の大きな話題の一つになっており、今年8月末には電総研主催による「フェルミ面効果」と題する国際シンポジウムが筑波で開かれた。

以上述べた事柄の他に、やはり上記の事と関連した現象として希土類元素を含む化合物の示す重いフェルミオン現象ならびに価数揺動現象と呼ばれるものがある。この場合希土類元素の含有量の少ない化合物にはアンダーソンモデルの厳密解が使い、スピン軌道相互作用、さらには結晶場の効果まで取り入れた解を用いて、帯磁率、磁気抵抗、熱起電力などの物理量の計算、N.M.R.中性子線散乱の実験の説明などが当研究室で行われている。これらの研究は筆者と助手の川上則雄氏を中心メンバーとし、大学院生の協力を得て研究を進めている。その他、金属がアモルファス化したときに伝導電子が空間的に局在化していく問題があり、それと磁性不純物とのからみについても研究を進めている。

\* \* \*

以上が当研究室の研究の概要であるが、最近話題になっている高温超伝導物質の理論的な解明も進めて行きたいと思っている。組成の僅かな違いで絶縁体から超伝導体に変化するこれら一連の物質の超伝導への転移のミクロな理論的説明は、従来の普通金属から超伝導への転移の説明に用いられたB.C.S.理論が適用できない可能性がある。これら一連の物質は絶縁体との深い関り合いがあることからB.C.S.理論では超伝導転移を起こすことに関して邪魔になっていた電子間クーロン相互作用が引き金になって超伝導が起こっているのではないかという興味ある提案も出されている。しかしながら現在のところこれらの物質の超伝導現象に関する理解は納得のゆく形では成されておらず、我々もこの大問題に何らかの寄与ができないかと考えている次第である。

\* \* \*

最後になったが、当研究室では上記助手の笠井秀明氏、川上則雄氏以外に現在、大学院生後

期課程 2 人，前期課程 4 人，学部 4 年生 2 人が研究に参加し，研究室の事務，大量にある研究室の書籍，雑誌の整理などは福島和子氏が精力的に携ってくれていることを申し添えて研究室の紹介を終えたい。

### 参考文献

- 1) アンダーソンモデルの厳密解と局所的多体効果  
学術月報 40 265 (1987)

