

氏 名	山 田 知 司 やま だ とも じ
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	理 博 第 172 号
学 位 授 与 の 日 付	昭 和 45 年 1 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	Fermi-Liquid Theory of Linear Antiferromagnetic Chains (一次元反強性的鎖のフェルミ流体理論)

論文調査委員 (主 査)
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

一次元物質は理論家がしばしば用いる数学的模型であるが、反強磁性体でいえば、実在する物質の中に近似的に一次元物質と見なせるものがいくつか知られ、その物性が詳しく調べられるようになって、単に数学的模型としての意味を持つだけとは言えなくなってきた。しかし、元来一次元模型の重要さは、しばしばそれが理論的に厳密に解ける場合があり、非常に解決困難な一般の場合に対して有益な暗示を与えることであった。

申請者が主論文で扱っている問題は反強磁性的相互作用でつながった一次元のスピンの鎖の問題で、正しく上述の場合にあたり、一方ではいくつかの実在物質の近似的模型になり、他方厳密に解ける場合があるために、より困難な問題を近似的に解くときのよい指針を与えることが期待される。

申請者は主論文において、まず一次元反強磁性体の問題で厳密に解ける場合を紹介し、特に des Cloizeaux-Pearson のスピン波について詳しい検討を加えている。そして des Cloizeaux-Pearson の解を更に拡張できることを注意し、彼等のスピン波が2個まで励起された状態を詳細に吟味して、そのような励起状態のエネルギー・スペクトルを決定している。ついで一次元ハイゼンベルグ・スピンの系は、純粹に数学的な変換だけで、ある相互作用をもった一次元フェルミ粒子系と同等な系として扱えることに注目し、先に求めた一次元反強磁性体の励起状態のスペクトルを改めてフェルミ粒子系の励起状態のスペクトルとして翻訳することを試みている。ここで申請者はフェルミ粒子系の問題を厳密に扱うことを避け、現在フェルミ粒子系を扱うのに最も有用な現象論と考えられている Landau のフェルミ流体の理論を援用している。Landau の理論によれば強い相互作用をもったフェルミ粒子系は、適当に定義した準粒子の集団と準粒子間の弱い相互作用を考慮することで記述することができる。この立場で申請者は励起状態の厳密なスペクトルを与えるような準粒子のエネルギー・スペクトル、および準粒子間の相互作用をきめるパラメータを決定しようとしている。こうしてまずフェルミ流体の比熱から、極低温における一次元反強磁性体の比熱の温度変化の大きさを理論的に導き、数値計算法による厳密な解と比較して良好な一致を得た。

さらに、反強磁性体の帯磁率についても理論的予想を試みているが、この点では準粒子間相互作用のすべてのパラメータを決定するところまで至らず、理論と実験あるいは厳密な数値解と比較することはできていない。

参考論文 1 および 2 は、流体において通常の音波の他に、ある臨界波数以上の波数をもった励起に対して特殊の素励起が伝播しうることを理論的に示したものである。

参考論文 3、4 および 5 は、溶液の粘性係数が臨界点近傍で示す異常性について多くの視点から理論的に議論した論文である。特に臨界点近傍における溶液濃度のゆらぎの効果、速度勾配の高次のベキに依存する粘性係数の非線型効果などについて詳細な検討を加え、非線型効果については、従来知られていなかった発散の現象を見出し、新しい理論的問題を提起している。

参考論文 6 と 7 は、強誘電体の異常誘電分散を説明するための一つの模型として、長距離に到達できる相互作用で結合している Ising スピンの系のダイナミックスを扱った論文である。

論文審査の結果の要旨

申請論文において取扱われている一次元反強磁性体は理論的にも実験的にも多くの興味を引いている問題である。理論的には予想される簡単さにもかかわらずその熱力学的性質を理解することは最近までできなかったし、動的性質についてはまだ解決していない。実験的には近似的に一次元物質とみなされる物質がいくつか見出されて、種々の物性が詳しく調べられ一次元物質の特性と思われるものがいくつか明らかにされつつある。

このような情勢の下で申請者はやや特異な発想法からこの問題を取り上げている。それは一次元スピンの特殊事情に関係していて、数学的には相互作用のある一次元フェルミ粒子系と同等であるという事実に着目し、一方フェルミ粒子系の多体問題は種々の方法で研究されていて、物理的描像が豊富にあることに注意して一次元反強磁性を新しい視点から見なおそうとする考え方である。実際フェルミ粒子系を扱う有効な理論として Landau のフェルミ流体の理論というのがある。これは強い相互作用のあるフェルミ粒子系を現象論的に“フェルミ流体”の中に励起された殆んど独立な準粒子の集団として記述し、少数の相互作用をきめるパラメータで系のすべての性質を統一的に説明しようとするものである。

申請者はこの Landau 流体の理論と一次元スピン系がフェルミ粒子系と同等であることに注目し、厳密に解ける解をあえてフェルミ流体の準粒子像に読み変えることによって、一方では多体問題の有力な近似法の有効性をためし、同時に一次元反強磁性体について得られている難解な厳密解あるいは数値解に簡明な物理的描像を与えることを試みているのである。このアイデアは今まで気づかれなかった非常に興味ある試みであって、この新しい手法によって未解決の問題に新しい光を投げかけるだけでなく、実験家にも多くの暗示を与えてくれるものと期待できる。申請者のこのプログラムは主論文だけではまだ完成していないが、着想は高く評価すべきものと思われる。

なお申請者は 7 編の参考論文において、輸送現象、臨界現象、異常緩和現象等、非可逆過程の統計力学において、現在中心問題と見られている分野にも大きな寄与をしている。

主論文ならびに参考論文を併せて考えると、申請者は非可逆過程の統計力学、多体問題などに深い造詣

をもち、それを固体論に適切に応用することによって、この分野の進歩に少なくない寄与を与えた。

よって、申請者の論文は理学博士の学位論文として価値があるものと認める。