

1. 研究課題名：マイクロK温度領域における量子臨界現象の研究

2. 研究期間：平成17年度～平成21年度

3. 研究代表者：鈴木 治彦（金沢大学・大学院自然科学研究科・教授）

4. 研究代表者からの報告

(1) 研究課題の目的及び意義

温度を下げて絶対零度近になると量子ゆらぎが効いてきて特異な現象が現れる。また絶対零度における相転移 ($T=0\text{K}$ において温度以外のパラメータを変化させて生じる相転移) を量子相転移とよび温度が有限である古典的相転移と比べて特異な相転移と成る。丁度 $T=0\text{K}$ で相転移を起こすとき、その系は量子臨界点にあるといい、量子臨界現象も量子ゆらぎが効いて特異な現象を与える。

この量子臨界現象の研究は現在多くの系で非常に精力的に行われている。特に重い電子系、或は f 電子系で多くの研究がなされている。しかしながら殆どの研究は最低温度でも 10 mK 程度、多くは 0.1 K 程度の低温で研究している。理論的には $T=0$ の時、秩序変数その他の物理量が量子臨界点に近づく時の臨界指数を求める研究が行われている。しかし実験的には $T=0$ は実現できないので、我々は出来るだけ冷却して、温度に対する臨界指数を求める実験を行う。また量子臨界点近傍の基底状態も明らかにする。マイクロK程度までの超低温領域の測定により、より本質的な量子臨界現象の研究が出来るものと考えている。具体的には3つの系、①重い電子系 CeRu₂Si₂ の磁性、②エアロジェル中の液体 ³He の超流動、③濃縮 195Pt の核磁性を研究代表者、分担者3人がそれぞれの得意分野を担当して研究する。

(2) 研究の進展状況及び成果の概要

研究の進展は非常に順調である。具体的に上記3つの系について記す。

①の研究は、開始前から 150 · K までの帯磁率測定がありこれまでにない量子臨界現象を観測している。新たに始めた熱膨張測定、磁歪測定においても帯磁率測定に対応して量子臨界現象によると思われる現象を観測している。

②の研究は、先ず新たな核断熱消磁冷却装置を完成させ、測定用セルを作り、超音波吸収の測定を開始した。空孔率97%のエアロジェルを用いて 430 · K まで冷却し圧力 16bar のもとで実験を行ったが、まだ超流動転移は観測されていない。同時に測定しているバルクの液体 ³He では超流動転移が観測されているので、この系ではこの圧力ではこの温度ではまだ超流動にならないものと思う。今後圧力を上げ、またより低温まで下げて超流動の転移を観測する。その後、量子臨界現象の測定を行う。

③の研究は予備実験として行った濃縮 195Pt の試料が予期せぬ異常帯磁率を示した。高純度の試料なのでこの帯磁率が理解できなかった。そこでこの原因の追及を行っていた。ほぼ解明されたと思われるので、初期目的の核スピン・オーダーの研究を開始した。まず2段目の核断熱消磁冷却装置の設計を行い、製作に取りかかっている。この装置を前記の新たな冷却装置に搭載して実験を行う。

以上3つのプロジェクトとも順調に推移しており期間内に予定通り、或は予定以上の成果が出るものと思われる。

5. 審査部会における所見

A (現行のまま推進すればよい)

マイクロケルビン温度領域まで達成できる核断熱消磁冷却装置の作製および整備に関しては、着実な努力が払われており、研究は順調に進んでいる。作製した冷却装置を用いて、マイクロケルビン温度領域での帯磁率測定をはじめ、熱膨張測定や磁歪測定などの物性測定技術が確立されつつある。その結果、いくつかの新しい量子臨界現象の観測に成功しており、今後の研究の展開に期待できる。量子臨界現象の理解には、理論的考察が不可欠であることから、今後はその点についても考慮して研究を進めていただきたい。