

氏名	石 軍
学位の種類	学 術 博 士
学位授与番号	博甲第 735 号
学位授与の日付	平成元年 3月 28日
学位授与の要件	自然科学研究科物質科学専攻 (学位規則第5条第1項該当)
学位論文題目	反強磁性体における非線形スピン・ダイナミックスの研究
論文審査委員	教授 山寄比登志 教授 田中基之 教授 佐藤三雄 教授 古谷洋一郎 教授 大滝英治

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

反強磁性体におけるスピン波の非線形現象を解明することを目的として、二次元反強磁性体 $(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3)_2\text{CuCl}_4$ を中心に、マイクロ波による垂直励起法によってスピンフロップ臨界磁場での共鳴とスピン波の不安定性及びスピン・フロップ相でのスピン波の不安定性などを調べた。同時に反強磁性分子場と異方性磁場と外部静磁場だけでなく、磁気双極子相互作用を起源とする反磁場効果、ローレンツ場及びローレンツ球内の格子の磁気異方性も取り入れて、 $(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3)_2\text{CuCl}_4$ の臨界磁場共鳴の周波数を理論的に計算した。

周波数がスピン・フロップ臨界磁場共鳴周波数の2倍のところでの高電力磁気共鳴とスピン・フロップ相でのスピン波の不安定増大を実験的に観測した。第一次の suhl 不安定性と第二臨界値を観測したが、これは反強磁性体に対してははじめて実験的に見出されたものである。周波数がスピン・フロップ臨界磁場共鳴周波数の2倍のところ共鳴周波数の増大とともに不安定臨界交流電力値が減少するという結果も得られた。外部静磁場が第二容易軸に平行な条件下で第一臨界値が静磁場とともになだらかに上昇する部分は2つのモード間のマグノン分裂によるものと考えられる。その他不安定増大したマグノンの非平衡状態を詳しく研究した。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

物性物理学の研究対象の主流は、長年の間、熱平衡状態にある固体であった。しかし、ここ十数年、非平衡状態にある物質の研究が益々盛んになりつつある。それは物質に電

波、光、熱などを加えた時、その加えられたエネルギーが散逸するに至る過程の、熱平衡からはずれた状態を研究するものであり、非平衡非線形系の物理学である。本論文では、液体ヘリウムを使用した極低温において、磁性体に強いマイクロ波を加えて、スピン系に非平衡状態を発生させて、その原因となっている非線形スピン・ダイナミクスを研究している。スピン系は非平衡系の中では比較的簡単な系である。非平衡状態が容易に出現する条件は、各部分系間の相互作用が小さく、比較的孤立した系の集合から成っていることである。この論文でとりあげている物質は二次元反強磁性体の一つである $(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3)_2\text{CuCl}_4$ であるが、低次元系ではスピン波の分散関係が異方的であるため、運動量保存則を満足するスピン波散乱が起きにくい。そのため各スピン波モードは比較的孤立した系を作っており、この磁性体を研究した事は適切な選択であると言えることが出来る。

反強磁性体のスピン容易軸に平行に磁場を加えると、スピンの方向が 90° 変化する磁場がある。そのスピン・フロップ臨界磁場において、臨界磁場共鳴の2倍の周波数の高電力マイクロ波を用いたパラメトリック励起によって、スピン波の不安定増大現象を見いだした。また、さらにマイクロ波電力を増加させることにより第二の非線形現象も見出し、スピン波間の非線形相互作用による高次のスピン波不安定増大であることを指摘した。理論的研究では、これまで無視されることの多かった磁気双極子相互作用を取り入れて、臨界磁場共鳴周波数の複雑な式を導出し、かつ数値計算をして、実験との良い一致を得ている。このことは実験面のみならず理論面での研究能力も優れていることを示している。臨界磁場より強い磁場におけるスピン・フロップ相でも数多くの測定を行って、スピン波不安定増大の臨界値などを求めている。

本論文は磁性体におけるスピン系の非線形現象に関する優れた研究であると考えられるとともに、その現象理解の基本的概念は磁性体以外の他の非線形現象の研究にも寄与するところが大きいと考えられる。

本論文の内容、論文発表会、参考論文を総合的に審査した結果、本論文が学位論文に値するものと認定する。