

課題名 (タイトル) :

フラストレーションを持つ量子スピン系の数値計算

利用者氏名 :

桃井 勉

Philippe Sindzingre

所属 :

和光研究所 基幹研究所 古崎物性理論研究室

1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

固体ヘリウム 3 薄膜が示す低温における磁性において、磁気秩序がない“スピン液体”と思われる振る舞いが実験により観測されている。この変わった磁性状態の特性を、多体交換模型を用いて理論的に説明することを目指している。

2. 具体的な利用内容、計算方法

有限サイズの格子上の量子スピン模型のハミルトニアンを厳密に対角化することにより、基底状態および低励起状態を求め、その性質を解析する。数値対角化法は、Lanczos 法を用いている。この計算は、36 スピンの系までの対角化を行うために、多くのメモリーを必要とする。RICC の大規模メモリー用コンピューター上で、最大 200 GByte のメモリーを使い、計算を行った。

3. 結果

多体交換模型の交換相互作用のパラメーターをいくつか選び、計算を行った。状態空間を磁化の値で分類して調べ、磁化曲線を得た。高磁化の領域は、おおむね、期待していた量子ネマティック状態という新奇な量子状態の存在を裏付ける結果が得られた。しかし、低磁化の振る舞いは、期待していたものと異なり、理解するのが難しい振る舞いを示している。すでに、相互作用のパラメーターを変えて 2 つの点について計算を異なった。

4. まとめ

固体ヘリウム 3 薄膜の理論模型である 2 次元三角格子上の多体交換模型で、高磁化においてスピンの長距離秩序はないが、スピン対称性が部分的に壊れたスピンネマティック状態が実現することが確かめられた。

5. 今後の計画・展望

今後さらにパラメーターを変えて計算を行い、低磁化まで実験を再現するパラメーターを探し、多体交換模型で固体ヘリウム 3 の磁性が説明できるかどうかを、検証する。特に、低磁化における磁性の特性を明らかにすることを旨とする。

6. RICC の継続利用を希望の場合は、これまで利用した状況 (どの程度研究が進んだか、研究においてどこまで計算出来て、何が出来ていないか) や、継続して利用する際に行う具体的な内容

モデルのパラメーターを 2 つ選んでモデルの計算を行った。今後さらに、パラメーターを変えて相図を得て、固体ヘリウム 3 で実現しているパラメーター領域を明らかにする。

平成 21 年度 RICC 利用研究成果リスト

【国際会議、学会などでの口頭発表】

- 桃井 勉、三角格子多体スピン交換模型における磁化プラトーとネマティック状態、日本物理学会 2009 年春季大会、2009 年 9 月 26 日、熊本
- Tsutomu Momoi, Nematic spin liquids in frustrated magnets, UK-Japan meeting, 2010 年 2 月 22 日、ブリストル・イギリス