



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Spin-Wave Theory of Thermal Excitations and Inelastic Scattering in Heisenberg Magnets : New Developments in Compactification and Renormalization [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	乗木, 優作
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第13128号
Issue Date	2018-03-22
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/69989
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Yusaku_Noriki_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称 博士（理 学） 氏 名 乗木 優作

学位論文題名

Spin-Wave Theory of Thermal Excitations and Inelastic Scattering in Heisenberg Magnets: New Developments in Compactification and Renormalization

(Heisenberg 磁性体における熱励起と非弾性散乱のスピン波理論:
コンパクト化と繰り込みの新しい展開)

ブロッホの $T^{3/2}$ 則で知られるように、スピン波理論は 3 次元 Heisenberg 強磁性体の低温熱力学を記述する。反強磁性体やフェリ磁性体にも適用され成功を収めたスピン波理論であるが、温度上昇と共に熱励起ボソンの数は際限なく増加してしまうため、自発磁化を失うような高温領域への適用には粒子数の制御が必要とされる。このマグノン数制御のアイデアは 2 次元以下の低次元においてより大きな効力を発揮することとなる。

高橋はマグノン数、すなわちユニフォーム磁化を零とすることで従来のスピン波理論に修正を施し、低次元強磁性体への適用を可能とした。この修正スピン波理論は、従来スピン波理論では磁化や磁化率といった熱力学量が絶対零度においてさえ発散してしまうにも関わらず、低温熱力学を詳細に記述する。特に、1 次元強磁性体においてベーテ仮設による低温展開の結果を、磁化率で 3 項、再現することは驚きに値すると共に修正スピン波理論の可能性を示唆する。

スタグガード磁化を零とすることで、修正スピン波理論は反強磁性体にも適用された。線形スピン波励起が厳密な固有状態となる強磁性体とは異なり、反強磁性体では定量的記述に相互作用の考慮が本質的となる。相互作用を考慮することで、修正スピン波理論は低温熱力学を詳細に記述するが、温度上昇により人工的な 1 次転移を起こす温度破綻の問題を抱えてしまう。高橋らによる修正は、ハミルトニアン対角化の際に化学ポテンシャルを導入する手法と言える。芳田らは自由エネルギー最適化の際に化学ポテンシャルを導入することでこの温度破綻の問題を回避したが、上手くいっていた低温記述を一部壊している。

フェリ磁性体では、相互作用の考慮に加えて、束縛条件の多様性が課題となる。ユニフォーム磁化を零とする修正スピン波理論、スタグガード磁化を零とする修正スピン波理論の双方が提案されており、いずれも詳細な低温記述に成功している。ところが、単一の束縛条件では、常磁性的であるべき高温極限を見誤る問題を抱えている。

反強磁性体における温度破綻の原因はハートリー・フォック近似により相互作用を取り入れたことに起因する。そこで、ウィックの定理に基づき相互作用を考慮することで、低温の振る舞いを変えずに温度破綻を回避することに成功した。また、フェリ磁性体における高温極限の問題は副格子磁化が残ることに起因する。化学ポテンシャルを複数導入し副格子磁化を零とすることで全温度領域の熱力学記述に成功した。本研究は、このように、束縛条件や相互作用の取り込み方を改良することで、静的量に関しては全温度領域に、動的量に関しては全エネルギー領域に、修正スピン波理論の適用範囲を拡大するものである。