



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Theory on inelastic photon and neutron scattering in two-dimensional quasiperiodic Heisenberg antiferromagnets [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	井上, 天
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第15271号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/89402
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Takashi_Inoue_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（理 学） 氏 名 井上 天

審査担当者	主査	教 授	山本 昌司
	副査	教 授	根本 幸児
	副査	教 授	河本 充司
	副査	講 師	大原 潤

学 位 論 文 題 名

Theory on inelastic photon and neutron scattering in
two-dimensional quasiperiodic Heisenberg antiferromagnets
(2次元準周期 Heisenberg 反強磁性体における
光子及び中性子の非弾性散乱理論)

博士学位論文審査等の結果について（報告）

本論文は、2次元準周期格子 Heisenberg 反強磁性体の非弾性光子散乱と非弾性中性子散乱、すなわち磁気 Raman 応答と動的磁気構造因子に関する数理物理学的研究である。特に前者に関しては、散乱を支配する有効スピン Raman 演算子の導出から取り組む必要があり、遍歴電子 Hubbard 模型の強相関極限からの摂動展開において、通常の2次過程を超えて4次過程までを考慮する複雑かつ高度な計算が行われる。観測量である Raman 散乱スペクトルの詳細な議論（偏光依存性や既約モード分解など）を通して、実験観測に対する指針も提示する。

論文では具体的に、5回回転対称 Penrose 格子、8回回転対称 Ammann-Beenker 格子、2つの準周期格子を対象として広範な計算を行う。Raman 散乱の解析では、まず2次摂動の範囲内では直線偏光入射・散乱光子の偏光にスペクトルが依存せず、 E_2 対称性が唯一の Raman 活性モードとなることを明らかにした。4次摂動まで考慮すると、これに加えて A_1 、 A_2 対称性モードが Raman 活性化し、スペクトルには強い偏光依存性が現れる。これら3つの Raman モードは、直線偏光入射と円偏光入射を併せ用いることで既約分解抽出が可能となる。特に A_2 モードは、動的スピン・カイラリティ揺らぎを検出するもので、準周期系の一つの特徴となる。また、方法論的新規性も本論文の特徴であり、動的 Raman 相関関数の計算に際して、伝統的な Green 関数法に加え、新たに配位間相互作用 (CI) 法を提案する。少数系での厳密対角化 Lanczos 計算との比較を通して、変分波動関数に基づく後者の手法が、高エネルギー領域のスペクトル、即ち多マグノン散乱効果をより精緻に記述することを明らかにした。

本論文の研究対象は、光散乱とは異なる励起チャンネル（磁化を変化させる励起）を検出する中性子散乱、すなわち動的スピン相関関数にも及ぶ。通常の周期格子系にも観られるスピン波的な励起（ギャップレスで波数に関して線型依存性を持つ励起）が存在する一方で、中エネルギー領域以上に平坦バンドの多重構造が存在することを見出した。補空間解析により、この局所的な励起は主に配位数3の格子点上のスピン揺らぎに起因することがわかった。

準周期格子系のスピン・ダイナミクス研究は理論・実験の両面で発展段階にある。その中で、本論文は磁気相関関数の数理構造に切り込み、かつ具体的な観測量の特徴を明らかにした。これらは当該領域に新たな知見を与え、更なる研究活性化に大きく貢献する。よって著者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。