



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Projective-Symmetry-Group Analysis of Majorana-Spinon-Mediated Raman Scattering in Kitaev Spin Balls [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	木村, 卓
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第14355号
Issue Date	2021-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/81910
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Taku_Kimura_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 木村 卓

審査担当者	主査	教 授	山本 昌司
	副査	教 授	網塚 浩
	副査	客 員 教 授	山瀬 博之
	副査	講 師	大原 潤

学 位 論 文 題 名

Projective-Symmetry-Group Analysis of Majorana-Spinon-Mediated Raman Scattering in Kitaev Spin Balls
(Kitaev スピン・ボールにおける Majorana スピノン媒介 Raman 散乱の拡張対称操作群による解析)

博士学位論文審査等の結果について（報告）

本論文は、多面体型 Kitaev 模型、そしてそこに現れる量子スピン液体状態の光学応答、すなわち Raman 散乱過程を、対称性の観点から精緻に記述することを目指す理論研究である。Anderson によって五十年前に提唱された量子スピン液体状態は、長距離秩序をもたないため、未だ明確な状態特有の実験的な反応が明らかにされていない。Kitaev 模型は多体模型であるにもかかわらず厳密可解であること、そしてその基底状態が量子スピン液体状態であることが厳密に示されることから、量子スピン液体状態の理解への良い出発点となりうる。しかし、Kitaev 蜂の巣模型における Raman 散乱強度の先行研究においては、偏光依存性がないことが、長距離秩序をもたない量子スピン液体状態の特徴であるという誤解も生じている。

本論文では、格子点群とゲイジ拡張対称操作群、二つの観点から Kitaev 多面体模型の解析を行い、量子スピン液体状態における光学応答の特性を明らかにする。異なる対称性の Kitaev 多面体模型の光学応答を網羅的に数値計算し、強い偏光依存性をもつ量子スピン液体状態の例を示した。また偏光依存性が生じる機構について格子点群の観点から解析的に議論した。これにより、二次元系の量子スピン液体状態でおきる偏光無依存性は三回回転の二次元格子点群によって生じるもので、一般に量子スピン液体状態における偏光依存性は格子点群を反映するものであることが示された。一方、ゲイジ拡張対象操作群の観点から、Majorana ハミルトニアン の励起スペクトルの特徴づけを行い、その特徴づけを利用して Raman 散乱強度を精緻に解析した。その結果、Majorana 粒子のもつ対称性の積表現を強く Raman 散乱強度が反映することが示された。また同時に、この機構は多面体型格子に限定されるものではなく、他の Kitaev 模型群及びスピン模型に適応しうる可能性を提示した。この結果により、偏光依存性をもつ量子スピン液体状態において、ハミルトニアンがもつ内在的なゲイジ対称性を反映するという新たな解析の観点を開拓し、数値計算では得ようのない知見を実験研究に対して領域に対して提示することができた。

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。