



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
Citation	北海道大学. 博士(理学) 甲第14355号
Issue Date	2021-03-25
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/81910
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Taku_Kimura_abstract.pdf (論文内容の要旨)



[Instructions for use](#)

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 木村 卓

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)

近年、A. Kitaevによって量子多体模型、いわゆるKitaev蜂の巢模型が提案された。このKitaev蜂の巢模型は、蜂の巢格子にスピンの $1/2$ が配置され、六角形の3種類のボンド方向に依存する、隣接サイトとのIsing的相互作用をもつ模型である。非常にシンプルな量子スピン模型ながら、このKitaev蜂の巢模型は多様な物理を含んでいる。とりわけ注目すべき特徴は、量子多体系であるにもかかわらず厳密解が求まり、なおかつその基底状態が、分数粒子であるMajoranaスピノンやヴァイソンを準粒子とする、量子スピン液体状態となっていることである。また、Kitaev蜂の巢模型は単なる理論上の量子スピン模型というわけだけでなく、イリジウム酸化物などのスピン軌道相互作用が強い強相関電子系において実現する可能性が指摘されている。以上の理由から、この模型がもつ量子スピン液体状態、ひいてはMajorana粒子の性質を解明しようと実験・理論の両面から精力的な研究が行われている。さらに、Kitaev蜂の巢模型を、1次元や3次元格子に拡張する試みもなされており、そこに現れるMajoranaフェルミオンの性質に焦点が当てられている。そのような背景のもと、本研究では、いわば0次元の多面体上にKitaev模型を定義した、“Kitaevスピン・ボール”の光学的性質を、実空間対称性ならびにMajoranaフェルミオンがもつゲージ拡張対称性の2つの異なる視点から解析した。

実対称性の観点から、量子スピン液体状態の変更依存性について議論した。量子スピン液体状態を実現する籠目反強磁性体やKitaev蜂の巢格子模型は偏光依存性が見られない。本研究では、3つの異なる格子点群をもつKitaevスピン・ボールの偏光依存性を網羅的に調べた。その結果2次元格子模型で示された偏光無依存性が、格子のもつ3重回転対称性によるものであることを示すと同時に、強い偏光依存性をもつ量子スピン液体状態が実際に存在する例を示した。この結果により、量子スピン液体状態のRaman散乱過程における偏光依存性が量子スピン液体状態というよりはむしろ格子点群に依存することが明らかになった。

一方、ゲージ拡張対称性の観点から、Majorana粒子の対称性がいかにRaman散乱強度に現れるかを議論した。基底状態Kitaevスピン・ボールの離散Majorana励起スペクトルをゲージ拡張対称操作群で記述し、その励起スペクトルを、拡張対称操作群で記述した。Kitaev模型におけるRaman散乱はMajoranaスピノン2粒子が媒介するものであり、Raman散乱強度は拡張対称操作群の積表現によって表される対称性を反映することを示した。Raman散乱強度の偏光依存性を詳細に解析することで、Majorana励起スペクトル及びRaman散乱強度の完全な理解のためには、格子点群の完全な点群対称性、すなわち $O(3)$ 群のゲージ拡張対称操作群を考慮する必要があることを強く示唆する。