

2020年度 第15回凝縮系科学賞受賞者業績紹介

「理論部門」

業績題目： Kitaev量子スピン液体の熱力学的性質とそのダイナミクスに関する理論的研究

受賞者： 那須讓治(なすじょうじ)氏 (横浜国立大学 大学院工学研究院)

学歴

2006年3月 東北大学理学部物理学科卒業

2008年3月 東北大学大学院理学研究科物理専攻博士課程前期修了

2011年3月 東北大学大学院理学研究科物理専攻博士課程後期修了
博士(理学)取得

職歴

2010年4月 日本学術振興会特別研究員 DC2 (東北大学大学院理学研究科)

2011年4月 東北大学大学院理学研究科助教

2013年4月 日本学術振興会特別研究員 PD (東京大学大学院工学研究科)

2014年4月 東京工業大学大学院理工学研究科物性物理学専攻 助教

2016年4月 東京工業大学理学院 助教(改組)

2018年12月 横浜国立大学大学院工学研究院 准教授 現在に至る

2019年10月 科学技術振興機構 さきがけ研究者

授賞理由

量子スピン液体は強いスピン間相互作用にもかかわらず極低温まで磁気秩序を示さないスピン系の状態として P.W.Anderson が 1973 年に提案しました。その状態の理論的究明および候補物質の実験的探求が「凝縮系科学」の重要課題として広範に展開されてきたが、問題の難しさから明確な理解には未だ到達していません。

これまでの理論的研究では幾何学的フラストレーションを持つ格子上でのハイゼンベルグ模型およびハバード模型が主たる対象でした。その中で 2006 年 Kitaev が提案した蜂の巣格子上で結合方向に依存したイジング相互作用を持つ模型が、スピン演算子をマヨナラ粒子および Z_2 ゲージ場を用いて表現することにより量子スピン液体が基底状態となることが厳密に示され、大きな転機となりました。一方、実験結果との比較に必要な有限温度での比熱・磁化率等の物性値の理論予測が計算の難しさから長い間実現しませんでした。その状況の中で受賞者らは新しい数値計算方法を開発し、比熱やエントロピー、輸送係数、核磁気緩和率、動的スピン構造因子等の様々な物理量について統計誤差を除いて近似なしの数値計算に成功しました。その結果量子スピンが 2 種類のマヨナラフェルミオン準粒子に分

裂したかのようにふるまう「分数化現象」が最も基礎的な熱力学量である比熱の温度依存性における 2 つのピークで明確に示されました。またキタエフ候補物質 α - RuCl_3 でのラマン散乱強度の温度変化が 2 種類のマヨナラ粒子のフェルミ分布を反映したエネルギー広がりとして理解できることがわかり、ここに理論と実験結果の具体的な比較の端緒が生まれました。その後 α - RuCl_3 における中性子非弾性散乱スペクトルの温度変化や動的スピン構造因子の実験結果についても理論的な理解がなされています。さらに、マヨナラ粒子存在のより直接的な証拠となる分数量子化の確認に向けて、実験研究を刺激しています。

以上、那須氏の業績は量子スピン液体の理論研究において、実験による検証が可能となる高い精度を持つ有限温度物性値を初めて提示することにより当該分野の研究に新展開をもたらし、凝縮系科学賞にふさわしいものです。

参考文献

- [1] J. Nasu, M. Udagawa, and Y. Motome, "Vaporization of Kitaev spin liquids", Phys. Rev. Lett. **113**,197205-1-5(2014).
- [2] J. Nasu, J. Knolle, D. L. Kovrizhin, Y. Motome, R. Moessner, "Fermionic response from fractionalization in an insulating two-dimensional magnet", Nature Physics, **12**, 912-915(2016).
- [3] J. Nasu, J. Yoshitake, and Y. Motome, "Thermal Transport in the Kitaev Model", Phys. Rev. Lett. **119**,127204-1-6(2017).