

量子力学的状態の直接観測

Keywords: 量子力学的状態(固有状態)、中性子散乱、磁性体

光・量子ビーム応用分野 中性子散乱グループ

長谷 正司

HASE.Masashi@nims.go.jp | <http://www.nims.go.jp/research/group/neutron-scattering/>



研究の背景

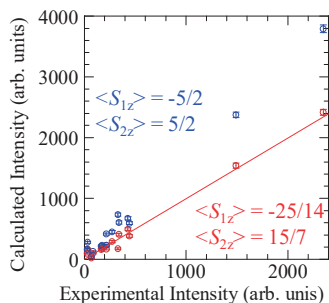
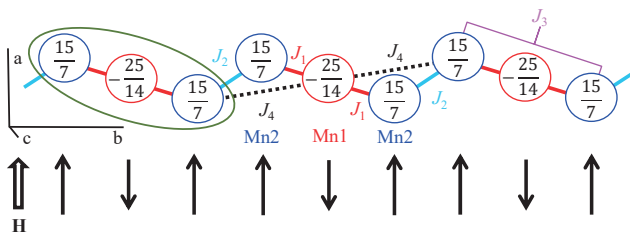
- スピン、電荷、軌道などの効果が絡み合った強相関系物質が次世代のデバイス材料となる。微細化した際には、マクロスケールでは見られない量子力学的効果が顕著となる。デバイス設計においては、量子力学的状態の理解が必要である。

研究の狙い

- 中性子散乱技術を利用して、磁性体の量子力学的状態の直接観測を行う。

最先端研究トピックス

$\text{SrMn}_3\text{P}_4\text{O}_{14}$ という物質を研究対象とした。左図の○は Mn^{2+} イオンを表す。楕円で囲まれた3つの Mn^{2+} イオンを1つのセットとして、それらが規則的に並んでいる。磁性の源は電子のスピンの(小さな磁石)で、その大きさは本来は $5/2$ である。しかしながら、量子力学的効果により、実際の値は○中の数値になると理論的に予測される。磁場を加えると、小さな磁石であることを反映して、スピンは磁場に平行(正の数値の場合)または反平行(負の数値の場合)に並ぶ。ここで中性子を照射すると、スピンの規則的に配列していることから来る複数の回折信号(回折ピーク、ブラッグピーク)が得られる。各回折信号について、実験値を横(x)成分、計算値を縦(y)成分として表記したのが、右図の赤○である。赤線は $y = x$ を表す。実験値と計算値がほぼ一致していることが分かる。青○は量子力学的効果を見逃した場合の計算値を縦成分とした場合の結果である。こちらは実験値とはあっていない。本研究では、中性子散乱を利用して、左図のような量子力学的状態が実現していることが証明できた。磁性体では初めて、量子力学的状態の直接観測に成功した。



文献

- ・M. Hase et al., J. Phys. Soc. Jpn. 83, 104701 1-5 (2014).
- ・M. Hase et al., Phys. Rev B 95, 144429 1-7 (2017).
- ・M. Hase et al., Phys. Rev B 96, 214424 1-8 (2017).

まとめ

- 中性子散乱を利用して、磁性体の量子力学的状態の直接観測に初めて成功した。

実用化への目標

- 量子コンピューター用の物質・材料研究