

1. 1次元ハイゼンベルグ反強磁性体のEPRにおける
Dzyaloshinsky-Moriya (D.M.) 相互作用の効果：
古典スピンモデルからの導出

石井 哲也

1次元ハイゼンベルグ反強磁性体のEPR線幅は通常温度の低下に伴って増加しNeel温度近傍で急激な発散を示すことが知られている。ところが、同じように典型的な1次元ハイゼンベルグ反強磁性体である KCuF_3 のEPR線幅はこのような温度変化を示さず、これとは逆に温度の低下に伴って線幅が減少するという性質をもつ。これに対してI.Yamadaは、最近の研究で、 KCuF_3 のこのような特異的性質をDzyaloshinsky-Moriya(D.M.)相互作用の効果として説明した。D.M.相互作用によるEPR線幅の温度変化に関しては、Soos et.al.が $S=1/2$ の2次元強磁性体について緩和関数の方法を用いた定式化を与えている。それによれば、反対称相互作用であるD.M.相互作用の2次モーメントは、相殺の効果により特徴的な温度変化を示し、これがEPR線幅に反映されているものと考えられる。しかし、この議論は $S=1/2$ の場合に限定されたものであるため、 $S=1/2$ の KCuF_3 には適用されるが $S>1/2$ の一般の場合にそのまま適用できるものではない。従って、今回は量子効果が最も大きくでる $S=1/2$ の場合と対比させ、古典スピン系におけるD.M.相互作用のEPRに対する寄与を定式化した。また、今回はこれとは別に1イオン異方性及び交差項についても同様の定式化をEPR線幅についておこなった。

1次元ハイゼンベルグ反強磁性体については、K.Nagata, Y.Tazuke によって古典スピンモデルがEPRに適用されており、 $\text{CsMnCl}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ の共鳴周波数および線幅に対する磁気双極子相互作用の効果が定量的に大変良く説明されている。一般にEPR共鳴周波数および線幅の定量的議論をする場合は、スピン相関関数の計算が必要になるが、スピン相関を量子論的に正確に議論することは非常に難しく、4体以上のスピン相関については decoupling というあいまいな操作を伴うことにな

る。これに対して古典スピンモデルは、原理的には何体のスピン相関でも厳密な計算結果を与え、古典スピン系が仮定できる範囲であればこの古典スピンモデルが大変優れた解析手段であるといえる。

この古典モデルをD.M.相互作用, 1イオン異方性及び交差項に用い、1次元ハイゼンベルグ反強磁性体に対して次のような結論を得た。

D.M.相互作用のEPRに対する効果について

・共鳴周波数

ゼーマンエネルギーが十分強い場合は、共鳴周波数に対してD.M.相互作用がまったく寄与していないことが示された。

・EPR線幅

D.M.相互作用によるEPR線幅は、磁気双極子相互作用或は1イオン異方性の場合とは対照的に、 T_N 近くでの発散がないことが示された。但し、Soos et.al.が $S=1/2$ の場合について議論した、線幅のゼロへの収束は示されなかった。

1イオン異方性, 交差項の効果について

1イオン異方性によるEPR線幅は、傾向として磁気双極子相互作用と同じであった。この結果は、D.M.相互作用によるEPR線幅の特異性が、ハミルトニアンの特異性の違いによることを裏付けるものである。さらに、磁気双極子相互作用および1イオン異方性間の交差項は、1イオン異方性の符号によってEPR線幅に対する寄与が異なり、場合によっては温度の低下に伴ってEPR線幅を減少させる性質を持つことが示された。