

擬二次元反強磁性体におけるスピントロップ転移

発表者 惣慶祐樹

指導教員 安田千寿, 梯祥郎

Rb₂MnF₄の磁性はab面内で正方格子を形成しているスピン5/2のMn原子が担っている。結晶構造は下左図のように面間にRb原子があるため異方的であり、フッ素を介した面内のスピン超交換相互作用は面間の相互作用に比べて大きくなる。このような物質を擬二次元反強磁性体とよぶ。Rb₂MnF₄のc軸方向に外部磁場をかけた時、下右図のような温度T-磁場Hの相図が得られている。まず外部磁場がない場合、面内のスピン配置を考えると、反強磁性的なスピン間相互作用のため、この物質はupスピンとdownスピンの交互に配置した反強磁性状態にある。ここで、c軸方向に十分強い磁場をかけると、すべてのスピンが磁場方向に向いた強磁性状態になる。では、反強磁性状態と強磁性状態の間の領域はどのような状態になっているだろうか？ 下図の実験結果は、ab面内で反強磁性的、c軸方向に強磁性的なスピン状態が実現していることを示している。このような状態の相への転移をスピントロップ転移とよぶ。

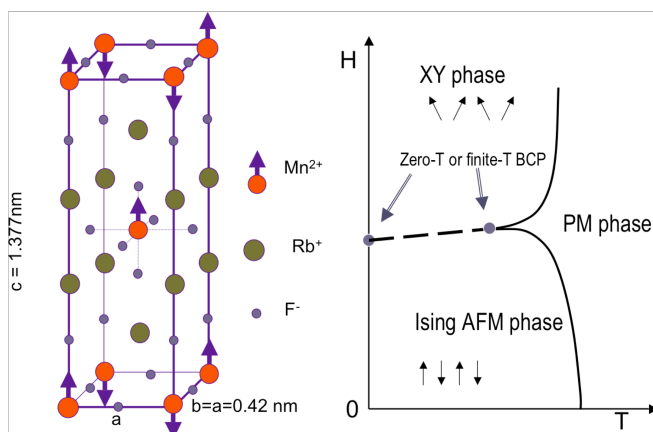
本研究では、二次元反強磁性ハイゼンベルグ模型を分子場近似を用いて解析し、スピントロップ転移の可能性とその原因を調べた。ハイゼンベルグハミルトニアンは次式で与えられる。

$$H_I = -2J \sum_{\langle i,j \rangle} S_i \cdot S_j - g\mu_B H \sum_i S_i^z + D \sum_i (S_i^z)^2$$

ここで、第一項はMnのスピン間相互作用、第二項はZeeman項、第三項はc軸方向の異方性の項である。この模型を分子場近似を用いて調べたところ、以下の結果を得た。

H_f : 低温におけるスピントロップ転移の相転移磁場 $H_f = \sqrt{\frac{2K}{\chi_{\text{perp}} - \chi_{\text{para}}}}$
 H_c : 低温における強磁性状態になる相転移磁場 $H_c = 2AM$
 T_N : 磁場ゼロにおける反強磁性状態と常磁性状態間の相転移温度 $T_N = \frac{2Jzs(s+1)}{3k}$

ここで、K、A、kは定数、z=4、s=5/2、Mは磁化である。注目すべきはスピントロップ転移が起こる磁場が垂直方向の帯磁率 χ_{perp} と平行方向の帯磁率 χ_{para} の差に依存していることである。



図：Rb₂MnF₄の結晶構造と相図。

C. Zhou, D. P. Landau,
T. C. Schulthess:
PRB 76 (2007) 024433.