

異なる不純物を含む反強磁性体の

スピン波の不純物準位について

大阪大学・工学部・庄司研 宮島佐介 興地斐男

Dexter による理論的研究以後，磁性体と光の相互作用に関する研究は，近年，盛んに実験，理論の両面から，推進されていることは，周知の通りである。完全結晶では，とくに，ペロブスカイトやルチル型結晶などでの two magnon absorption や one and two magnon scattering が論じられ，かなりの成果を納めている。

一方，磁性不純物を含む結晶の同様の実験が，いくつか報告されているが，その実験の理解のために，まず，我々は，次の様な模型でのスピン波の性質について，調べてみる。^{※)}

$$\begin{aligned}
 H = & 2J \sum_{j \neq 0} \sum_{j+\rho \neq 1} \mathbf{S}_j \cdot \mathbf{S}_{j+\rho} + 2J' \sum_{\rho \neq 1} \mathbf{S}_0 \cdot \mathbf{S}_\rho + 2J'' \sum_{1+\rho \neq 0} \mathbf{S}_1 \cdot \mathbf{S}_{1+\rho} \\
 & + 2J''' \mathbf{S}_0 \cdot \mathbf{S}_1 - D \sum_{j \neq 0} (S_j^z)^2 - D \sum_{\ell \neq 1} (S_\ell^z)^2 - D' (S_0^z)^2 \\
 & - D'' (S_1^z)^2
 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned}
 H' = & 2J \sum_{j \neq 0} \sum_{\rho} \mathbf{S}_j \cdot \mathbf{S}_{j+\rho} + 2J' \sum_{\rho} \mathbf{S}_0 \cdot \mathbf{S}_\rho + 2J'' \sum_{\rho} \mathbf{S}_1 \cdot \mathbf{S}_{1+\rho} \\
 & - D \sum_{j \neq 0} (S_j^z)^2 - D \sum_{\ell \neq 1} (S_\ell^z)^2 - D' (S_0^z)^2 - D'' (S_1^z)^2
 \end{aligned} \quad (1')$$

(1)は，2つの不純物が nearest neighbor に位置するときの Hamiltonian，

※) 純粋な結晶での magnon side band の解析に利根川は，1つの不純物を含む反強磁性体の模型を用いている。(see. Prog. Theor. Phys. 40 1195)

(1)' は, 2つの不純物が, 離れている場合 (計算には, 最近接原子間隔の3倍とした。) の Hamiltonian である。*)

(1), (1)' を Holstein Primakov の変換を用い, magnon operator で展開し, その3次以上は落とす。次に

$$C_\lambda = \sum_j \Gamma_j^\lambda a_j + \sum_\ell \Gamma_\ell^\lambda b_\ell^* \quad (2)$$

ただし, a_j, b_ℓ は, 各々 A-sublattice

λ は mode の index

B-sublattice の magnon operator, Γ は振巾

の運動方程式は, free spin wave の Green function $G_{jj'}, G_{j\ell'}, G_{\ell j'}$ と $G_{\ell\ell'}$ (see Tonegawa) の線型結合

$$\begin{aligned} \Gamma_j &= \sum_i V_i G_{ji} + \sum_k V_k G_{jk} \\ \Gamma_\ell &= \sum_i V_i G_{\ell i} + \sum_k V_k G_{\ell k} \end{aligned} \quad (3)$$

と代入すると, V_i, V_k に関する homogeneous equation が得られる。従って, 次の固有値方程式

$$H \cdot G = 1 \quad (4)$$

が得られ, エネルギー準位の計算が行なえる。

H や G は, (1) の模型では, 16×16 (2) では, 18×18 の行列であるが, 不純物を結ぶ軸に関し, 3回回転対称があるので, 夫々 4×4 の行列が, 2つずつ分離するので, 残り 8×8 および 10×10 の行列で表わされる固有値方程式を計算すればよい。計算結果の一部を図1に示した。この計算を用いて我々は, 初めにも述べた。

*) 1) 不純物を含む結晶の magnon side band の分析や
記号は, 大体よく用いられているものなので, 説明は省略する。

異なる不純物を含む反強磁性体のスピン波の不純物準位について

2) 異なる impurity が近傍にあるときの不純物準位の変動そのものについての議論が出来る。例えば one impurity problem で存在した, s_0 , p および d-mode の局在性の良さが図 1 に見られる。

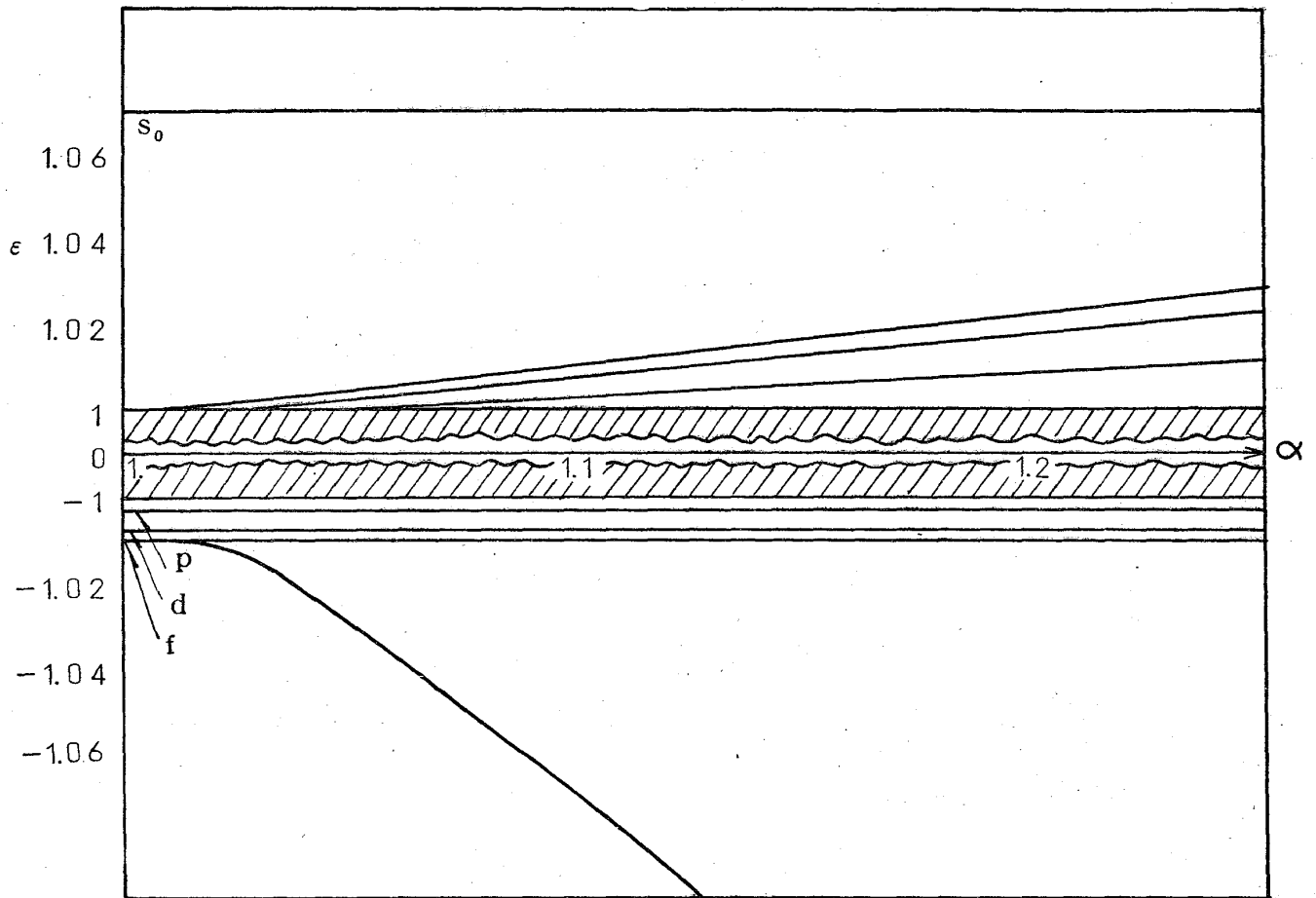


図1 スピン波の不純物準位の α ($= J'' / J$) 依存性
たゞし $J' / J = 1.1$ $S' / S = S'' / S = 1$
 $D = D' = D'' = 0$ とした。

上記の実験の分析のみならず, その他への適用が考えられよう。