

常磁性領域における所謂スピン波モード

京大・理 川崎辰夫

極最近光の磁性体による散乱又は吸収スペクトルに於いて、所謂スピン波モードが相転移点以上の常磁性領域で見出された。Magnon Sideband としては YCrO_3 や MnF_2 ¹⁾、2-Magnon 過程としては NiF_2 ²⁾ できれいな結果が得られている。他方中性子の非弾性散乱による Magnon mode の検出は既に常磁性領域でも数多く行われており、Sloppy Spin Wave という名で知られている。³⁾ 定量的理解も進められているので、⁴⁾ ここではこの結果をふまえて、光の場合を考えてみる。

そもそもスピン波という概念は極低温ではよい物理的描像をもつが、基盤となる長距離秩序の消失した常磁性領域では、その意味は甚だ不明確である。同じスピン波という言葉を用いたとしても、その内容は再定義せねばならない。

一般に相転移点近傍（上側）ではたとえ長距離秩序（LRO）はなくとも短距離秩序（SRO）はかなり発達し、その変動の寿命も十分長くなってくる。従つて今若しその SRO のサイズよりも十分短波長の励起波の（エネルギー）⁻¹ が SRO の寿命にくらべて十分短かければ、その波にとつてはあたかも LRO が存在するかの如く見え、十分な識別は不可能となるだろう。換言すれば問題にしている Spin 波的な波は波長が短い程高温まで存在しうる可能性が生ずる。又、このような短波長の波は以上の考え方からすれば、相転移点で特異な振舞を示さず、連続的に推移する筈である。Dynamical Scaling 仮説はこのような事実を或程度裏づけるものである。⁵⁾ 以上の描像は SRO が静的に或る確率で存在する為ではなく、Dynamical な相関の一断面として意味があるという点を忘れてはならない。従つてこの観点から定式化へと導く際、我々はア priori には何らの秩序をも仮定してはならない。或サイズのクラスターを仮定すれば、その固有振動モードが存在する事は自明である。我々が知りたいのは、もしこの仮定が真実に近いのならば、何故そりなのかという事である。

ここでは Magnon Sideband を考える。⁶⁾ 入射光が十分弱い場合には吸収、散乱係数は次のような 4 体相関と簡単な関係にある。

川崎辰夫

$$E_k(t) = \langle T_k^+(t) S_{-k}^-(t); T_k^- S_{-k}^+ \rangle$$

励起子が分散をもつ場合には、モデルハミルトニアンは一般に

$$H = \sum A T \cdot T + \sum J S \cdot S + \sum J' S' \cdot S$$

7)
及び局在励起子の項からなる。Tは異なるスピン多重項間の遷移を与える演算子。S'は励起状態のスピン演算子。Dynamical Molecular Field 近似を用いて求めたスペクトルは Schematic に書くと次のようになる。

$$E_k = E(\text{局在}) + \Delta E_0 + E_k^{\text{EX}} + E_k^{\text{M}}$$

最初の二項が Γ 点の励起エネルギー、後二項が分散をもつ場合の励起子及マグノンのモードの励起エネルギー（マグノンサイドバンド）。 E_k^{EX} は分散がなければ0。注意すべきは、スピン-励起子相互作用により Γ 点の励起エネルギーが温度依存性をもつ事である。従つて Sideband の温度依存性は両者の和としてあらわれるから、普通の意味の Sideband の温度依存性よりも一般に大きくなるであろう。

文 献 (便利さを基準として)

- 1) 1969年秋の分科会 16pB-12 腰塚・青柳・対馬・辻川・菅野
(YCrO_3), 16pB-20 青柳・木尾浦・腰塚・辻川 (MnF_2)
- 2) Fluery, Phys. Rev. 180 (1969), 591
- 3) K. Tomita, 物性研究 11 (1969) 49 に解説あり
- 4) K. Tomita and T. Kawasaki (原稿作製中)
- 5) H. Mori and H. Okamoto, Prog. theor. Phys.
- 6) T. Kawasaki, 2 マグノンの場合は JAERI に印刷中
- 7) S. Freeman, Doctor thesis