

Critical Magnetic Relaxation

富田 和久 (京大)

§ 1. 問題意識

相転移に際して長波長の熱力学的量は singular な振舞を示し、転移点の上下が断絶しているように見える。しかし、短波長の量の dynamic な振舞は必ずしもそうでない。そこで、後者の様な量の振舞を頼りにして、一見断絶している様にみえる高温側と低温側の関係をつけようとするのが、最近の考え方である。(1)この様な dynamic round about そのものに注意を向けた例としては、常磁性層における集団的モード (e.g. sloppy spin-waves) があり、(2)また Bragg mode そのものの連続性に反映する結果を問題する例としては、スピンの異常拡散 (e. dynamical scaling analysis) をあげることができる。いずれについても、中性子散乱の方法によって、実験的に具体例が報告されつつある。

§ 2. 理論的方法

観測する量は spin の canonical correlation $\phi_{ss}(k, t) = \langle S_k^\alpha(t); S_{-k}^{-\alpha}(0) \rangle$ のフーリエ変換 $X_{ss}(k, \omega)$ と考えてよい。これを求める近似的方法としては、(1) line centre, 又は長時間の振舞を stochastic に扱かう現象論、(2) line wing, 又は短時間の振舞を dynamic に扱かうモーメント法があるが、(3)両極端を自然につなぐことが現在の課題であり、幾つかの近似方法が考えられている。考え方としては、現象論につなかる一般形

$$\bar{X}_{ss}(k, \omega) = \frac{X_{ss}(k, \omega)}{\phi_{ss}(k, 0)} = \frac{1}{i\omega + \gamma_{ss}(k, \omega)}$$

にみられる様に、展開のすべての決定する generating kernel $\gamma(k, \omega)$

与えられた紙面では詳細をつくしがたいので、次の文献を参照していただきたい。

(原研中性子非弾性散乱研究会報告(Ⅱ) JAERI 1157, p 80 (1968))

を定めることが一般方針となる。これは物理的にいえば、スピン間の相互作用の全般的効果を一個のスピンに作用する局所場という形にまとめ上げた事に相当するが、 $\gamma(\mathbf{k}, \omega)$ は dynamic な効果まで含むので、一般に ω に依存し、且つ complex である。("dynamic molecular field")

$\gamma_{ss}(\mathbf{k}, \omega)$ は、ふたたび $\hat{S}^0$ ($\hat{S}^0$ の random part) を用いて

$$\gamma_{ss}(\mathbf{k}, \omega) = \frac{\Phi_{ss}^{\circ}(\mathbf{k}, \omega)}{\Phi_{ss}(\mathbf{k}, \omega)} \cdot \bar{X}_{ss}^{\circ}(\omega)$$

の形に書かれるので、1) 逐次のモーメントを計算してスペクトルを再現しようとする方法、2) モーメントを分解して、適当の部分を抽出する方法、さらに3)、高次のクラスターの correlation function を"decouple"して、低次のクラスターに作用する "dynamic local field" にすりかえる方法等が提案されている。

§ 3. Decoupling の方法による結果

uniform mode ($\mathbf{k} \sim 0$) については、強磁性結合の場合の critical slowing down, 反強磁性結合の場合の critical speeding up が、線形を含めてえられる。 $\mathbf{k} \neq 0$ の場合については、線形が $\omega=0$ を peak とする単純な分布からずれて、有限の ω に peak を生ずる傾向があらわれる。これは sloppy spin wave に対応するものと解釈される。

§ 4. モーメントの計算とこれに基づく考察

従来、モーメントは高温の極限でのみ求められていたが、任意の温度においてモーメントを計算することを試みた。(ハイゼンベルク模型について2次及び4次のモーメントを計算した。) この結果 (Fig1, Fig2 参照) は種々に利用されるであろうが、さし当って次の様なことがみとめられる。

(1) Kinematic 及び thermodynamic slowing down の存在は、2次モーメントにも、4次モーメントにも明白にあらわれている。(Fig1) (2) Line の形は2次と4次のモーメントの絶対値ではなく、相対的な関係に支配され

る。この関係を ($IV/\hbar^2$) のような量で表示してみると, (Fig 2), 線形が Lorentz 型から著しくずれるのは, 強磁性結合の場合には $k \lesssim 0.4$, 反強磁性結合の場合には $0.6 \gtrsim k \gtrsim 0.4$ であることが解る。sloppy spin-wave のようなものが期待できるのはこの領域であると考えられる。ただし, 高温になると反強磁性の場合でも $k \gtrsim 0.4$ の条件にかわり, 強磁性の場合と事情が共通であることがわかる。

$$\omega_2 = \sqrt{\langle \omega^2 \rangle}$$

(S.C.lattice, $k \parallel (111)$)

$$\omega_0^2 = (J/\hbar)^2 \frac{2}{3} S(S+1) Z \quad (Z=6)$$

$k=1$; Zone boundary

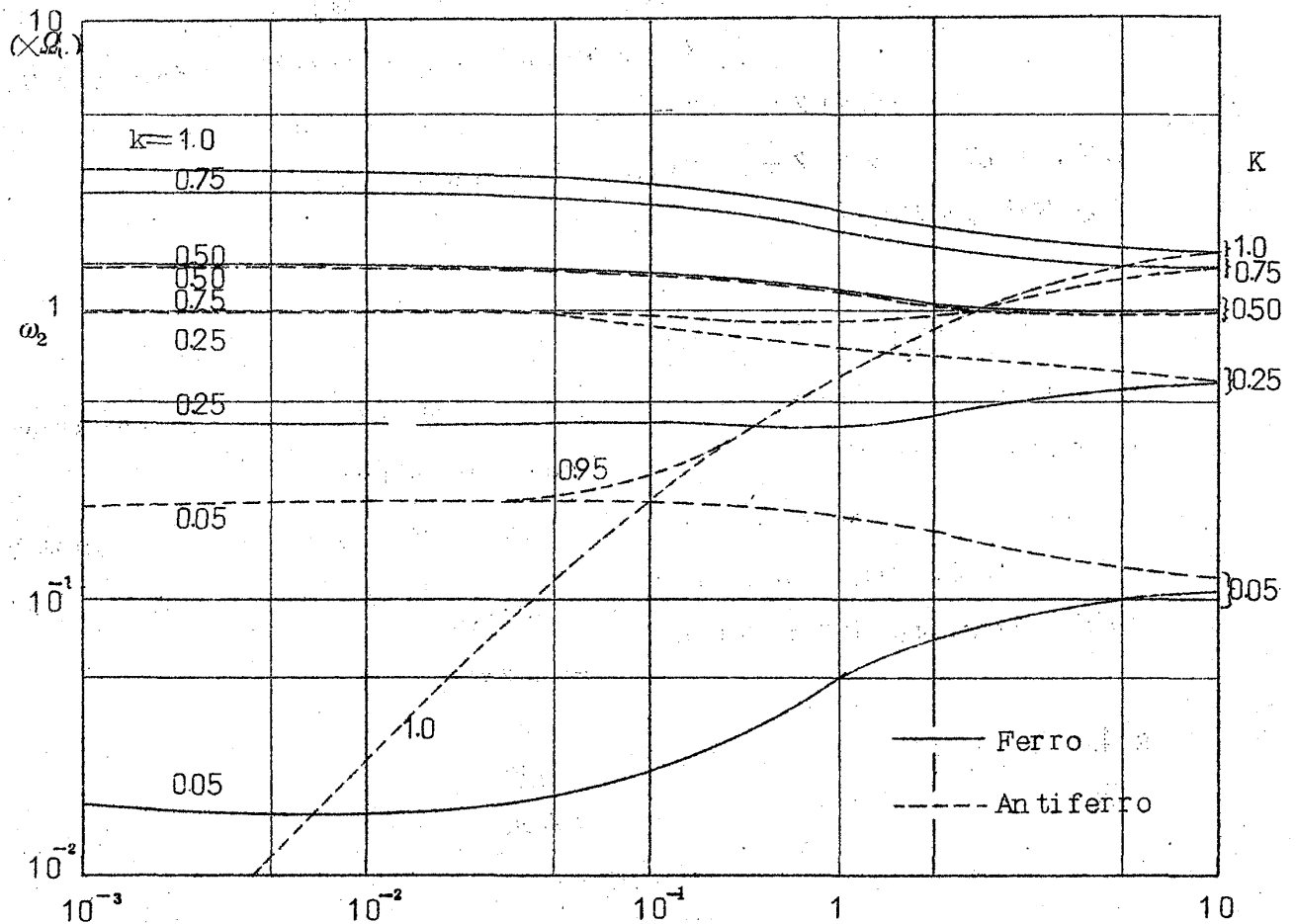


Fig. 1 Temperature Dependence of Root Second Moment ($T > T_c$)

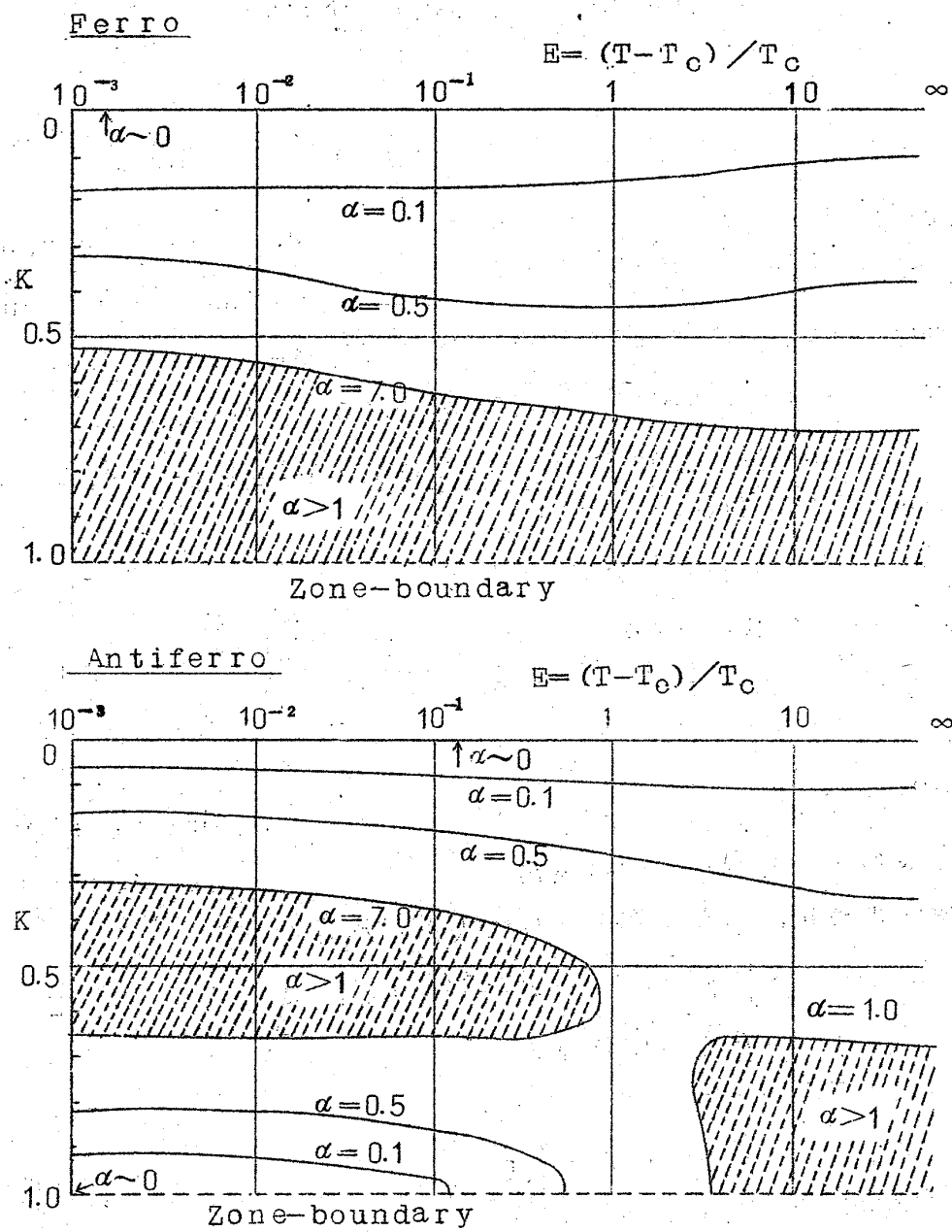


Fig 2 Contour of $\alpha = 3 \langle \omega^2 \rangle / \langle \omega^4 \rangle$ in
 k (wave-number) - T (temperature) plane
 (S. C. lattice, $H(111)$)