

遍歴電子強磁性体のスピンゆらぎによる 体積膨張係数の増大

兵庫大 物質理院

武田正人、中野博生、高橋慶紀

Spin-fluctuation enhancement of the T -linear thermal
expansion coefficient in itinerant electron ferromagnets

Mat. Sci., Univ. Hyogo

M. Takeda, H. Nakano, Y. Takahashi

スピンゆらぎの磁気体積効果への影響を取り扱う新たな理論について前回の学会で発表した。それは、スピンゆらぎによる自由エネルギーへの寄与の直接的な体積依存性を調べることによって磁気体積効果を説明しようとするものである。今回は、特に熱ゆらぎによる自由エネルギーの体積依存性から得られる体積磁歪への影響について報告する。スピンの熱ゆらぎによる自由エネルギー F_m は次のように与えられる。

$$F_m = \frac{1}{\pi} \sum_q \int_0^\infty d\nu \left[\frac{\nu}{2} + T \ln(1 - e^{-\nu/T}) \right] \left\{ 2 \frac{\Gamma_q}{\nu^2 + \Gamma_q^2} + \frac{\Gamma_q^z}{\nu^2 + (\Gamma_q^z)^2} \right\}$$

この寄与の直接的な体積依存性は、ゆらぎの減衰を表すスペクトル幅 Γ_q , Γ_q^z が体積変化することによる。スペクトル幅の体積依存性を仮定することにより、体積磁歪への熱ゆらぎの寄与の温度依存性を一般に求めることができる。このようにして体積磁歪の温度依存性を求めると、低温の極限でそれは次のように表される。

$$\omega(T) \simeq \frac{3}{4} \rho \kappa T_0 \gamma_0 t^2 \log(1/\sigma_s), \quad (t = T/T_0, \gamma_0 = -d \log T_0/d\omega) \quad (1)$$

ρ , κ は原子密度、剛性率を表し、 σ_s はボーア磁子の単位で表した原子当りの飽和磁化の値である。また、 γ_0 はゆらぎのスペクトル幅の温度尺度 T_0 の体積依存性についての磁気グリュナイゼンパラメータである。磁気的不安定近傍において、体積磁歪の温度微分で与えられる熱膨張率 $\alpha(T)$ の温度係数に $\log(1/\sigma_s)$ に比例する増強因子が現れることをこれは意味する。(1)の結果は、低温比熱の温度係数に同様な因子が現れることに対応するものである。つまり、低温磁気比熱 C_m についても同様に次の式がすでに得られている。

$$2C_m/3N_0 = t \log(1/\sigma_s)$$

スピンゆらぎのスペクトル幅は一般に体積依存性をもつと考えられるので、今回得られた体積膨張への寄与は、特に弱い遍歴磁性体の場合に無視できない影響を与える。

スピンゆらぎによる磁気体積効果は、自発磁化 M_0 とゆらぎの 2 乗振幅 ξ^2 による寄与の和として次の式で与えられるとこれまで考えられてきた。

$$\omega(T) = \rho \kappa C [M_0(T)^2 + \xi^2(T)]$$

上の 2 つのどちらの項も、低温で T^2 に比例する項を含むが、その係数が $\sigma_s \rightarrow 0$ の極限で対数発散するようなふるまいを示すことはない。比熱の温度依存性との対応を考えると、(1)式の寄与の存在には疑いがない。磁気体積効果の実験データの解析には、熱膨張の測定値から電子的な寄与と磁気的な寄与をいかに分離するかが重要である。今回の結果は電子的な寄与の見積り方にも関係がある。我々のこの結果は、実験データの解析方法や解釈について再検討の必要性を示唆している。