

11. イジング・スピングラス Fe_xTiS_2 のスピン緩和

松倉 文礼

スピングラスの交流磁化率 $\chi_{ac}(f)$ はある温度 $T_g(f)$ で極大を持ち、その $T_g(f)$ 付近より低温で測定周波数 f に依存する。このことはスピン系の緩和時間 τ に関する。現在では $T_g(f)$ の f 依存は既存のモデルの中では 2 次相転移を示唆する power law (for finite T^*)

$$\tau = \tau^* [T_g(f)/(T_g(f)-T^*)]^{2\nu} \quad (\tau = 1/f) \quad \dots (1)$$

に最も良く従うことが知られている。しかしスピングラスの凍結温度においては 2 次相転移において特徴的な比熱の発散が見られず、試料中の全スピンの協力現象としての相転移であるかどうかははっきりしない。一方スピングラスの緩和時間には分布があることが simulation と実験で観測されている。本研究の目的は (1) 式のような臨界的振舞いを示すのはこの分布におけるどの部分であるかを知ることである。そのためには分布関数の性質を調べる必要がある。

測定には Fe_xTiS_2 ($x = 0.05$) を用いた。 $x = 0.05$ の試料を用いた理由はその $T_g(f)$ の f 依存が (1) 式に従うことが確認されたからである。解析において個々のスピンの緩和はデバイ緩和に従うという仮定をしそれに分布を持たせた修正デバイ緩和を用いた。分布関数は以前から解析に用いられていた山形の (図 1 .a)

$$g_c(\ln \tau) = 1/2\pi \{ \sin \alpha \pi / [\cosh\{(1-\alpha)\ln \tau / \tau_c\} - \cos \alpha \pi] \} \quad \dots (2)$$

と本解析で導入した矩形の (図 1 .b)

$$g_r(\ln \tau) = 1/(\ln \tau_2 - \ln \tau_1) \quad (\tau_1 < \tau < \tau_2) \\ = 0 \quad (\tau < \tau_1, \tau > \tau_2) \quad \dots (3)$$

を用いた。(2) 式の τ_c は分布の中心、 α は分布の幅を表す。(3) 式の τ_1 、 τ_2 はそれぞれ分布の下端、上端を表す。分布関数を導入したデバイ緩和の磁化率は

$$\chi(\omega) = \chi(0) \int_0^\infty g(\ln \tau) / (1+i\omega \tau) d(\ln \tau) \quad (\omega = 2\pi f) \quad \dots (4)$$

である。それぞれの分布関数に対する (4) 式の磁化率を実部と虚部に分け $T_g(f)$ 付近の測定結果に最小自乗法による fitting を行った。fitting parameter は (2) 式では α と τ_c で、(3) 式では τ_2 である。 τ_1 は交換相互作用から 10^{-12} (sec) と見積った。 $\chi(0)$ は高温の磁化率を Curie-Weiss 則に合わせ解析温度まで延長することによって決めた。fitting parameter による磁化率の再現性は (2) 式 (図 2)、(3) 式 (図 3) に対して共に良い。(2) 式を用いた fitting の結果は $T_g(f)$ 付近で温度の上昇と共に分布の幅が狭くなることを示す。しかし τ_c の温度変化は (1) 式で説明がつかない。(3) 式を用いた fitting による τ_2 の温度変化は図 4 である。この図から (1) 式に良く従うことが分かる (丸 τ_2 、実線 (1) 式)。

これらの分布関数を熱残留磁化 (TRM)

$$M_{TRM} \propto \int \exp(-t/\tau) g(\ln \tau) d(\ln \tau) \quad \dots (5)$$

に適用した。それぞれの分布関数中の parameter は χ_{ac} への fitting から求めたものを用いた。(2) 式、(3) 式に対する結果はそれぞれ図 5、6 である。これらの図から (3) 式の方が TRM を良く説明する事が分かる。

以上のことからスピングラスの緩和時間の分布関数は分布の上端部分で収束性が良いものをとるのではないかと考えられる。そして少なくともその分布の上端付近にあるスピンは臨界的振舞いを示すのではないかと考えられる。

図 1

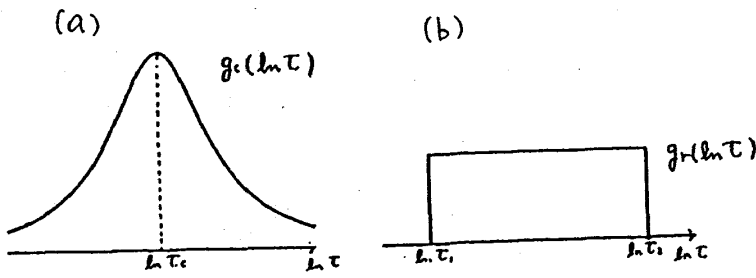


図 2

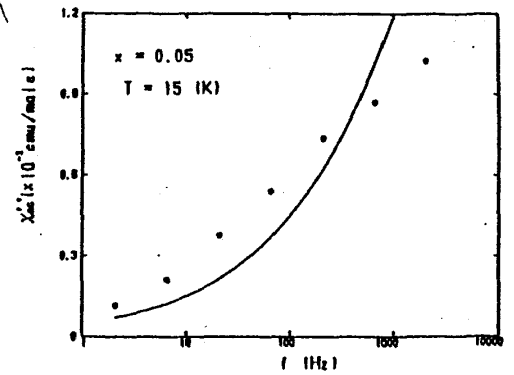
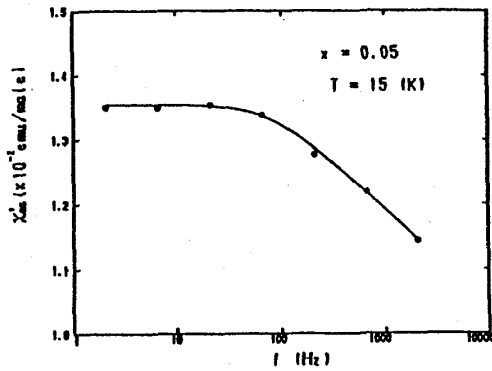
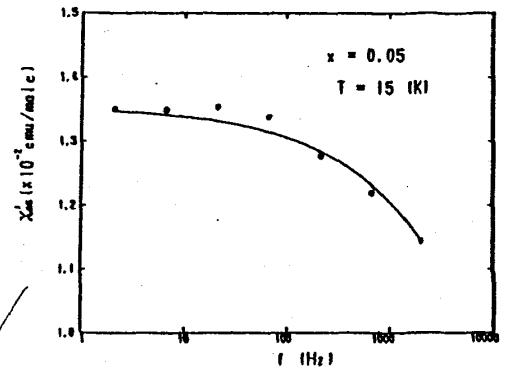


図 3

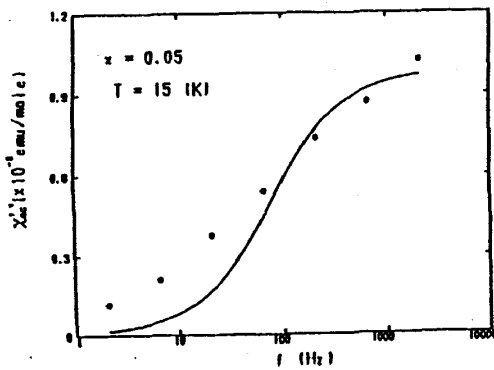


図 5

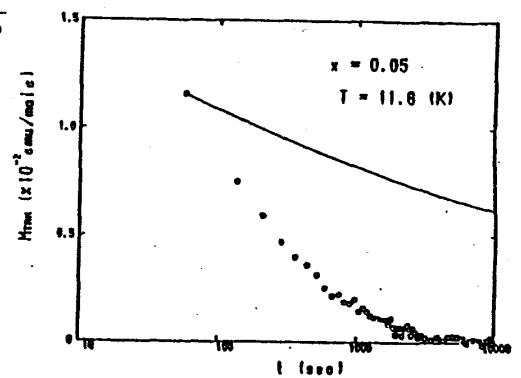


図 4

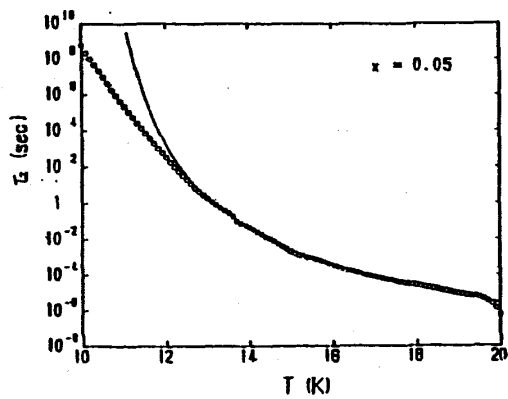


図 6

