

スピングラスの相転移における磁場効果

北大・理 谷口 年史, 都 福 仁

スピングラス (SG) 転移に関する最近の実験,^{1)~3)} 理論⁴⁾的研究から, SG転移は通常の相転移として理解されるようになってきた。しかし実験的に得られる転移点 T_g より高温側の臨界指数の値は, 試料, 測定方法に強く依存していると考えられ統一的な値が得られていないのが現状である。我々は典型的な合金 SGである AuFe (4, 9 at.% Fe) について非線型帯磁率 χ_2 の測定を行ない, $\chi_2 \sim \epsilon^{-r}$ ($\epsilon = (T - T_g)/T_g$) で定義される r を求め, r の測定磁場及び測定温度範囲等の依存性について詳細に検討した。

4 at.% Fe の試料では測定磁場を 25 Oe から 80 Oe に増加させると r の値が 1.5 から 2.5 と増加し, $\chi_2 \sim \epsilon^{-r}$ となる温度領域が $\epsilon > 10^{-1.8}$ から $\epsilon > 10^{-1.4}$ と減少した。また 9 at.% Fe の試料については $\epsilon > 10^{-1.2}$ では $r = 2.0$ と求まるが, さらに $\epsilon > 10^{-0.4}$ では 5.4 と大きくなり異なる r を与える 2 つの温度領域が確認された。これらは臨界指数を求める際に測定磁場, 温度領域をどのように設定するかということに十分注意しなければならないことを示している。最近 H. Bouciat⁵⁾ は Sherrington-Kirkpatrick (SK) 模型を用い, $\chi_2 = A\epsilon^{-r}$ とした時の係数 A の温度依存性から r の値が温度領域により異なって見えることを示した。SK 模型では線型, 非線型帯磁率は以下のように求まる。

$$\chi_0 = \frac{\beta}{1 - \beta J_0} \quad (\beta = 1/T)$$

$$\chi_2 = -\frac{\chi_0^4}{3\beta} \cdot \frac{1 + 2(\beta J_0)^2}{1 - (\beta J_0)^2} = A(T) \epsilon^{-r} \quad (r = 1)$$

J_0 , J は各々スピン間の相互作用 J_{ij} の分布の平均と分散である。 T_g 近傍では $A(T) = \text{const.}$ であるから χ_2 の変化は ϵ^{-r} と考えられるが, T_g から離れた温度領域では $A(T)$ の温度依存性を見てしまう可能性がある。

一般的に磁氣的転移の際に外部磁場は転移をぼかしてしまうが, SG 転移の場合磁場中でも転移が起こることが理論的に示されている。⁶⁾ ハイゼンベルグ型相互作用のスピン系を考えた場合, 温度を下げていくとまず磁場に対するスピンの横成分が凍結し, さらに温度を下げると強い不可逆性を示す。これ等は各々磁場-温度相図上で Gabay-Toulouse (G-T) 線, Al-

meida-Thouless (A-T) 線と呼ばれる。しかし通常の磁化測定などからこれらの2つの転移曲線を得ることは難しくA-T線のみが得られるのが一般的である。一方強磁性からG-T線を通り強磁性-SG共存相に入る場合には、Mössbauer 効果の測定からスピンの横成分の凍結が起こっていることが知られている。⁷⁾ そこで磁場中でのSG転移、特にG-T線についての情報を得るために磁場に対して垂直な方向の交流帯磁率の実部 $\text{Re}\chi_0^\perp$ 、虚部 $\text{Im}\chi_0^\perp$ 、非線型帯磁率 $\chi_2^\perp$ の測定を行なった。その結果 $\text{Im}\chi_0^\perp$ の出現温度は磁場を増加させると低温側に移動し、その振舞はA-T線的である。しかし $\chi_2^\perp$ は弱磁場 (~ 600 Oe) の範囲で、そのピークの温度の磁場依存性は見られず、値は急激に減少した。以上の結果から図1に磁場-温度相図を示す。 $\chi_2^\perp$ の磁場中での発散を確認出来ないため、高温側に現われる転移曲線をG-T線と結論することは出来ないが不可逆性が現われる温度 ($\text{Im}\chi_0^\perp$ の現われる温度) とは明らかに異なっている。

SG転移の臨界現象は χ_2 より高次の非線型帯磁率に現われるが、有限の磁場が存在する場合には解析などにも注意が必要である。

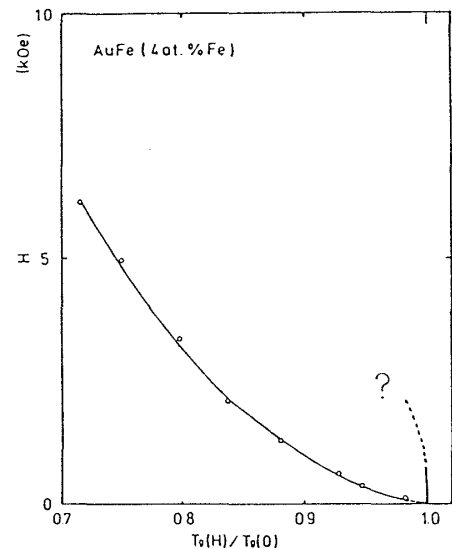


図1 磁場-温度相図

参考文献

- 1) B. Barbara, A. P. Malozemoff and Y. Imry, Phys. Rev. Lett. **47** (1981) 1852.
- 2) R. Omari, J. J. Prejean and J. Souletie, J. Phys. (France) **44** (1983) 1069.
- 3) T. Taniguchi, H. Matsuyama, S. Chikazawa and Y. Miyakö, J. Phys. Soc. Jpn. **52** (1983) 4323.
- 4) R. N. Bhatt and A. P. Young, Phys. Rev. Lett. **54** (1985) 924.
A. T. Ogielski and I. Morgenstern, Phys. Rev. Lett. **54** (1985) 928.
- 5) H. Bouchiat, J. Phys. (France) **47** (1986) 71.
- 6) J. R. L. de Almeida and D. J. Thouless, J. Phys. **A11** (1978) 983.
M. Gabay and G. Toulouse, Phys. Rev. Lett. **47** (1981) 201.
- 7) J. Lauer and W. Keune, Phys. Rev. Lett. **48** (1982) 1850.