

18. リエントラントスピングラス $\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_{1-x}\text{TiO}_3$ の中性子散乱

東大・物性研 吉沢英樹・満田節生
お茶大・理 有賀浩子・伊藤厚子

(1) はじめに

スピングラスの研究は相図の上から大きく2つの領域に分けられると考えられる。一つは、常磁性相から直接スピングラス相へ転移する領域であり、他はまず長距離秩序が形成され次にスピングラス相に入るリエントラント領域である。さてリエントラントスピングラスは、スピングラス研究における事実あるいは概念として、もはや市民権を得て定着したと言うべきであろう。それにも拘らずリエントラント領域で実験的に確実に分かっていることは何かと、回折実験を中心に知識を整理して見れば、個々の実験は限られた試料による断片的知見しか与えないものが多く、その上互いに矛盾し合う結果もしばしば報告されていて、一体どれがリエントラント相の本質をつく情報なのかなかなか見極めがたいのが現状ではなかろうか。

(2) リエントラントスピングラス相の実験による検証¹⁾

では、どんな事が分かっているのかと言うと、実験的には主としてハイゼンベルグ系であるが、①(磁性イオン濃度) - (温度) 相図上に於けるリエントラント領域の決定が有名な $\text{Eu}_{1-x}\text{Sr}_x\text{S}$ を初めとする様々なスピングラス物質でなされ、②GT線を越えると出現する横成分スピングラス相での局所磁気モーメントの伸長や理論的なレプリカ対称性の破れに対応すると推測される、みかけの異方性の増大などが報告されている。③また中性子散乱ではリエントラント転移に伴うスピン波のソフト化や強磁性長距離秩序を反映する磁気ブラッグ反射の散乱強度の異常も観測されているが、リエントラント相に於けるスピン波や強磁性長距離秩序の存在は未だ論争中で定説は得られていない。④しかも最近横成分スピングラス相を直接観測する目的で磁場をかけて小角散乱が行われたところ横成分が奇妙な変調構造をもつことが発見され²⁾、⑤やっと見付かったイジングスピングラス系では相図上リエントラント相かと推測された領域が実は反強磁性長距離秩序とスピングラス相との共存相であることが分かり³⁾、リエントラントスピングラスの統一的理解が得られるまでにはまだまだ多くの実験が必要とされるであろう。

(3) 回折実験に於ける問題点

実験的に大勢を占める合金系スピングラス物質には回折実験上幾つかの困難があった。試料はしばしば粉末状あるいはアモルファス状態であって単結晶が得られないため回折実験で得られる情報が大きく制約される。又たまたま単結晶が作成される物質でもスピン間相互作用が強磁性側に偏っているので核散乱が磁気ブラッグ反射と必ず重なり長距離秩序の振舞いを同時に精密に調べることが困難になっている。その為か、リエントラントスピングラス相に於ける長距離秩序とスピングラス秩序との関係が曖昧で、リエントラントスピングラス相と通常のスピングラス相とはあまり明確に区別されておらず、同じような相であろうと考えられがちであった。また合金系では磁性イ

オン濃度が数パーセント変化するだけの狭い領域でスピングラス相からリエントラントスピングラス相へと大きな変化が起こる事も多重臨界点近傍での実験上を困難なものにしていたに違いない。この様な実験上の困難は容易に良質の単結晶ができる二種の反強磁性体 FeTiO_3 と MnTiO_3 の混晶系を作る事により完全に解決される。更に FeTiO_3 と MnTiO_3 がほぼ同程度の交換相互作用をもつことから FeTiO_3 型反強磁性構造からスピングラス相そして MnTiO_3 型反強磁性構造への変化がFeイオン濃度60% から30% の間で緩やかに生ずるので各々の相を代表する試料を作りやすく、濃度をパラメーターとした信頼できる情報が得られる利点も大きい。

(4) イジング反強磁性体混晶 $\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_{1-x}\text{TiO}_3$ の中性子散乱⁴⁾

中性子散乱実験から直ちに二つの定性的な結果が得られた。それらはスピングラスの相図を理解する上で大変重要と考えられる。まず第一にこの混晶系ではリエントラント相は反強磁性長距離秩序とスピングラス秩序の共存する混合相である。一般にリエントラントスピングラス相と言うと、長距離秩序が消失してスピングラス相に入ると理解される場合がほとんどである。しかし最近の理論ではinfinite rangeモデルでも±Jモデルでもリエントラント相は存在せず混合相であるとされている^{1,5)}。我々の実験により少なくともイジングスピングラスの場合には混合相である事が実験的に確かめられた訳である。次に理論的には混合相とスピングラス相とは互いに相境界により区別される別種の相である。従って $T=0$ で濃度をかえて相境界を通過する仮想的な実験を考えれば相境界の所で磁性イオンの幾何学的配列の変化に伴う臨界現象が期待される。この様な考察に基づき実験では $T=0$ を実現する事は不可能であるから十分低温で短距離相関が変化しなくなったと思われる温度のデータを選びFeイオン濃度をパラメーターにとって短距離相関の強さと長さを反映する磁気散漫散乱の散乱強度と半値幅をプロットしたものが右図である。長距離秩序が消える濃度の所で散漫散乱が幾何学的臨界揺動を反映した異常を示していることが明瞭に見て取れる。すなわち鉄マンガンイルメナイト混晶系は理論的に予想されていたスピングラスの相図の特徴を完全に供えているのである。ハイゼンベルグスピングラス系でも適切な物質を選ぶことにより実験的に得られる相図と理論との対応が明らかにされる日も近いであろう。

文 献

1. C. Y. Huang, J. Magn. Magn. Mater. 51(1985)1.
2. K. Binder and A. P. Young, Rev. Mod. Phys. 58(1986)801.
3. M. Hennion et al., Europhys. Lett. 2, (1986)393.
4. P. Boni et al., Solid State Commun. 60(1986)881.
5. P. Z. Wong et al., Phys. Rev. Lett. 55(1985)2043.
6. H. Yoshizawa et al., Phys. Rev. Lett. 59(1987)2364.
7. H. Nishimori, J. Phys. Soc. Jpn. 55(1986)3305.

