

Title	臨界点近傍でのゆらぎ : $X^*(\omega)$ から見たその動的側面
Author(s)	松浦, 基浩
Citation	大阪大学低温センターだより. 25 P. 7-P. 10
Issue Date	1979-01
Text Version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/11094/6573
DOI	
rights	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

臨界点近傍でのゆらぎ

— $\chi^*(\omega)$ から見たその動的側面 —

基礎工 松浦基浩 (豊中 2370)

第二種の相転移、それは自然界に見られる極めてドラマチックな現象の一つであり、古くから研究されているにもかかわらず、何故か新鮮な魅力が失せることがない。臨界点に近づくと、比熱や帯磁率は異常に増大し始める。それを目のあたりにした観測者は、理屈抜きに深い感動を覚えて、その見事なからくりを知りたいと思わずにいられなくなる。近年低次元格子スピン系を中心に、理論的にも実験的にも、臨界現象の研究が活発に展開され、スケーリング則や普遍性といった概念が構築されて相転移現象の理解が一段と深まった。しかしながら、その動的側面、外部磁場の影響、ランダム系の問題をはじめ解き明したい問題は依然として山と積まれており、今更ながらこの現象の奥行きに感心せざるを得ない。以下ではその中から、今筆者の目に止まっているさ々やかな現象の断片の二三をお目につけたい。

図1 a は、その特徴的な結晶構造の故に、ほぼ二次元ハイゼンベルグモデルに近似される強磁性体、 $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4$ (以下 CuMAC) の初期静帯磁率 χ_0 である¹⁾。キュリー温度 T_c に近づくと χ_0 は異常に増大するが決して無限大にはならず T_c で「折れ」て有限値に落ちつく。おなじみの反磁場効果である。従って無限に細く針状に試料をしつらえることが出来れば (現実にとっても無理!) 原理的には発散するものと考えている。さて χ_0 の発散はとりもおおさず磁化 M のゆらぎ (の相関) の異常発達に他ならぬ (揺動散逸定理)

のであるが、それにはゆらぎの相関時間 τ が T_c 近傍で異常に遅くなる (臨界低速化) ことが必要であり、 χ_0 の増大と τ の増大とは互いに表裏の関係をなしている。従って若し我々が帯磁率を交流法で測定すれば T_c 近傍で必ず分散吸収に異常が現れ、相転移の動的機構の貴重な情報を得ることが出来る。図1 b には、磁気分散 $\chi''(\omega)$ の温度変化を示した¹⁾。見てすぐ分るように、低周波数では $\chi''(\omega)$ は T_c で極大を示すのに高周波数では極小となる。一方 T_c の兩

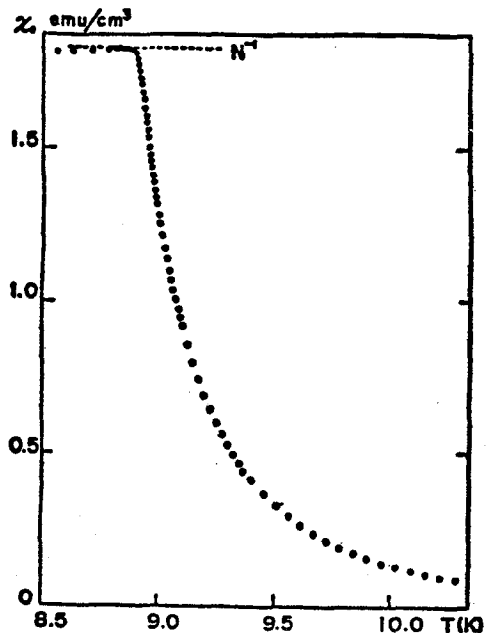


図1 a CuMACの χ_0 の温度依在性

側に現れた山の極大位置が周波数を上げるに従って T_c から速ざかっていく。この $\chi''(\omega)$ の高周波域での振舞いは上に述べたゆらぎの臨界低速化を如実に反映したものであることが、分散吸収に単純なデバイ型（スペクトルでいえばローレンツ型）を仮定すれば、簡単な解析によって容易に説明出来る。

ここで注目してほしいのは、 $\chi''(\omega)$ の極小値が零にならないこと、低周波数では極小さえ現れていないことである。単純なデバイ型分散と臨界低速化をつなげただけではこれは説明出来ない。実際分散吸収が T_c 直上ではデバイからやゝはずれることを詳しい実験によって確めているが、この現象のからくりは今のところよく解っていない。一因として、非常に小さいとはいえず零でない外場のために線型応答の関係が破れることが考えられるがまだ検討中である。今一つ図 1 b を見てすぐ分るように分散周波数が数+MHz の程度であ

り、ゆらぎは低速化するといっても無限には遅くなっていない。このことについても何故なのか目下全く暗中模索の状態である。先に述べた非線型効果に関係しているのかも知れないが今一つ別な可能性として反磁場効果が気になっている。十分低温ではよく知れているように系は一様な磁化 M による反磁場効果をさけるべく多数の磁区に分れることにより自由エネルギーを下げています。ゆらぎの遅くなった T_c 近傍では M の発達に妨げられて分域を作ったまま T_c を通過することがありはしないか？ そうなると χ_0 の発散は止りゆらぎの低速化にブレーキがかかる。いずれにせよ、この疑問を解きほぐすには反磁場効果を何としても取り除きたい。それなら反強磁性体をしらべればいゝのではないかということになる。この方の秩序変数は、となりどうしのスピンの向きが逆になったスタガード磁化 L なので低速化に伴い少々秩序が発達したところで反磁場など生じない。ところが、その故に又単純な反強磁性体では、外部励起を与えて L のゆらぎを探る手だてがない。原子間隙の波長をもつ磁場を作ることなど現在では途方もないことでスタガード帯磁率を実験的に測定出来ないからである。こうなるとスタガード磁化と一様な外場とを結びつけてかつ着目している L のゆらぎには余り大きい擾乱を与えない程度のうまい相互作用を何か利用出来ないものかと思えてくる。その可能性は何となく身近かにあったのだ。これまでとかく厄

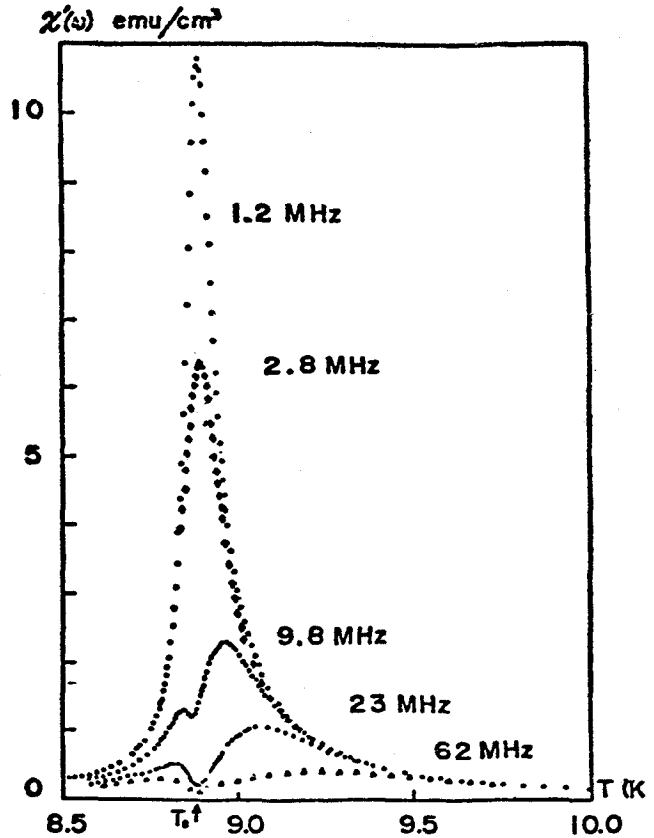


図 1 b Cu M A C の $\chi''(\omega)$ の温度依存性

介物扱いされ無視されがちであった Dzyaloshinski-守谷型相互作用や非等価な g テンソルなどをかゝ
 えこんだやゝ複雑な系、結晶学的多部分格子系²⁾を利用することなのである。紙面の都合でその詳細に
 はふれない。只このような系では、弱いモード間結合作用のお蔭でスタガード磁化のゆらぎを直接観測
 出来るような仕組が出来ていることを容認していたらしくこととして^{2,3)}次に実験例をお目にかける。図
 2 a はこれもその結晶構造の特殊性のゆえに二次元格子ハイゼンベルグモデルに近似される反強磁性体
 $Mn(HCOO)_2 \cdot 2H_2O$ (以下 $MnF2H$) の χ_0 である³⁾。 T_N での χ_0 のピークは極めて鋭く図 1 a と
 比べると対照的である。ピークを示す χ_0 の成分 $\Delta\chi_0$ は実はこの系のスタガード静帯磁率 χ_0^S に比例する
 (比例定数はこの場合 10^{-4} 以下)。従ってこのピークは L のゆらぎの相関の発達過程を示している。
 見てすぐ分かるように反磁場の効果は現れていない。 $\Delta\chi_0$ の分散をしらべると図 2 b のようになる³⁾。 Cu
 MAC と違って分散周波数が非常に低

い。その上分散の形は決して単純なデ
 バイ型にはなっていない(デバイ型な
 ら周波数が一桁変ると分散強度はほと
 完全に減衰する)。この非デバイ型分
 散現象がどうして起っているのか全く
 解っていない。反磁場の効果だけは無
 視して差支えないと思われるから、そ
 の起因は非線型効果なのかそれともス
 タガード磁化の臨界揺動の特性に帰せ
 られるのであろうか?あるいはひよっ
 とすると単にプローブとして使ってい
 たつものの上述べたモード間相互作用
 がダイナミクスには無視出来ない影響
 を与えているのかも……? 謎また謎で
 不思議なことばかりである。この問題
 は実は筆者にとってはもう10年近く前
 に自然から託されたパズルなのに今だ
 によい解説出来ないで楽しく頭を痛め
 続けている! ? しろものである。

おわりに、最近又別な新しいパズル
 をもらったが大変興味深いので御紹介
 して結びとしたい。図 3 がそれであっ
 て、最初にのべた $CuMAC$ の Cu^{2+}
 を一部非磁性イオン Cd^{2+} でランダム
 に置換した混晶系の T_c 近傍での分散吸
 収を示す Cole-Cole プロットである¹⁾。
 T_c からはなれているときは円であった

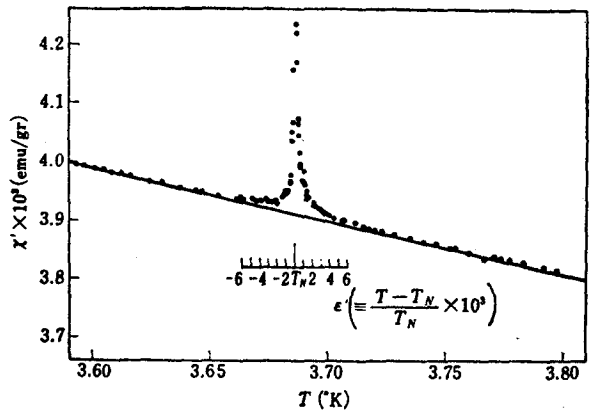


図 2 a $MnF2H$ の χ_0 の温度依存性

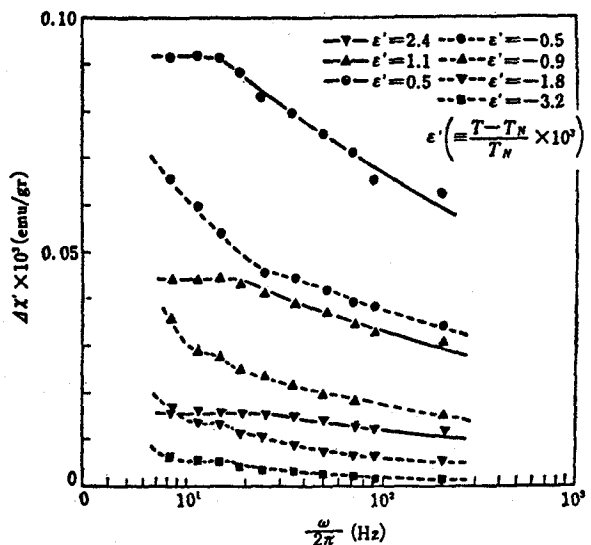


図 2 b $MnF2H$ の $\chi'(\omega)$

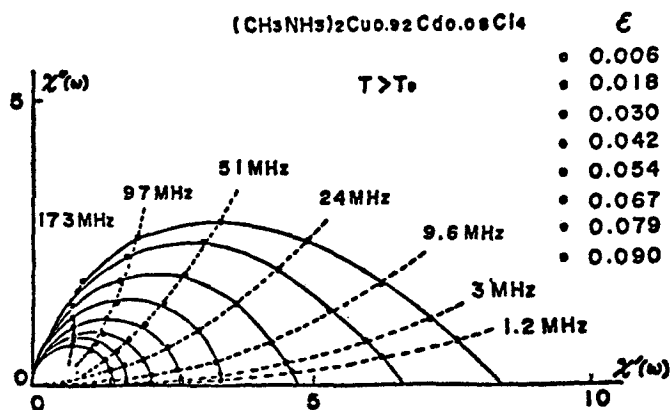


図3. ランダム混晶系のCole-Coleプロット

ものが、 T_0 に近づくると俄然著しく変形し非対称になっていく。この特徴的な形が実は今はやりのスピングラスにおける分散吸収のそれと極めて良く似ていることが分ったのであるが、ランダム系としての共通した要因が、何か含まれてはいはないだろうか？一つのパズルも、ろくに解けぬまゝに次から次へと与えられる難問に改めて又相転移現象の内容の豊かさに驚異と感嘆の念がつのるばかりである。

参考資料

- 1) Y. Okuda: Thesis, Faculty of Eng. Science, Osaka Univ. (1978).
- 2) M. Matsuura & Y. Ajiro: *J. Phys. Soc, Japan* 41(1976)44,
M. Matsuura: *ibid* 43(1977)1805.
- 3) M. Matsuura, Y. Ajiro & T. Haseda: *J. Phys. Soc, Japan* 26(1969)665.

低温センター豊中分室を御利用の皆様へ

11月の初旬に低温センター豊中分室に液体窒素汲み出し用のデジタル表示の重量計が設置されました。これは将来豊中分室において液体窒素汲み出しの事務処理を自動化するための予備テストと、各利用者の窒素汲み出し時の蒸発ロス割合をより正確に把握するために設置されました。計量器は豊中分室の者が作動させておりますので、その間各利用者の方々には自由に使用していただいて結構ですが、不在時は使用出来ませんのでスイッチ等には触れないようお願い致します。使用する時は、リセットボタン等のスイッチには触れずに計量器の上にペッセルを乗せて、その重さを測り、そのまま液体窒素を汲み入れ、全重量を測るだけにしていただきたいと思います。なお重量は50kgまで10g単位で計量出来ますがショックや制限以上の荷重をかけないように充分注意して取り扱って下さい。