

EuS における $\vec{M}(\vec{q}=0)$ の臨界緩和

東工大・理 椎野正寿, 橋本 巍洲

強磁性体の T_c 近傍におけるダイナミックスの中で $\vec{q}=0$ のモードについては実験理論とも、あまり研究が進められていない現状であるように思われる。以前より E. P. R. の線巾 ΔH の T_c 付近での観測が行われ、^{1) 2)} スピンスピン緩和時間の臨界異常が調べられてはいるが、E. P. R. に必要な外部磁場が $\vec{q}=0$ の全磁化モードのゆらぎを抑えてしまい ΔH の温度変化の異常が明瞭には測られていないと考えられる。事実 EuO についての M. S. Seehra 達の実験²⁾ では、以前 25GHz で行われたものより彼等の 9GHz における ΔH の方がより明らかな異常を示している。しかし依然 critical slowing down の臨界指数が決定される程、はっきりはしていない。理論の現状はと言えば、Huber³⁾ が $\vec{M}(\vec{q}=0)$ の緩和の起源として dipole-dipole 相互作用を等方性 Heisenberg 型 hamiltonian に加え、緩和時間 τ が T_c 付近で $\chi_0^{-3/4}$ に比例して 0 に近づくいわゆる speeding up を計算したものと、 T_c に、より接近した臨界領域での Maleev⁴⁾ の $(T-T_c)^{-2/3}$ に比例した τ の発散— critical slowing down の結果等があるのみだと思われる。通常、交換相互作用による narrowing limit を仮定し

$$\frac{1}{\tau} = \chi_0^{-1} \int_0^{\infty} dt (\dot{M}_z(t), \dot{M}_z)$$

を用いて τ が算出されるので複素帯磁率 $\chi(\omega)$ の line shape については単分散を仮定していることになる。この line shape の転移点近傍での様子を知る事は一般には難しい。ハイゼンベルク系に 1 イオン異方性エネルギー項が加わっている場合に K. Tomita 達⁵⁾ が Green 関数法にもとづき数値計算して cole-cole プロットを求めたものでは、異方性がある程度小さい限り分散は単分散となり T_c に非常に近づくときそれよりずれてくるという結果になっている。そこで以上の諸問題を明らかにする為、等方性のかなりよい三次元強磁性体 EuS を選び零磁場での高周波帯磁率⁶⁾ の測定を行った。NaCl 型結晶構造をもつこのサンプルは真空中 800°C, 100 kg/cm² の下でホットプレスを行いトロイダル状に成型をした。 T_c は 16.57°K と決められ、これは他の文献⁷⁾ のものとほぼ一致する。高周波帯磁率の測定はシャーリングブリッジを用い、16~18°K, 6~200MHz の範囲で行われたが、強磁性領域ではウォール運動等複雑な現象が現れる故、議論を常

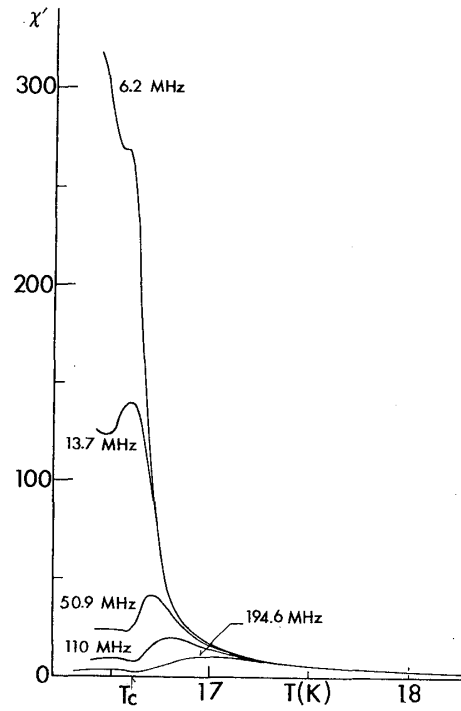


図1 各周波数について測定された複素帯磁率の実数部分 χ' の温度変化を示す。

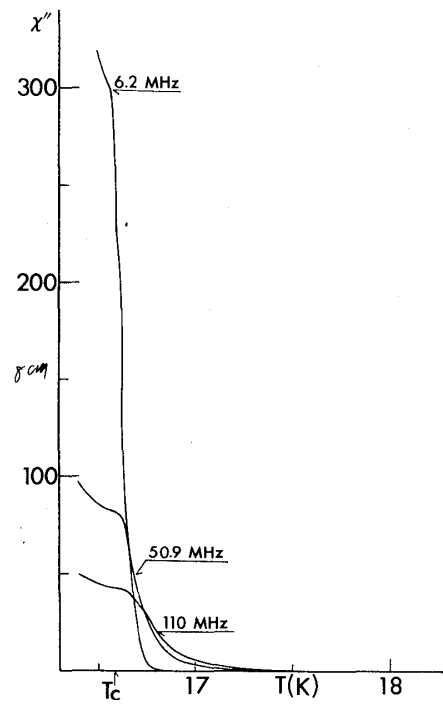


図2 虚数部分 χ'' の温度依存性。

磁性領域に限る事にする。⁸⁾

先ず図1に、測定された $\chi'(\omega)$ の温度変化を各周波数について示す。低周波では T_c で発散的なピークが見られるが、高周波では T_c で dip するのが見出され又 χ' のピークが周波数と共に高温側へ移動する。これは誘電体では以前より観測されていたものだが磁性体でも最近、阪大のグループ⁹⁾ により見出され簡単なモデルで示されるように critical slowing down の直接的な検証となる。図2は $\chi''(\omega)$ の温度変化である。

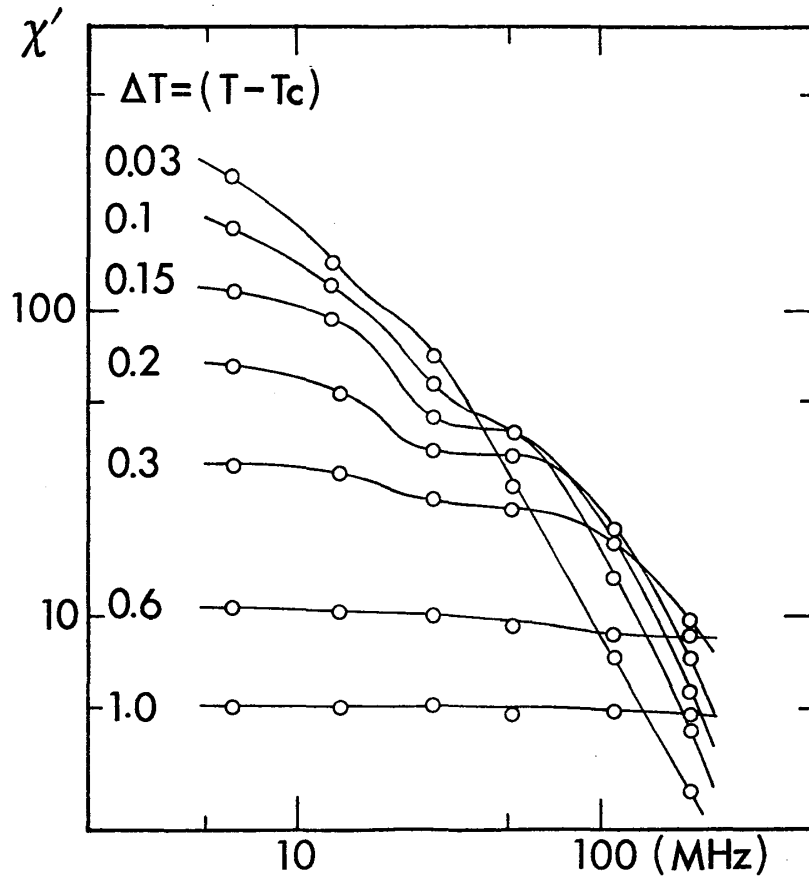


図3 $\Delta T = T - T_c$ をパラメータに、 χ' の周波数変化を両対数で表わしたもの。

図3は、各温度に対して $\chi'(\omega)$ の周波数変化をみるためにプロットしなおしたグラフであり、 $\Delta T = T - T_c$ が小さい時単分散とは異ったふるまいがみられる。このことは図4の $\chi''(\omega)$ の ω 依存性をみるといっそうはつきりする。ダブルピークが T_c 近傍で現れその物理的解釈は未だ明確になっていないが多分散を暗示する。 ΔT が大きくなった場合、両対数プロットにおける χ'' の低周波側での傾きが1に近づく事から単分散的にな

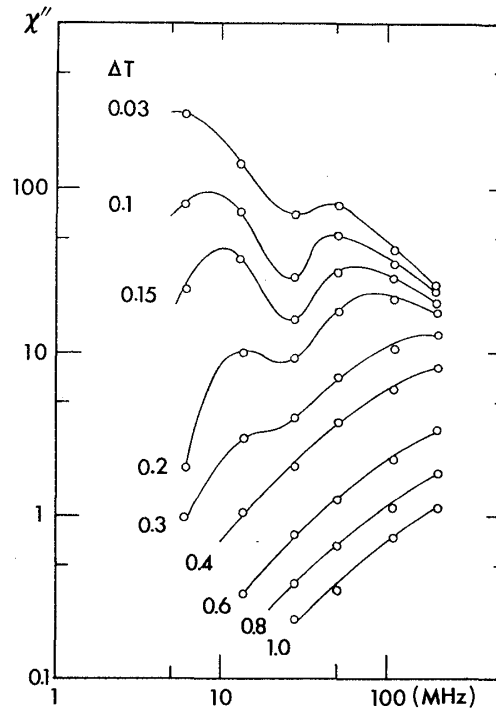


図4 ΔT をパラメータに, χ'' の周波数依存性を両対数でプロットしたもの。

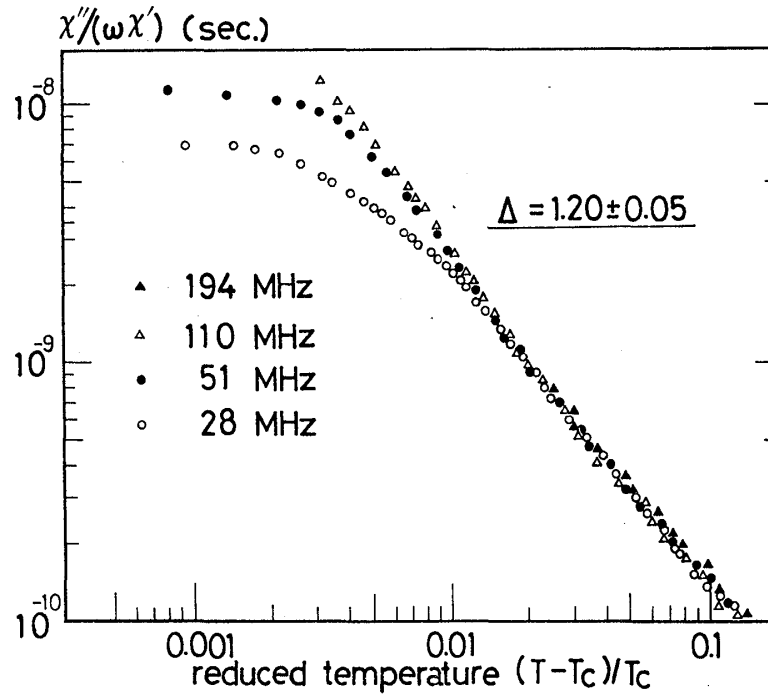


図5 周波数をパラメータにとり, $\chi''/\omega\chi'$ を換算温度に対して両対数プロットしたもの。

ると考えられる。これは又、 $\chi''/\omega\chi'$ が単分散を仮定した時、各周波数に対し一致するという性質より ω をパラメータにとり $\varepsilon = (T - T_c)/T_c$ に対し両対数プロットをした図 5 がはっきりと物語っている。高温側から $\varepsilon \sim 10^{-2}$ に近づくまで各 ω に対し $\chi''/\omega\chi'$ は一致を見るが $\varepsilon \sim 10^{-2}$ で各々異なる値をとるようになる。その一致する温度領域では単分散と考えられ $\tau \sim (T - T_c)^{-p}$ とした時の $p = 1.20$ が求まる。従って我々の結果は、 T_c に近づくにつれ単分散からずれてくるという定性的には先にあげた K. Tomita 達の結果に合うと考えられるが臨界点近傍での緩和スペクトルについて、より深い知見を得る為に更に詳細な議論が必要とされるだろう。 τ の臨界指数 $\rho = 1.20$ は Maleev の結果よりかなり大きく、むしろ古典論の主張する χ_0 の臨界指数 r (我々は $r = 1.30$ と得ている。) に近いが、少し小さめで、 $1/\tau$ を与える式中の $\int_0^\infty dt (\dot{M}_z(t), \dot{M}_z)$ の部分の T_c 近傍での異常性からくる寄与が弱い但至少はあるという結論になる。この fluctuation からの寄与を正しく見積って ρ を算出すること、および T_c 近傍での多分散性の出現の問題と関連して $\chi''(\omega)$ のダブルピークの起源を明らかにすることは、現在動的スケーリング則等を活用して研究中である。

参 考 文 献

- 1) M. S. Seehra and R. P. Gupta, Phys. Rev. **B9**, 197 (1974).
- 2) M. S. Seehra and D. W. Sturm, J. Phys. Chem. Solids **36**, 1161 (1975).
- 3) D. L. Huber, J. Phys. Chem. Solids **32**, 2145 (1971).
- 4) S. V. Maleev, Phys. Lett. **47A**, 111 (1974).
- 5) K. Tomita and T. Kawasaki, Prog. Theor. Phys. **44**, 1173 (1970).
- 6) T. Hashimoto and A. Sato, J. Phys. Soc. Japan **38**, 345 (1975), T. Hashimoto and I. Ichitsubo, J. Phys. Soc. Japan **33**, 1341 (1972).
- 7) J. Als-Nielsen and O. W. Dietrich, Phys. Rev. Lett. **27**, 741 (1971).
- 8) C. M. Siwastava, S. N. Shringi, R. G. Srivastava, and N. G. Nanadikar, Phys. Rev. **14**, 2032 (1976).
- 9) Y. Okuda, M. Matsuura, and T. Haseda, J. Phys. Soc. Japan **42**, 341 (1977).