

16. Induced Spin Glass の機構

大阪市大理 石井 廣湖

稀土類金属の非Kramersイオン(Pr, Tb, Ho等の3価イオン)は、化合物や合金を作った時、結晶場により $(2J+1)$ 重の最低状態の縮退が解け1重項基底状態が実現する場合がある。この非磁性になった稀土類イオンに磁場が加わったり交換相互作用が働くと、1重項状態に励起状態が混じり Van Vleck 帯磁率 χ_v によりモーメントが誘起される。核スピンの χ_v を通して enhanced 外部磁場を見る機構は、Pr の金属間化合物で核断熱消磁に利用されている。1 イオンの χ_v が $T=0$ でも有限値のため、交換相互作用の強さが或る程度以上の場合に限り自発分極が生ずる。金属中に不純物として分布するならば、RKKY 相互作用により Induced Moment のスピングラスが実現する。

立方対称のPrPのPrのエネルギー準位は一重項基底状態 $^1\Gamma_1$ の上に $^3\Gamma_4$, $^2\Gamma_3$, $^3\Gamma_5$ の励起状態があり、 J は $^1\Gamma_1$ と $^3\Gamma_4$ の間に非対角成分を持つ。Pを一部vacancyで置換したPrP_x ($x \sim 0.9$)は、vacancy近傍のPrの結晶場の対称性が下がり、一方向の χ_v が大きくなる。Vacancyのまわり最低6個の異方的 χ_v を持つPrが磁気中心となり、互いにRKKY相互作用 J_{ij} で結合しスピングラスとなる¹⁾。この磁気中心の構造を無視し、1個のPrで置き換える。更に励起状態を1重項で近似し(励起エネルギー Δ)、基底状態と合わせPrを $S=1/2$ のスピンの表せば、系は次のTransverse Isingハミルトニアンで表現される。

$$H = \sum_i \Delta_i S_{iz} - \sum_{\langle ij \rangle} J_{ij} S_{ix} S_{jx},$$

i は規則格子上にあるPrの位置を表し、 Δ の i -依存はvacancyからの位置に依る。 H は次の特徴を示す。(1) $\Delta_i = \Delta$ ならば系は規則系であり、 J_{ij} のFourier変換 J_k を最大とする k の秩序状態が、臨界値 Δ_c より Δ が小さいならば実現する。(2) vacancy近傍の N_1 個のランダム位置で $\Delta = \Delta_1 > 0$, 残りの位置で $\Delta = \Delta_H = \infty$ ($\chi_v = 0$)の場合は普通の意味でのTransverse Ising スピングラスである。もし J_{ij} をSKモデルで与えられるものとするならば、系は最近我々の調べた場合²⁾となる。(3) 興味のあるのは(1), (2)の極限を含む Δ_H も有限の場合である。 Δ_H の大小によって規則的秩序からスピングラスへの転移が生ずる。更に $\Delta_H = \infty$ では明確だった N_1 個の磁気中心は Δ_H が有限の場合($N - N_1$)の母体も分極することになり、磁気中心は振りをもつことになる。 $\Delta_H \gg \Delta_1$ の場合 $1/\Delta_H$ の効果を摂動で考えるならば、 N_1 個の磁気中心間の有効相互作用は、母体の有限 χ_v のため enhanceされ、RKKY型からのずれが生ずる。

1) S. K. Hasanain et al.; Phys. Rev. B24(1981)5165.

H. Yoshizawa et al.; Phys. Rev. B27(1983)448.

2) T. Yamamoto and H. Ishii; Jpn. J. Appl. Phys. Suppl. 26-3(1987)2107.