強磁性フェルミ流体に於る臨界現象

伊豆山　健　夫（東大）

スピン系の二次相転移の研究は専ら局在スピン模型に就て行なわれてきたが，例えば鉄族金属の磁性の担い手である３ｄ電子の様に流体状に動き廻っているフエルミ粒子群の磁気的相転移に於る臨界現象はどうなるであろうか。局在スピン模型の示す臨界現象とは質的に異なったものにならないであろうか。先ず臨界現象の dynamical aspect については両者に異質の様相か現われる事は充分期待出来る訳であるか，こゝでは先ず static aspect に就てフエルミ流体的強磁性か para → ferro の相転移に於て示す臨界現象の特性を T ＞ Tc に話しを限って報告する事にする。但し話しを簡単にする為

$$H=\sum_{k,\sigma}\varepsilon(k)\,a^{+}_{k\sigma}a_{k\sigma}+v\sum_{k_1,k_2,q}a^{+}_{k_1+q}\,a_{k_1}\,a^{+}_{k_2-q}\,a_{k_2}$$

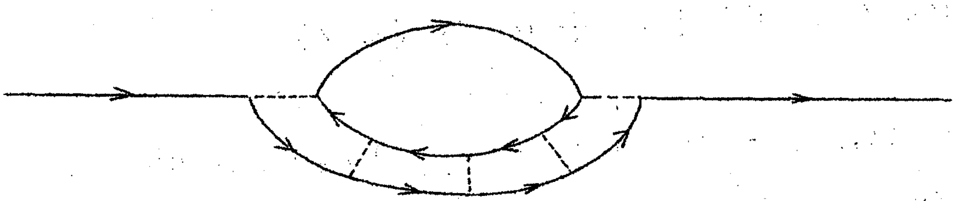
なるハミルトニアンで記述される系を考える。

この系に就て，$\sum_k a^{+}_{k+q\uparrow}a_{k\downarrow}$ とその Hermite conjugate との間で作られる動的帯磁率　$\chi(q,\omega)$ 又は Matsubara Green Function $\chi(q,\xi)$（$\xi=2\pi i n/\beta$）を調べる。前者は後者から解析接続によって与えられる。

Single particle Matsubara Green Function

$$G(k,Z)=[Z-\varepsilon(k)-I(k,Z)]^{-1}$$

但し　$Z=((2n+1)\pi i/\beta)+\mu$，を



で近似する。即ち $I(k,Z)=-\frac{v^2}{\beta}\sum_{p\xi}\chi(p,\xi)\,G(k+p,Z+\xi)$。

（Nottingham に於る１９６４ Magnetism Conference の proceedings ６０頁．）（個別粒子運動か媒質（他の粒子か構成）中の Spin density Wave

によって散乱されるメカニズムを取入れた。）この場合，磁化の保存則により

$$\chi(q, \xi) = \frac{\Gamma(q-\xi)}{1-v\Gamma(q, \xi)}$$

但し $\Gamma(q, \xi) = (1/\beta)\sum_{k, z} G(k, Z)\,G(k+q, Z+\xi)$

となる。T_c は $1-v\Gamma(0, 0)=0$ によって与えられる。Z－Sumは複素Z面上の積分にすり換えられる。
G（k, Z）は実軸上に cut を有し，unphysical sheet には $Z=Z_k$ に極をもっている（quasi-particle pole）。その residue を G_k とすると，quasi-paricle poles からの寄与は

$$\mathrm{Re}\left\{\sum_k \left(f(Z_k)\,G_k - f(Z_{k+q})\,G_{k+q}\right)\cdot G(k+q, Z_k)\right\}$$

但しfはフェルミ分布関数で，上式か重要である。
$T=T_c$ で $\chi(q, 0) \propto 1/q^{\gamma}$ として上式は $q^{3-\gamma}$ なる singularityを与える。これか q^{γ} に等しくなければならないから $\gamma = 3/2$ となる。然し broken index $\gamma = 3/2$ は $T > T_c$ では消滅し，如何に小さな $\tau \equiv (T-T_c/T_c)$ に対しても，充分小さな q を採れば $\chi(q, 0)$ は q^2 のベキで展開される。
但し展開係数は q^2 のベキか高い程，$\tau\to 0$ と共により強い発散を示す。
そこで小さな q に対し

$$\chi(q, 0)^{-1} = A\cdot\tau^{\alpha} + B(\tau^{n} + Cq^2)^{3/4},$$

但し A, B, C, α, n, ＞0,なる型を仮定してみる。先ず，エントロピーか発散しないという条件により $\alpha \geqq 1$，且つ $n \geqq 1$。比熱の発散か出現する為には $\alpha \leqq 2$ 又は $n \leqq 2$。上の trial form が もとの積分方程式を充す為には $\alpha \geqq 3n/4$。比熱の発散は対数型より強くなる様である。