

Phase transition of ferromagnetic Fermi liquids

伊豆山 健夫 (東大教養)

伝導電子の常磁性状態から強磁性状態への相転移に於ける臨界現象を調べる。但し、伝導電子のエネルギー帯には縮退がなく、クローム折力はそのレンジが一つの atomic cell の中にしか及ばないという簡単化されたモデルを考える。この系の magnetic susceptibility $\chi(q, \omega)$ が $T \rightarrow T_c + 0^+$ でどの様に振舞うかを調べる。R. P. A. では $\chi(q, 0)$ が Ornstein - Zernike 型になる訳であるが、それは、オーダー、パラメーターのゆらぎに関して線型化された近似であって、臨界現象ではゆらぎが大きくなるので非線型効果を取り入れなければならぬ。最低次の非線型効果は — このモデルでは — 個別粒子運動が磁化のゆらぎと couple して乱される効果を取り入れる事によって正しく考慮される。但し、その様な近似法に訴える場合、 $\chi(p, \omega)$ の型は、その近似が下記の要請を充しているか否かによって左右される。

- 1) 磁化密度と磁化の流れの flux との間に成立つ保存則
- 2) スピン空間に於る回転対象性

ここでは 1) は厳密に充されている様な近似が採用された。残念ながら、2) については確かに充されているとは云い難い。更に、一粒子グリーン関数のマス・オペレーターを求める際、磁化のゆらぎは長波長、且つ small frequency のフーリエ成分 " だけ " は厳密に取り入れる事が出来る様な近似を採用する。マス・オペレータの近似型が決ると、1) の要請によって、二粒子グリーン関数の近似型がユニークに決ってしまつて、 $\chi(q, \omega)$ が求まってしまう。その結果は、

$$\chi(q, 0)^{-1} = A.(T - T_c)^\alpha + B.q^{3/2} + O(q^2) \dots\dots\dots (1)$$

となつて、Ornstein - Zernike 型にはならない。 $q^{3/2}$ が単独で現われた事は、多分 2) が充されていない事によるのであろう。正しくは $[(T - T_c)^\alpha + C.q^2 + \dots\dots]^{3/4}$ の様な型になるのであろう。しかし q が $T - T_c$ のある power より充分大きいなら ($q \ll k_F$ の条件下で)、上の結果 (1) は良い近似になっていると思われる。

Critical Fluctuationの非線型効果

ついでであるが、 $T \rightarrow T_c + 0^+$ に於ても、所謂 mass-enhancementはない、然し個別粒子状態の巾が大きくなる (critical broadening)、事がわかった。

Critical Fluctuationの非線型効果

蔵本由紀 (京大理)

Cooperative systemの自由エネルギーは local order parameterの非線型効果まで考り、 η に入れると近似的に、

$$F = \sum_{\mathbf{K}} (a_1 - a_2 r_{\mathbf{K}}) \eta_{\mathbf{K}} \eta_{-\mathbf{K}} + \frac{a_3}{N} \sum_{\mathbf{K}_1, \mathbf{K}_2, \mathbf{K}_3} \eta_{\mathbf{K}_1} \eta_{\mathbf{K}_2} \eta_{\mathbf{K}_3} \eta_{-\mathbf{K}_1 - \mathbf{K}_2 - \mathbf{K}_3} \dots (1)$$

と書かれる。(物性研究 vol. 8 no. 1, p. 57)ここに $\eta_{\mathbf{K}}$ は local order parameterのフーリエ成分である。

$$\xi_{\mathbf{K}}^{(1)} = \eta_{\mathbf{K}}^{(1)}, \quad \xi_{\mathbf{K}}^{(2)} = \frac{1}{N} \sum_{\mathbf{K}_1, \mathbf{K}_2, (\mathbf{K}_1 + \mathbf{K}_2) = \mathbf{K}} \eta_{\mathbf{K}_1} \eta_{\mathbf{K}_2} \eta_{-\mathbf{K}_1 - \mathbf{K}_2 + \mathbf{K}} \text{で定義される}$$

量 $\xi_{\mathbf{K}}^{(1)}, \xi_{\mathbf{K}}^{(2)}$ を用いると $\xi_{\mathbf{K}}^{(1)}, \xi_{\mathbf{K}}^{(2)}$ に関する effective free energy は多少やっかいな議論の結果次の形に書ける。

$$F(\xi_{\mathbf{K}}^{(1)}, \xi_{\mathbf{K}}^{(2)}) = A_{11}(\mathbf{K}) \xi_{\mathbf{K}}^{(1)} \xi_{-\mathbf{K}}^{(1)} + A_{12}(\xi_{\mathbf{K}}^{(1)} \xi_{-\mathbf{K}}^{(2)} + \xi_{\mathbf{K}}^{(2)} \xi_{-\mathbf{K}}^{(1)}) + A_{22}(\mathbf{K}) \xi_{\mathbf{K}}^{(2)} \xi_{-\mathbf{K}}^{(2)} = \xi_{\mathbf{K}}^* A \xi_{\mathbf{K}} \dots (2)$$

ここに、

$$A_{11}(\mathbf{K}) = a_1 - a_2 r_{\mathbf{K}} + \delta a_3 \frac{1}{(2\pi)^3} \int \phi_{\mathbf{K}} d\mathbf{K}, \quad A_{12} = 4 a_3$$