

カラー超伝導における Collective Mode

高知大理 岩崎正春

クォーク物質は高密度・低温度においてクォーク間の引力により超伝導状態になると指摘されている。このとき、BCS 状態に対応するのが CFL(カラーフレーバーロッキング) 状態である。この論文ではクォーク物質中の対相関による集団励起モードおよびそれがクォーク物質(クォーク星)の冷却に及ぼす影響について議論する。クォーク系の NJL モデルからスタートし、クォーク対の波動関数を補助場 ϕ として導入し分配関数 Z の経路積分表示を求める。その後、クォーク場の積分を実行すると次式を得る。

$$Z = \int \mathcal{D}\phi^* \mathcal{D}\phi \exp[\text{Tr} \log(\beta G^{-1}) - \beta \kappa^2 \sum |\phi(q)|^2]. \quad (1)$$

ただし、 G^{-1} はつぎの式で与えられる。($\xi_p = \epsilon_p - \mu$, $\beta = T^{-1}$)

$$G^{-1} = \begin{pmatrix} i\omega_n - \xi_p & \hat{\phi}_{p,-p} \\ \hat{\phi}_{-p,p} & i\omega_n + \xi_p \end{pmatrix} \quad (2)$$

分配関数の対場についての半古典(停留)解 ϕ_0 が CFL 状態を与えるので、そのまわりの揺らぎを考える: $\phi = \phi_0 + \phi'$ 。この表式を (1) へ代入して揺らぎの 2 次までとると、揺らぎの集団励起モードがえられる。相転移温度 T_c の下では集団モードの質量は CFL ギャップの 2 倍になる。一方、 $T > T_c$ においても前駆現象として集団励起モードが存在するが、ランダウ減衰により崩壊幅をもつ。集団モードの質量 M とその崩壊幅 Γ の計算結果を下図に示す。

図 1:

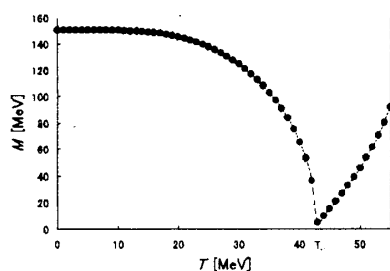
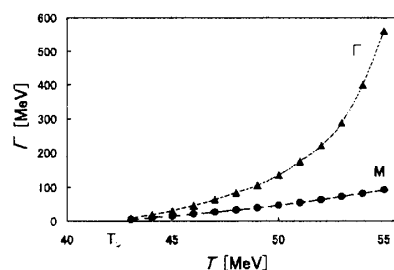


図 2:



つぎに高温のクォーク星の冷却と相転移について考える。クォーク対の凝縮はクォーク物質の比熱を小さくするとともに、クォーク星から熱を取り去るニュートリノの放出を妨げる。このことはクォーク星の冷却を緩和させるが、上記の集団モードの存在は冷却をさらに緩和させることが示される。

参考文献

- (1) K.Yamaguchi, M.Iwasaki and O.Miyamura, Prog.Theor.Phys. **107** (2002), 117.
- (2) M.Iwasaki, K.Yamaguchi and O.Miyamura, Phys.Rev.D in press.