

# Spectral Function of a Fermion Coupled with Massive Vector Particle at Finite Temperature

D. Satoh(Kyoto Univ)

Y. Hidaka

T. Kunihiro

# Introduction

- QCD相転移付近は興味深い領域。  
そこでのクォークとベクトル型励起との相互作用によるクォークスペクトルの変容を調べたい。

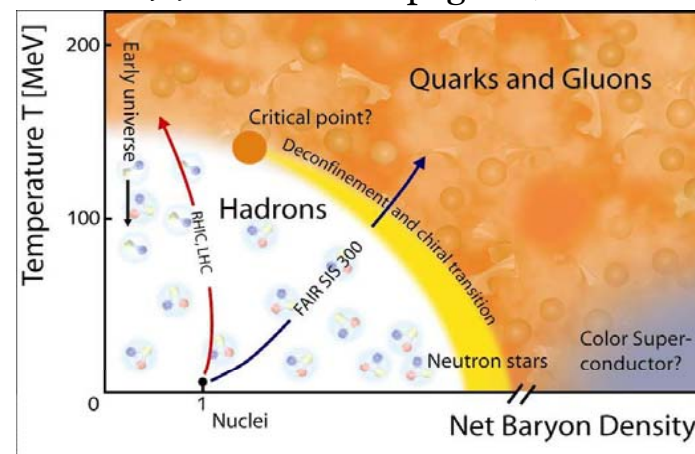
Massive vector boson

と結合したmassless fermionを有効模型として使う。

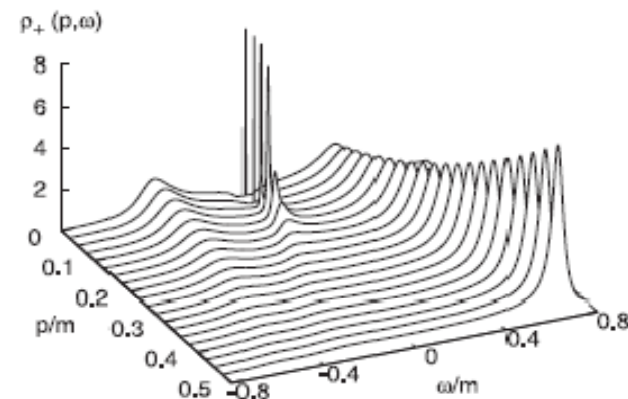
- Proca形式では $T \sim m$ で3ピーク構造。  
(Kitazawa et al. 2007)  
これは物性系でも現れるuniversalな現象。(Y. Takada 2001)  
→より一般のgaugeでも現れるのか？

- Proca形式では高温極限が取れない。  
→高温極限はどうなるのか？  
QEDのHard Thermal loop近似と一致するか？

(図はGSIのWeb pageより)



$$T/m = 1.2$$



(図はKitazawa et al. 2007より)

# Formalism

- Massive vector boson と結合した massless fermion のスペクトルを Stueckelberg 形式で計算。
- ラグランジアンは

$$L = -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + \bar{\psi} (i(\partial^\mu - gA^\mu) \gamma_\mu) \psi + \frac{1}{2} m^2 (A^\mu - \frac{1}{m} \partial^\mu B)(A_\mu - \frac{1}{m} \partial_\mu B)$$

$$+ L_{gf} \quad (B: scalar)$$

$$L_{gf} = -\frac{1}{2\alpha} (\partial \cdot A + \alpha m B)^2$$

$$A^\mu \rightarrow A^\mu + \frac{1}{m} \partial^\mu \Lambda(x)$$

$$\psi \rightarrow \exp\left(\frac{i\Lambda(x)}{m}\right) \psi$$

$$B \rightarrow B + \Lambda(x)$$

ゲージ変換は

Fermion が massless かつ 1 ループレベルの計算なので、実は  $R_\xi$  gauge での Abelian Higgs model と同じ。  
(Proca 形式は U gauge に対応)

# Formalism

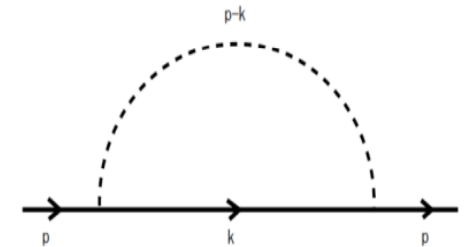
Vector bosonのpropagatorは

$$D_{\mu\nu} = -\frac{g_{\mu\nu} - \frac{p_\mu p_\nu}{m^2}}{p^2 - m^2} - \frac{p_\mu p_\nu}{m^2(p^2 - m^2\alpha)}$$

$\alpha$  : gauge fixing parameter,  $m$  : mass of vector boson

- 計算は1ループレベル。
- Fermionのself energyはこのダイアグラム。

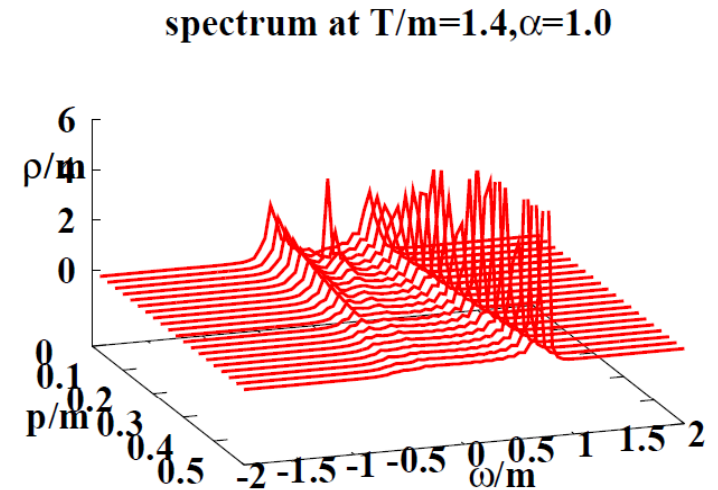
Self energyからquark spectrumを計算。



$$\rho_+ = -\frac{1}{\pi} \frac{\text{Im}\Sigma_+}{(\omega - p - \text{Re}\Sigma_+)^2 + (\text{Im}\Sigma_+)^2}$$

# Results

- $T \sim m$ で現れる3ピーク構造はどのゲージ固定パラメータでも出現。  
→ 3ピーク構造はゲージに依存しない現象



- $T \gg m$ で、FermionのComplex poleは摂動展開が破綻することによってゲージ依存性が出現
- Poleが動かない適切なゲージは $\alpha = 1$ 付近。QEDのHTL極限に一致。  
→ 有限温度の摂動計算には適切なゲージがある
- Unitary gauge ( $\alpha \rightarrow \infty$ )は摂動計算では選んではいけない。