

# Quark number density in the phase with unbroken center $Z_2$ symmetry in two-flavor QCD

竹本真平(名古屋大学) 

<共同研究者>

原田正康(名古屋大学)

佐々木千尋(ミュンヘン工科大学)

arXiv:0908.1361 [hep-ph]

## 背景

$N_f = 2$  の massless QCD は持つカイラル対称性  $SU(2)_L \times SU(2)_R$  を持つ。

## カイラル対称性の自発的破れのパターンと秩序変数

パターン I (orthodox)  $SU(2)_L \times SU(2)_R \rightarrow SU(2)_V$

2 次の秩序変数

$$\bar{\psi}\psi = \bar{\psi}_L\psi_R + \bar{\psi}_R\psi_L$$

$$\langle \bar{\psi}\psi \rangle \neq 0$$

パターン II (unorthodox)  $SU(2)_L \times SU(2)_R \rightarrow SU(2)_V \times (Z_2)_A$  center

4 次の秩序変数

$$O_1 = \bar{\psi}_L \lambda^a \gamma^\mu \psi_L \cdot \bar{\psi}_R \lambda^a \gamma_\mu \psi_R$$

$$O_2 = \bar{\psi}_R \lambda^a \psi_L \cdot \bar{\psi}_L \lambda^a \psi_R$$

$$\langle \bar{\psi}\psi \rangle = 0 \text{ \& \ } \langle O_{1,2} \rangle \neq 0$$

パターン II は  $\mu=0$  ( $T=0, T \neq 0$ ) QCD で QCD 不等式  $|\langle P^a(x)P^b(y) \rangle| > |\langle A^{\mu a}(x)A^{\nu b}(y) \rangle|$  により禁止される。 M.Shifman et al. PRD59,016001(1998)

$\mu \neq 0$  の領域ではパターン II のような対称性の自発的な破れが起こる可能性がある。

## モデルと結果

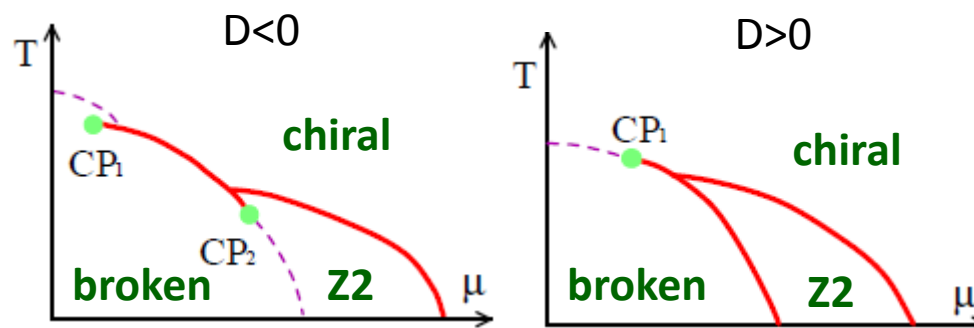
$SU(2)_L \times SU(2)_R \rightarrow SU(2)_V \times (Z_2)_A$  を考えるために  
 $\sigma \sim \langle \bar{\psi}\psi \rangle, \chi \sim \langle (\bar{\psi}\psi)^2 \rangle$  によってポテンシャルを構成。

### Ginzburg-Landau ポテンシャル

$$V(\sigma, \chi) = \sigma^4 + A\sigma^2 + \chi^4 + D\chi^3 + B\chi^2 - \sigma^2\chi - h\sigma + F\sigma^2\chi^2$$

#### ● 相図

Z2 restoration に関する  
新たな臨界点が登場。(D<0)



#### ● Z2 symmetric phase の特徴

broken phase よりも大きなクォーク数密度を持つ。(Quarkyonic phase と関連?)

pure 4 クォーク状態がNG ボソンになる。

スカラー、擬スカラーメソンの質量は縮退しない。(ms≠mp≠0)

2 クォーク凝縮は0 ( $\sigma_0=0$ ) かつ pion decay constant が有限 ( $F_\pi \neq 0$ ) である。