カイラルランダム行列模型による 2+1フレーバQCD相構造の解析

佐野　崇

東京大学大学院理学系研究科

- UA(1) breaking and phase transition in chiral random matrix model
  Phys. Rev. D **80**, 034007 (2009) TS, H. Fujii & M. Ohtani
- Work in progress , H. Fujii & TS

QCDのカイラルランダム行列模型

- ➔ Dirac演算子をカイラル対称性を持つランダム行列に置き換えた模型

Shuryak & Verbaarschot (1993)

$$\boxed{D = \begin{pmatrix} 0 & iW \\ iW^\dagger & 0 \end{pmatrix}}$$

$\{D, \gamma_5\} = 0$ カイラル対称性

$W : N_+ \times N_-$:複素ランダム行列

$$Z_\nu^{\mathrm{RM}} = \int dW \prod_{f=1}^{N_f} \det(D + m_f) \underbrace{e^{-N\Sigma^2 \mathrm{tr} W^\dagger W}}_{\text{ガウス分布}}$$

$\nu = N_+ - N_-$

$N_+ + N_- = 2N$

- 利点:QCDの対称性を持つシンプルな模型。媒質効果、解析的取り扱いが容易
  - QCD相図、臨界点 Halasz et. al. (1998)
- 問題点:フレーバ数に応じた相転移を示さない
  - 任意のフレーバ数で二次相転移(有限温度)
  - ➔3フレーバ、2+1フレーバQCDの模型としては不適

行列式相互作用項

Janik, Nowak & Zahed (1997)

- NJL模型では、行列式相互作用項が有効ポテンシャルにNf次の項をもたらす➔Nf=3 での一次相転移。
- ChRM模型でも同様の方針

1. Dirac 演算子を拡張 → 位相的ゼロモード(インスタントン起源)とそれ以外を区別

$$iW + i\mathcal{T} = \begin{pmatrix} \overbrace{iA + it\mathbf{1}_{N\times N}}^{N} & \overbrace{iX}^{N_+} \\ iY & iB \end{pmatrix} \begin{array}{l} \}\, N \\ \}\, N_- \end{array}$$

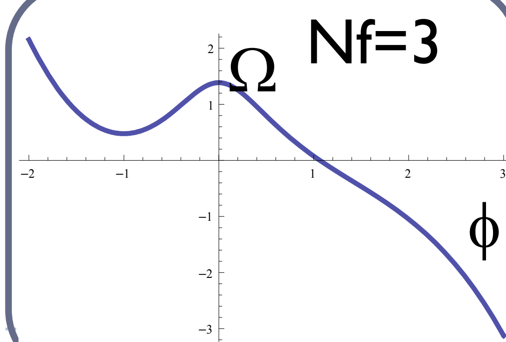
2. インスタントン数で和をとる

$$Z = \sum_{N_+, N_-} P(N_+)P(N_-)Z_{N_+,N_-}$$

$$\Omega_{\mathrm{Po}} = \frac{N_f}{2}\Sigma^2\phi^2 - \frac{N_f}{2}\log\left[(\phi+m)^2 + t^2\right] - g(\phi+m)^{N_f}$$

$$\phi \propto \langle\bar{\psi}\psi\rangle$$

➔ポテンシャルにdet. 相互作用項が現れるが unbound



インスタントン分布の変更

TS, H. Fujii & M. Ohtani (2009)

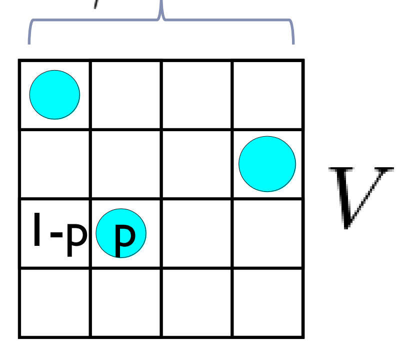
- インスタントン分布を二項分布へ変更

$\phi \to \infty$ corresponds $\langle N_+ \rangle, \langle N_- \rangle \to \infty$

➔ 正規化された分布 $N_+, N_- \le \gamma N$

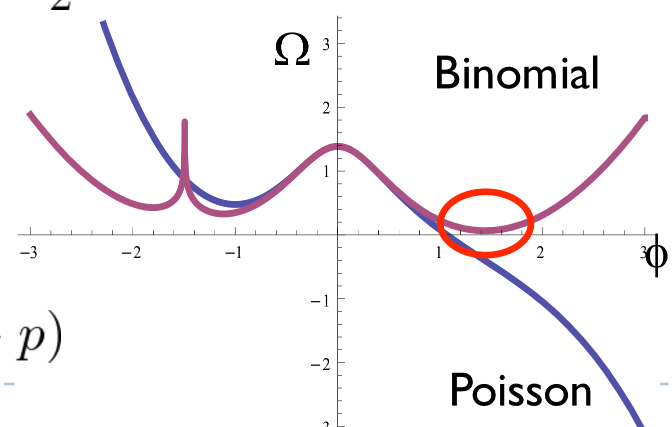
$$P(N_\pm) = \binom{\gamma N}{N_\pm} p^{N_\pm} (1-p)^{\gamma N - N_\pm}$$

γN cells

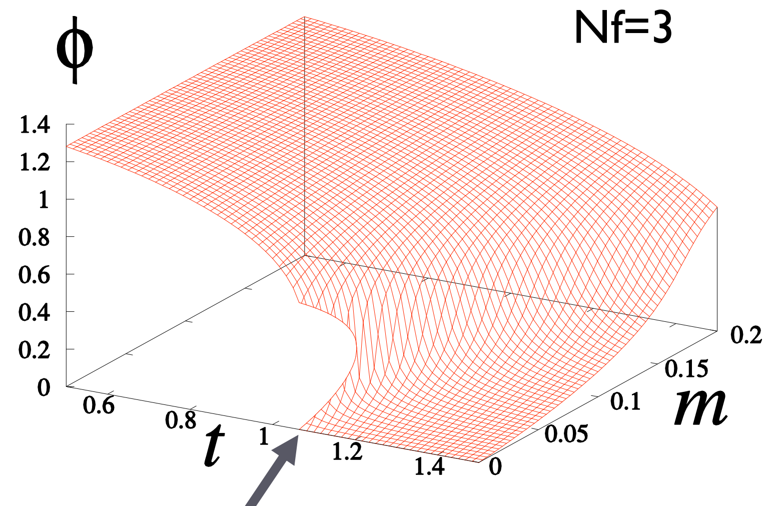


p: 1インスタントン存在確率

$$\Omega = \frac{N_f}{2}\phi^2 - \frac{N_f}{2}\log\left[(\phi+m)^2 + t^2\right] - \frac{\gamma}{2}\left[\log(\alpha(\phi+m)^{N_f} + 1)^2\right]$$



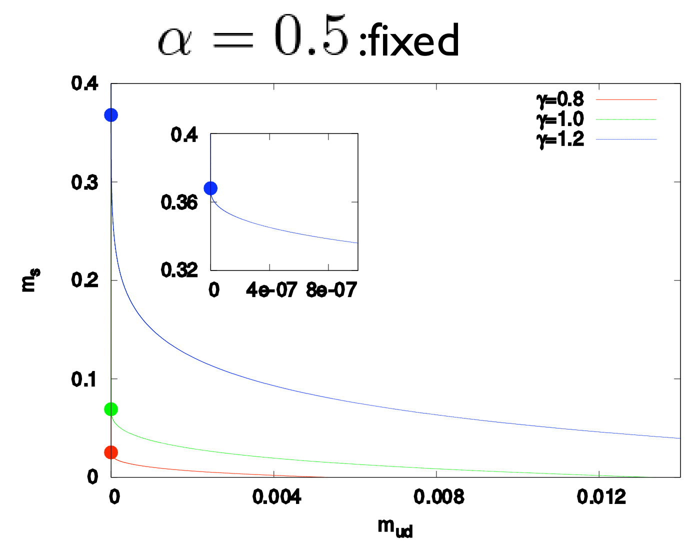
$\alpha = p/(1-p)$



1st

2+1フレーバ & まとめ

- ChRM模型で相転移のフレーバ数依存性を再現した ➔ 2+1フレーバへの応用が初めて可能に。
  - 有限密度での**臨界平面**の振る舞い(ポスター)



•今後の展開
  - アイソスピン、ストレンジネス化学ポテンシャル
  - 2-colorへの拡張
  - カラー超伝導 etc…