

---

---

# QCD phase diagram at imaginary quark and isospin chemical potentials

---

---

PRD79, 096001(2009)

虚数クォーク化学ポテンシャル領域でPNJL模型と格子QCDを定量的に比較した

arXiv:0908.3088(2009)

虚数クォーク-アイソスピン化学ポテンシャル領域でPNJL模型と格子QCDを比較した

**境 祐二 (九大理)**

柏 浩司(九大理), 河野 宏明 (佐賀大理工), 八尋 正信 (九大理)

# 虚数化学ポテンシャル

格子QCDは有限密度で計算できない（符号問題）

$$Z = \int \mathcal{D}A_\nu \det M_q(\mu) e^{-S_{\text{glu}}[A_\nu]}, \quad \underline{\underline{\det M^\dagger(\mu) = \det M(-\mu^*)}} \quad \text{複素数}$$

$\mu$  が純虚数だと符号問題がなく、直接格子QCD計算できる。

虚数  $\mu$  から実数  $\mu$  へ解析接続すればよい。

相転移線

D' Elia, Lombardo ; Forcrand, Philipsen ; Chen, Luo, Wu

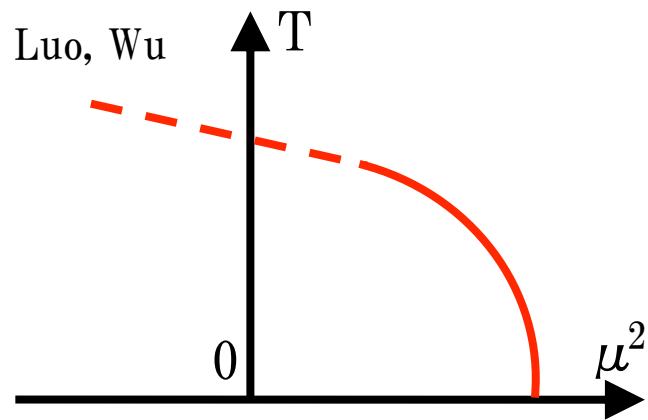
$$\underline{\underline{T_c(\mu^2) = \sum a_n \mu^{2n}}} \quad \text{係数は虚数 } \mu \text{ で決める。}$$

有効模型を用いた解析接続

虚数化学ポテンシャル

QCD分配関数は, **Roberge-Weiss (RW) 周期性**を持つ。  $Z(\theta + 2\pi/3) = Z(\theta)$

解析接続に用いる有効模型もRW周期性を持つべきである。  $\Rightarrow$  **PNJL模型**



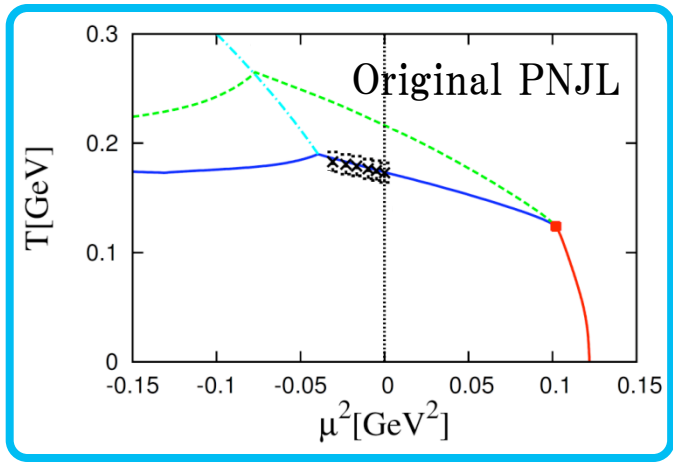
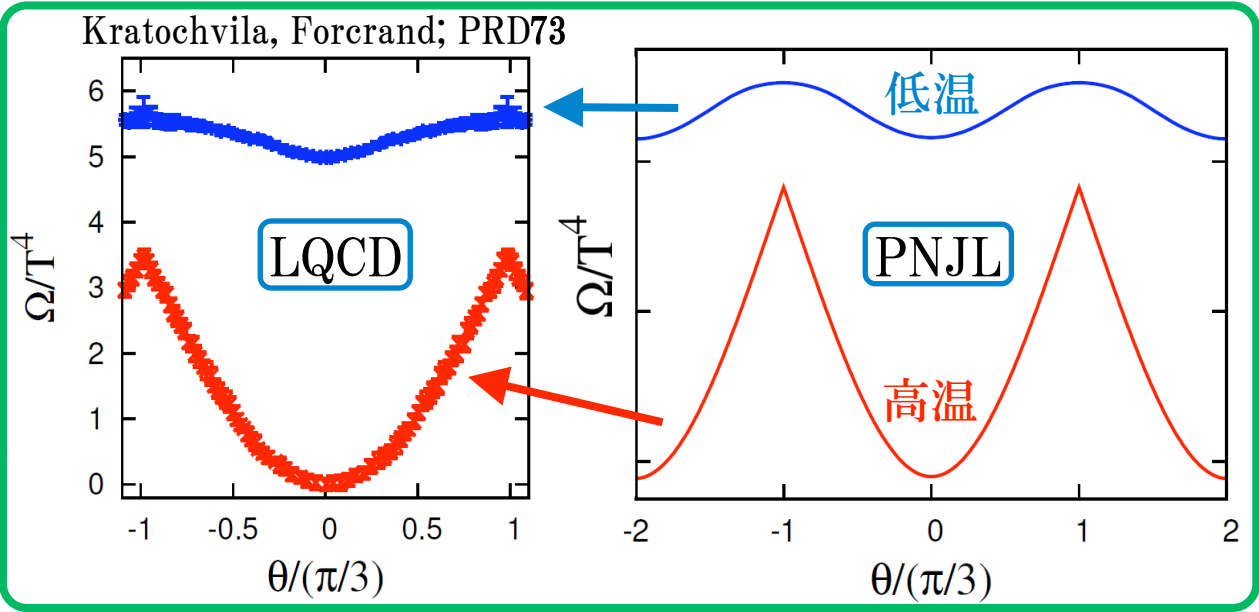
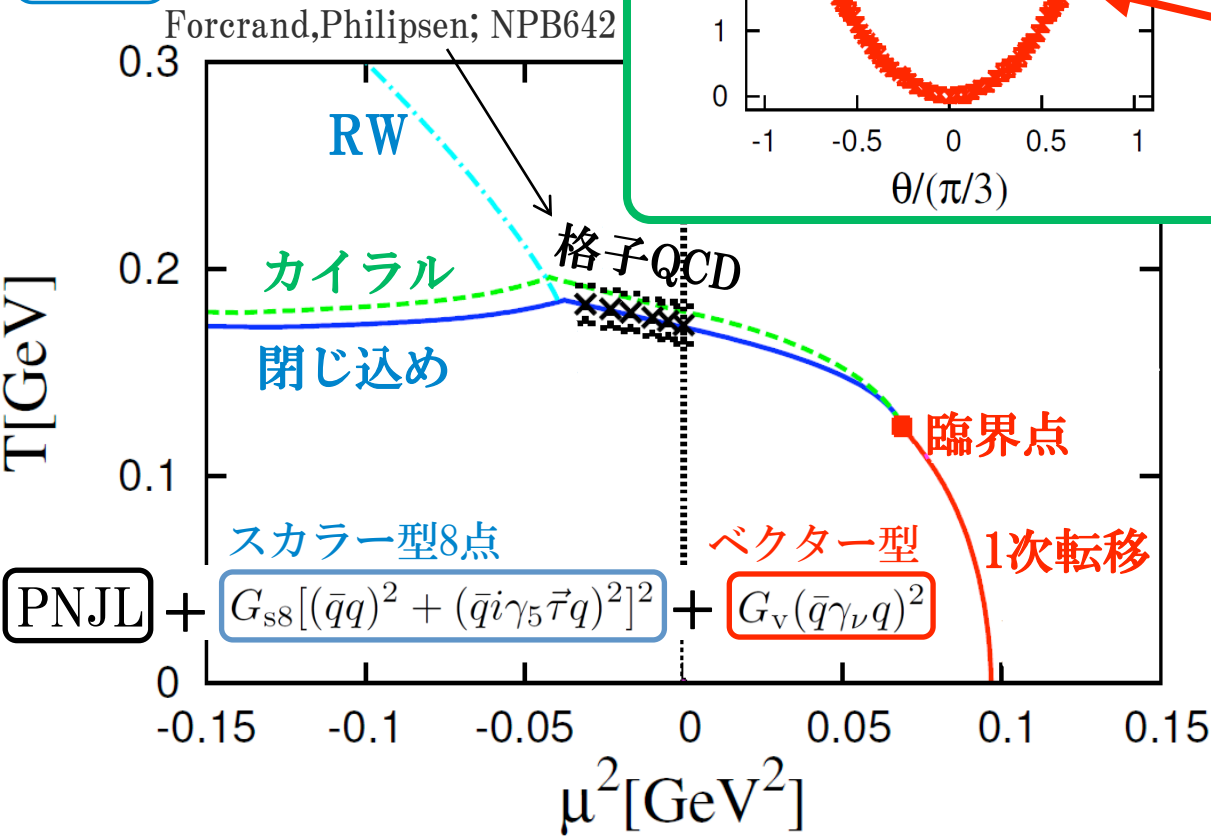
$$\theta = \text{Im}(\mu/T)$$

PNJL模型  $\mathcal{L} = \bar{q}(i\gamma_\nu D^\nu - m_0)q + G_s[(\bar{q}q)^2 + (\bar{q}i\gamma_5\vec{\tau}q)^2] - \mathcal{U}(\Phi[A], \Phi^*[A], T)$

熱力学ポテンシャル

$$\Omega(\theta) = \Omega(\theta + 2\pi/3) = \Omega(-\theta)$$

相図

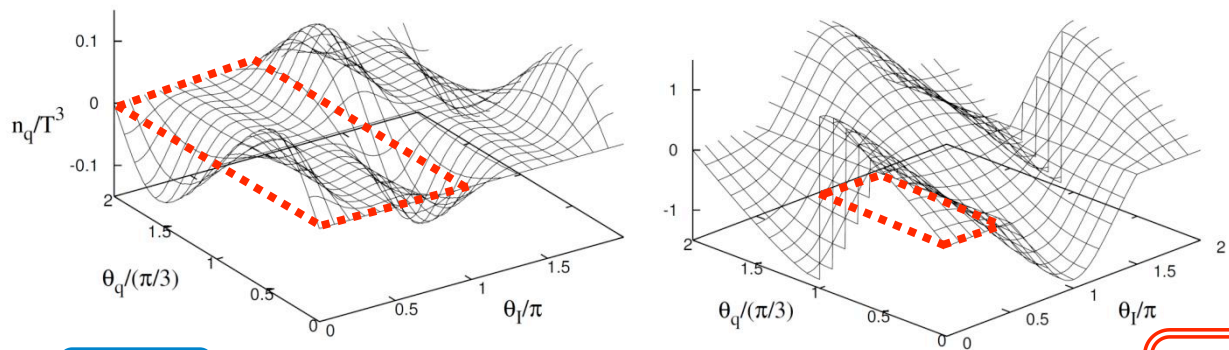


# 虚数アイソスピン化学ポテンシャル

アイソスピン化学ポテンシャル ( $\mu I$ ) では  
 $\mu I$  が実数でも虚数でも格子QCD計算できる。

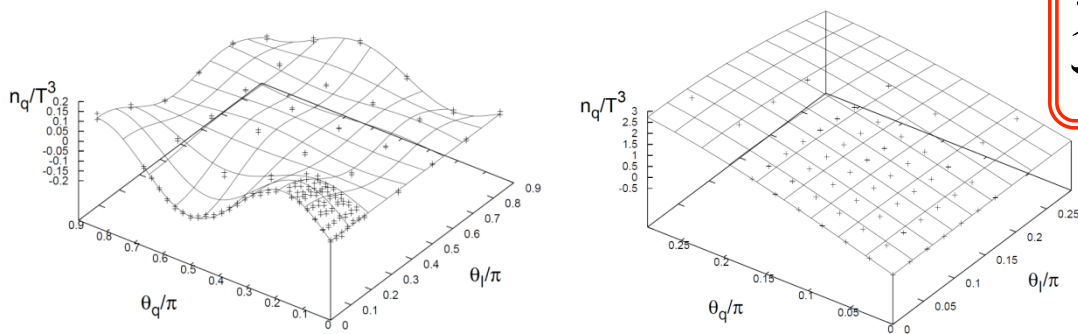
戦略 (虚数 $\rightarrow$ 実数) の妥当性のチェックを行える。

## PNJL

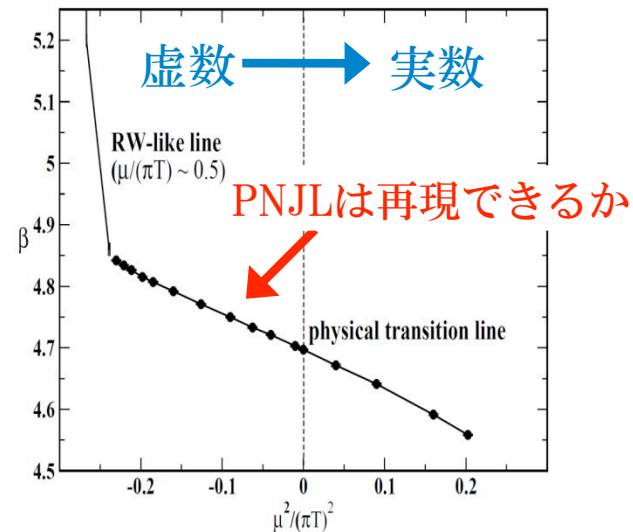


## LQCD

D' Elia, Sanfilippo ; arXiv:0904.1400



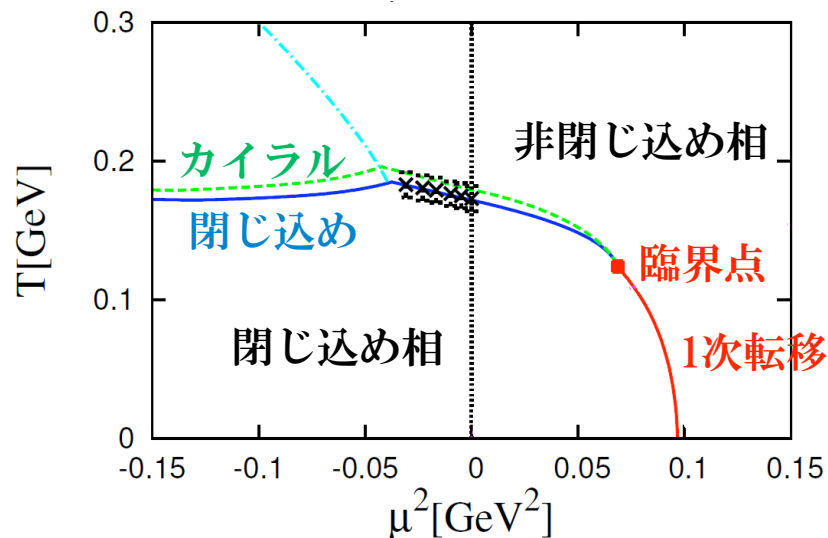
Cea et.al. ; arXiv:0905.1292



PNJLは、虚数クォーク-アイソスピン化学ポテンシャル領域で格子QCDを再現する。

# まとめ

- PNJL模型は虚数クォーク-アイソスピン化学ポテンシャル領域における格子QCDを再現する模型である。
- ベクター型相互作用とスカラー型8点相互作用を加えることでPNJL模型は虚数クォーク化学ポテンシャルにおける格子QCDを定量的に再現することができる。



## FUTURE WORK

- 虚数-実数アイソスピン化学ポテンシャルを解析し, 我々の戦略 (虚数→実数) の妥当性を確かめる。

