RCNP研究会「格子QCD実践入門」
2004年1月14日

格子QCD実践入門２

有限温度非閉じ込め相転移

有限温度(虚時間形式)

- 有限温度分配関数の経路積分
- $Z = \mathrm{Tr} e^{-H/T} = \int_{b.c.} D\phi\, e^{-S(\phi)}$
- $S(\phi) = \int_0^{1/T} d\tau \int_{V_\infty} d^3x L(\phi(\tau, \vec{x}))$
- ⇨ ユークリッド場の理論

境界条件(b.c.)

$\phi(0, \vec{x}) = \pm\phi(1/T, \vec{x})$

- 有限サイズの格子上

$$T = \frac{1}{N_\tau a} \quad (N_s >> N_\tau)$$

ポリヤコフ・ループ

- 定義：

$$L(\vec{r}) = \frac{1}{3}\mathrm{tr}\prod_{t=1}^{N_t} U_4(\vec{r}, t)$$

- ポリヤコフ・ループの期待値

$$\langle L \rangle = \mathrm{Tr}\{e^{-H/T} L(\vec{x})\} \propto \boxed{e^{-F_Q/T}}$$

$$\begin{cases} = 0 & \text{confined} & (F_Q = \infty) \\ \neq 0 & \text{deconfined} & (F_Q < \infty) \end{cases}$$

F_Q： 静的クォークの自由エネルギー

$\uparrow$
$\uparrow$
$\uparrow$
$\uparrow$
$\uparrow$
$\uparrow$
$\uparrow$

証明

$$e^{-F_Q/T} \simeq \sum_s \langle s|e^{-H/T}|s\rangle$$

$|s\rangle$：クォークを１個だけ含む状態

$$= N\sum_{s'} \langle s'|\Psi(0,\vec{x})e^{-H/T}\Psi^\dagger(0,\vec{x})|s'\rangle$$

$$= N\sum_{s'} \langle s'|e^{-H/T}\Psi(1/T,\vec{x})\Psi^\dagger(0,\vec{x})|s'\rangle$$

$$\Psi(1/T,\vec{x}) = \exp\{ig\int_0^{1/T} d\tau\ A_4(\tau,\vec{x})\}\Psi^\dagger(0,\vec{x})$$

$$= N\sum_{s'} \langle s'|e^{-H/T}L(\vec{x})\Psi(0,\vec{x})\Psi^\dagger(0,\vec{x})|s'\rangle$$

$$= \mathrm{Tr}\{e^{-H/T}L(\vec{x})\} = \langle L\rangle$$

Z₃対称性とその秩序変数

- ゲージ場(ボソン)の境界条件

- $U_\mu(0,\vec{x}) = U_\mu(1/T,\vec{x}) \quad (U_\mu = e^{iagA_\mu})$

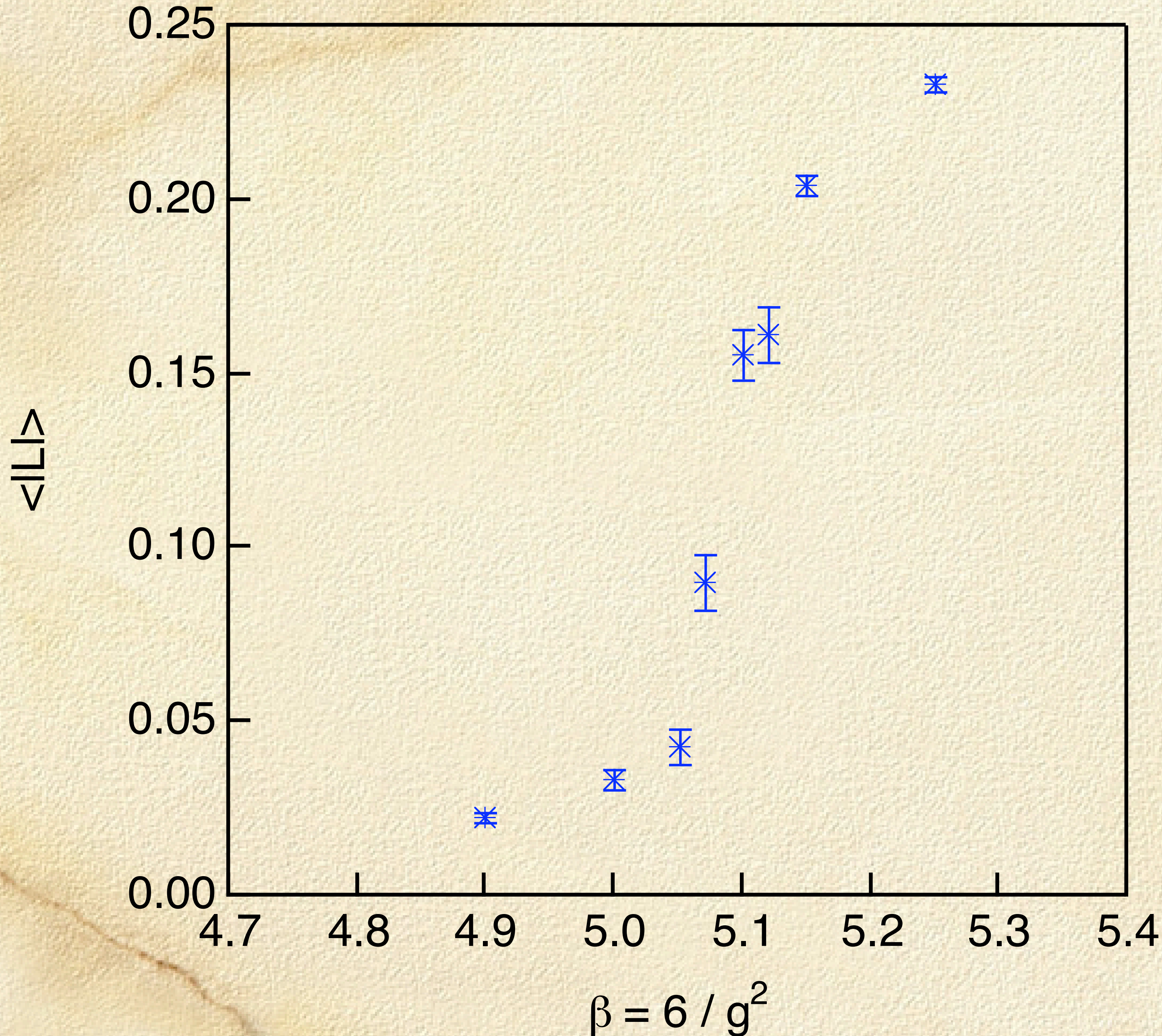
- ゲージ変換の境界条件 $U_\mu(x) \to V(x)U_\mu(x)V^\dagger(x+\hat{\mu})$

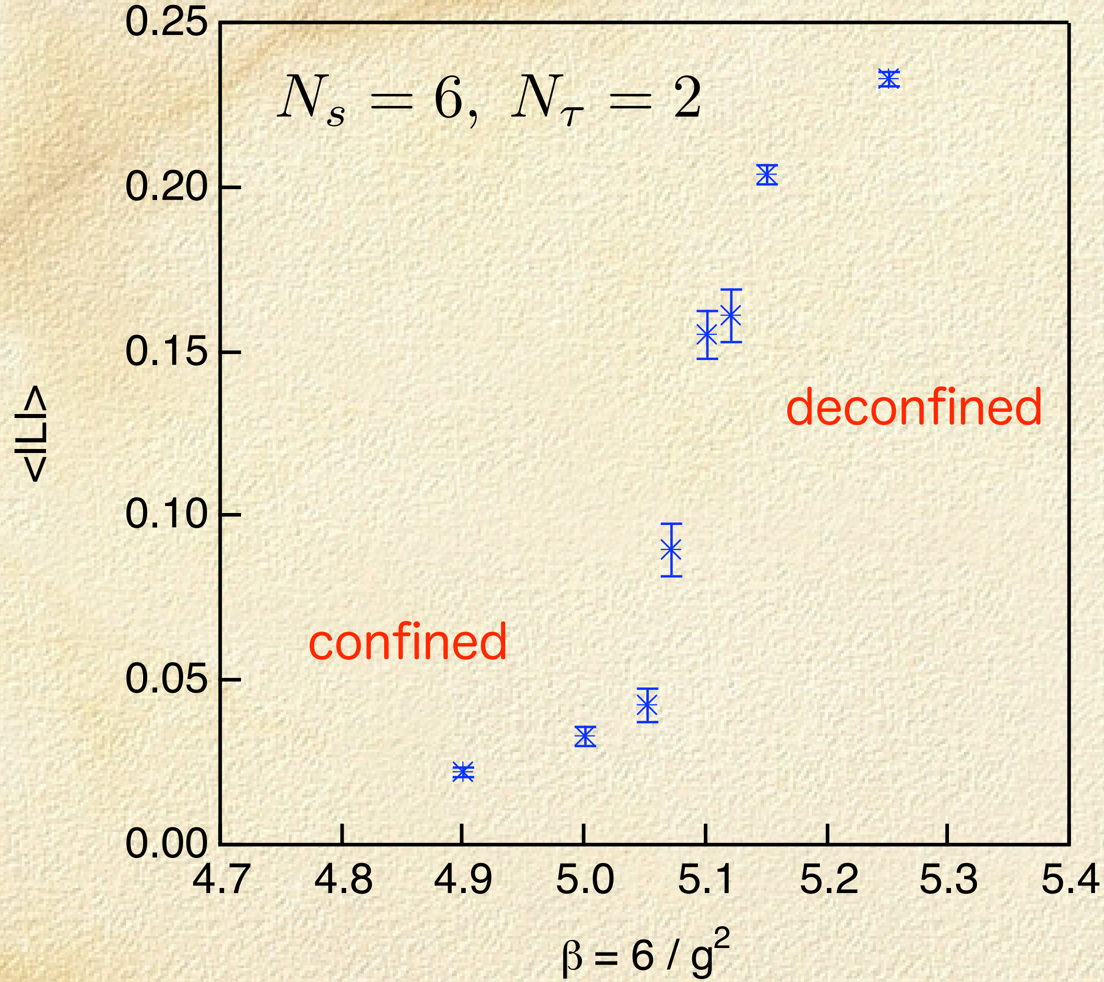
$$V(0,\vec{x}) = \omega V(1/T,\vec{x}) \qquad \omega \in Z_3(\omega^3 = 1)$$

$$L(\vec{x}) \to \omega L(\vec{x})$$

$\langle L \rangle \neq 0$ 　　Z₃対称性の自発的破れ

$$N_s^3 \times N_\tau = 6^3 \times 2$$





N_τ fixed

$$T \to \text{large}$$
$$\Updownarrow$$
$$a \to \text{small}$$
$$\Updownarrow$$
$$g \to \text{small}$$
$$\Updownarrow$$
$$\beta \to \text{large}$$

$$T = \frac{1}{N_\tau a}$$