

Precise determination of the strong coupling constant  
in  $N_f = 2 + 1$  lattice QCD  
with the Schrödinger functional scheme

谷口裕介

- プロジェクト名：格子 QCD による非摂動論的な繰り込み
- グループ名：NPR
  
- 目的：
  - $N_f = 3$  QCD における running coupling の非摂動論的な導出  
(完了。論文作成中)
  
  - $N_f = 3$  QCD におけるクォーク質量の非摂動論的な繰り込み  
(数値計算はほぼ完了。)

## $N_f = 2 + 1$ QCD の基本パラメーターの決定

- $N_f = 2 + 1$  QCD の基本パラメーター

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4g_s^2} F_{\mu\nu}^a F_{\mu\nu}^a + \bar{\psi}_i (\gamma_\mu D_\mu + m_i) \psi_i$$

- 強い力の結合定数  $g_s$ 
  - インプットとなる物理量:  $r_0$  (クォーク間ポテンシャルに関係)
- クォーク質量  $m_i$  3個
  - 格子上の裸のクォーク質量は PACS-CS で計算中
  - 非摂動的な繰り込み定数が必要
- 低エネルギーでの実験値をインプットにして  $g_s$  を求める
  - 高エネルギー実験から求めた値と比較
    - ⇒ 系統誤差の評価
  - 低エネルギーから高エネルギーまでの広い領域をカバーする必要がある

## 従来の方法

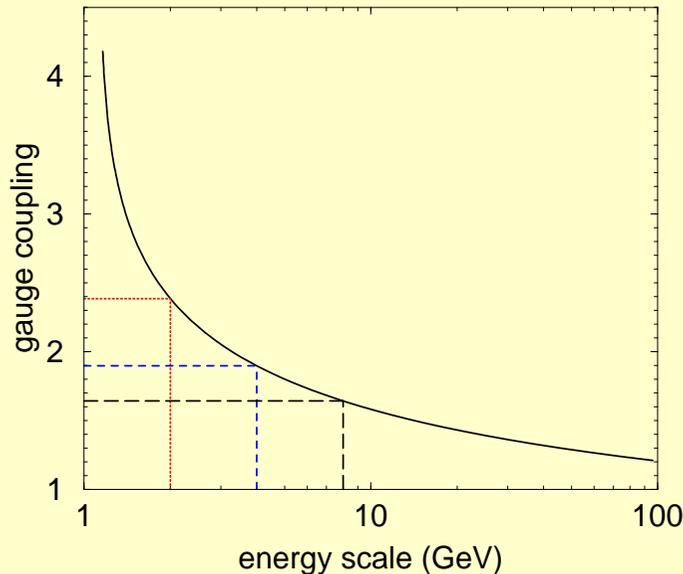
- 繰り込まれた結合定数  $g_s$  の定義

$$g_{\overline{\text{MS}}}^2(\pi/a) = \frac{1}{g_0^2} \langle \text{plaquette} \rangle + c_0 + c_1 g_0^2 + \dots$$

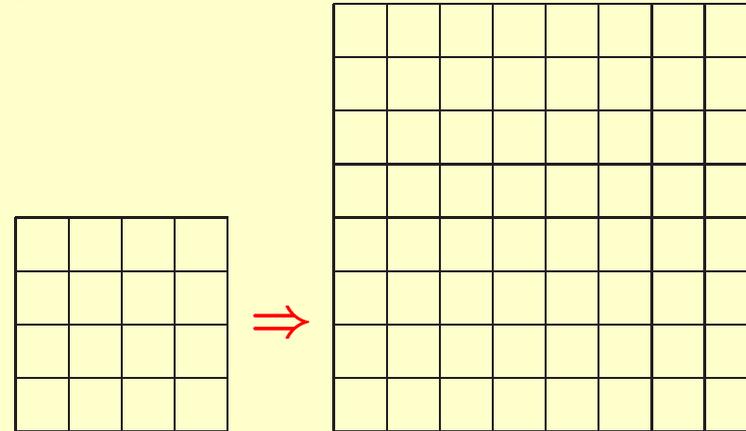
- 摂動論的な定義。
- 繰り込みのスケール:  $\mu = \pi/a$
- 問題点:
  - 摂動論が使えるためには:  $\Lambda_{\text{QCD}} \ll \mu$
  - 有限格子間隔の効果が無視できるためには:  $\mu \ll 1/a$ 
    - $\mathcal{O}(a)$  error =  $\mathcal{O}(\mu a)$
    - 展開係数  $c_n$  に  $\mathcal{O}(\mu a)$  の項が混入する。

# Schrödinger functional and Step Scaling Function

- 繰り込みスケールを  $L \rightarrow 2L$  に変化したときの繰り込み群 flow  $g(L) \rightarrow g(2L)$

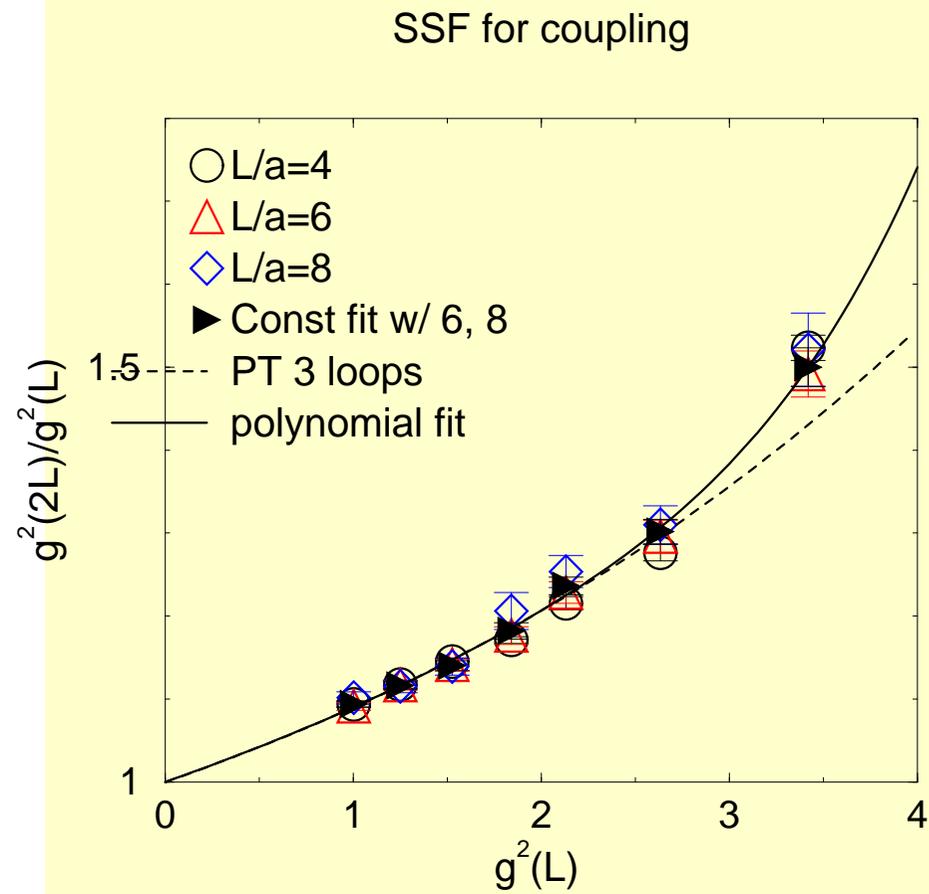
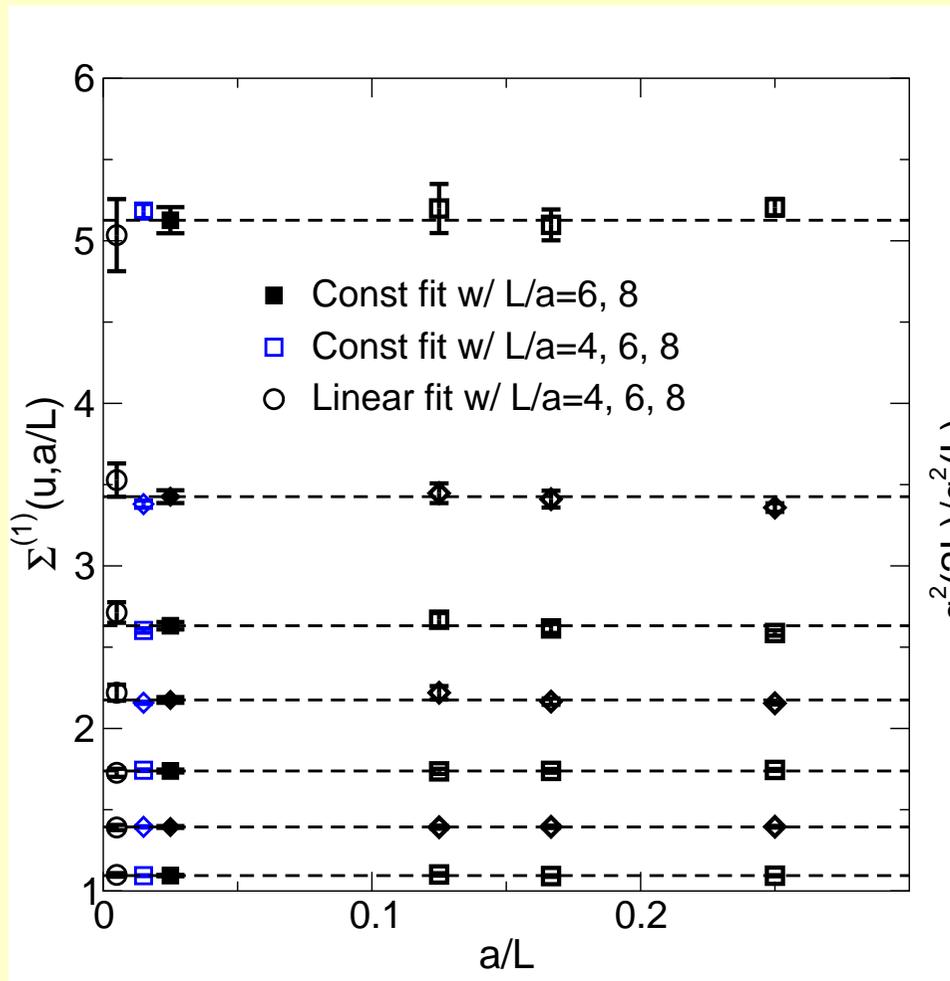


格子上で簡単に実施できる

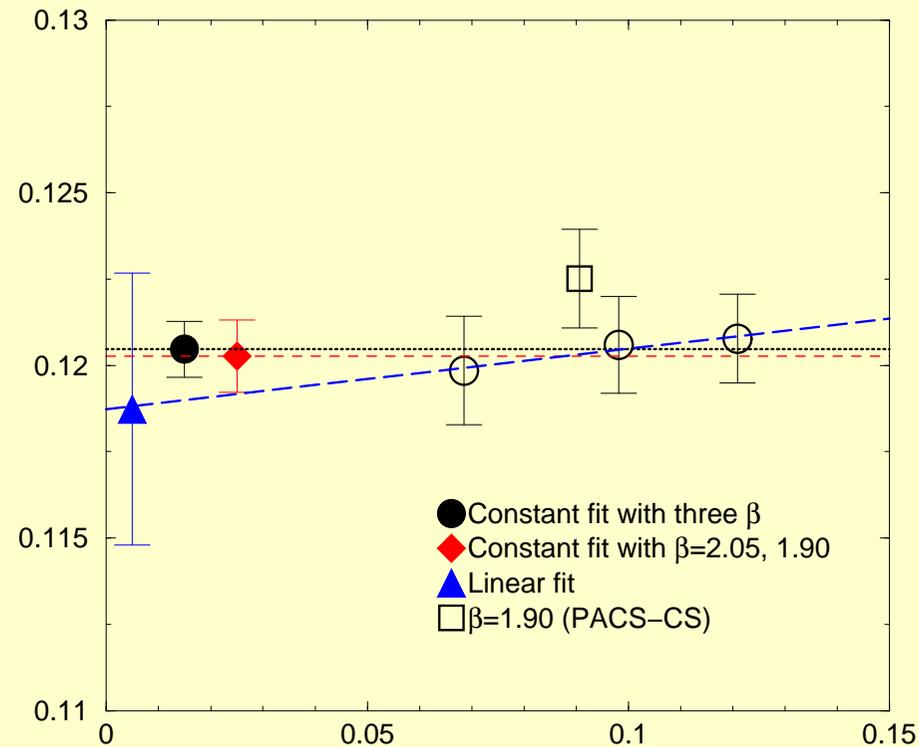


- 離散的に繰り込み群の流れを追いかける
  - 低エネルギーで結合定数を求める:  $\mu \ll 1/a$  は満たされる。
  - 繰り込み群 flow  $g(L) \rightarrow g(L/2)$  を繰り返して高エネルギーに至る。
    - ：一回の計算で  $\Lambda_{\text{QCD}} \ll \mu$  を満たす必要はない。
  - それぞれの SSF に対して連続極限を取っている。

# SSF



# Strong coupling



$$\alpha_s(M_Z) = 0.12047(81)(48)(173) \quad (\text{CP} - \text{PACS/JL} - \text{QCD})$$

$$\alpha_s(M_Z) = 0.1225(14)(5) \quad (\text{PACS} - \text{CS})$$

cf. World average:  $\alpha_s(M_Z) = 0.1176(20)$