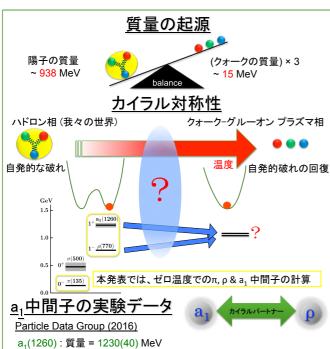
EX17706 (大阪大学サイバーメディアセンター推薦課題)

Joint Usage / Research Center for Interdisciplinary Large-scale Information Infrastructures

若山 将征(理化学研究所、極東連邦大学)

## 格子QCDシミュレーションによる南部-ゴールドストン粒子の 質量生成機構の研究





- $\bar{q}q$  p-wave (( $\pi$ + $\rho$ )も混ざってる? Nagahiro et al., PRD83, 111504(R)(2011))
- a<sub>1</sub>(1420): 質量 = 1414(15) MeV COMPASS, PRL115, 082001(2015)  $\bar{q}\bar{q}qq$  ? H-X. Chen. et al., PRD91, 094022(2015)
- a<sub>1</sub>(1640): 質量 = 1647(22) MeV  $\bar{q}q$  p-wave n=1 励起状態

#### Conference Report

K. Chen. et al., PRD91, 074025 (2015)  $a_1(1930), a_1(2095), a_1(2270)$ もあるかも...?

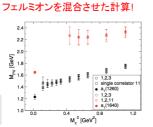
### a₁中間子のこれまでの格子計算

- · Wingate, DeGrand, Collins & Heller, PRL74, 23(1995) ダイナミカル ※ Wilsonフェルミオンとスタッガード
- a<sub>1</sub>中間子の質量: 1250(80) MeV

· Gattringer, Glozman, Lang, Mohler & Prelovsek, PRD78, 034501(2008)

クエンチLüscher-Weiszゲージ作用 カイラル改良型Dirac演算子  $\bar{q}q$ 演算子

格子QCDによるa1中間子への アプローチはまだまだ発展途上!



#### <u>格子カ</u>イラル対称性

格子QCDにおいて、カイラル対称性 はフェルミオンダブリング問題のために 満たすことができない  $\gamma_5 D + D\gamma_5 = 0$ 

・Wilson フェルミオン作用: カイラル対称性を陽に破る

しかし、Ginsparg-Wilson 関係式と呼ばれる<u>"格子" カイラル対称性</u>がある P.H. Ginsparg & K.G. Wilson,  $D\gamma_5+\gamma_5D=RaD\gamma_5D$ 

# まとめ

- a₁中間子に関する実験は様々な状態が報告されている。 a1(1260), a1(1420), a1(1640), a1(1930), a1(2095), a1(2270)
- (a, & p) はカイラルパートナーと考えられており、カイラル対称性 とその自発的破れに関する情報を引き出せる可能性がある。

### ドメインウォールフェルミオン作用

 $D_{TDWF} = \epsilon_s P_{st} \left( D_{PV}^{-1} \right)_{tu} \left( D_{DWF} \right)_{uv} P_{vw} \epsilon_w$ 

※ 添字は5次元座標を表す

A Borici Nucl Phys Proc Suppl. 83, 771 (2000) 5次元  $-P_R$  $D_{WF} + 1$  $D_{DWF}$ 方向  $-P_L$  $-P_R \quad D_{WF} + 1$  $m_f P_L$  $D_{WF} + 1$ 

Wilson

フェルミオン:  $D_{WF}(x,y) = (4-M_5) \, \delta_{x,y} - \frac{1}{2} \sum_{} \left[ (1-\gamma_\mu) \, U_\mu(x) \delta_{y,x+\hat{\mu}} + (1+\gamma_\mu) \, U_\mu^\dagger(y) \delta_{y,x-\hat{\mu}} \right]$ 

 $D_{PV}(x,y) = D_{DWF}(m_f = 1)(x,y)$ 4次元時空 への射影  $P_{st} \ = \ P_L \delta_{s,t} + P_R \delta_{s+1,t} + P_R \delta_{s,N_s} \delta_{t,1} \ , \quad \epsilon_s$ 

5次元方向の格子サイズ: N、→ 無限大 クォーク質量: m<sub>f</sub> → ゼロ

の極限で、GW関係式を満たす。

COST (ドメインウォールフェルミオン) ~ COST (Wilson フェルミオン) × 10-100!

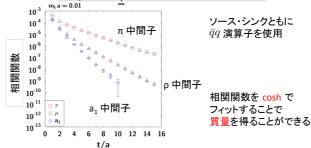
### 格子セットアップ

ゲージ配位について

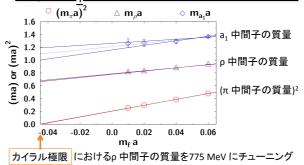
T. Blum et al., クォーク相関関数について Phys. Rev. D69 (2004)

- 2フレーバー クエンチ格子計算 \* ドメインウォールフェルミオン
- ❖ Plaquette ゲージ作用
- ・5次元方向の格子サイズ: N<sub>s</sub> = 10
- ハイブリッドモンテカルロ法 ・格子サイズ: 8\*8\*8\*32
- ・ドメインウォールの高さ: M<sub>5</sub> = 1.65 ・クォーク質量: m<sub>t</sub>a = 0.06, 0.04, 0.02, 0.01
- 格子間隔 : a = 0.171(2) fm
- ・配位数 : N<sub>conf</sub> = 600, 1240, 1240, 1240 conf.
- $\beta = 5.7$

中間子の相関関数 <u>π, ρ & a</u>₁



# π,ρ&a<sub>1</sub>中間子のクォーク質量依存性



📥 a<sub>1</sub>中間子の質量: <u>1264(129) MeV</u>

- 第一段階として、ドメインウォールフェルミオンを用いて ゼロ温度での a<sub>1</sub> 中間子の質量の計算を行った。
- 今回の結果は、 $\mathbf{a_i}$ (1260)は  $\bar{q}q$  であることを示唆 (クエンチ計算で、ソース・シンクともに qq 演算子であるため)

THPCN

学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 第9回シンポジウム