

Light Scalar Meson in Linear Sigma Model

Phys.Rev.D79:074014,2009 ,A.H.Fariborz, Renata Jora, Joseph Schechterのレビュー

黒田 佳樹

名古屋大学

クォークハドロン理論研究室

Contents

- background
- 3 flavor Linear Sigma Model
- 4quark state
- Schechter Model
- Result
- problem
- summary

background

・ベクトル中間子

I=1	ρ	m~770 MeV	$n\bar{n}$
I=0	ω	m~782 MeV	$n\bar{n}$
I=1/2	$K^*(892)$	m~892 MeV	$n\bar{s}$
I=0	$\phi(1020)$	m~1020 MeV	$s\bar{s}$

・スカラー中間子

I=0	$f_0(500)$	m~500 MeV
I=1/2	K	m~700 MeV
I=0	$f_0(980)$	m~980 MeV
I=1	$a_0(980)$	m~980 MeV

ベクトル中間子とスカラー中間子のアイソスピンと質量のヒエラルキーが逆

3 flavor Linear Sigma Model

M : 3フレーバーの複合スカラー場(ノネット)

$$M_{ij} = \bar{q}_j q_i + i\bar{q}_j i\gamma_5 q_i = S_{ij} + i\phi_{ij}$$

$$S_{ij} = \begin{pmatrix} \frac{a_0+f_0}{\sqrt{2}} & a^+ & \kappa^+ \\ a^- & \frac{-a_0+f_0}{\sqrt{2}} & \kappa_0 \\ \kappa^- & \bar{\kappa}_0 & \sigma \end{pmatrix} \quad \phi_{ij} = \begin{pmatrix} \frac{\pi_0+\eta_0}{\sqrt{2}} & \pi^+ & K^+ \\ \pi^- & \frac{-\pi_0+\eta_0}{\sqrt{2}} & K_0 \\ K^- & \bar{K}_0 & \eta_s \end{pmatrix}$$

• 変換性(2quark state)

$$SU(3)_L \times SU(3)_R$$

$$M \rightarrow LMR^\dagger \quad M^\dagger \rightarrow RM^\dagger L^\dagger$$

$$U(1)_A$$

$$M \rightarrow e^{2i\nu} M$$

3 flavor Linear Sigma Model

• ラグランジアン

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2} \text{Tr}(\partial_\mu M \partial^\mu M^\dagger) - V_0 - V_{SB} - V_1$$

$$V_0 = \frac{1}{2} \mu^2 \text{Tr}(MM^\dagger) + \gamma \text{Tr}(MM^\dagger MM^\dagger) + \lambda (\text{Tr}(MM^\dagger))^2$$

$$V_{SB} = -\text{Tr}(A(M + M^\dagger)) \quad , \quad A = \text{diag}(A_1, A_2, A_3)$$

$$V_1 = \tau (\det M + \det M^\dagger)$$

• 停留条件

$$\left\langle \frac{\partial V}{\partial S_a^a} \right\rangle = 0 \quad a = 1, 2, 3$$

4quark state

- 4クォーク状態

$$M'^d_a = \epsilon_{abc} \epsilon^{def} (M^\dagger)_e^b (M^\dagger)_f^c$$

- 変換性

$$SU(3)_L \times SU(3)_R$$

$$M'^\dagger \rightarrow R M'^\dagger L^\dagger \quad M' \rightarrow L M' R^\dagger$$

$$U(1)_A$$

$$M' \rightarrow e^{-4i\nu} M'$$

- $U(1)_A$ のチャージで2 or 4クォーク状態を同定

Schechter Model

- ラグランジアン

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2} \text{Tr}(\partial_\mu M \partial^\mu M^\dagger) + \frac{1}{2} \text{Tr}(\partial_\mu M' \partial^\mu M'^\dagger) - V_0 - V_{SB}$$

$$V_0 = \underline{-c_2 \text{Tr}(MM^\dagger)} + c_4 \text{Tr}(MM^\dagger MM^\dagger) + d_2 \text{Tr}(M'M'^\dagger)$$

$$+ \underline{e_3 (\epsilon_{abc} \epsilon^{def} M_d^a M_e^b M_f^c + h.c.)}$$

$$+ c_3 \left[\gamma_1 \ln \left(\frac{\det M}{\det M^\dagger} \right) + (1 - \gamma_1) \ln \left(\frac{\det M M'^\dagger}{\det M' M^\dagger} \right) \right]^2$$

$$V_{SB} = -\text{Tr}(A(M + M^\dagger))$$

- 停留条件

$$\left\langle \frac{\partial V}{\partial S_a^a} \right\rangle = 0 \quad \left\langle \frac{\partial V}{\partial S'_a{}^a} \right\rangle = 0 \quad ; \text{アイソスピン対称性} \rightarrow 4\text{本}$$

result

パラメータ：12個

停留条件：4本

input：崩壊定数 f_π , $\pi(137)$ 質量, $\pi_0(1300)$ 質量, $a_0(980)$ 質量

$a_0(1450)$ 質量, sクォークとu,dクォークの質量比

4つの η の質量の和と積

8つ

- ・ ラグランジアン
パラメータセット

TABLE IV. Calculated Lagrangian parameters: c_2 , d_2 , e_3^a , c_4^a and vacuum values: α_1 , α_3 , β_1 and β_3 , with $m[\pi(1300)] = 1.215$ GeV and $A_3/A_1 = 30$.

c_2 (GeV ²)	1.62×10^{-1}
d_2 (GeV ²)	6.30×10^{-1}
e_3^a (GeV)	-1.68
c_4^a	47.0
α_1 (GeV)	6.06×10^{-2}
α_3 (GeV)	7.68×10^{-2}
β_1 (GeV)	2.49×10^{-2}
β_3 (GeV)	1.96×10^{-2}
A_1 (GeV ³)	6.66×10^{-4}
A_3 (GeV ³)	2.00×10^{-2}

result

state	$q\bar{q}$	%	$q\bar{q}q\bar{q}$	%	質量(MeV)	実験値(MeV)
K	86		14		515	493.677 ± 0.016
$K(1460)$	14		86		1195	1460
K_0^*	8		92		1067	800
$K_0^*(1430)$	92		8		1624	1425 ± 50
$f_0(500)$	40		60		742	400~550
$f_0(980)$	5		95		1085	990 ± 20
$f_0(1500)$	63		37		1493	1504 ± 6
$f_0(1710)$	93		7		1783	1723 ± 5

Summary

2クォーク状態と4クォーク状態の混合を考慮した3フレーバーの線型シグマ模型
(Schechter Model)

→軽いスカラー中間子、擬スカラー中間子の質量を実現可能

→しかし $f_0(1500)$ の崩壊幅を説明することが困難