


ミニワークショップ 参加者募集

本年12月終わり頃に、
大阪大学大学院理学研究科物理学棟にて
科研費(基盤研究C)「荷電レプトン質量式が示唆した
TeVスケール物理の探究」にもとづくミニ研究集会を持ちます。
関心のある方の積極的ご参加を歓迎します。



関心のある方は、koide@kuno-g.phys.sci.osaka-u.ac.jp までご相談ください。
学生の方にはできるだけ旅費の支給を考慮しますが、当大学は目的外の使用に厳しくなっていますので、科研費課題にそったトークであることを必要とします。

基研研究会「素粒子物理学の進展 2016」

2016年9月07日 京都大学基礎物理学研究所, 京都大学,

Flavor Physics in a $U(3) \times U(3)$ ' model

Yoshio Koide (Osaka Univ.)

1. 序: 2009年以前

私は, quarks と leptons の質量と混合の統一的理解を目指して, U(3) family symmetry に基づく探求をシコシコとやっていた.

e.g.

$$H = \frac{1}{\Lambda} (\bar{e}_L)^i \Phi_i^j \Phi_j^k (e_R)_k + \dots$$

where Φ is a U(3) nonet Higgs-like scalar.

“Charged lepton mass sum rule from U(3) family”, YK, MPLA 28, 2719 (1990)

“U(3)-family nonet Higgs boson and its Higgs potential model”

YK and M Tanimoto, Z.Phys.C 72, 333 (1996)

and so on.

1. 序:2009年

私は、あの華麗な Sumino model に出会ってしまった。
以後、私はそのトリコになってしまった。

"Family gauge symmetry and Koide's mass formula".

Y.Sumino, PLB 671, 477 (2009)

それ以来、私は $U(3) \times U(3)'$ でモデルを考えるようになった。

$$H = \frac{1}{\Lambda^2} (\bar{\ell}_L)^i \Phi_i^\alpha \Phi_\alpha^j (e_R)_j H_d + \dots$$

(注1) The original Sumino model was based on $U(3) \times O(3)$, and, besides, it was not anomaly free.

(注2) その改良版として $U(3) \times U(3)'$ model が提案された:

"Family gauge bosons with an inverted mass hierarchy"

YK and T.Yamashita, PLB 711, 354 (2012)

(注3) これらのモデルにおいて、 $\Lambda \ll \Lambda'$ を考えることがキイポイントである。

なぜ $U(3) \times U(3)'$?

Quarks and leptons: triplets of $U(3)$

それ故, Q&L の世界には $U(3)'$ の足をもった粒子はほとんど顔を出さない.

現象論において, family gauge bosons (FGBs) が重要な役割を果たすが, それは $U(3)$ FGBs であって, $U(3)'$ FGBs のことではない

なぜなら, 2つのスケールは桁違いと考えるので: $\Lambda \ll \Lambda'$
それなのになぜ $U(3)'$ までを考える意味があるのか ?

それは, 次ページ以降で説明するように, $U(3)$ の破れは

$(R, 1)$ of $U(3) \times U(3)'$ ではなく,

$(3, 3^*)$ of $U(3) \times U(3)'$ によって引き起こされるから.

2. $U(3) \times U(3)'$ モデルの戦略

$U(3) \times U(3)'$



broken into S_3



当分、破れのメカニズムは不問とする

(今まで、Q&Lの対称性の破れをひたすら追求されてきた皆様、ご苦労様でした。いずれそのご苦労は報われるはずです。)

その代わりに、 $U(3)$ の未知の破れの結果として生じたであろう

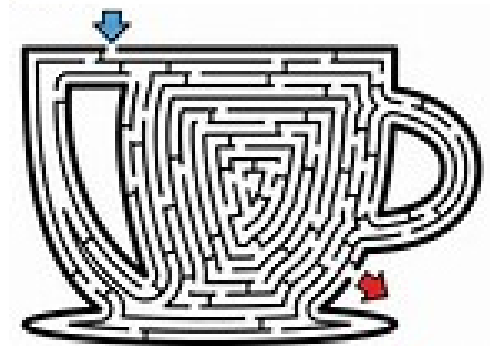
荷電レプトンの質量の観測値をインプットとして、

クォークとニュートリノの質量と混合を予言する。

これは、あたかも「迷路パズル」において、

入り口から入らずに、出口から入るという

unfair なやり方である！



具体的に Q&L の質量行列をみてみよう

$$(M_f)_i^j = \langle \Phi_f \rangle_i^\alpha \langle S_f^{-1} \rangle_\alpha^\beta \langle \bar{\Phi}_f \rangle_\beta^j$$

Since $U(3)'$ is broken into S_3 ,

the VEVs of Φ_f take a form (unit matrix + democratic matrix)

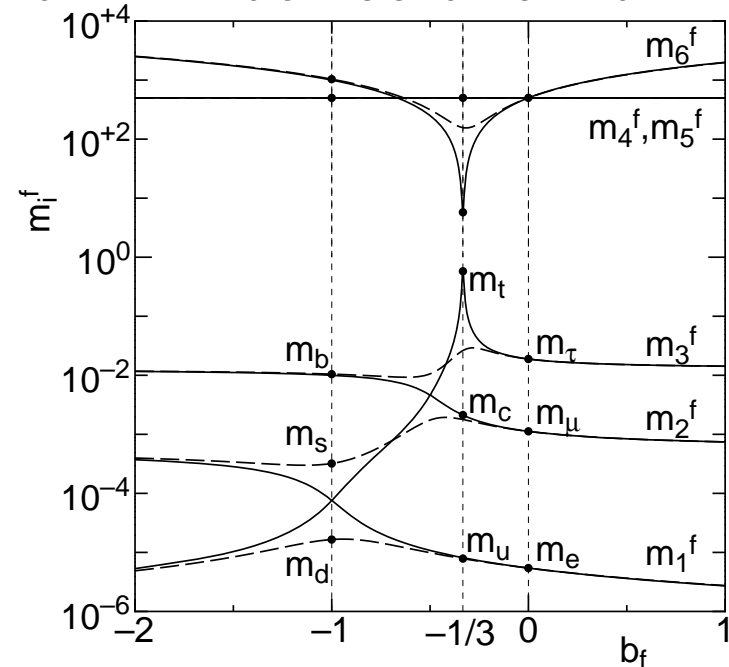
$$\langle \hat{S}_f \rangle = v_{Sf} (1 + b_f X_3),$$

$$1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad X_3 = \frac{1}{3} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}.$$

On the other hand, we take

$$\langle \Phi_f \rangle \propto \text{diag}(\sqrt{m_e}, \sqrt{m_\mu}, \sqrt{m_\tau})$$

Therefore, **the fermion mass ratios and mixings are described by only one parameters b_f .**



YK and H.Fusaoka,
Fig.1

Z.Phys. C 71, 1160 (1996)

(+- reads as -, bug of ppt?)

3. Sumino's FGB model

- Sumino FGB model の特徴

(i) Masses ratios and g_F are not free parameters:

M_{ij} are closely related to charged lepton masses m_{e_i}

g_F is related to electroweak gauge coupling constants

(ii) FGB mass matrix is diagonal on the diagonal basis of M_e ,
so that family-No. violation does not occur in the lepton sector,

(iii) $U(3)$ is broken only by scalars $(3, 3^*)$ of $U(3) \times U(3)'$,
not by scalars of $U(3)$.

e.g. in the conventional FGB, $A_1^2 \leftrightarrow A_2^1$ appears by a $U(3)$
scalars.

(iv) Family No. violations in the quark sector are caused only
via quark mixings. In the limit of $U_u = U_d = 1$, FV becomes zero!

(v) Sumino has speculated that the scale of FGB $\sim 10^3$ TeV.

Sumino model versus K-Y model

	Sumino	Koide-Yamashita
Masses	Normal hierarchy	Inverted hierarchy
$M_{ij}^2 =$	$k_e(m_{ei} + m_{ej})$	$k_e(m_{ei}^{-1} + m_{ej}^{-1})$
Anomaly	not anomaly free	anomaly free
Family No.	Twisted	Normal
e.g. $(d_1, d_2, d_3) =$	(b, d, s)	(d, s, b)
at LHC	possibly seen	difficult
at $\mu N \rightarrow e N$	possibly seen	critical

"Spectroscopy of family gauge bosons"

YK, Phys.Lett. B732(2015)6, 499 (2014)

For LHC, YK, M.Yamanaka and Yokoya, PLB 750, 384 (2015)

For $\mu N \rightarrow e N$, YK and M.Yamanaka, ArXiv: 1608:04514