

令和元年6月4日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16K05325

研究課題名（和文）荷電レプトン質量式が示唆したTeVスケール物理の探究

研究課題名（英文）TeV scale physics suggested by the charged lepton mass formula

研究代表者

小出 義夫 (KOIDE, Yoshio)

大阪大学・理学研究科・招へい研究員

研究者番号：40046206

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：ファミリーの混合と質量の問題は、西浦の助力によって、大きな進展をみた。クォークの質量と混合は、複素数1つのパラメータだけで、統一的記述に成功した。一方、荷電レプトンの質量公式については、さらなる理論的公式を発見し、山下との研究では、それらを超対称性理論の枠内で再構築することに成功した。ニュートリノでも興味ある知見を見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

荷電レプトンは最もシンプルで直接的に観測可能な素粒子である。しかし、それらの間の質量スペクトルの間の規則性やニュートリノとの関係など、それを未解決の問題はまだ数多く残されている。その解明を通して、クォークの性質・理論もより明らかになって来ると期待される。また、角野メカニズムによってファミリーゲージボソンの必要性がしてきされ、実験との整合性から、TeVスケールでの種々の新現象が予測されている。これらの現象の検証も重要な意義を持つ。

研究成果の概要（英文）：One of my task, unified description of quark masses and their mixing, was drastically extended with help of Nishiura. On the other hand, for another task, for charged lepton mass relation, the second formula was discovered by myself, and those two were rederived based on the framework of SUSY with the help of Yamashita.

研究分野：高エネルギー素粒子物理学

キーワード：ニュートリノ ファミリー混合 CKM mixing MNS mixing 統一モデル

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

素粒子の標準模型における自由度の中で、ゲージ対称性としてまだ扱われていないものは、一、「世代」「ファミリー」とも呼ばれる)だけである。しかし、観測された  $K^0-\bar{K}^0$  混合などと抵触しないためには、そこにおけるゲージボソンの質量は十分に大きく選ばねばならなかった。ファミリーをゲージ対称性で見なしても、それはアカデミックなレベルの扱いであって、それが直接我々のスケールに観測可能なものとして顔を出すとは誰も考えなかった。

### 2. 研究の目的

荷電レプトンの質量式が、本来は running masses によって満たされるべきなのに、pole masses (質量の観測値)によって7桁の精度で満たされている。この大きな理論的矛盾を解決するメカニズムとして、隅野はこれはファミリーゲージボゾンが存在して光子による輻射補正の項を打ち消す働きをするというモデルを提案した。このファミリーゲージボソンの理論をよりリアリスティックに構築し、かつ、実験的検証可能なモデルへと構築することを目的とする。

### 3. 研究の方法

本研究では、荷電レプトンの質量式の起源のものには触れない。その起源の理論的説明はまだ時期尚早であると考え。その前に、もっと現象論的なアプローチが大切と考える。そのためには、クォークとレプトン(ニュートリノを含む)の質量比と混合の研究が1つのカギになると考える。このアプローチからの現象論的研究は、山中(九州産業大)と西浦(大阪工大)の助力を得て進める。一方で、場の理論の正統的アプローチからの検討は山下(愛知医科大)の協力によって、より深い考察を進めて行く。

### 4. 研究成果

ファミリーの混合と質量の問題は、西浦の助力によって、大きな進展をみた。一方、荷電レプトンの質量公式については、さらなる理論的公式を発見し、山下との研究では、それらを超対称性理論の枠内で再構築することに成功した。

### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 8 件)

Charged Lepton Mass Relations in a SUSY Scenario,

Yoshio Koide and Toshifumi Yamashita,

Physics Letters B 171-174 (2018) 査読有

Parameter-Independent Quark Mass Relation in the  $U(3)\times U(3)'$  Model,

Yoshio Koide and Hiroyuki Nishiura,

Modern Physics Letters A 1-12 (2018) 査読有

Another Formula for the Charged Lepton Masses,

Yoshio Koide,

Phys. Lett. B, 777 131-133 (2018) 査読有

Structure of Right-Handed Neutrino Mass Matrix,

Yoshio Koide,

Phys. Rev. D, 96, 095005 (2017) 査読有

Flavon VEV Scales in  $U(3)\times SU(3)'$  Model,

Yoshio Koide and Hiroyuki Nishiura,

Int.J. Mod. Phys. A 32, 1750085-1-25 (2017) 査読有

Sumino's Cancellation Mechanism in an Anomaly-Free Model,

Yoshio Koide,

Mod. Phys. Lett. A 32 1750062-10 (2017) 査読有

$\mu$ -Electron Conversion in a Family Gauge Boson Model,

Yoshio Koide and Masato Yamanaka,

Phys. Lett. B 762, 41-46 (2016) 査読有

Quark and Lepton Mass Matrices Described by Charged Lepton Masses,

Yoshio Koide and Hiroyuki Nishiura,  
Mod. Phys. Lett. A, 31, 1650125-1-13 (2016) 査読有

〔学会発表〕(計 4 件)

1. 荷電レプトン質量式：残る問題は何か？

小出 義夫

日本物理学会年会（九州大学）2019 年

2. Muonium - Antimuonium Transition Without Any Non-Standard Particles

Yoshio Koide

Workshop "Physics of muonium and related topics"

Osaka University, Japan, 11 Dec. (2018),

3. What physics does the charged lepton mass relation tell us?

Yoshio Koide

FLASY 2018, Basel, Switzerland, 5 July, 2018 (国際学会)

4. ユカワオンモデルの狙いをユカワオンなしで実現できるか？ I

小出 義夫 西浦 広幸

日本物理学会 2016 年秋季大会（宮崎大学），2016 年 9 月 23 日

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況（計 0 件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年：

国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

こいでよしおのぶつり教室

<http://koide-phys.com/us-hep/preprint.html>

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名： 山下 敏文

ローマ字氏名： YAMASHITA Toshifumi

所属研究機関名： 愛知医科大学

部局名： 医学部

職名： 講師

研究者番号(8桁): 90622671

研究分担者氏名: 山中 真人  
ローマ字氏名: YAMANAKA Masato  
所属研究機関名: 九州産業大学  
部局名: 理工学部  
職名: 助手  
研究者番号(8桁): 70585992

(2)研究協力者

研究協力者氏名: 西浦 広幸  
ローマ字氏名: NISHURA Hiroyuki

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。