

自己評価報告書

平成 23 年 5 月 13 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2012

課題番号：20340053

研究課題名（和文） 素粒子の世代の起源と大統一理論

研究課題名（英文） The origin of generations and grand unified theories of elementary particles

研究代表者

九後 太一 (KUGO TAICHI)

京都大学・基礎物理学研究所・教授

研究者番号：00115833

研究分野：素粒子論

科研費の分科・細目：物理学 素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：大統一理論、超重力理論、超弦理論、質量階層性、世代混合、フレーバー対称性、超対称性、超対称非線形表現

1. 研究計画の概要

ニュートリノ振動が明らかにしたクォークとレプトンの対照的な世代階層混合構造をヒントとして、標準模型を超えたところに想定される素粒子の大統一理論を探究することを目的とする。

この目的に向けて全国にまたがる研究分担者達がそれぞれの分担課題を個別に研究すると共に、毎年一回宿泊型 Summer Institute(SI) を企画・組織し、この研究分野の研究者を全国的にかつ有機的に組織し、実り多い共同研究・研究協力を推進するための核とする。

2. 研究の進捗状況

この研究計画の主な目的は、宿泊型 Summer Institute(SI) の開催によって、統一理論構築に向けて全国的・国際的共同研究を推進することである。この SI は本科研費開始以前の 1995 年から毎年開催している伝統あるもので、近年はアジアからの参加者も多く、2-3 年に一回は韓国や台湾で開催している。2008 年からの SI は本科研費の事業として毎年順調に開催できている。

先ず最初の年 2008 年は 8 月 10-17 日の 8 日間台湾の Chi-Tou で第 14 回「Summer Institute 2008」を開催し、日本からの 55 名を含め、韓国・台湾・中国、欧米から、延べ 139 名の参加を得た。次の第 15 回「Summer Institute 2009」は、2009 年 8 月 13-20 日の 8 日間、その次の第 16 回「Summer Institute 2010」は 2010 年 8 月 12-19 日の

8 日間、どちらも恒例の富士吉田の人材開発センター富士研修所で開催した。参加者は、SI2009 が、日本から 52 名、韓国・台湾・中国、欧米から 14 名、計 66 名、SI2010 は、日本から 71 名、韓国・台湾・中国から 16 名、欧米から 8 名、計 95 名、であった。

これらの SI では、それぞれ参加の研究者達は 7 泊の泊まり込みで朝から晩まで起居を共にし、非常に活発で密な議論を交わすことができた。これらの SI での議論に基づく論文や、それを契機とした共同研究も年を追って多く生み出されてきている。わが国の、ひいては韓国・台湾を含むアジア発の、素粒子大統一理論構築の研究の基盤を作ると共に、活発な若手研究者を生み出すことに貢献してきている。

この研究計画はもちろん SI 開催のみならず、研究分担者達自身のこの分野での研究推進も目的としており、この面でも下で述べるような着実な研究成果が出ている。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(理由)

上でも述べたように、毎年順調に Summer Institute を企画・組織し、全国の研究者のみならず、韓国や台湾を中心としたアジアからの研究者も参加し、全国的・国際的共同研究が着実に行われてきている。これらは当初計画の予定通りの達成度である。

4. 今後の研究の推進方策

本研究計画はあと 1 年であるが、今後もこ

れまで通りの方針で、富士吉田ないしアジアで Summer Institute を企画・開催し、この研究分野の研究者を全国的・アジア的にかつ有機的に組織し、実り多い共同研究・研究協力を推進する。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

以下の「雑誌論文」にあげた代表論文については、それぞれの成果内容について簡単な説明を加えておく。

[雑誌論文] (計 34 件)

① T. Kugo and T.T. Yanagida, “Coupling Supersymmetric Nonlinear Sigma Models to Supergravity”, *Prog. Theor. Phys.* 124 巻 555–565 頁 (2010 年) 査読有

この論文は、3 世代フェルミオンの起源に関連して、超対称非線形表現を超重力理論に無矛盾に結合させる方法を一つ提案したものの。

② H. Ishimori, T. Kobayashi, H. Ohki, H. Okada, Y. Shimizu and M. Tanimoto, “Non-Abelian Discrete Symmetries in Particle Physics”, *Prog. Theor. Phys. Suppl.* 183 巻 1–163 頁 (2010 年) 査読有。

これは、クォーク・レプトンの混合・質量構造を理解するための非可換離散対称性についての総合報告である。離散群のアノマリーや多重項の部分群における分解等オリジナルな内容も含んでいる。

③ H. Abe, T. Higaki, T. Kobayashi, K. Ohta, Y. Omura and H. Terao, “Duality cascade of softly broken supersymmetric theories”, *Phys. Rev. D* 79 巻, 045003(1–11) (2009 年) 査読有。

これは、ゲージ対称性が直積構造になっている超対称大統一理論で、現象論的に重要な超対称性の破れのパラメータの変化について一般的に解析したもの。

④ H. Ishimori, Y. Shimizu and M. Tanimoto, “ S_4 Flavor Symmetry of Quarks and Leptons in $SU(5)$ GUT”, *Prog. Theor. Phys.* 121 巻 769–787 (2009 年) 査読有

ここでは、世代対称性として非可換離散群の S_4 群を持つ、クォークとレプトンの世代混合のモデルを構築した。これは S_4 群がク

ォークとレプトンの混合角の関係を与えることを示した最初の論文である。

⑤ M. Ishiduki, S.-G. Kim, N. Maekawa, K. Sakurai, “Spontaneous CP violation in E_6 supersymmetric grand unified theory with $SU(2)$ flavor and anomalous $U(1)$ symmetries”, *Phys. Rev. D* 80 巻 115011 (1–13) (2009 年) 査読有

この論文では、 $SU(2)$ 世代対称性と異常 $U(1)$ 対称性を持つ E_6 大統一理論において、自発的に CP 対称性を破ることで、小林益川位相を導出し、かつ、超対称性 CP 問題を解決できることを示した。

[学会発表] (計 3 件)

① 草深幸、「コンフォーマルウィンドウにおけるゲージベータ関数」、日本物理学会 2010 年秋季大会、2010 年 9 月 16 日、九州工業大学戸畑キャンパス

② 寺尾治彦、「Moduli induced dark matter with enhanced annihilation」、日本物理学会第 65 回年次大会、2010 年 3 月 21 日、岡山大学

③ 小林 達夫、「String (moduli) phenomenology」、日本物理学会第 64 回年次大会、2009 年 3 月 29 日、立教大学