

機関番号：14301

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008 ~ 2011

課題番号：20540266

研究課題名 (和文) 超弦理論の現象論的性質についての研究

研究課題名 (英文)

Study on phenomenological aspects in superstring theory

研究代表者

小林 達夫 (Kobayashi Tatsuo)

京都大学・大学院理学研究科・准教授

研究者番号：60322153

研究分野：数物系科学

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：素粒子 (理論)

1. 研究計画の概要

超弦理論は、重力を含む統一理論の有力な候補である。超弦理論が素粒子物理学として本当に意味がある理論であるならば、4次元低エネルギー有効理論として、標準模型を再現するはずである。また、素粒子論のみならず、ダークエネルギー、ダークマターインフレーションの機構などの様々な宇宙論的な問題についても明確な説明を与えてくれるであろう。このように、「超弦理論から我々の世界がどのように導かれるか」ということを探求することが本研究のテーマである。

現状ではかなり多くの弦理論の真空が存在することが分かっている。したがって、有望と思われるコンパクト空間上の超弦理論の現象論的性質を系統的に解析し、どのような場合に標準模型の群構造や世代構造が導出されるのか、更にゲージ結合や湯川結合の値などを計算することが重要である。このような系統的な解析や宇宙論的性質も含め、弦理論から現実世界への道筋を明らかにすることが本研究の目的である。

2. 研究の進捗状況

オービフォールド上のヘテロ型弦模型は、現実的なスペクトルを導出するのに有望な超弦模型の1つであり、様々な現実的な模型が調べられてきた。現実的なスペクトルが導出されれば、次の段階は、その低エネルギー有効理論の解析であり、その理論がどのような結合を含むかの解析である。以前の我々の研究で、その低エネルギー有効理論には、様々な離散的な対称性が現れることを議論してきたが、T.Araki, et. al. Nucl.Phys. B805 (2008) 124 では、そのアノマリーを解析し、アノマリーに特定のパターンがあり、離散的

対称性でさえ、そのアノマリーが Green-Schwarz 機構で相殺できることを示した。

背景磁場をもつブレーン模型も有望な模型の1つである。我々は現実的なスペクトルを得る可能性を様々な背景磁場の組み合わせを使い系統的に解析した。また、その結合をモジュライの関数として計算し、現実的なクォーク・レプトンの質量や混合角をえる可能性を調べた。さらに、このようなブレーン模型では、特定の非可換離散群がフレーバー対称性として現れることを示した (H.Abe, et. al. Nucl. Phys. B820 (2009) 317)。

更に最近 F理論の現象論への応用が盛んに研究されている。その模型構築の方法は、E8群から SU(5)群等の大統一理論を経て標準模型を得るシナリオであるが、我々は K.S.Choi-T.Kobayashi Phys. Lett. B693 (2010) 330 で、E8群から SU(5)群等を経ずに、直接標準模型を得る可能性を提案し、現実的な模型の構築を行った。

3. 現在までの達成度

② おおむね順調に進展している。
ヘテロ型弦理論、背景磁場のある D-ブレーン模型の4次元有効理論の解析が順調に進んだ。特に、様々な超弦理論から非可換離散フレーバー対称性が導出されることをしめた。非可換離散フレーバー対称性は、最近素粒子論の場の理論の模型構築において盛んに研究されているが、その弦理論からの起源を与えたことは非常に重要である。また、そのような離散対称性のアノマリーの解析方法を確立したことは重要である。

4. 今後の研究の推進方策

これまでの現実的なスペクトルを導く弦理論の4次元有効理論の解析をさらなる現象論的な性質の研究に応用していく計画である。その1つの重要な課題は、クォーク・レプトンの質量や混合角の実験値の導出である。これまでの成果である離散対称性や結合の値の一般的な計算の結果を使って、この課題を研究する予定である。その際、モジュライを適当な値に決定する必要がある。その決定機構は、超対称性の破れの関連し、そのときに現れる超対称粒子の質量の特徴的なパターンを解析し、この一連のシナリオの予言を引き出したいと考えている。また、モジュライの存在は様々な宇宙論においても重要で、今後宇宙論的性質の解析も進めていく計画である。

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)

[雑誌論文] (計5件)

- ① 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 (2010) 1-163.
- ② K. S. Choi and T. Kobayashi, ``Towards the MSSM from F-theory'', Phys. Lett. B693 (2010) 330-333
- ③ H. Abe, K. S. Choi, T. Kobayashi and H. Ohki, ``Non-Abelian Discrete Flavor Symmetries from Magnetized/Intersecting Brane Models'', Nucl. Phys. B820 (2009) 317-333.
- ④ H. Ishimori, T. Kobayashi, H. Okada, Y. Shimizu and M. Tanimoto, ``Lepton Flavor Model from $\Delta(54)$ Symmetry'', JHEP 0904 (2009) 011.
- ⑤ T. Kobayashi, Y. Omura and K. Yoshioka, ``Flavor Symmetry Breaking and Vacuum Alignment on Orbifolds'', Phys. Rev. D78 (2008) 115006.
- ⑥ T. Araki, T. Kobayashi, J. Kubo, S. Ramos-Sanchez, M. Ratz and P. K. S. Vaudrevange, `` (Non-)Abelian discrete anomalies'', Nucl. Phys. B805 (2008) 124.

[学会発表] (計1件)

小林達夫

“String (moduli) phenomenology”
日本物理学会、宇宙線・宇宙物理領域、

素粒子論領域合同シンポジウム

「主題: Prospects of string cosmology」,
2009年3月28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:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]