

## 自己評価報告書

平成 23 年 3 月 31 日現在

機関番号：12201

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008 ～ 2011

課題番号：20540249

研究課題名(和文) 素粒子の統一理論における素励起の研究

研究課題名(英文) Research on the fundamental modes in unification theory

研究代表者

上原 正三 (UEHARA SHOZO)

宇都宮大学・工学研究科・教授

研究者番号：20168652

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：M理論、超弦理論、統一理論

## 1. 研究計画の概要

(1) 現在、超弦理論/M理論は、素粒子の統一理論として最も有力な候補である。

(2) この超弦理論/M理論には、10次元超弦理論の基本弦、ソリトンの物体であるDブレーン、さらに11次元M理論のMブレーンが励起モードとして存在する。理論全貌の解明には、これらの相互関係や、結合状態を含めた励起モードが混在する状態を詳しく解析する必要がある。

(3) 超弦理論/M理論の素励起について、時空の幾何学的構造とも関係する、運動学的な相互の関係とともに、それらが混在する場合を含めた力学過程を解析することを研究目的とする。

## 2. 研究の進捗状況

(1) 超膜理論の作用から、まずボーズ自由度に限り、type IIB 弦理論に含まれる基本弦とD弦の結合状態と思われる(p,q)-弦を、直接かつ具体的に導出した。

(2) 次に、超膜理論の作用の2次元トラスへのコンパクト化を、フェルミ自由度も含めて解析するために、超場形式におけるフェルミ自由度についてのノーマル座標展開の手法を用いて、超膜理論をフェルミ自由度についてベキ展開した。

(3) フェルミ自由度のベキ展開では、超膜理論は32乗までの有限展開となる。しかし、ノーマル座標展開を用いたことにより、ボーズ自由度により書き下されるそれらの展開係数は、幾何学的量を用いて表されることで、

非常に複雑な形になる高次の展開係数においても比較の見通しのよい記述が可能となる。

(4) 以上の様なノーマル座標展開の手法を踏まえ、超膜理論の2次元トラスへのコンパクト化の具体的な導出を、非自明なフェルミ自由度の2次の展開まで行うことに成功した。

(5) コンパクト化によって導出された作用の具体的な表式は、基本弦とD弦の結合状態である、いわゆる(p,q)-弦の作用であることを、反対称テンソル場との結合から、確認することができた。このことにより、具体的に超膜理論からコンパクト化により(p,q)-弦理論を導くことに成功した。

(6) さらに、超膜理論の影響、名残りがコンパクト化後の弦理論の中に見ることがないかについての追及を行った。

(7) その結果、弦の摂動展開のパラメータと深く関係するディラトンと弦の世界面の曲率の結合が、コンパクトの結果導かれることを、経路積分法におけるアノマリーの計算手法を用いて導くことに成功した。

## 3. 現在までの達成度

③やや遅れている。

(理由)

超膜理論の作用を用いたコンパクト化の静的な解析が、ボーズ自由度に制限したときに比べ非常に複雑でありため、何倍もの時間を必要としたため、動力学的な解析までは進んでいない。

4. 今後の研究の推進方策

素励起の動力学的な解析までは当初の予定通りは難しくとも、静的な解析において、コンパクト化による影響では当初の予想を越えた結果まで解析できこともある。さらに、M5ブレーンに関する研究も進んでいることから、静的な解析に重点を置いて研究を進めてゆく。

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2件)

- ① Shozo Uehara, Dilaton coupling revisited, Progress of Theoretical Physics, 124, 2010, 581-590, 有.
- ② Hiroshi Okagawa, Shozo Uehara, Satoshi Yamada, Green-Schwarz superstring action for (p,q)-strings from a wrapped supermembrane on a 2-torus, Progress of Theoretical Physics, 121, 2009, 445-475, 有.