

平成 21 年 5 月 7 日現在

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2006 ~ 2009

課題番号：18540264

研究課題名 (和文) 超弦のダイナミクスと素粒子の統一理論

研究課題名 (英文) Dynamics of superstring and unification of elementary particles

研究代表者

川合光 (KAWAI HIKARU)

京都大学大学院・理学研究科・教授

研究者番号：80211176

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：超弦理論、行列模型、時空の生成、構成的定式化、統一模型

1. 研究計画の概要

超弦理論を構成的に定義することによって、いろいろな物理量が少なくとも原理的には可能な数値計算によって求まるようにし、重力まで含めた究極の統一模型を構築することを目的とする。具体的には、当研究代表者が提案した行列模型 (IIB 行列模型) を数值的・解析的両面から解く手法を開発する。それを用いて、確かに 4 次元時空が生成されており、そのまわりの低エネルギーの励起が標準模型になっていることを示すのが、最終的な目標である。

2. 研究の進捗状況

超弦理論を完全に定式化し、いろいろな物理量が第一原理からの計算によって求まるようにするための第一歩として、もっとも有力な候補である IIB 行列模型が本当に超弦理論の完全な定式化になっているか調べている。

具体的には以下のように解析的・数值的両面から分析を進めているが、今のところポジティブな感触を得ている。

1) 行列模型について、平均場近似のまわりの高次の展開を系統的に進める方法を開発し、7 次までの展開を遂行した。まだ完全な結果ではないが、展開の次数を上げればあげるほど、4 次元の時空が他の次元に比べて安定になることが示せた。

2) 行列模型がどのようにして、一般座標変換に対する不変性をもち、曲がった時空を記述できるか調べた。その結果、行列模型はその真空として、10 次元以下のすべての時空を含みうることを示した。

3) いわゆるゲージ・重力対応といわれてい

る対応が、行列模型と弦理論の関係と本質的に同じものであることを示し、その応用として、ゲージ・重力対応の証明の基礎となる構造を提示した。

4) IIB 行列模型の摂動論的な真空の一つで、Type IIA superstring の真空とみなせるものを構成した。さらにそのまわりの $1/N$ 展開が、実際に超弦理論の摂動展開を再現していることを示した。

これまでのところ、IIB 行列模型が弦理論の完全な定式化になっているかを最終的に判定できるほど、十分な精度に達していないが、近いうちに少なくとも 4 次元の時空が正しく生成されているかには答えることができると思われる。この方向の理論が完成した際には、宇宙初期の時空構造をはじめ、今までの理論では考察できなかった時空の根本的構造にせまることができるようになると思われる。

3. 現在までの達成度

おおむね順調に進展している。

(理由) 上記 1) 2) 4) の項目は当初から予定していたものであるが、いずれも予定通りの進展があった。また、上記 3) は初めの予定よりさらに進展したものである。

4. 今後の研究の推進方策

上記 1) 2) 3) 4) をさらに発展させると同時に、弦理論・行列模型の新たな側面を発見していき、最終目標である弦理論の完全な定式化に迫りたい。

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 8件)

1 T.Azeyanagi, M.Hanada, H. Kawai
Worldsheet Analysis of Gauge/Gravity Dualities.
Nuclear Physics B. 2009 掲載決定.
査読有

2 Hikaru Kawai, Matsuo Sato,
Perturbative vacua from IIB matrix model.
Int.J.Mod.Phys.A23:2279-2280,2008.
査読無

3 Hikaru Kawai, Takao Suyama.
Some Implications of Perturbative Approach to AdS/CFT Correspondence.
Nucl.Phys.B794:1-12,2008.
査読有

4 Hikaru Kawai, Matsuo Sato,
Perturbative Vacua from IIB Matrix Model.
Phys.Lett.B659:712-717,2008.
査読有

5 Hikaru Kawai, Takao Suyama.
AdS/CFT correspondence as a consequence of scale invariance.
Nucl.Phys.B789:209-224,2008.
査読有

6 Hikaru Kawai.
Curved space-times in matrix models.
Prog.Theor.Phys.Suppl.171:99-109,2007
査読無

7 K. Furuta, M. Hanada, H. Kawai.
Field equations of massless fields in the new interpretation of the matrix model.
Nucl.Phys.B767:82-99,2007.
査読有

8 M. Hanada, H. Kawai, T. Kanai, F. Kubo..
Phase structure of the large-N reduced gauge theory and generalized Weingarten model.
Prog.Theor.Phys.115:1167-1177,2006.
査読有

[学会発表](計 7件)

1 花田政範, 古田黄, 川合光, 木村祐介
行列模型と零質量場の運動方程式
日本物理学会 2007年3月25日 首都大

2 畔柳竜生, 古田黄, 花田政範, 川合光, 木村祐介
Quenching IIB matrix model
日本物理学会 2007年3月27日 首都大

3 川合光, 松尾善典, 森順一, 須山孝夫
Test for AdS/CFT correspondence via noncritical string theory
日本物理学会 2007年3月27日 首都大

4 川合光, 佐藤松夫
Perturbative String from Matrix Model
日本物理学会 2007年10月21日 北大

5 川合光, 佐藤松夫
Perturbative Vacua from IIB Matrix Model
日本物理学会 2008年3月24日 近畿大

6 川合光, 佐藤松夫
Type IIA String from IIB Matrix Model
日本物理学会 2008年10月23日 山形大

7 畔柳竜生, 花田政範, 川合光, 松尾善典
ゲージ/重力対応に関する弦の世界面の立場からの理解
日本物理学会 2009年3月30日 山形大