

平成 22 年 4 月 30 日現在

研究種目： 基盤研究(C)
 研究期間： 2007 ~ 2010
 課題番号： 19540294
 研究課題名 (和文) 行列模型およびゲージ理論による弦理論の非摂動ダイナミクスの研究
 研究課題名 (英文) Nonperturbative dynamics of string theory via matrix models and gauge theories

研究代表者

土屋 麻人 (TSUCHIYA Asato)

静岡大学 ・ 理学部 ・ 准教授

研究者番号： 20294150

研究代表者の専門分野：素粒子物理学、場の量子論、弦理論
 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：行列模型 ラージ N 還元 N=4 超対称ヤン・ミルズ理論
 チャーン・サイモン理論 ゲージ重力対応

1. 研究計画の概要

超弦理論は重力を含む統一理論の最も有望な候補であるが、現在のところ摂動的に安定な真空のまわりの摂動論でしか定義されておらず、このような真空は無数あるために、予言能力を今の段階では持っていない。真の真空を見出すためには、超弦理論の非摂動的な定義を与え、その非摂動ダイナミクスを理解する必要がある。この非摂動的定義として、行列模型あるいはラージ N ゲージ理論に基づいたものが有力である。本研究では、以下の (1) ~ (4) のような超弦理論の非摂動的定義に共通して存在する問題に取り組み、超弦理論の非摂動的定義のあるべき姿を探り、そこで得た知見をもとに超弦理論の非摂動的定義を完成させることを目指す。

(1) 弦の励起状態が行列模型やゲージ理論の中でどのように見えるか。

(2) 曲がった時空と一般座標変換不変性が行列模型やゲージ理論の中でどのように記述されるか。

(3) ブラックホールが行列模型やゲージ理論においていかに記述されるか。

(4) 行列模型あるいはゲージ理論と弦理論あるいは重力理論の対応はどのような条件のもとで成立するか。

2. 研究の進捗状況

(1) ファイバー束の行列による記述に成功した。

(2) 上の結果をもとに plane wave 行列模型を用いた $R \times S^3$ 上の N=4 超対称ヤン・ミルズ理論の非摂動的定式化を提唱した。これ

はゲージ対称性と 16 個の超対称性を保つ画期的な正則化になっており、この理論の数値シミュレーションを可能にする。またこれは、ラージ N 還元の曲った空間への拡張になっている。

(3) このラージ N 還元の拡張を S^3 上のチャーン・サイモン理論に適用し、既知のプランナー極限の結果を再現することに成功した。これは、曲った空間でのラージ N 還元を示した初めての例であり、他の理論への応用の基礎付けとなる。

(4) 上記の定式化を用いて、モンテカルロシミュレーションにより、N=4 超対称ヤン・ミルズ理論におけるカイラルプライマリー演算子の 2 点、3 点相関関数について非くりこみ定理が成立することを見た。これは重力側からの予言と一致しており、多点関数についての AdS/CFT 対応の初めての非自明な検証である。さらには、この定式化を用いて AdS 空間とブラックホールの相転移を調べられる可能性がある。

(5) ラージ N 還元の拡張をさらに進めて、一般の群多様体上および coset 空間でラージ N 還元が成立することを示した。群多様体や coset 空間は曲がった空間の典型例であり、これらの結果はラージ N ゲージ理論の非摂動的定式化という観点から重要であるだけでなく、行列模型における曲がった時空の記述に発展をもたらすはずである。

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)

研究計画の概要で述べた計画のうち、(1) 以

外については研究の進捗状況にあるように、達成されたかその準備が整った状況にある。

(1) については研究の進捗状況の(4)での知見をもとに研究を進めることが今後の課題である。

4. 今後の研究の推進方策

(1) 一般の曲った空間上でのラージ N 還元を研究する。さらにそれに基づき、私が共同研究者と提唱した超弦理論を非摂動論的に定義していると期待される行列模型における曲った時空の実現と一般座標変換不変性を研究する。

(2) 上記の行列模型から共変的な超弦の場の理論を構築する。

(3) 2008年に提唱した $N=4$ 超対称ヤン・ミルズ理論の非摂動論的定式化を用い、AdS/CFT 対応の証明を目指す。

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 12 件)

① H. Kawai, S. Shimasaki and A. Tsuchiya, "Large N reduction on group manifolds," International Journal of Modern Physics A に掲載決定済 査読有

② G. Ishiki, S. Shimasaki and A. Tsuchiya, "Large N reduction for Chern-Simons theory on S^3 ," Physical Review D 80:086004 (2009) 1-5 査読有

③ T. Ishii, G. Ishiki, S. Shimasaki and A. Tsuchiya, " $N=4$ super Yang-Mills theory from the plane wave matrix model," Physical Review D 78:106001 (2008) 1-21 査読有

④ T. Ishii, G. Ishiki, S. Shimasaki and A. Tsuchiya, "Fiber bundles and matrix models," Physical Review D 77:126015 (2008) 1-25 査読有

[学会発表] (計 34 件)

① A. Tsuchiya, "A novel large N reduction for $N=4$ SYM on $R \times S^3$," Numerical approaches to AdS/CFT, large N and gravity, September 30, 2009, Imperial College London

② A. Tsuchiya, "Fiber bundles and matrix models," Progress of String Theory and Quantum Field Theory, December 8, 2007, Osaka City University