

平成22年 4月30日現在

研究種目：若手研究 (B)
研究期間：2007～2010
課題番号：19740135
研究課題名 (和文) 超弦理論における時空の出現

研究課題名 (英文) Emergence of spacetime in superstring theory

研究代表者
奥山 和美 (OKUYAMA KAZUMI)
信州大学・理学部・助教
研究者番号：70447720

研究分野：素粒子理論

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：超弦理論，超対称ゲージ理論

1. 研究計画の概要

本研究の究極の目的は、超弦理論における時空の出現 (emergence) を理解することにある。D ブレーンおよび AdS/CFT 等におけるホログラフィーの研究の進展により、超弦理論においては時空は基本的ではなく長距離の物理を記述するのに有効な近似的な概念であるという考えが有力になってきた。本研究では、特に超弦理論の一部を記述するための行列模型と時空描像の関係を調べる。

2. 研究の進捗状況

(1) 最近になって、N=4 超対称ゲージ理論の BPS ウィルソンループの期待値がガウス型行列模型で表されることが示され、BPS ウィルソンループへの関心が再び高まっている。下記の論文①では、BPS ウィルソンループのホログラフィック双対である AdS

上の弦の世界面をグローバル座標を用いて再考した。弦の世界面はグローバルな時間座標が一定の面上に乗っており、ゲージ理論の動径量子化の見方とうまく対応していることを示した。

(2) 3次元球面上のチャーン・サイモン理論はコニフォールド上のトポロジカル弦と等価であるが、これは \log 正規型の行列模型としても表すことができる。論文②では、この行列模型に付随する直交多項式が D ブレーンの波動関数としての意味を持ち、その関数の上に q 変形された生成消滅演算子が作用することを発見した。

(3) 最近 Aharony らによって、 $R(8)/Z(k)$ 背景中の M2 ブレーン上の理論が提唱され注目を集めている。そこで論文③では、 $R(8)/Z(k)$ 型のオービフォールド特異点を持つハイパーケーラー多様

体を記述する 2次元線型シグマ模型を構成し、そのモジュライ空間を解析した。

(4) ヘテロティック弦の世界面上の共形場理論は弦が 1 本の場合にはよく知られているが、 N 本重なった場合にはよくわかっていない。論文④では、ヘテロティック弦と $K3$ 曲面に巻きついた $M5$ プレーンの対応を使って、 N 本のヘテロティック弦にホログラフィック双対な $AdS(3)$ 上の弦理論の楕円種数を計算し、 BTZ ブラックホールの足し上げとの関係を議論した。

(5) 超弦理論には無数の準安定な真空が存在すると考えられており、それらの真空の間のインスタントンによるトンネル現象を考慮することが重要である。論文⑤では、開弦のタキオンに特有な $1/\cosh$ 型のポテンシャルがある場合に、薄い壁の近似を使うことなく厳密なインスタントン解を構成した。

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)

超弦理論における時空の出現機構を探るため、その手始めとして $N=4$ 超対称ゲージ理論の BPS セクターおよびトポロジカル弦と行列模型の関係を研究することを当初の目標として設定した。研究を進める間に、弦理論の分野で新しい発展がいくつかあり、そちらに興味に向いていた時期も多かったが、当初の目標に近い内容の研究を論文①, ②として発表することができた。また他の論文も、広い意味では超弦理論における時空の性質の研究と言えるものであり、研究計画通りに順調に進展していると自己評価している。

4. 今後の研究の推進方策

超対称ゲージ理論の BPS セクターについては、2次元の共形場理論との対応の発見や縮退度の壁越え公式などの興味深い進展があり、今後も超弦理論における時空の基本的性質であるホログラフィーとの関係を中心に研究していきたい。また、超弦理論のトポロジカルな側面と行列模型の関係についても、AGT 関係式を始めとした新たな進展に関連して研究していきたい。更には、超弦理論において重力の量子化がどのように実現されているかという基本的で重要な問題についても引き続き思索を続けていくつもりである。

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 奥山和美, Global AdS Picture of $\frac{1}{2}$ BPS Wilson Loops, JHEP, 01, 096, 2010, 査読有

② 奥山和美, q-deformed oscillators and D-branes on conifold, Phys. Lett. B673, 232-236, 2009, 査読有

③ 奥山和美, Linear Sigma Models for the $R(8)/Z(k)$ Orbifold, Phys. Lett. B668, 153-158, 2008, 査読有

④ 奥山和美, $N=4$ SYM on $K3$ and the $AdS(3)/CFT(2)$ Correspondence, JHEP, 02, 036, 2008, 査読有

⑤ 奥山和美, Instanton solution in tachyon cosmology, Phys. Lett. B658, 241-243, 2008, 査読有