

平成 21 年 5 月 11 日現在

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2006～2008

課題番号：18540287

研究課題名 (和文) 時空超対称性に基づく反ド・ジッター時空の弦とブラックホールの物理

研究課題名 (英文) String on an anti-de Sitter space-time and blackhole physics based on the space-time supersymmetry

研究代表者

氏名 (アルファベット) 初田 真知子 (Hatsuda, Machiko)

所属機関・所属部局名・職名 浦和大学・こども学部・教授

研究者番号 10364887

研究成果の概要：時空対称性を明白に持つ定式化を用いて反ド・ジッター時空上の弦とブラックホールのダイナミクスに関する物理の解明を目標として、反ド・ジッター時空上の弦の解析とモデル構築、及びブラックホールを含むような内部空間の構築を行った。具体的には以下の事を示した：反ド・ジッター時空上の超弦の重要な特性である可積分性は、T デュアリティと関係していることを示した。反ド・ジッター時空上のヘテロティックな弦理論のモデルを構築した。ブラックホールを含むような内部空間でコンパクト化したヘテロティック弦理論を構築した。反ド・ジッター時空の持つ対称性である超共形対称性を明白に表現できるような射影超空間の構築を行った。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,100,000	0	1,100,000
2007 年度	70,000	0	70,000
2008 年度	70,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,500,000	210,000	2,710,000

研究分野：物理

科研費の分科・細目：素粒子・原子核・宇宙物理

キーワード：素粒子物理、超弦理論

## 1. 研究開始当初の背景

超弦理論が重力を含む統一理論であるかどうかという試金石のひとつとしてブラックホールの物理がある。重力理論ではブラックホールでは特異点としてしか記述されないが、量子重力理論としての超弦理論ではブラックホールのミクロな状態を記述するということが簡単な場合に示され、近年盛んに研究されている。弦理論のソリトン解である D ブレンが非常に重くなった極限で、ブラッ

クホールができる。そのブラックホール解の時空における事象の地平線近くでは反ド・ジッター時空となる。この反ド・ジッター時空上の超弦が、ブラックホールを記述するのところが反ド・ジッター時空上の超弦の取り扱いは一般に難しく、ダイナミクスや散乱振幅など完全には明らかになっていない。

研究開始前年に、極端に単純化した場合、ブラックホールのミクロな状態をトポロジカル弦理論が記述できるということが示された。しかしながら、実際のブラックホール

の興味深いダイナミクス等を記述するにはトポロジカル弦理論では不十分で、反ド・ジッター超弦理論の励起による寄与が必要なのである。反ド・ジッター時空中の超弦とブラックホールのダイナミクスに関する物理の解明は、重要な問題である。

## 2. 研究の目的

本研究では、時空対称性を明白に持つ定式化を用いて反ド・ジッター時空中の弦とブラックホールのダイナミクスに関する物理の解明を目標とする。時空の超対称は、その超弦理論の真空からタキオンという不安定なモードを取り除き、系の安定性を保証する。また、超対称なボゾンとフェルミオンの量子効果同士がうまく打ち消しあい、量子異常の問題などを解決し、量子論においても古典的な対称性が保障され様々な制約が付けられるなどの利点があるからだ。

具体的には次の問題を取り上げたい：

(1) 反ド・ジッター時空中の超弦理論の量子論の定式化。

(2) ブラックホールを含むような内部空間でコンパクト化した場合の理論の構成。

(3) 時空超対称性を明白に保つような超対称ゲージ理論や重力理論を与える超時空の構築。

## 3. 研究の方法

(1) 超対称性を明白に保つ定式化については、局所的超対称性(カッパ対称性)を保つ作用積分を構成し、共変なゲージ固定条件を見出す、という方法で検討する。また、可積分性の定式化に対して、私達が2008年の論文で示したような、非局所的な対称性が関係づいていることを考慮して、解析する。

(2) ブラックホールを含むような内部空間でコンパクト化した場合の理論を構築し、その物理的解釈をする。この解釈の方法として、交わっているDブレン解の系との比較を検証する。

(3) 反ド・ジッター時空中からの4次元時空への射影的な極限をとるという方法を用いる。このことにより、射影的超空間が自動的に共変対称性も保存したままで、構築できる。この超空間における、超関数、その作用積分の超積分及び、積分測度の決定など、対称性を指導原理に構築する。

## 4. 研究成果

研究成果として、2. 研究の目的であげたテーマに対して箇条書きにする。

(1) 反ド・ジッター時空中の超弦理論に本質的である可積分性について、それがT-デュアリティと関係づいていることを示した。又反ド・ジッター時空中の超弦理論の量子論の定式化において、ヘテロティック弦理論のカレント代数による記述方法を論文にまとめた。この方法では、ゴーストの寄与さえわかれば量子論的記述が可能である。

(2) ブラックホールを含むような内部空間でコンパクト化した場合の理論の構成に対して、溝口氏によりブラックホールの作る2次元空間と特異点を含まない4次元空間の積でコンパクト化を行ったヘテロティック弦理論が提唱された。さらに、5次元や11次元の超重力理論の解として、ブラックホールの特異点を含むようなつぶされた球空間の解の構築方法についても研究し、発表した。

(3) 超時空超対称性を明白に保つ超時空の構築の問題に対して、射影的超時空を超対称性が4種類ある場合も含めた定式化を3本の論文にまとめ、学会等で発表した。この超時空形式によって構成されるゲージ理論や重力理論は、運動方程式を使用せずに超対称性はもちろん共形対称性などの大局的対称性も局所的対称性も明白に保ち、量子論的中間状態の計算も可能となる。

## 5. 主な発表論文等

(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 9件)

Machiko Hatsuda, Yu-tin Huang, Warren Siegel, First-quantized N=4 Yang-Mills, Journal of High Energy Physics, 0904, 058-1~058-24 (2009) 査読有

Machiko Hatsuda, Yoji Michishita, Kappa symmetric  $O\text{Sp}(2|2)$  WZNW model, Journal of High Energy Physics 06, 049-1~049-17 (2008) 査読有

Machiko Hatsuda, Kiyoshi Kamimura, Projective coordinates and projective space limit, Nuclear Physics B 798, 310-322 (2008) 査読有

Machiko Hatsuda, Warren Siegel, Superconformal spaces and implications for superstrings, Physical Review D77, 065017-1~065017-9 (2008) 査読有

Shun'ya Mizoguchi, Warped string compactification via singular Calabi-Yau conformal field theory, Physics Letter B669, 352-356 (2008) 査読有

Shun'ya Mizoguchi, Localized modes in singular Calabi-Yau conformal field theories, International Journal of Modern Physics A23, 2184-2186 (2008) 査読有

Shun'ya Mizoguchi, Localized Modes in Type II and Heterotic Singular Calabi-Yau Conformal Field Theories, Journal of High Energy Physics 0811, 022-1~022-66 (2008) 査読有

H. Kunitomo, Shun'ya Mizoguchi, Lorentz anomaly in the semi-light-cone gauge superstrings, Progress of Theoretical Physics, 118N3, 559-576(2007) 査読有

Machiko Hatsuda, Shun'ya Mizoguchi, Nonlocal charges of T-dual strings, Journal of High Energy Physics, 0607, 029-1~029-20(2006) 査読有

[学会発表] (計 5件)

溝口俊弥(代表), 初田真知子, 住友洋介, 富沢真也,  
歪んだ M2-brane 重力解と 5 次元超重力対応,  
日本物理学会 第 64 回年次大会, 2009 年 3 月 29 日, 立教大学池袋キャンパス

初田真知子(代表), 道下洋二, Kappa symmetric  $O\text{Sp}(2|2)$  WZNW model, 日本物理学会 2008 年秋季大会, 2008 年 3 月 23 日, 山形大学 小白川キャンパス

溝口俊弥, 葉巻の先に局在る E6 世代 - 特異カラビヤウ CFT によるワープされたコンパクト化, 日本物理学会 第 63 回年次大会, 2008 年 3 月 26 日, 近畿大学東大阪キャンパス

初田真知子 (代表), Siegel, Warren, Superconformal spaces and implications for superstrings, 日本物理学会 第 63 回年次大会, 2008 年 3 月 26 日, 近畿大学東大阪キャンパス

初田真知子(代表)、溝口俊弥, Double vielbein formalism of Nappi-Witten string, 日本物理学会 第 62 回年次大会, 2007 年 9 月 24 日, 北海道大学

[図書] (計 0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0件)

○取得状況 (計 0件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

初田 真知子 (HATSUDA MACHIKO)

浦和大学・こども学部・教授

研究者番号: 10364887

(2) 研究分担者

溝口 俊弥 (MIZOGUCHI SHUNYA)

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器  
研究機構・素粒子原子核研究所・研究機関講師

研究者番号: 00222323

(3) 連携研究者

該当なし