

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2007～2010

課題番号：19740138

研究課題名 (和文) Dブレーンによる量子論的幾何学の研究

研究課題名 (英文) Quantum Geometry from D-brane

研究代表者

寺嶋 靖治 (TERASHIMA SEIJI)

京都大学・基礎物理学研究所・助教

研究者番号：20435621

研究分野： 数物系科学

科研費の分科・細目： 物理学 素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物

キーワード： 素粒子論、超弦理論

1. 研究計画の概要

古典的な重力理論である一般相対性理論では時空そのものが物質によって変化する。そこで、時空を変化させることができる幾何学が必要になり、リーマン幾何が重要な役割を果たす。しかし、ブラックホールや宇宙初期といった極限的な状況では量子論的な効果が重要になり、『古典的』なリーマン幾何を基礎とする一般相対論が破綻すると考えられる。この量子論的な重力理論では、時空の不確定性を取り入れたリーマン幾何に代わる新しい幾何学が存在し、それを基礎として量子重力理論が構築されることが予想できる。そこで、私は次のような問題を解決することを本研究の大きな目標とする：「リーマン幾何に代わる、量子化された重力理論における「幾何」は何か?」。この問題を考えるにあたり、私が着目するのは超弦理論、特に超弦理論に存在するDブレーンと呼ばれる超弦理論に存在する空間的に広がった物体である。このDブレーン上の理論は重力を含まないにも関わらず、Dブレーンを調べることで量子化された重力を理解できることが明らかになりつつある。そこで、本研究では、超弦理論中のDブレーンを調べることによって、量子化された重力に本質的な幾何学を構築する事を目的とする。

2. 研究の進捗状況

11次元時空をもつM理論はII型超弦理論の強結合極限として実現されると考えられ、その理解が超弦理論の理解においても非常に重要である。最近、このM理論中のM2ブレ

ーンと呼ばれる膜状の物体を記述する有効理論が提案された。このM2ブレーンの理論は、ある極限においてDブレーン理論となるので、後者の非可換性をM理論の立場で拡張したものになっているはずである。実際、このM2ブレーンの理論は、通常のゲージ理論におけるリー代数ではなく、3代数と呼ばれる代数構造が背後にあると信じられている。リー代数は、二つの元の交換子で決まり、一般に可換でないことから非可換性が出現するが、3代数の場合は、三つの元から一つの元への写像で決まるので、非可換時空の何らかの意味の拡張が存在することが予想される。私は、非可換性が明らかになるようなフェーズ球面が解として現れるようなDブレーンの配位に対応したM2ブレーンの理論の解を構成した。これにより、M理論における非可換幾何学の対応物を理解することが期待される。また、私は、八木氏とともに、M2ブレーンの有効理論から、M5ブレーンを構成した。この時、背後にある3代数が解の存在を示すのに必要であり、また、3代数のとり値が、M5ブレーン上のフラックスと同定できることを示した。これは、3代数がM5ブレーンの理論においても重要な役割を果たすことを示唆し、非常に興味深い結果であると考えている。他にも、重力解に関するフェーズボール予想に関する研究等を行ってきた。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。
本計画の目的である、超弦理論における一般化された幾何に対する理解が大きく進んだ

とはいえませんが、現在までの研究で新しい視点で超弦理論における一般化された幾何がどのようなものであるかについての知識が得られた。全ての超弦理論を統一するような M 理論からのアプローチは今後重要になり、この方向からブレイクスルーが起こるのではないかと期待している。

4. 今後の研究の推進方策

今後も M 理論の研究なども含めて、超弦理論の幾何学についての理解を得たい。具体的には、最後の一年間で 3 代数の役割と、不安定なブレン系とそこで現れる非可換幾何についての理解を深めたい。

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 13 件)

- ① 寺嶋靖治、八木太、M5-brane Solution in ABJM Theory and Three-algebra、JHEP、0912, 059, 2009, 査読有
- ② 哇柳 竜生、小川軌明、寺嶋靖治、Holographic Duals of Kaluza-Klein Black Hole、JHEP、0904, 061, 2009, 査読有
- ③ 寺嶋靖治、On M5-branes in N=6 Membrane Action、JHEP、0808, 080, 2008, 査読有

[学会発表] (計 2 件)

- ① 寺嶋靖治、N=2 超対称ゲージ理論の S 双対性について、日本物理学会第 65 回年次大会、2010 年 3 月 23 日、岡山大学津島キャンパス