

研究種目：若手研究 (B)
研究期間：2007 ~ 2010
課題番号：19740141
研究課題名 (和文) M理論の有効作用の導出およびそれに基づく重力の量子論的性質の解明
研究課題名 (英文) Investigation of effective action in M-theory and its application to quantum gravity
研究代表者
百武 慶文 (HYAKUTAKE YOSHIFUMI)
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・博士研究員
研究者番号：70432466

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・宇宙物理
キーワード：素粒子 (理論)

1. 研究計画の概要

超弦理論は重力の量子論的側面を記述する理論として注目されている。特に低エネルギー領域では超弦理論は超重力理論によって近似され、ブラックホールを古典解として記述することができる。しかしながら、曲率が大きくなると古典的解析は信用できなくなり、超弦理論の量子効果が重要になる。このとき超弦理論の有効理論はもはや超重力理論ではなく、さらに高次微分の補正項が入った理論になる。この補正に関しては現在のところ完全には導出されていない。

私はこの補正項のうち4階形式場のフラックスが入った部分に関してプログラムを組んで完全に決定する研究を行い、その有効作用を解析してブラックホールの重力解に関する補正を研究する予定である。さらに上記の解析によって得られるM理論の有効作用を調べることで、重力の量子論的性質を解明するための研究を実施する。

2. 研究の進捗状況

超弦理論およびM理論は重力の量子論的側面を記述する理論として注目されており、その量子効果は高次微分の補正項によって特徴付けられる。私はこの補正項を計算機を用いて導出する研究を行い、その有効作用を解析してブラックホールの重力解に関する補正を決定する研究に従事した。この手法の特徴は、

M理論の持つ局所超対称性を最大限に尊重して解析している点であり、現在までに明らかにされているM理論の高次微分補正項は超対称性によって一意的に決定できることを証明することができた。

この研究の応用として、M理論をコンパクト化して得られる、3次元の重力理論に補正項である重力チャーンサイモンズ項が加わった理論 (TMG) について、解析を行った。重力チャーンサイモンズ項はM理論における高次微分補正項に起因する項であり、重力の量子論的性質を調べる上で重要である。TMG理論には3次元反ドジッター時空が解として存在し、その2次元境界には共形場の理論が存在する。これはAdS/CFT対応と呼ばれており、私はこの対応関係をさらに深く研究して、左巻きと右巻きで理論が非対称な場合の2次元場の理論の繰りこみ群の流れが、3次元重力理論のハミルトン-ヤコビ方程式から導出できることを示した。これはAdS/CFT対応が共形不変な固定点以外でも成立していることを示しており、非常に面白い結果であると考えられる。

さらに別の応用として、このような高次の微分補正項を含む理論がブラックホールの熱力学にどのような修正を与えるかを詳細に研究した。そして、その結果をブラックホールに対応するゲージ理論の数値計算の結果と比較したところ、見事に一致することを確認した。これは超対称性を破るような系において

もゲージ・重力対応が成り立っていることを強く支持している点で非常に重要である。

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)

現時点においてM理論の有効作用を導出するためのプログラムはほぼ完成している。プログラムの技術的な面での改善点はいくつかあると思われるが、それを解決できれば当初予定していた研究目標は達成できると思われる。さらに、すでに得られた有効作用の一部を応用して、重力の量子論的な側面の理解は深まっている。

4. 今後の研究の推進方策

プログラムの技術的な面での改善を行い、M理論の有効作用を導出するために努力する。また、引き続き国内外での研究成果発表を行う。

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6件)

- [1] “Left-Right Asymmetric Holographic RG Flow with Gravitational Chern-Simons Term”, K. Hotta, Y. Hyakutake, T. Kubota, T. Nishinaka and H. Tanida, Phys. Lett. B **680** (2009) pp.279-285, arXiv:0906.1255 [hep-th], 査読有
- [2] “Higher derivative corrections to black hole thermodynamics from supersymmetric matrix quantum mechanics”, M. Hanada, Y. Hyakutake, J. Nishimura and S. Takeuchi, Phys. Rev. Lett. **102** (2009) 191602 pp.1-4, arXiv:0811.3102[hep-th], 査読有
- [3] “The CFT-interpolating Black Hole in Three Dimensions”, K. Hotta, Y. Hyakutake, T. Kubota, T. Nishinaka and H. Tanida, JHEP **0901** (2009) 010 pp.1-22, arXiv:0811.0910[hep-th], 査読有
- [4] “Brown-Henneaux’s Canonical Approach to Topologically Massive Gravity”, K. Hotta, Y. Hyakutake, T. Kubota and H. Tanida, JHEP **0807** (2008) 066 pp.1-29, arXiv:0805.2005 [hep-th], 査読有
- [5] “Higher derivative corrections in M-theory via local supersymmetry”, Y. Hyakutake, SUSY **2007** pp.606-609, arXiv:0710.2673[hep-th], 査読有
- [6] “Toward the Determination of R3F2 Terms in M-theory”, Y. Hyakutake, Prog.

Theor. Phys. **118** No.1 (2007) pp.109-119, hep-th/0703154, 査読有

[学会発表] (計14件)

- [1] “Investigation of gauge/gravity correspondence including higher derivative corrections”, Y. Hyakutake, Branes, Strings and Black Holes, YITP Kyoto, Japan, 9 Oct 2009.
- [2] “AdS3/CFT2 Correspondence in Three Dimensional Gravity Theory”, “Recent Progress on N=8 Supergravity”, Y. Hyakutake, NTU and NTHU, Taiwan, 21, 25 Nov 2008.
- [3] “Brown-Henneaux’s Canonical Approach to Topologically Massive Gravity”, Y. Hyakutake, IPMU, Chiba, Japan, 16 Sep 2008.
- [4] “Higher Derivative Corrections in M-theory via Local Supersymmetry”, Y. Hyakutake, SUSY07, Karlsruhe, Germany, 31 Jul 2007.