

課題名 (タイトル) :

格子計算によるゲージ重力対応の数値的検証

利用者氏名 : 加堂大輔

所属 : 初田量子ハドロン物理学研究室

1. 本課題の研究の背景、目的

ゲージ重力対応とは、強結合ゲージ理論と古典重力が等価であるという主張である。この考えに立てば、重力理論からゲージ理論の理解、あるいは逆に、ゲージ理論を用いた重力(超弦理論)の理解が可能になると期待される。しかし、この対応自身は予想である。本研究では、コンピュータを用いた数値シミュレーションによって、ゲージ重力対応を数値的に検証することを目指している。

本研究でターゲットとするのは、16 個の超対称チャージを持つ 1 次元超対称ヤンミルズ理論である。この理論は IIA 型超重力・超弦理論の N 枚重なった D0-ブレーン系と双対である。特に、計算で得られたゲージ理論側の結果を重力側の解析解と比較することで、どの程度ゲージ重力対応が成り立っているかを定量的に明らかにする。

2. 具体的な利用内容、計算方法

計算には Fortran90 で書いたハイブリッドモンテカルロ法のコードを使用している。特に、プログラムは MPI を用いて並列化することで計算にかかる実際の時間を減らしている。また、ディラック行列式の 4 重根は擬フェルミ場を用いた積分表示と分数近似で用意し、分数近似は多重質量シフトソルバを用いて展開の全次数をまとめて計算している。その他のアルゴリズムの改良も含めて、カラー自由度 N_c を $N_c=2$ から 32 まで変えた十分大きな N_c での計算を実現した。

3. 結果

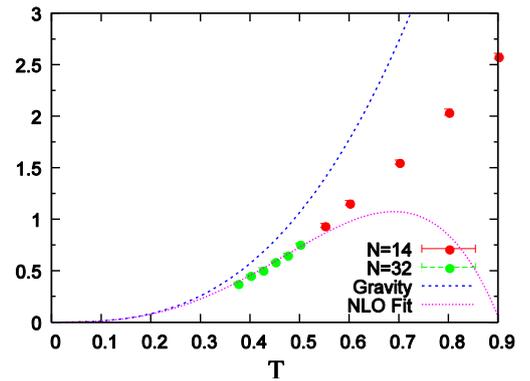
本年は、昨年度から更に低温領域の計算を進め、統計量を倍に増やした。図 1 に、得られたブラックホールの内部エネルギーの結果を示した。低温領域において、重力側の解析解に近づいていくさまが見て取れる。

さらに、統計量が上がったことで、 α' 補正項を加えてフィットが可能になった。重力側で、ブラックホールの内部エネルギーの解析解は、

$$E = 7.41 T^{2.8} + C T^p$$

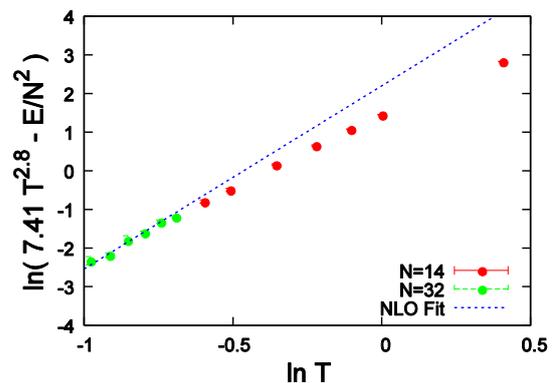
の形で与えられる。 $C T^p$ が補正項で、係数 C は未知で、指数 p は $p=4.6$ と決まっている。

図 1 : ブラックホールの内部エネルギー



一方、ゲージ理論側の数値計算の結果をフィットすると、 $C=9.0(2.6)$, $p=4.74(35)$ の値を得た。誤差は大きいものの、計算結果はゲージ重力対応の正しさを示唆している。図 2 は、補正項をログプロットで表した。低温領域で約 $p=4.6$ の傾きが見て取れる。

図 2 : 補正項の振る舞い



4. 今後の計画・展望

今後は、数値計算の対象とするゲージ理論を 1 次元から 2 次元へと拡張する。次元を順次あげていって、最終的には 4 次元 $N=4$ SYM まで拡張し、格子計算から AdS/CFT 対応を数値的に検証することを目指す。

平成 26 年度 RICC 利用研究成果リスト

【その他】

- [1] “Lattice gauge theory to Black hole”, 第 8 回 JICFuS Seminar on Non-Perturbative Physics, 2015 年 1 月 26 日 (月) 16:30-18:30, 名古屋大学素粒子宇宙起源研究機構 理学シンポジア