

課題名 (タイトル) :

弦の場の理論

利用者氏名 : 岸本 功

所属 : 和光研究所 仁科加速器センター
川合理論物理学研究室

1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

自然界の物理法則を統一的に記述する究極の理論の最有力候補は超弦理論であり、それを非摂動的に定式化する方法の候補の一つが、「弦の場の理論」というアプローチである。しかし、これを用いた計算は非常に複雑になり、厳密に解析的に計算を遂行することはしばしば困難になる。したがって、レベルトランケーション近似に基づいて数値計算をなるべく高い「レベル」の場まで取り入れて行うのが現実的である。従来、摂動真空周りの理論のタキオン凝縮解の計算での世界記録 (レベル(18, 54)) が知られていたが、この研究ではこの記録を更新し、さらに同じレベルまで別の非摂動的真空解周りの理論における D ブレーン解を調べるために RICC を用いた。

2. 具体的な利用内容、計算方法

弦の場の理論の運動方程式を「レベルトランケーション」という近似法により有限個の場に対する方程式として書き下し、線形化して逐次近似で数値解を構成し、得られた弦場の配位に対してゲージ不変量を評価する。以上の計算のうち特に 3 弦相互作用項の数値データを得るために RICC の計算機を利用した。相互作用項は元来無限個であるが、レベルトランケーション近似を用いて場を有限個にしても場の数の 3 乗ほど出てきて非常に多いため、世界記録を更新するレベルに到達するためにはメモリを大量に使用した計算をするのが効率的であると考えた。そこで RICC の大容量メモリ計算機を主に用いて C++ プログラムを実行した。なお MPI 並列化による計算も試みたが通信時間が無駄にかかってしまい、少なくとも現状の計算アルゴリズムでは効率的ではなかった。

3. 結果

弦の場の理論のレベルトランケーション近似による数値計算を、昨年度の樹立した世界最高レベル : (24, 72) をもう一段階更新する、レベル (26, 78) まで計算できた。実際、このレベルまで、摂動真空周りの理論のタキオン凝縮解だけでなく、非摂動的真空解周りの理論における D ブレーン解をも構成し、それぞれゲージ不変量を評価した。その結果、前者に対してはセンの予想がジューゲルゲージでより確実なものになり、後者に対しては別の議論により知られている D ブレーンのエネルギーをほぼ再現することがわかった。

4. まとめ

弦の場の理論におけるレベルトランケーション近似による数値計算の手法を、レベル (26, 78) まで具体的に実行できるようにした。特にジューゲルゲージのタキオン凝縮解および D ブレーン解を数値的に構成し、ゲージ不変量を評価することができた。これにより従来の弦理論における予想が定量的により確かなものになった。

5. 今後の計画・展望

弦の場の理論の分野で数値計算を高いレベルまで実行できるようになると、他の手法では困難な研究を遂行できるので、超弦理論の全貌を解明するための第 1 歩になると期待できる。今回の研究では、最も扱いやすいボゾニックな開弦の場の理論に限ったが、より現実的な自然現象と結びつけるためにはさらに複雑な超弦の場の理論における計算が必要になる。超弦の場の理論における数値計算手法の確立は今後の大きな課題である。

6. RICC の継続利用を希望の場合は、これまで利用した状況 (どの程度研究が進んだか、研究においてどこまで計算出来て、何が出来ていないか) や、継続して利用する際に行う具体的な内容

RICC の継続利用は希望しない。

7. 一般利用で演算時間を使い切れなかった理由

平成 22 年度 RICC 利用報告書

本研究は簡易利用である。

8. 利用研究成果が無かった場合の理由

前述および次頁のリストのようにいくつかの利用研究成果があった。

平成 22 年度 RICC 利用研究成果リスト

【国際会議などの予稿集、proceeding】

1. Isao Kishimoto and Tomohiko Takahashi,
“Numerical Evaluation of Gauge Invariants for a-gauge Solutions in Open String Field Theory,”
Theoretical and Mathematical Physics 163 (3): 710-716 (2010).
(for the Russian version, see Teoreticheskaya i Matematicheskaya Fizika, Vol. 163, No. 3, pp. 372-380,
June, 2010.)
2. Isao Kishimoto and Tomohiko Takahashi,
“Exploring Vacuum Structure near Identity-Based Solutions,”
Theoretical and Mathematical Physics, 163 (3): 717-724 (2010).
(for the Russian version, see Teoreticheskaya i Matematicheskaya Fizika, Vol. 163, No. 3, pp. 381-390,
June, 2010.)

【国際会議、学会などでの口頭発表】

Isao Kishimoto,
“On Numerical Solutions in Open String Field Theory,”
3rd International Conference: String Field Theory and Related Aspects,
Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto, Japan, Oct. 18-22, 2010.

【その他】

1. Isao Kishimoto and Tomohiko Takahashi,
“Numerical evaluation of gauge invariants for a-gauge solutions in open string field theory,”
RIKEN Accelerator Progress Report 43, v (2010).
2. Isao Kishimoto and Tomohiko Takahashi,
“Vacuum structure around identity-based solutions,”
RIKEN Accelerator Progress Report 43, 101 (2010).
3. 国際会議のプロシーディングス：
Isao Kishimoto,
“On Numerical Solutions in Open String Field Theory,”
Progress of Theoretical Physics Supplement (掲載予定)