

Title	Curved Space-time in Matrix Models
Author(s)	伊敷, 吾郎
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/49711
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

【35】

氏 名	伊 敷 吾 郎
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 2 2 6 6 9 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 21 年 3 月 24 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 理学研究科物理学専攻
学 位 論 文 名	Curved Space-time in Matrix Models (行列模型における曲がった時空の実現)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 細 谷 裕 (副査) 教 授 東 島 清 教 授 窪 田 高 弘 教 授 阿 久 津 泰 弘 准教授 波 場 直 之 静 岡 大 学 准 教 授 土 屋 麻 人

論文内容の要旨

超弦理論はその非摂動的な記述を含め、多くの未解明な点を含んでいる。このような超弦理論の新たな側面を明らかにするために、我々はこの理論を多方面から深く理解する必要がある。本論文では、ゲージ理論を用いた超弦理論の描写を与えるゲージ/重力対応と、超弦理論の非摂動的定式化として提唱されている行列模型に焦点を当てる。我々は、様々な曲った時空とその上に定義され得る位相不変量が、行列模型によって記述されることを示した。この曲った時空の実現は、非可換空間の構成と、Taylor によって導かれたDブレーン上のゲージ理論の間の T 双対性とを組み合わせることにより達成される。我々は具体例として S^{2n+1} や CP^n といった空間上のゲージ理論を実際に行列模型から構成した。さらに S^3/Z_k 上の Chern-Simons 理論や S^2 上の BF 理論を行列模型から構成し、BF 理論に関しては古典的作用だけではなく、分配関数まで行列模型から得られることを示した。このような曲った時空や、その上に定義される場の理論の行列模型における実現は、超弦理論の非摂動的定式化についてのより深い理解を与えるのみならず、以下に述べるように、ゲージ/重力対応を強't Hooft 結合領域において解析する手段を与える。我々はまず、この時空の実現を用いて $SU(2|4)$ 対称性を持つ理論の間の関係を明らかにした。 $SU(2|4)$ 対称な理論は、 $R \times S^3/Z_k$ 上の超対称ゲージ理論 (SYM)、 $R \times S^2$ 上の SYM と plane wave 行列模型 (PWMM) の三つの理論から構成される。我々は上述の曲った時空の構成を用いて、 $R \times S^3/Z_k$ 上の SYM と $R \times S^2$ 上の SYM が、PWMM のある古典解の周りの理論でラージ N 極限を取ったものとして実現されることを示した。また、これと同様の関係が Lin と Maldacena によって得られた重力理論側の古典解にも存在することを指摘し、ゲージ/重力対応の非自明な検証例を与えた。さらに、このゲージ理論の間の関係に基づき、我々は PWMM を用いた $R \times S^3$ 上の $N=4$ SYM の非摂動的定式化の方法を提唱した。我々はラージ N リダクションを主 U(1) 束の場合へ一般化し、これを上述の曲った時空の構成における T 双対性の代わりに用いた。これにより $N=4$ SYM が PWMM により正則化されることが示される。この正則化はゲージ対称性のみならず、 $SU(2|4)$ 対称性という高い対称性を保っており、この理論の強結合領域での解析を可能にすると期待される。我々はこの方法の有効性を確かめるために、この方法を用いていくつかの相関関数、BPS Wilson ループの期待値、そして有限温度での自由エネルギーを計算した。全ての結果は連続極限の SYM で得られる計算結果と一致しており、この方法の有効性を示している。またこれらの結果は、我々の正則化において UV/IR mixing のような非可換性が連続極限で消えていることや、超共形対称性が連続極限で回復していることも整合的である。

論文審査の結果の要旨

超弦理論はゲージ場だけでなく、重力を含む量子論として唯一、整合性のある理論である。しかし、超弦理論は非摂動的な記述を含め、いまだ未解明な点が多い。本論文「Curved Space-time in Matrix Models (行列模型における曲がった時空の実現)」では、超弦理論の非摂動的定式化として提唱されている行列模型と超弦理論の記述方法としてのゲージ/重力対応を考察し、行列理論と曲がった時空上のゲージ理論の対応関係を明らかにした。特に、 S^{2n+1} 、 CP^n 上の超対称ゲージ理論を plane wave 行列模型から再構成した。これにより、行列模型が重力、曲がった時空の情報を含むことが検証された。さらに、 S^3 上の $N=4$ 超対称非可換ゲージ理論に量子論的に同等で正則化された plane wave 行列模型も構成した。様々な相関関数、有限温度での自由エネルギーを評価し、それらが連続極限のゲージ理論の結果と一致することを数値計算により示した。これは、ゲージ理論の新しい正則化の方法としても重要で、今後、強結合領域でのゲージ理論の振る舞いを調べる有効な手段となる。本論文は超弦理論、ゲージ理論の理解への新しい道を拓いた。よって、本論文は博士 (理学) の学位論文として十分価値のあるものと認める。