

論文審査の結果の要旨

氏名 戴 大盛

本論文は7つの章及び2つのAppendixからなる。まず第1章で研究の背景と動機及び研究結果の概要が述べられ、さらに論文全体の構成が提示される。そして第2章において、本論文の研究の主題であるAdS/CFT対応についてのレビューが与えられている。ここではとりわけ、後の章の内容に関連する2つの場合、すなわち $AdS_5 \times M_5$ において $M_5=S^5$ の場合（及びその有限温度の場合の議論）と、 $M_5=T^{1,1}$ の場合について詳しく述べられる。後者については、topological stringとの関係や超対称性の低減等についても言及されている。第3章では、Wilson loopに関連して、3次元Chern-Simons ゲージ理論と $N=4$ の超対称性ヤンミルズ (SYM) 理論との関係が説明され、Wilson loopの生成母関数とbraneの配位との関連の議論が与えられている。この関連に基づいて、half-BPSセクターにおける円周に沿ったWilson loopに対応するものとして、 $AdS_5 \times S^5$ におけるD5-branesの双対的な描像が述べられ、後の章での議論の基礎が与えられている。第4章では、第3章で与えた双対性の描像に基づき、具体的にWilson loopの2点相関関数を評価している。従来より知られた相関関数を拡張して、 k 階の反対称表現を含む相関関数を考察し、これに対する計算結果に基づいて、双対なF-string/D-brane系の相転移現象 (Gross-Ooguri相転移) を議論している。なお、整合性の吟味として、本論文で求めたWilson loopの2点相関関数が、 $k=1$ のときにこれまでの知られた相関関数と完全に一致することが確かめられている。続く第5章は、第4章の分析を有限温度の場合に拡張したもので、AdS側がblack holeを許す幾何構造を持つことが示され、相転移の状況の変化も併せて議論されている。第6章においては、half-BPSセクターにおける $N=4$ SYM理論と、noncriticalな $c=1$ stringとの関係が議論される。この関係の観察は複素行列模型を通してなされ、それぞれの理論が一種の自由fermion系に置き換えられ、これを基礎に相関関数とタキオン散乱に関するS行列の等価性が示されている。最後の第7章では、結論として本論文の結果とその意義が述べられるとともに、今後の関連した研究トピックとして、Nekrasovのinstanton counting及びSeiberg双対性への応用が議論されている。また2つのAppendixでは、楕円積分の表式等の本文に対する技術的補足がなされている。

本論文はAdS/CFT対応を中心課題として、D-braneを伴う相関関数を用いた種々の計算を通して上の双対性の吟味や新しい側面を探ったものであり、その寄与は大きく2つにわけて考えることができる。まず1つは、上記のような双対性の概念に基づいて、Wilson loop

の評価に際して従来より知られた相関関数を k 階の反対称表現を含むものに拡張することに成功したことである。本論文で考察したのは平行した2つの円周に沿うWilson loopの2点相関関数であるが、SYM理論側では非常に困難な摂動的な計算に依らずとも、双対的な描像を用いて計算が可能であることを実際に示しており、かつその結果に対して、対応する双対なF-string/D-brane系でのloop間の距離に関する応答としての物理的解釈を行うことが可能であって、（有限温度の場合を含め）その相転移現象と密接に関連していることを示したことは、十分に意義のあることである。

もう1つは、half-BPSセクターにおける $N=4$ SYM理論のchiral primary場の相関関数が、すべてのgenusで $c=1$ string理論のタキオン散乱に関するS行列と（位相部分を除いて）一致することを示すことに成功したことである。これは一見繋がりの無い両者の理論が、複素行列模型を通して共通の数理物理的基盤を持つことを意味しており、非常に興味深い発見だと言える。また、これらの分析を行うにあたり、hermitian Gaussian 行列模型を用いてそのS行列を求める等、高度な操作と巧妙な手法を駆使しており、用いられた理論的分析は技術的にも高いものと判断する。

以上述べたように、本論文はD-braneを伴う相関関数の数理物理的な分析を通して、ゲージ理論と弦理論との関連の解明に寄与するものであり、学位論文として十分な内容を含んでいると判断できる。

なお、本論文の4章の内容は、山口哲氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析を行ったものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断する。なお、5章、6章は論文提出者個人の研究に基づくものである。

したがって、論文提出者に博士（理学）の学位を授与できると認める。