

Title	Test of AdS/CFT correspondence by non-local operators
Author(s)	長崎, 晃一
Citation	大阪大学, 2014, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/34025
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

論文内容の要旨

氏名 (長崎 晃一)

論文題名

Test of AdS/CFT correspondence by non-local operators

(非局所演算子によるAdS/CFT対応の検証)

論文内容の要旨

現代の物理学で重要な二本柱となっているのは重力を記述する一般相対性理論とミクロな世界を記述する量子論である。自然界の全ての力の統一を目指す最先端の物理はこの2つの理論の統一、すなわち量子重力理論を探し求めている。この量子重力理論の候補として超弦理論がある。しかし、現時点で超弦理論はその難解さゆえに非摂動的性質についての理解はほとんど進んでいない。

本博士論文では超弦理論とゲージ理論を関係付けるとされるAdS/CFT対応という予想について検証する。このAdS/CFT対応は4次元のN=4超対称Yang-Mills理論(以下、ゲージ理論)と10次元AdS時空の上で定義されたIIB型超弦理論(以下、超弦理論)の間の双対性である。この主張は解析が困難な超弦理論を現在までによく調べられているゲージ理論から理解出来ると言うものであり、その効果は非常に大きい。しかしこの対応に関して、現在までに完全な証明が得られた事はまだ無く、幾つかの状況証拠が知られているのみだ。本研究ではこの対応の有力な証拠を見つける事を目標とする。両理論の具体的な計算を実行し比較する。これによりこの予想が正しいという確信にまた一歩近づく事ができる。

ここで問題となるのは、ゲージ理論と超弦理論とで古典近似が有効な範囲が異なると言う事だ。一般にゲージ理論においてはトーフト結合定数 λ が小さなときに摂動近似で有効な計算ができるのに対し、超弦理論では λ が大きくなると古典近似が有効になる。本研究では非局所演算子という時空に局在せず広がって存在しているゲージ理論の演算子が重要な役割を果たす。一般にこのような演算子のゲージ理論への導入により理論に新しいパラメータが加わる。このパラメータはトーフト結合定数が大きな場合でも、その値の調整でトーフト結合定数とこの新パラメータの組み合わせでの摂動展開を可能にする役割を果たす。このような非局所演算子の導入によるAdS/CFT対応の検証は新しく非常に有効な手段である。

本論文で扱う非局所演算子の一例は3次元の広がりを持ったインターフェースと呼ばれるものである。計算する物理量はこのインターフェースと他の演算子との間の相関関数である。この計算のゲージ理論側と超弦理論側両方からの計算結果は古典的レベルで完全に一致していることが確かめられる。これはAdS/CFT対応の証拠となる非常に重要な結果である。

また、この論文では非局所演算子の分類に使われるYoung図と超弦理論のブレーンの関係を探る。ここでも先述のインターフェースという非局所演算子を有効なプローブとして使うことができる。超対称性が保たれるという条件からブレーンのAdS₅xS⁵時空への埋め込みを記述する方程式を導く。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (長 崎 晃 一)		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	教授 細谷 裕
	副 査	教授 橋本 幸士
	副 査	准教授 尾田 欣也
	副 査	准教授 山口 哲
	副 査	助教 北沢 正清
論文審査の結果の要旨		
<p>超弦理論は重力場を含む素粒子の統一理論として、現在最も有望視されている理論である。本論文「Test of AdS/CFT correspondence by non-local operators (非局所演算子による AdS/CFT 対応の検証)」では、AdS/CFT 対応と呼ばれる超弦理論における予想が正しいことの有力な証拠を与えている。AdS/CFT 対応とは、超弦理論と重力場を含まないある種の場の理論が等価であるという予想である。超弦理論はこれまで摂動論的にしか定義されておらず、もし AdS/CFT 対応が正しいなら場の理論によって超弦理論を非摂動論的に定義することが可能となる。また、通常的手法では難しい強結合の場の理論を古典的な重力の計算によって取り扱え、実際、原子核、素粒子、物性分野への多くの応用研究がなされている。このような研究は AdS/CFT 対応が正しくないとならぬと成り立たず、AdS/CFT 対応が正しいかどうかは、極めて重要な問題である。本論文では、非局所演算子、特にインターフェイス（境界面）と呼ばれる物体を媒介にして AdS/CFT 対応を探るという独創的なアプローチを用いる。インターフェイスを導入することによって新しいパラメーターが導入され、これと相互作用結合定数のある極限を考えることにより、従来あったものとは異なる部分の検証が可能となった。具体的にはインターフェイスとカイラル・プライマリー演算子との相関関数を超弦理論と場の理論のそれぞれで計算し、それらがある極限で完全に一致していることを示した。また、インターフェイスと試験粒子との間のポテンシャル・エネルギーを超弦理論側と場の理論側でそれぞれ計算し、それも完全に一致していることを示した。また、インターフェイス上に't Hooft 演算子と呼ばれる演算子をのせたものの超弦理論側の対応物について考察し、対応する物体の配位を決める方程式を与え、様々な量の対応関係を明らかにする辞書を与えた。本論文の非局所演算子を用いるアプローチは斬新で、かつ非常に有用であり、今後、この分野の発展に大きく寄与すると予想される。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。</p>		