

学位申請論文公開講演会

日時：2021年1月28日(木) 17:00～

申請者：前海 真志 (E研)

場所：オンライン

接続先の問い合わせ先：酒井 忠勝 tsakai@eken.phys.nagoya-u.ac.jp (_@_は@に置き換える)

題目：AdS/CFT 対応を用いた exactly marginal 演算子の相関関数の解析

概要

共形場理論 (CFT) は場の量子論において繰り込み群変換の固定点上に存在する理論である。CFT は共形対称性という対称性を有し、物質の臨界現象などの理解に役立ってきた。また CFT と AdS 重力理論の等価性を主張する AdS/CFT 対応に関する研究が発展したことで、近年では量子情報など多方面で精力的に研究されている分野である。

CFT には exactly marginal operator (EMO) という複合演算子が存在する場合がある。EMO の結合定数は繰り込み群変換に対して変換しない特殊な結合定数であり、exactly marginal coupling (EMC) という。EMO による摂動によって、共形対称性を保ったまま EMC の値を連続的に変えることができる。このことは EMO を持つ CFT が EMC の連続的な集合によって特徴付けられることを意味する。そのためこの連続的な集合は繰り込み群変換に対して変換されない領域 (固定面) を構成している。このような EMC によって特徴付けられる領域を共形多様体という。

EMO の相関関数には局所相殺項で消すことのできないコンタクト項が現れる。そしてその係数に共形多様体の幾何学的な情報を含むことが CFT の先行研究で知られていた。申請者の研究目的は、AdS/CFT 対応を前提とし、このような EMO の相関関数の構造を AdS 重力理論から再現することである。

解析のセットアップとして、まず AdS/CFT 対応において繰り込み群を議論した。EMC の繰り込み群のベータ関数に課される条件から、EMO が存在する CFT に双対な重力理論の作用を決定した。その結果、作用の一般形は AdS 空間上で定義される非線形シグマ模型であることが示された。得られた作用から EMO に双対なスカラー場の運動方程式を求め、その解からスカラー場の on-shell 作用を計算した。そして GKP-Witten 関係式に従って相関関数を計算し、上記の相関関数の構造が正しく再現されることを示した。

さらに申請者は、共形多様体の構造に対する考察を行うために 4 点関数に着目し、EMO で構成される 2 重トレース演算子の持つ数学的構造の解析を行った。具体的には CFT と AdS 重力理論の双方で EMO の 4 点関数の double OPE 極限をそれぞれ計算し、それらの比較から物理的な意味を議論した。その結果、EMO の 2 重トレース演算子の異常スケーリング次元を、共形多様体の幾何学的な情報を持つ 2 つのテンソルを用いて表すことができた。これは限られた具体例でのみ示されていた、強結合の CFT における先行研究の結果を大きく一般化したものと言える。

今回の解析では共形摂動論に対応する計算を重力理論において行い相関関数を求めた。計算の際に生じる発散は、AdS 空間の境界近傍にカットオフ面を導入する方法で正則化した。この正則化を用いて EMO の相関関数の構造を再現できたことは、共形摂動論を重力理論側で議論する際の正則化の方法として、カットオフ面を導入する方法が有効であることを示している。

今回得られた結果は、AdS/CFT 対応の正当性をより確実にするものである。同時に EMO が存在する CFT に対して AdS/CFT 対応の立場から、共形多様体の幾何学的な情報と相関関数の数学的構造を結びつける新たな関係性を明らかにしたものとなっている。