

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 辻村 潤

論 文 題 目

AdS/CFT 対応において複数の鞍点をもつエンタングルメントエントロピー

### 論文審査担当者

主査	名古屋大学大学院理学研究科	准教授	理学博士	南部	保貞
委員	名古屋大学大学院理学研究科	教授	理学博士	野尻	伸一
委員	名古屋大学大学院理学研究科	教授	博士(理学)	棚橋	誠治

## 論文審査の結果の要旨

別紙 1-2

近年の理論物理学では、物理系同士の双対性に基づきそれぞれの物理系の性質を解析することが行われている。その1つである AdS/CFT 対応は、重力系である反ドジッター時空 (AdS) と重力を含まない低次元の共形場理論 (CFT) との間に成立する双対性である。この双対性を用いると強結合量子多体系の物性を弱結合の重力系の物理によって理解することが可能となる。笠-高柳予想は AdS/CFT 対応における最も重要な関係式の一つであり、量子多体系における量子もつれの構造を指針として AdS/CFT 対応のメカニズムの理解をするための基礎であるとみなされている。

笠-高柳予想は、半古典極限において CFT のエンタングルメントエントロピー (EE) を双対な重力系における笠-高柳曲面の面積として与える。EE は対象系の量子もつれの大きさの指標の一つであり、笠-高柳曲面はトポロジカルな条件であるホモロガス条件を満たす曲面の中で面積最小のものである。一般の量子系では、EE の評価はレプリカ法に基づく経路積分を用いて実行され、 $q$ -類似物であるエンタングルメント Renyi エントロピー (ERE) を評価したのちに  $q=1$  の極限で求められる。ERE は  $q$ -分配関数によって与えられ、半古典極限ではその分配関数を表現する経路積分を鞍点近似によって評価できる。しかしながら、先行研究では  $q$ -分配関数の鞍点が複数存在する場合、分配関数の最小値を与える鞍点のみが ERE に寄与する事が仮定されており、笠-高柳予想もこの条件下で正当化されていた。

申請者は、一般の量子系では  $q=1$  近傍において、 $q$ -分配関数のすべての鞍点が ERE に同程度に寄与し得ることに着目した。そして具体例として、非線形自己相互作用を持つスカラー場のモデルである Liouville CFT における二区間系の EE の評価を、数値計算を用いて実行した。二区間系の  $q$ -分配関数は適切な演算子の四点相関関数によって与えられ、Liouville CFT ではこの相関関数は CFT の代数構造より導かれる微分方程式を用いて解析可能である。特に、四点相関関数に対するこの微分方程式は4つの確定特異点を持つ Fuchs 型微分方程式である Heun の微分方程式に帰着し、 $q$ -分配関数の鞍点はこの微分方程式を特徴づけるパラメータによって決定される。申請者は、この解析から  $q=1$  近傍において  $q$ -分配関数は二つの鞍点を持ち、系の対称性よりこれらは等しい重みで ERE に寄与することを示した。さらに、 $q$ -分配関数が複数の鞍点を持つ一般の系では、笠-高柳予想は修正が必要であると予想し、AdS/CFT 対応の下で二区間系の EE をその双対な重力系の幾何学量で与える公式を導出した。

申請者の研究は、AdS/CFT 対応に基づく二区間系の EE の評価における問題点を指摘し、従来とは異なる答えを与える手法を提案した点で高く評価できる。また本研究で得られた EE を与える公式は笠-高柳予想の拡張となっており、AdS/CFT 対応の理解に大きく貢献する重要なものである。以上の理由により、申請者は博士 (理学) の学位を与えられるに相応しいと認められる。