

## 別紙 4

報告番 -	※ 甲 第 号
----------	---------

## 主 論 文 の 要 旨

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  
氏 名 辻村 潤

## 論 文 内 容 の 要 旨

近年の理論物理学では、物理系間の双対性に基づいて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。これを用いると強結合の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 対応における最も有名で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拠り所にして 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共形場理論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を定量化する指標の一つであり、笠-高柳曲面はホモロガス条件とよばれるトポロジカルな条件を満たす曲面の中で面積最小のものである。一般の量子系において、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、その  $q$ -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  $q$  を 1 に取る極限で求められる。ERE はレプリカ分配関数とよばれる  $q$ -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することができる。しかしながら、 $q$ -分配関数の鞍点が複数存在する場合、先行研究では分配関数が最小値を与える鞍点のみが EE および 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。

本研究では、一般の量子系において  $q=1$  近傍において、 $q$ -分配関数のすべての鞍点が EE および ERE に同程度に寄与し得ることに着目した。その具体例として、非線形自己相互作用を持つスカラー場の模型である Liouville CFT における二区間系の EE を、数値計算を用いて解析した。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 BPZ 方程式を用いて解析することができる。特に、四点相関関数に対する BPZ 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 の微分方程式と等価であり,  $q$ -分配関数の鞍点は Heun の微分方程式を特徴づけるアクセサリパラメタによって決定される. 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, 系の対称性からこれらは等しい重みで ERE に寄与することを示した. 一方で, 笠-高柳予想は  $q$ -分配関数の最小の鞍点のみが ERE に寄与するという仮定のもとで正当化されており, 複数の鞍点を持つ一般の系では笠-高柳予想は修正されなければならない. この予想に基づいて, 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.