

学位申請論文公開講演会

日時：2023年02月03日(金) 09:00~11:00

申請者：辻村 潤 (QG研)

場所：A421

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

主論文の要旨

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。その一つである AdS/CFT 対応は漸近的に反ドジッター時空 (AdS) となる重力系および共形場理論 (CFT) により記述される重力を含まない低次元系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 に取る極限により求められる。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。 q -分配関数の鞍点が複数存在する場合、先行研究ではこれらの鞍点のうち最小値を与える鞍点のみが EE および ERE に寄与すると仮定されており、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、一般の半古典的な量子系において q の値が十分 1 に近い場合、 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モデルである Liouville CFT における二区間系の EE を数値的に評価した。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 方程式は四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付けるアクセサリパラメータによって決定される。この解析から $q \sim 1$ 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 EE に寄与するという仮定のもとで正当化されていたので、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。この予想の下に、AdS/CFT 対応のもとで二区間系の EE をその双対な重力系で与える手法を提案した。