

別紙 4

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

主 論 文 の 要 旨

論文題目 Entanglement Entropy and Entanglement Growth in Gauge Theory
(ゲージ理論におけるエンタングルメントエントロピーと量子もつれの時間発展)

氏 名 綿村 尚毅

論 文 内 容 の 要 旨

量子もつれは量子理論の性質で重要かつ特異なものの一つである。量子場の理論においてもそれは同様であり、ブラックホールや量子重力、情報理論との関わりが盛んに議論されている。

本論文では量子場の理論、特にスカラー場とマクスウェル場の局所励起状態の量子もつれを議論した。局所励起状態とは、場の理論の真空状態に空間の点に局在した場の演算子を作用させた状態のことであり、真空とは異なる状態である。真空状態の量子もつれの性質はよく研究されているが、このような励起状態に関する研究は未解明な部分が多い。量子もつれを測定する量としてエンタングルメントエントロピーとその拡張の一つであるレイニーエンタングルメントエントロピー (REE) がある。これらは量子理論において状態空間が二つの部分空間のテンソル積に分割可能である時に定義される。本論文では空間を無限に広がる二つの空間に分割し、状態空間もこの空間の分割に対応した部分空間のテンソル積に分割する。局所励起状態と真空状態の REE の差をレプリカ法により評価し、局所励起状態の量子もつれの時間発展を解析した。

スカラー場の時間発展は先行研究により、無限の時間が経った後の REE の変化分が準粒子描像に基づいた代数を用いて理解できることが知られている。本論文ではこの準粒子描像と場の理論の関係を明らかにし、その系統的な構成法を与えた。またその構成法により準粒子描像に基づいた代数が有限の時間においても成り立つことを明らかにし、さらに四次元時空におけるその幾何学的な解釈となるモデルを提案した。このモデルでは球面状に等しい確率で伝搬する粒子を用いて場の理論の REE の時間発展を記述する。

また、マクスウェル場においてはその局所励起状態の時間発展を本論文で初めて明らかにした。マクスウェル場の局所励起状態の **REE** は、スカラー場と異なり分割した空間の二つの部分空間の境界面に対して平行な場の演算子の成分どうしの中に非自明な相関がある。ゲージ場においても、無限の時間が経った後の **REE** を記述する準粒子描像に基づいた代数の構成法を与え、その場の理論との関係を明らかにした。この代数は有限時間においても適用可能であり、場の理論における **REE** の時間発展を記述することを明らかにした。