

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)	氏名	折 戸 隆 寛
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項・ 2 項該当		
論 文 題 目 Numerical study on non-Hermitian quantum dynamics (非エルミート量子系の動力学の数値的研究)			
論文審査担当者 主 査 教 授 高 根 美 武 審査委員 教 授 角 屋 豊 審査委員 教 授 Hofmann Holger Friedrich 審査委員 教 授 東 谷 誠 二 審査委員 准教授 西 田 宗 弘			
〔論文審査の要旨〕 Hatano-Nelson (HN) モデルとはホッピング項が左右非対称な 1 次元非エルミート量子系である。通常のエルミートな 1 次元系ではポテンシャルに乱れがあればアンダーソン局在が生じ、全ての固有関数は実空間において局在するが、HN モデルでは非対称なホッピングが局在を阻むため非局在相が現れる。HN モデルの局在非局在転移は乱れと非エルミートな非対称ホッピングの競合によって決まり、転移点からエルミート極限における局在長を評価できる。つまり、HN モデルにおける局在非局在転移の研究はエルミート系における局在現象の理解にも大いに寄与する。HN モデルに粒子間相互作用を加えて量子多体系へ拡張した多体 HN モデルにおける多体局在現象の研究はまだ歴史が浅い。先行研究ではエンタングルメント エントロピー (EE) の時間発展から多体局在転移を検討しているが、乱れの強度との関係は十分に解明されていない。本研究では様々な乱れの強度で EE の振る舞いを詳細に検討した。特に、相互作用がない場合に知られていた転移点と局在長の関係が、多体 HN モデルにおいて成立するか否かをダイナミクスの観点から検証した。 本論文は以下のように構成される。第 1 章では本研究の背景について述べている。第 2 章では粒子間相互作用がない場合の局在現象について述べている。第 3 章では相互作用のある場合について、固有状態熱化仮説および多体局在現象に関する先行研究の成果をまとめている。著者自身の成果をまとめた第 4 章と第 5 章の内容については段落を改めて述べる。第 6 章では得られた成果をまとめている。 第 4 章では、空間的に局在した波束のダイナミクスについて検討した。エルミート系では波束が左右対称に伝播する。一方 HN モデルでは、非局在相ではホッピングの強度が大きい方向に波束の伝播が偏り、転移点近傍で双方向に広がり始めるが、局在相に入ると急激に局在する			

ことを見出した。著者はこの顕著な変化を波束の移動速度や平均二乗偏差を用いて定量化すれば転移点を決定できることを示した。波束のダイナミクスから局在長を求める方法は本研究の重要な成果の一つである。第5章では、多体HNモデルにおけるEEの時間発展を網羅的に検討した。相互作用がない場合、非局在相では乱れの強度の増大とともにEEは増大し、転移点近傍にて最大値を取り、局在相に入ると減少に転ずることを見出した。続いて、相互作用が有限な場合について検討した。その結果、先行研究で報告されたEEの非単調な振る舞いは、非局在相だけでなく乱れが強すぎない限り局在相でも現れることを明らかにした。EEは広い範囲で非単調な振る舞いを示すので、先行研究で提案されたEEの飽和値を用いる相判別法は不適切である。一方、EEの最大値は非局在相では乱れの増大とともに増大し転移点近傍で最大となり、局在相では減少する。また、非局在相から局在相へと移り変わる過程でEEの最大値のシステムサイズ依存性が定性的に変化することを見出した。これらの結果に基づいて、著者はEEの最大値を用いて相を判別する方法を提案し、その有効性を実証した。この結果は転移点と局在長の関係が多体HNモデルでも成立することを意味する。

上記の通り、著者は多体HNモデルにおけるEEのダイナミクスの特徴を明らかにし、新しい相判別法を考案した。この方法は局在長と局在非局在転移点の関係に着目して多体局在現象の研究を進める際の基盤となり得る重要な成果である。

以上、審査の結果、本論文の著者は博士（工学）の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。

備考：審査の要旨は、1,500字以内とする。