

論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	甲 第 号	氏 名	小林 幸平	
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	博士(情報理工学)	山本 直樹
	副査	慶應義塾大学准教授	博士(工学)	渡辺 宙志
	副査	慶應義塾大学准教授	博士(理学)	田中 宗
	副査	慶應義塾大学専任講師	博士(理学)	古池 達彦
(論文審査の要旨)				
<p>学士(工学)、修士(工学) 小林幸平君の学位請求論文は「Distance and Time Limit on Quantum Control under Decoherence (デコヒーレンス下における量子制御に対する距離および時間的限界)」と題し、全5章より構成される。</p> <p>量子計算や量子センサをはじめとする量子情報技術の実現には、量子デバイスの高度な制御が不可欠である。とくに、現実的な量子デバイスはデコヒーレンスと呼ばれるノイズを被るため、これを抑え、理想に近い量子状態を長時間保持するための制御法が色々と提案・実証されている。しかし、これらの制御法は各論であって、デコヒーレンス下で、どれほど理想に近い量子状態が生成でき(距離的限界)、どれほどの時間保持できるか(時間的限界)、に関する一般論はこれまでほとんど研究されてこなかった。本論文では、これら距離および時間的限界に関する一般的な表式を導出し、さらにこれらを制御系設計に役立てる方策を提示している。</p> <p>第1章では、本論文の研究背景と研究成果の概要が説明されている。ついで第2章では、本研究で解析の対象となる量子開放系、および量子制御理論の基礎事項についてのまとめが与えられている。</p> <p>第3章では、デコヒーレンスを被る一般的なマルコフ量子開放系について、初期量子状態を目標量子状態に遷移させる制御問題を考察している。制御法としてはフィードバックを含む多様なクラスが仮定されている。そして、このクラス内の任意の制御のもとで、制御された状態と目標状態の距離の下限を導出している。すなわち、いかなる制御をもってしても進入することができないという領域を明らかにしている。この距離的限界の表式は、先行研究と比較して計算がしやすいという特徴がある。さらに、この距離的限界の一般的表式を用いて、デコヒーレンス下でも接近しやすい目標状態の特徴づけを行なっている。とくに、いわゆるエンタングルメントの度合いが大きい状態ほど距離的限界が大きい、という興味深い例を見出している。</p> <p>第4章では、第3章とほぼ同じ設定で、デコヒーレンスを被る一般的なマルコフ量子開放系について、初期量子状態を目標量子状態に遷移させる制御問題を考察している。そして、この遷移に要する時間の下限を導出している。この時間的限界の表式は、先行研究と比較して、よりタイトで、かつ計算がしやすいという特徴がある。さらに、この時間的限界の表式を用いて、所望の量子状態を保持するためのハミルトニアン設計の新しい方法を提案している。具体的には、初期状態を所望の量子状態に、目標状態をそこから一定距離離れた任意の状態にとり、このときの時間的限界を最大化するハミルトニアンを求める最適化問題を定式化している。提案法の有効性は数値計算で例示されている。</p> <p>第5章では、本論文のまとめと展望が記述されている。</p> <p>量子情報技術において高精度な制御は必要不可欠であり、一方でデコヒーレンスは現実的には不可避であることから、距離・時間の両面から制御の原理的限界を明らかにすることは重要である。本研究の成果は、一般的な表式でこの課題に貢献し、量子情報技術分野のさらなる発展に寄与することが期待されるものである。</p> <p>よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>				
学識確認結果	学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査委員会で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。 また、語学(英語)についても十分な学力を有することを確認した。			