

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	田村 賢太郎	
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	慶應義塾大学教授	博士(工学)	武岡 正裕
(論文審査の要旨)				
学士(工学)、修士(工学)田村賢太郎君の学位請求論文は Approaches for Utilizing Quantum Computing with Limited Resources(リソースの限られた量子計算の活用手法)と題し、全5章より構成される。 量子コンピュータは、従来のコンピュータでは計算困難な問題に対して効率的に解を提供する次世代の計算機として注目されている。現在、量子コンピュータの実機開発は急速に進展しており、クラウドを通じて広く利用可能な状況にある。しかし、現行の実機はノイズの影響を受けており、かつ制限された数の量子ビットしか使用できないため、実行可能な量子アルゴリズムが限られている。完全な誤り訂正機能を備える大規模量子コンピュータの出現には長い時間がかかると考えられており、そのために、一般に、ノイズを正しく特定し量子アルゴリズムのノイズ耐性を解析する必要がある。本論文は、ノイズ影響下にある量子ビットの特性評価を簡易に行う手法を開発し、また、ノイズ影響を前提としたある特別な量子アルゴリズムのノイズ耐性を詳細に解析したものである。 第1章では、研究背景と本論文の構成が説明されている。特に、量子リソースが限られた実機の現状と課題についてのまとめが与えられている。そして、これらの課題の解決に向けた、本論文で得られた成果の立ち位置と意義について議論されている。 第2章では、本論文で用いられている量子情報と量子ノイズに関する基礎事項のまとめが与えられている。 第3章では、本論文の第一の成果である、量子ビットのノイズ特性評価手法が説明されている。ノイズの影響を受ける現行の実機において、量子ビットのノイズ特性を正しく評価することは重要な課題である。しかし、量子コンピュータ特有のタスクで量子ビットを評価する方法は確立されていなかった。本章で提案されている評価法は、量子コンピュータ特有のタスクである量子乱数生成における量子ビットの安定性に基づくものである。説明にあたって、まず既存の量子ビットの評価手法および乱数生成器と検定手法が紹介されており、そして既存の乱数検定を量子ビットの評価に用いることの問題点が明らかにされている。続いて、Ramer-Douglas-Peucker (RDP) アルゴリズムを応用した安定性評価手法が提案されている。そして、提案手法を実機へ適用した結果が示されている。とくに、提案手法の適用により、実機の量子ビットの出力にバイアスが存在するばかりでなく、そのバイアスが時間とともに変化することが明らかにされている。 第4章では、本論文の第二の成果として、量子ランダムアクセスコードに基づく最適化アルゴリズム(QRAO)について、ノイズ耐性を詳細に調べた結果が与えられている。QRAOは、問題の変数の数に対して少ない量子ビット数で動作する量子アルゴリズムである。これは確かに量子リソースの消費を抑えるが、そのノイズ耐性については解明されていなかった。本章では、まず背景として量子組合せ最適化アルゴリズムの先行研究が紹介されている。続いて、ノイズシミュレーションにより、(3古典ビットを1量子ビットに埋め込む)QRAOの近似解の精度が、イジングハミルトニアンを用いた場合よりも高いことが示されている。さらに、このアルゴリズムのノイズ耐性のメカニズムが理論的に明らかにされ、この結果を用いて、古典変数の読み出しに必要な測定回数が導出されている。 第5章では、本論文のまとめと展望が述べられている。 本研究の成果は、量子コンピュータの実機の安定性を簡潔に評価し、適切な量子ビットやデバイスの選定を行うための手法を提供するとともに、組合せ最適化問題を解く量子アルゴリズムの設計法に関する知見を提供するものである。これらは、量子コンピュータの実用化に貢献することが期待される。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。				
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。			