



Title	Study on mixed-state ensemble quantum computation by numerical simulations
Author(s)	齋藤, 暁
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/47296
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	さい とう あきら 齋 藤 暁
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 2 1 2 8 1 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 19 年 3 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科システム創成専攻
学 位 論 文 名	Study on mixed-state ensemble quantum computation by numerical simulations (混合状態アンサンブル量子計算の数値シミュレーションによる研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 北川 勝浩 (副査) 教 授 占部 伸二 教 授 井元 信之 助教授 小芦 雅斗

論 文 内 容 の 要 旨

アンサンブル量子計算機の量子性及び計算能力について評価、報告を行うものである。まず、エンタングルメント検出に関して、新しい写像である占有数減衰写像を導入し、その n 回のテンソル積が n 量子ビット- n 体のエンタングルメントの検出に利用できることを示す。また、この写像に関連して Laskowski-Zukowski 定理の拡張定理を示す。これは、密度行列のある非対角要素の絶対値から n 量子ビット- n 体のエンタングルメントを検出する簡便な方法である。さらに、NMR などのバルクアンサンブル系のエンタングルメント検出に関して、検出に使用する Witness 演算子を各量子ビットの偏極率演算子の線形結合の形に展開するアルゴリズムを示す。これは実験系で用いやすい形である。次の話題として、アルゴリズムの偏極率移動を用いた量子レジスタの初期化アルゴリズムが到達できる初期化限界の議論を再考する。Schulman-Vazirani が提案した初期化アルゴリズムは当初はエントロピー限界まで初期化できると目されていたが、これは誤りであることを指摘し、数値解析で現実的な限界を見積もる。本論文の主題材として、アンサンブル量子計算の古典的シミュレーションを利用したオラクル検索を取り上げる。アンサンブル量子計算の計算機としての能力は、分子が無数にあることによる古典的並列性、重ね合わせ状態が含まれることによる量子論的並列性に依るとされる。しかしこれら並列性は、古典計算機上のシミュレーションに常に勝るものではない。Vidal が 2003 年に密度行列繰り込み群と同等の方法で量子計算をシミュレーションする MPS 法を示して以来、古典計算で多項式時間でシミュレーションできるか否かによる量子計算のクラス分けが論じられている。本論文ではこのような議論を踏まえつつ、一線を画し、古典的な問題を解く古典的な計算方法として、MPS シミュレーションを評価する。まず、アンサンブル計算機向けのデータベース検索アルゴリズムである Bruschweiler 検索を拡張し、線形クエリー量でオラクル関数の全ての解を発見できるようにする。このアルゴリズムを、MPS シミュレーション上で実行することで、任意のオラクル検索問題を解くことができる。計算量は Schmidt ランクに依存し、既存の古典的な検索アルゴリズムとは根本的に発想が異なっているため、ハードインスタンスの出現条件などの特性を新規に調査する必要がある。ここでは、単純なオラクル、及び厳密 3 集合打問題のオラクルについて評価した。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

平成 19 年 2 月 13 日、審査委員会を開き、全員出席のもとに、齋藤暁君に博士論文の内容について説明を行わせ、それを中心に一般的な問題についても質疑・討論及び口頭試問を行った結果、最終試験に合格と判定した。