

共同研究報告書

F. 「NMR 量子コンピュータ」

天野 力、小澤 宏、坂口 潮、福見俊夫、杉谷嘉則、西本右子、峯岸安津子、横山 宙、
渡部徳子

神奈川大学理学部、同総合理学研究所、東京大学情報基盤センター、熊本学園大学、
大阪工業技術研究所、東京水産大学

本年度は以下の研究発表を行った。

1. 【著書】

[1] Ushio Sakaguchi, Hiroshi Ozawa, and Toshio Fukumi, "NMR quantum computation" in "*Coherence and Statistics of Photons and Atoms*," edited by Jan Perin (John Wiley, 2001), pp.470-512.

2. 【論文】

[1] Hiroshi Ozawa: Phase-creation algorithm to solve an extended Deutsch problem by a quantum computer, *Physical Review A*, Vol.63, 052312-1/4 (2001).

【概要】 量子アルゴリズムにおいては、 f -controlled-NOT (Deutsch, 1985)、すなわち $|x\rangle|y\rangle$ を $|x\rangle|y+f(x)\rangle$ に変えるユニタリー変換を用いて、関数 $f(x)$ の評価を行なう。ここで $|y\rangle$ を1量子ビットの重ね合わせ状態 $|0\rangle-|1\rangle$ にとると、この変換は、 $|x\rangle$ に位相 $(-1)^{f(x)}$ を与える変換と等価であることがわかる。 $f(x)$ は0を含む整数であり、よってこの変換により、 $f(x)$ の値に応じ、位相+1あるいは-1が $|x\rangle$ に与えられる。我々は、ここで用いる $|0\rangle-|1\rangle$ が $|1\rangle$ のHadamard変換であることに着目し、これを n 量子ビットよりなる $|00\dots01\rangle$ のFourier変換で置き換えることにより、 $|x\rangle$ に任意の位相 (+1, +i, -1, -iなど) を与え得ることを示した。量子アルゴリズムが、古典的な方法に比べ、指数関数的に高速なものとなり得ることを示すひとつの例として、 n 個の0または1を1個の0または1にマッピングする関数を対象とするDeutsch-Jozsaの問題 (1992) が挙げられるが、上記の方法を用いれば、 n 個の0または1を m 個の0または1にマッピングする拡張された問題においても、指数関数的高速化を達成することができる。

3. 【会議録】

[1] 坂口潮, 小澤宏, 福見俊夫: Preparation of effective pure states $|00\dots0\rangle$ on an NMR quantum computer with any number of spins, 「量子情報とその周辺分野の解析的研究」, 数理解析研究所講究録 1196 (京都大学数理解析研究所, 2001年4月), pp.12-20.

[2] 吉田宣章, 後藤英一, 天野力, 白鳥紀一: Clock dependence of the computational heat found by simulation, 「量子情報とその周辺分野の解析的研究」, 数理解析研究所講究録 1196 (京都大学数理解析研究所, 2001年4月), pp.21-31.

[3] 小澤宏: Phase-creation algorithm to solve an extended Deutsch problem with an implementation on an NMR quantum computer, 「量子情報とその周辺分野の解析的研究」, 数理解析研究所講究録 (京都大学数理解析研究所, to appear), 11 pages.

4. 【学会等発表】

[1] 小澤宏: Database searching and counting with an exponential speedup on an NMR quantum computer, 京都大学数理解析研究所研究集会「量子力学系の数理論とその量子コンピュータへの応用」, 2002年1月.

[2] 後藤英一, 天野力, 吉田宣章: 量子エントロピーと計算発熱シミュレーション, 京都大学数理解析研究所研究集会「量子力学系の数理論とその量子コンピュータへの応用」, 2002年1月.

[3] 榊原和久, 吉田臣, 小澤宏, 坂口潮, 天野力, 福見俊夫: NMR量子コンピュータ用コンピュータ分子の分子設計, 日本化学会第81春期年会, 早稲田大学, 2002年3月.

5. 【研究会開催】

第13回量子情報研究会

国立情報学研究所国際高等セミナーハウス(軽井沢), 2001年9月5-7日.

(1) 天野力: Computing heat minimization

(2) 小澤宏: Implementation of quantum algorithms by nuclear magnetic resonance.

(3) 榊原和久: NMR量子コンピュータ用コンピュータ分子の設計と合成.

第14回量子情報研究会

東京大学附属図書館, 2002年3月9日.

(1) 天野力: 計算発熱最小化とマックスウェルのデモン論争

(2) 小澤宏: Ensemble quantum computation.

(3) 福見俊夫: Novel quantum database searching algorithms

今後の課題:

1. 純粋状態を用いるNMR量子コンピュータと有効純粋状態に基づくNMR量子アンサンブルコンピュータの相違を調べる。

2. 量子コンピュータにおけるエンタングル状態の意義を明らかにする。