

L. NMR 量子コンピュータ

神奈川大学 理学部 天野 力、西本右子、横山 宙
 神奈川大学総合理学研究所 峯岸安津子
 熊本学園大学 坂口 潮
 東京大学大型計算機センター 小澤 宏
 大阪工業技術研究所 福見俊夫
 東京水産大学 渡部徳子

1982年にファインマンは従来のコンピュータでは量子系の効率の良いシミュレーションが難しいことを指摘した⁽¹⁾。量子コンピュータは従来のコンピュータとは全く異なる量子力学の原理に基づくコンピュータである。それによると、良く知られた状態の重ね合わせ（エンタングル状態と呼ぶ）を利用する超並列性のため超高速計算が可能であり、現在のコンピュータでは実際に解けないNP問題が解けるという期待が持たれている。また量子コンピュータは可逆過程のみで構成されるので、非可逆性に起因する発熱がないということも指摘されている。量子コンピュータのデバイスとしてはイオントラップによるものなどいくつかの提案があり、実験も行われた。近年は核スピン状態を用いる NMR の実験が注目され、盛んに利用法の提案や実験が行われるようになってきた^{(2), (3)}。本研究ではNMRを用いた量子コンピュータの実現の可能性を検討する。

超並列性を利用するアルゴリズムには Shor のもの⁽⁴⁾、Deutsch のもの⁽⁵⁾、Grover のもの⁽⁶⁾などがある。最初のもとは与えられた任意の大きな数を素数に分解するものであり、2番目のものは数論的関数を効率よく識別するものである。最後のもとは効率の良い検索のアルゴリズムである。

量子コンピュータにおいても計算結果の読みとりがなされなければならないので、その研究には量子系の観測の問題が切り離せない。この問題の1つに、量子系の非局所性と関連した Greenberger-Horne-Zeillinger (GHZ) の問題がある⁽⁷⁾。それは量子系の一部を観測すれば、空間的に離れている残りの部分の状態が解るというもので、信号のテレポーテーションの可能性を示唆しているため重要である。

今年度は以下のことを行った。

1. GHZの実験に於いて必要になる4スピンの有効量子状態 $|0000\rangle$ を熱平衡状態から作り上げるパルス列、およびその状態から3スピンのエンタングル状態 $\{(|000\rangle+|111\rangle)|0\rangle\}/\sqrt{2}$ を作るパルス列を考案した。
2. 量子コンピュータの基本ゲートである制御 NOT ゲートを n スピン ($n \geq 4$) 系において実現するパルス列を考案した。
3. 量子コンピュータの並列性を利用する Deutsch のアルゴリズムを1スピン系、2スピン系、3スピン系で検証する実験を行った。

報文

U. Sakaguchi, H. Ozawa, C. Amano, and T. Fukumi, Phys. Rev. A **60**, 1906-1911 (1999).
 "Microscopic analogs of the Greenberger-Horne-Zeillinger experiment on an NMR quantum computer"

参考文献

- (1) R. P. Feynman, *Opt. News* **11**, 11-20 (1985).
- (2) N. A. Gershenfeld and I. L. Chuang, *Science* **275**, 350 (1997).
- (3) D. G. Cory, A. F. Fahmy, and T. F. Havel, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **94**, 1634 (1997).
- (4) P. W. Shor, *IEEE Computer Society*, 124-134 (1994).
- (5) D. Deutsch and R. Jozsa, *Proc. Roy. Soc. London Ser. A* **439**, 553 (1992).
- (6) L. K. Grover, *Science* **280**, 228 (1998).
- (7) D. M. Greenberger, M. A. Horne, A. Shimony, and A. Zeilinger, *Am. J. Phys.* **58**, 1131 (1990).