

## 量子論とコンピュータ

白河 一郎

## 量子論の世界

量子論の世界という、いかにも難しく、自分とは無縁だと思っている方は少なくないだろう。しかし化学産業・電気産業など多くの技術分野を飛躍的に発展させたという意味で、量子論はわれわれの生活と密接に関連している。

人間の体をはじめ、すべての物体は原子からできていることが分かっている。原子の大きさは1オングストロム(1cmの1億分の1)という、気の小さくなるような世界である。

超ミクロの世界では、物体の動きは同じ条件を何回繰り返しても、結果は確率論でしか予測できない。「サイコロの目」「ルーレットの玉の転がり具合」と同じように神のみぞ知る世界である。

量子論は、世紀末の1900年にマックスプランク(ドイツ)が「量子仮説」を発表したことにより始まった。「エネルギーには最小の単位があり、飛び飛びの値を取る」という考え方であった。アインシュタインは1905年に、それまで波だと思われていた光が粒子であるという「光量子仮説」を打ち出した。1911年には別の学者が、原子核の周りを原子が飛んでいる原子モデルを作り出した。さらに1927年には、電子の位置と速度は両方同時には知ることができないという「不確定性原理」が発表された。

第2次世界大戦中に進められたマンハッタン計画により原子爆弾が製造された。原爆は原子核が反応する際に放出する巨大なエネルギーを利用した大量破壊兵器である。アインシュタインをはじめ理論物理学者を中心とした科学者たちは、原爆開発に協力する「ルーズベルトへの手紙」に署名してしまった。理論物理学と量子論の成果は、広島・長崎に落とされた2個の爆弾によって証明された。

## 量子コンピュータの原理

量子コンピュータの概念は1970年代に生まれ、「量子通信の原理」「デバイス研究」「暗号通信方式の原理」「コンピュータの原理」「ゲート回路の実験」まで研究されている。国内の大学でも適用分野を模索している。量子コンピュータの適用分野は、暗号、通信、人工知能、宇宙船運行制御、原子核シミュレーション、数学的問題の解法、デリバティブ設計などである。

2000年8月、アイザック・L・チュアン教授が指揮する、スタンフォード・カルガリー大学のチームが、5qubits量子コンピュータ開発に成功した。

量子コンピュータは、原子または原子核の特定の量子物理学

的特性を利用することによりその機能を得るもので、特性により原子は「量子ビットすなわちqubits」として一体となって働き、コンピュータのプロセッサとメモリの役割を果たす。qubitsが外部環境から隔離されたまま相互に作用し合うことにより、従来のコンピュータより飛躍的に高速で計算を実行できると予測された。量子コンピュータは五つのqubitsから成っており、フッ素原子核のスピンのqubitsとして相互に作用し合うように設計されている。ブール代数における要素0と1を量子直交状態に対応させたとき、それらは基本量子ビット(qubit)と呼ばれ、この直交状態のさまざまな重ね合わせもまた量子ビットとなる。古典ブール代数では可能な組は2のn乗個となるが、量子ではほぼ無限の組み合わせが可能となる。量子計算とはそれらを一つのベクトルとして処理する変換過程であり、無限の成分を含むベクトルが瞬時に計算されるので計算時間を極めて小さくできる。

量子アルゴリズムを物理的に実現するには、「量子論回路」が必要である。近年、位相回転を行う論理回路の組み合わせで、任意の量子アルゴリズムが実現できることが証明された。量子コンピュータは高周波パルスによりプログラミングされる。従来のコンピュータでは何サイクルも繰り返す必要のあった数学上の問題を1ステップで解決した。その問題は「順序の発見」と呼ばれており、暗号などの重要なアプリケーションの根底にある数学上の多くの基本的問題に典型的に表れる「特定の関数の周期」を発見するものである。

チュアン教授は、スタンフォード大学で開催された「Hotchips 2000」会議において、量子コンピュータの最新成果を発表した。

## ビッグバン理論と量子論

ビッグバン理論では、約150億年前に素粒子よりも小さい宇宙が誕生し「量子宇宙」といわれていた。宇宙には原子さえも存在しておらず、巨大なエネルギーだけが蓄積されていたと考えられている。そのエネルギーがビッグバンにより爆発的に膨張し、宇宙になったという理論が主流である。量子論は原子のミクロの世界だったがこれがある日突然、巨大な「終わりのないマクロの世界(宇宙)」に膨張していったとは、なんとロマンのある話である。量子論から原子爆弾へと発展していった過去の悪夢はもうたくさんである。平和利用のための量子コンピュータはできるだけ早く実現させたいものである。