

# 量子コンピューターの実現に向けて

## Quantum computers go for a spin

量子コンピューターの実現方法を再検討させる新たなデバイスが、理論的に考案された。

doi:10.1038/news050718-12/21 July 2005  
Philip Ball

量子コンピューターとは、実現すれば従来のスーパーコンピューターが今でいうところの携帯情報端末 (PDA) のように見えてしまうかもしれないほどの超高速計算機だ。その量子コンピューターをどうやって作ればよいか。この未解決の問題をついに打開できるかもしれないアイデアがあらわれた。

アイデアを思いついたのはバーゼル大学 (スイス) の Hans-Andreas Engel と Daniel Loss で、近ごろスピン・パリティ計測器とよばれるデバイスの作成方法を報告した<sup>1</sup>。

IBM ワトソン 研究所 (米国ニューヨーク州ヨークタウンハイツ) の量子コンピューターの理論家 David DiVincenzo は、「このデバイスは、マイクロチップでいうところのトランジスタ、つまり量子コンピューターの回路を作るための汎用部品のようなものになる」と説明する。この部品の実現の可能性が今回、理論的に示されたおかげで、固体デバイスによる量子コンピューターがマイクロプロセッサのようにシリコンから作れるかもしれない。

ブラジルのサンパウロ大学の物理学者 Jose Carlos Egues は「スピン・パリティ計測器ができれば、量子コンピューターはまもなく実現されるかもしれない」と話す。

しかし Engel と Loss のアイデアは、現時点では単なるアイデアにすぎない。原理的にどうすればスピン・パリティ計測器を作ることができるかは示された。また、そのスピン・パリティ計測器が量子コンピューターの部品として機能する可能性も理論計算で示された。しかし、実際のデバイスはまだ作られていない。

### パリティが鍵

固体デバイスを使った量子コンピューターでは、情報は電子の磁石としての状態、すなわちスピンの状態に符号化される。つまり、スピンの上向き・下向きが、従来のコンピューターにおける2進数コードの1と0の代わりとなる。

量子力学的な粒子は、複数の状態を重ね合わせた状態を取りうる。このため電子のペアは、ある特定の向きのスピンのペアとしてだけではなく、さまざまなスピンの向きの組み合わせを重ね合わせた状態としても存在しうる。その場合、各電子は上向きのスピンと下向きのスピンを同時に持っていると考えることができる。

このため、量子コンピューターは、従来のコンピューターよりも多くの情報をコードした多数の状態にアクセスすることができ、ある種の計算を今よりずっと速く、効率的に行うことができる。

DiVincenzo たちは昨年、電子工学的な量子コンピューターについての理論を発表した。その理論では、それまで懸念されていた問題の一部を回避できると考えられた<sup>2</sup>。DiVincenzo たちの案は、回路の一端からデータを入れて、もう一方の端からどのような結果があらわれるかをみるといった従来のやり方ではない。水面に落とした小石からさざ波が広がるように、データが構成要素のネットワークに広がる時に作るパターンをみることによって計算を行う。

これを実行するためには、電子のペアのパリティ (ペアのスピンの同じ向きか、反対向きかを示す量) をかき乱すことなく測定する必要があり、今回 Engel と Loss が示したのがまさに、どのようにすればパリティを測定できるかだった。

### 量子飛躍を検出

Engel と Loss は、「量子ドット」とよばれる、シリコンなどの半導体材料でできた小さな「箱」の中に電子のペアが置かれた系を考えた。この系には2つの量子ドットがあり、電子のペアは最初、そのうちの片方の量子ドットに入っている。ここで磁場をかけることによって、電子のペアが2つの量子ドットのどちらにあっても、両方の量子ドットのエネルギーが同じになるように調節する。ただし、エネルギーが同じになるのはペアのスピンの反対向きするときのみで、同じ向きときはエネルギーが異なるようにしておく。

こうすると、電子のペアが反対向きのスピンを持っていた場合は、どちらの量子ドットにあってもエネルギーが等しいため、電子のペアが量子ドット間をジャンプできる。このジャンプは電荷測定用の高感度計測器で検出できる。こうすれば、電子が反対向きのスピンをもっているかどうか分かることになる。

「Engel らの案は、量子コンピューターの実現方法に関する人々の考え方を変えてしまうかもしれない、ちょっとびっくりさせるようなものだ。実験家たちは、こうした理論家の提案には注目している」と DiVincenzo は話す。Egues は「電子工学技術は近年、すごく進歩している。今回のアイデアをきくと実現に結びつけてくれると思う」と述べている。 ■

1. Engel H. A., Loss D., et al. *Science*, **309**, 586-588 (2005).

2. Beenakker C. W. J., et al. *Phys. Rev. Lett.*, **93**, 020501 (2004)