

このポスターの概要

米Google、「量子超越性」達成と発表 スパコンを超える

10/24(木) 3:07配信
https://headlines.yahoo.co.jp/hl?a=20191024-35144382-cnn-int



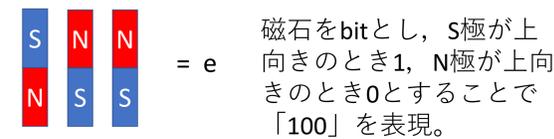
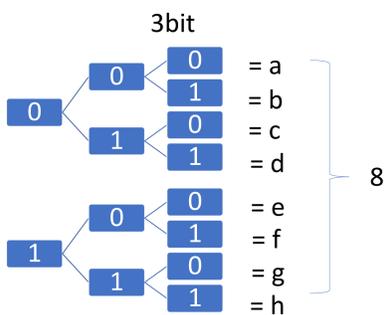
右のようなニュースを目にして「量子コンピュータって結局なに?」と思った方、ぜひ立ち寄ってこのポスターをご覧ください。量子コンピュータをざっくりと理解するための最低限の基礎知識の説明と、それをもとにした量子コンピュータのざっくりとした基本事項の解説がご紹介します。

1. 現在の情報技術の簡単なおさらい

まずは現在のコンピュータやスマートフォンがどのように「情報」をあつかっているか簡単におさらいしてみましょう。

コンピュータで「情報」はどのように表される?

コンピュータ上では文字や数字などのすべての情報は0と1からなる数列で表されています。右の図のように一つの数列に文字を一つ対応させると、0と1だけでいろいろな文字を表現することができます。コンピュータ内では微視的な磁石や電圧の高低などで0と1を表現しています。このように「0か1か」を表すものをbitといいます。bitの数が多いほど多くのことを表せます。



3列の数列では異なる8つの文字を表すことができる。

コンピュータはどのように計算を行っている?

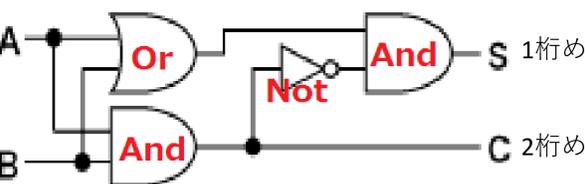
今度は文字ではなく数をbit列で表してみよう。右の図のような数の表し方を二進法といいます。コンピュータ内で二進数の四則演算は、電気信号をbitとして二進数で数を表し「論理回路」というものに行われます。また、いくつかの基本的な論理回路を組み合わせることで任意の計算を行うことができます。ここでは、このように論理回路を用いて任意の計算を実行できるコンピュータを「汎用ゲート型コンピュータ」と呼ぶことにします。現在のコンピュータはこのタイプのものであります。

図2 3桁の二進数

0	0	0	= 0
0	0	1	= 1
0	1	0	= 2
0	1	1	= 3
1	0	0	= 4
1	0	1	= 5
1	1	0	= 6
1	1	1	= 7

2^2 2^1 2^0

一行の足し算を行う回路



A, B: 入力, S, C: 出力
And: 入力両方とも1であれば1を、それ以外は0を出力。
Or: どちらか一方でも1であれば1を、両方とも0であれば0を出力。
Not: 入力信号を反対にして出力。

2. 量子力学

原子や電子などが活躍する非常に小さな世界では、私たちの直観に反するような不思議な現象が起こっています。量子力学はこうした微視的な世界での現象を解明しようという物理学の一分野です。「目に見えない世界を探索する」例として、放射線を測定することでラドンを検出できる「ラドン検出器」の展示がこのポスターの隣にあります。その検出器では、じつは放射線が特定のエネルギーを持った粒のように測定されます。ぜひご覧になってください。ここでは量子力学において大切な「重ね合わせの原理」の解説をします。

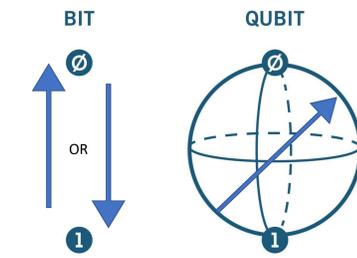
重ね合わせの原理

今までのbitは0か1のどちらかの状態に限られていました。しかし量子力学によれば、量子力学的なbit(Qubitといいます)は「0であり1である」ような「重ね合わせの状態」をとることができます。

→なんのこっちゃ?? (想定される反応)
→偏光を題材にこのことを考えてみよう!

光の基礎知識

- 光は進行方向に垂直な方向に振動する横波である。一定の方向にのみ振動する光を「偏った」光と呼ぼう。
- 光は「光子」と呼ばれる粒子の集合である。



偏光板の実験 ←実験装置あります!!

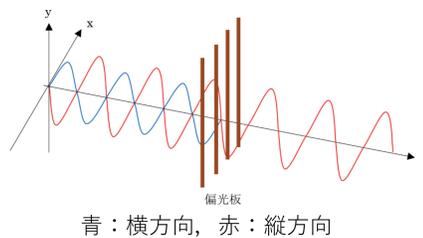
偏光板: 特定の方向に偏った光のみ通す。
縦に偏った光を透過する偏光板に対して斜めに偏った光を偏光板に入射。

→光の一部は透過、残りは吸収される。
→斜めに偏った光は縦の光と横に偏った光を「足し合わせた」光だと考えられる。

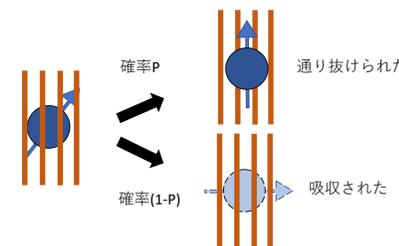
つぎに、この偏光板に対して斜めに偏った光子を入射させてみる。斜めに偏った光子は、あるときは偏光板を通過し、またあるときは偏光板に吸収される。

→光子は光の最小単位つぶでこれ以上分解できないので「斜めに偏った光子は縦に偏った光子と横に偏った光子から成る」と考えることは不可能。

→「斜めに偏った光子は「縦に偏っており、同時に横に偏った状態」にあり、偏光板を通る瞬間にどちらかの状態に変化する」と考える。⇒重ね合わせの原理



青: 横方向, 赤: 縦方向



量子コンピューター

量子コンピュータは現在のコンピュータよりも①高い計算能力を持ち②省エネルギーであることが期待されています。



↑Googleの量子コンピュータ

R.P.Feynman: 量子コンピュータを考案した。

ゲート型 ←Googleの量子コンピュータはこっち!

現在のコンピュータのbitをQubitに置き換えたものです。状態の重ね合わせによる並列計算による、現行のコンピュータよりも高速な計算処理が期待されています。しかし、得られる計算結果は重ね合わせられたもののうち一つだけであり、その中から正しい解を得る一般的な方法は今のところ発見されていません。イメージ的には下図のようになります。



上の例から示唆されるように、計算に使用するQubitの数が増えると、重ね合わせ状態を構成する要素(計算結果の候補)が指数関数的に増加します(3Qubitでは8個、10Qubitでは1032個)。規模の大きな(つまり、多くのQubitを持った)量子コンピュータを実現するのは難しそうですね。また、下図のように気体分子がQubitに衝突するとQubitの状態が変化し、Qubitがもともと持っていた情報も変わってしまいます。このように、外的な要因で情報が失われてしまう現象を量子デコヒーレンスといい、量子コンピュータ実現への大きな障害のひとつとなっています。

ざっくりとまとめると、「何でもできる量子コンピュータ(汎用量子コンピュータと言います)は実現したらすごいけど、実現するのは超難しい!」というような感じです。

上記のことから、現在は量子汎用コンピュータの開発を目指しつつ、実現可能な程度の小規模な量子コンピュータを開発し、それを用いて現在のコンピュータとの性能比較が行われています。実際Googleが今回の発表に用いた量子コンピュータのbit数は53でした。「スパコンを超えた」といっても量子コンピュータが現在のスパコンの性能を全面的に上回ったのではなく、「小規模な量子コンピュータで可能な特定の計算においてスパコンを超えた」というようになります。

アニーリングマシン

問い 遊園地で最短時間ですべてのアトラクションを回るルートは?

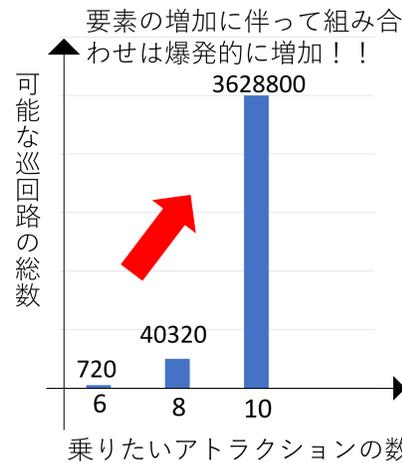
→考えられる回り方(何番目にどれに乗るかという組み合わせ)が多すぎるので、すべてのルートについて計算すると莫大な時間がかかるため、答えるのが難しい問い。このように、考えられる組み合わせの中から最適なものを探すことを組み合わせ最適化問題といい、現在のコンピュータでは上記の理由により解くことが非常に難しいです。ほかの組み合わせ最適化問題の例として資源や会社・国家予算の最適化配分、渋滞解消などがあります。このように組み合わせ最適化問題は社会にたくさん眠っているため、これを解く方法の開発は大変重要な課題となっています。

組み合わせ最適化問題を解くことに特化した「量子アニーリングマシン」が研究・開発されており、なんと2011年にカナダのベンチャー企業D-wave Systemにより商用化されています!とはいってもまだすべての組み合わせ最適化問題解けるような十分な性能を持っているわけではありません。まだまだ研究・開発途中です。

アニーリングマシンの動作原理を簡単に説明すると次のようになります:

- すべての組み合わせの重ね合わせ状態を生成。この操作はすべてのQubitを“横”に倒すことに相当します。
- Qubitを横向き倒していた力をゆっくりと弱め、最終的にはなくしてしまいます。
- 最終的にQubitのとる値の組み合わせが、組み合わせ最適化問題の解となっています。

「アニーリングマシンは組み合わせ最適化問題専用マシンだ」と言いましたが、裏を返せば、「組み合わせ最適化問題に還元できる問題はアニーリングマシンで解くことができる」とも言えます。



↑D-wave社の量子アニーリングマシン。3m×3mの直方体だが、そのほとんどが冷却器。↓アニーリングマシンの本体。

