

量子コンピューターの触りの紹介

量子コンピュータは、現在のコンピューターの計算速度を圧倒的に向上させるものと期待されている。

IBMによる研究では、従来のコンピューターの1億倍の速さが実現できるとも発表されている。一時期、この計算機が実現すると、従来のRSA暗号の解読(=大きな桁のある数の素因数分解)が、が容易に行われてしまうと大騒ぎになりました。

計算方法には量子ゲート方式と電子アニーリング方式があります。既に2012年に後者の量子アニーリング(焼き鈍し)操作を用いた量子コンピュータがカナダのベンチャー企業D-WAVE社から発表、発売されています。これは量子コンピュータの現在唯一の商用計算機である。この計算機による得意な分野は、組み合わせ問題(*例:セールスマン問題 複数の訪問先を短時間、短距離で結ぶには)であるが、この電子アニーリング**東京工業大学の西森秀稔教授のグループ**やマサチューセッツ工科大学のエドワード・ファーヒ(Edward Farhi)のグループ**によって理論的に提案された量子アニーリング(門脇・西森、1998)されたが、実用化はカナダのD-Wave社に先行されてしまいました。**

今回この計算について簡単にまとめたが、従来のデジタル計算機とは、自然現象をシミュレートして計算する方法のため、なかなか理解が難しいです。**今後、電子アニーリングに加え、量子ゲート方式の開発が促進されます。この計算のための量子ビットを開発したのは**NEC中村泰信氏(現 東大教授)らが超電導型の「量子ビット」を実現しています。実用化は是非、日本でされることを願っています。

この概要では、

- ・量子コンピューターの歴史。
- ・量子アニーリング操作の概要

を紹介します。



*例:セールスマン問題:30箇所を回ると、 2.7×10^{32} 通りの組み合わせがあり、これをスーパーコンピューター「京」で計算しても8.4億年かかることになりましたが、量子コンピューターだと一瞬のうちに計算可能です。

量子コンピューターの歴史

1981
年

概念の登場

米国の物理学者リチャード・ファインマンが、量子コンピューターのが概念を提唱

1985
年

基礎理論の誕生

英国の理論物理学者デイビッド・ドイチェが量子コンピューターの基礎理論を発表

1994
年

第一次ブーム始まる

米国のピーター・ショア氏が素因数分解に基づいたRSA（暗号システム）を解読するアルゴリズムを発表。

1999
年

ハードウェア開発に光明

NEC中村泰信氏（現東大教授）らが超電導型の「量子ビット」を実現。

2014
年

第二次ブーム始まる

米国のカリフォルニア大学教授ジョン・マルティニス氏が、安定性のある量子ビットの量子チップを開発。

2016
年

誰もがアクセス可能に

IBMが、クラウドで量子コンピューターを公開。

2019
年

量子超越性を実証

Googleが、独自開発した53量子ビットの量子チップ「シカモア」で「スーパーコンピューターで1万年かかる計算を200秒で処理した。→従来の計算機の1億倍

量子コンピュータのアニーリング操作の概要(1)

1

量子ビット
の初期化

- 量子コンピュータには量子ビットと呼ばれる計算の最小単位が存在します。古典コンピュータでは単に「ビット」と呼ばれていたものの量子版です。量子コンピュータにはこの量子ビットが物理的に実装されており、これを用いて計算を行うのが基本となります。そのためまずは、この量子ビットを準備し初期化(絶対零度にする。 $=-273^{\circ}\text{C}$)します。
- ゲート方式の量子コンピュータは、数個の量子ビットしか完成していないのに、量子アニーリングは数百以上の量子ビットを案定的に動作できる。安定性が量子ゲート方式より格段に高い。

2

量子的な操
作

量子アニーリングによる計算は、まず量子ビットが「0」と「1」の重ねあわせの状態からスタートする。しかも量子ビットの**相互作用**はゼロにしつつ、「**横磁場**」と呼ばれる制御信号をかける。こうすると、量子ビットは同時に動きやすくなり「0」と「1」が**同時に存在する奇妙な状態が実現**する。

量子アニーリングとは、「自然現象を借用したアルゴリズム」の一つだ。実際に使われているのはシミュレーテッドアニーリングだ、焼きなましをシミュレートすることで、組み合わせ最適化の近似解を得ることができる。

量子ゲート操
作
アニーリング
操作

2012年にD-Wave Systemsというカナダのベンチャー企業が商用化を行い、GoogleやNASAが研究に参加して一躍有名になりました。**東京工業大学の西森秀稔教授のグループ**や**マサチューセッツ工科大学のエドワード・ファーヒ(Edward Farhi)のグループ**によって**理論的に提案された量子アニーリング(門脇・西森、1998)**や量子断熱計算(ファーヒ他、2001)と呼ばれる計算モデルがその基盤となっています。これらの計算モデルを基に、量子アニーリングに特化した専用マシンである「量子アニーラー(量子アニーリングマシン)」によって計算を行います。

量子コンピュータのアニーリング操作の概要(2)

3

計算結果の
読み出し

横磁場をかけて「0」と「1」が同時に存在すると状態を作るのが量子アニーリングの特徴であり、そのおかげで効率よく解が手にに入る。

横磁場をゼロにするまでの時間が長ければ長いほど、正しい解が得られる可能性は高まる。だが実際には、現状の技術で量子ビットが「0」と「1」を同時に実現できる時間の限界との兼ね合いから、数十マイクロ秒で計算を切り上げている。その代わりに、同じ作業を何千回も繰り返し、最も良い値を「解」とみなす。そのため、厳密解でなく、近似解となる可能性もある。

補足：相互作用、横磁場など概念的に理解しにくい言葉が並んでいますが、ご容赦願います。

参考文献：量子コンピュータが人工知能を加速する。

西盛秀稔、大関真之 日経BP社

日経新聞記事：2020年5月29日

から多くの内容を引用させていただきました。