

量子コンピュータの仕組みと現状

情報ゼミ（3年次）文献紹介レポート B19-110 吉田 就

従来型コンピュータの限界

But Moore's Law is Over

・従来型コンピュータの1コアあたりの計算速度は限界を迎えています。

・左の図において青線(Single-thread Performance)は1コアあたりの処理能力(いわゆる半導体チップ)における計算速度を表しています。

・ムーアの法則においては2年ごとに一つの半導体チップの計算速度は1.5倍になるといわれています。

・チップの中に存在するトランジスタと呼ばれるとても小さなスイッチのようもので計算するうえで欠かせないものですが、トランジスタの大きさは現時点では10nm(髪の毛の10万分の1)の大きさになり、0.1nmに近づきつつあり、それ以上小さくすることは物理的に不可能で一つのチップに搭載できるトランジスタの数はこれ以上増やせないという理由から、2005年からSingle-thread Performanceは一定値になっています。

・異なるアルゴリズムで高速で計算できる量子コンピュータが注目されています。

出典:「ムーアの法則の現在」
https://ameblo.jp/yusai777/entry/12370044943.html

量子コンピュータ？

・量子コンピュータの計算において欠かせないものは量子です。

・量子は原子、中性子、電子、光子など物理学でお目にかかる物体やエネルギーの最小単位の総称です。

・従来型のコンピュータにおいてトランジスタに似たような役割をし、量子コンピュータはこの量子の状態を変化させて計算を行います。

出典:一般財団法人 日本量子研究財団「量子エネルギーと量子化技術」
https://www.jqf21.com/about.html

量子の状態？

量子には不思議な性質があります。

・例えば、私たちは片腕を回せと言われた場合、時計回りか逆のどちらかに腕を回転させることになり、これが量子である電子の場合を考えると、電子は上向きか下向きにスピン(回転)しているはずが、量子状態といわれる特別な状態にいると、両向きにスピンしている(上下両方)という状態になる事が出来ます。

・スピンのだけでなく、光子の偏光(振動の向き)、量子の位置などこれらの情報は実は観測するまでは不確定(不確定性原理)であり、観測後の状態は確率的に決まります。さらに観測するまでは両方の状態の性質を持っていることが知られています。

・量子はさまざまな状態をとりえる=様々な状態である ということも言えます。

・これらの原理を利用し、量子が同時に持つ(重ね合わせの原理)、さまざまな状態を、1または10に対応付けて、量子コンピュータは計算を行います。

人間(どちらか)

電子(同時)

出典:日本体育大学 体育研究部 「基礎用語」
https://www.stu.ac.jp/department/gymnastics/gymnastics_words.html

出典:産経新聞 「超伝導のメカニズム解明に大きな手がかり」
https://www.asahi.com/aj/aj11/press_release/pr2010101117.jp20101117.html

量子の状態で計算？

・例として最短経路を求める問題を従来型コンピュータと量子コンピュータで比較します。

・従来型コンピュータ…逐次的に一つずつ求める。

・量子コンピュータ…重ね合わせを利用し、複数の量子(量子ビット)を重ね合わせることで、相当多数の経路を複数の量子で表し、その量子の組に対して状態を変化(計算)させることで、より、相当多数の経路を一度に計算し、計算結果を調べれば、量子の不確定性原理は失われ状態は一つに決まります。これは計算結果が一つに決まるまでを意味し、計算結果は確率的に変化しますが、ここで何度も計算を行えば、解の傾向をつき、最適解を一つに絞るアルゴリズムも現在研究されています。

・様々な問題を抱えており、量子が重ね合わせ状態を保つには超低温の環境や他の原子と接触しないようにする、計算時間に対する量子状態を保つ時間が少ない、計算アルゴリズム構築の困難など、量子状態を維持するにはまた時間がかかるようすが、今これらの問題を解決する研究が行われ、日々進化し続けています。

量子ビット(重ね合わせで同時に3つの経路情報を持つ)

量子コンピュータの今と期待される分野

・最新のGoogleの研究では、量子コンピュータはスーパーコンピュータで1万年かかる計算を200秒で計算できることが発表されました。(2019年10月23日)

・量子コンピュータにも得意な計算が存在し、今後期待されている応用分野を紹介いたします。

・**様々な科学の計算**: 物質の持つ多くの性質は、電子が決めており、その電子のふるまいをシュレーディンガー方程式を使って、量子回路に計算させます。これが出来れば、患者に合わせた治療薬を開発出来たり、新しい機能を持った材料を開発できます。

・**組み合わせ最適化**: 最短経路問題の問題を応用して、複数の株式から最適な組み合わせを選ぶこと(ポートフォリオ最適化)、交通最適化(渋滞の回避)など。

出典:CNN「量子コンピュータ、スパコン1万年の計算を200秒で グーグルが発表」
https://www.cnn.com/jp/tech/35144382.html

参考文献

[1]山崎耕造、「トコトンやさしい量子コンピュータの本」, 日刊工業新聞社, 2021年1月

[2]武田俊太郎,「量子コンピュータが本当にわかる!: 第一線開発者がやさしく明かすしくみと可能性」,技術評論社, 2020年2月19日

[3]湊雄一郎,「いちばんやさしい量子コンピュータの教本: 人気講師が教える世界が注目する最新テクノロジー」,インプレス, 2019年5月20日