

今回から3回連続で、現在各国で開発が進められている量子コンピュータについてお伝えします。

量子コンピュータとは

量子コンピュータ (quantum computer) とは、「量子ビット(qubit)」を使用し、量子の特性である「重ね合わせ」と「量子もつれ」を用いることで、理論上**古典(従来型)コンピュータ**と比べて圧倒的な処理能力を発揮することが期待される次世代型のコンピュータです。現在実用化に向けて、各国でさまざまな企業・研究機関・大学が研究開発を進めています。

- * 量子：粒子と波の性質を併せ持つ、極めて小さな物質やエネルギーの単位。
- * 重ね合わせ：2つまたはそれ以上の状態(例えば0と1)を同時に表すことができる性質。
- * 量子もつれ：2個以上の量子が、距離が離れても互いに関連しあった状態を維持する現象。

古典コンピュータと量子コンピュータの違い

古典コンピュータは、情報を「0」か「1」いずれかに変換して処理をします。0と1の**bit**で表現された情報を電気回路上のスイッチ(論理ゲート)のON/OFFに対応させることで計算処理を行います。論理ゲートを様々な組み合わせることで、多様な計算を実行します。

一方量子コンピュータは、量子力学における重ね合わせの特性を活かし、0と1の両方の状態を同時に表現する**qubit**形式で処理をします。古典コンピュータ(bit)は、2の10乗分の計算に1024回の計算処理を必要としますが、qubit形式の量子コンピュータは、各ビットが0と1の2通りの組み合わせを同時に合わせ持つことで、同計算を1度の処理で実行させます。この原理により高度な情報処理を高速で実行することを可能にします。

古典コンピュータ		量子コンピュータ	
Bit(ビット)	単位	Qubit(キュービット)	単位
情報を0か1のどちらかで表現		情報を0と1の重ね合わせ状態で同時に表現	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 30px; text-align: center;">0</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 30px; text-align: center;">1</div> </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 60px; text-align: center;"> 0 1 </div>	
2の10乗 = 1024回	計算量	1回	計算量
	(10Bitを処理する場合)	(1つの情報単位が 0でもあり1でもあるため)	

出典：ledge.ai編集部作成資料

量子コンピュータの分類

量子コンピュータは計算方法の違いにより、「量子ゲート方式」と「量子アニーリング方式」の大きく2つに分類されます。

1. 量子ゲート方式

量子ゲート方式は、古典コンピュータで用いていた論理回路(ビット演算)の代わりに、量子用の素子で組んだ量子回路(量子ゲート)を用いて計算を行う計算モデルです。量子状態にある素子の振る舞いや組み合わせで計算回路を作り、問題を解いていきます。古典コンピュータの上位互換として期待が高く、IBM・Googleなどの大手ITベンダーに加え多くのスタートアップ企業が開発を進めています。その種類としては、①超電導方式、②シリコン方式③イオントラップ方式、④光量子方式⑤トポロジカル方式など様々な方式が提案されています。

方式	ゲート方式	アニーリング方式	
		量子アニーリング	シミュレーテッドアニーリング(擬似量子)
対象の問題	従来のコンピュータと同じ	組合せ最適化問題	
素子	量子ビット (複数の技術方式あり)	量子ビット (超伝導のみ)	ビット (古典コンピュータ)
動作温度	超低温(≒絶対零度)~室温	超低温(≒絶対零度)	常温
現時点の最大ビット数	127ビット(IBM)	5,000ビット(D-Wave)	1,000,000ビット(富士通)
開発企業	IBM, Google, Intel, Microsoft, IonQ, PsiQuantum, 富士通, NTT, NEC, 等 (California大学, MIT, Maryland大学, 中国科学技术大学等)	D-Wave, NEC 等 (MIT, 東京工業大学, 産総研等)	富士通, NEC, 東芝, 日立

出典：経済産業省産業構造審議会資料2022.2

2. 量子アニーリング方式

量子アニーリング方式は、「金属の焼きなまし処理」とよく似た処理をqubitを使用して行います。自然の法則を活用して最小効果(最大効果)状態を探索する量子計算機です。「組み合わせ最適化問題」を解くために特化したモデルで、例えば「巡回セールスマン問題：セールスマンが最短で営業回りを終わらせるためには、どの経路で回ったらいいか?」といった具体的な問題を解く手法に適しており、日常生活やビジネスシーンへの活用が期待されています。2011年5月にカナダの「D-Wave Systems社」によって開発された量子アニーリングマシン「D-Wave One」は、世界初の商用量子コンピュータシステムとされています。

3. その他の分類

「qubit」をどのくらい活用出来ているかによって、①「**万能量子コンピュータ**(エラー耐性コンピュータ)：あらゆる量子計算が可能、エラー訂正能力あり」、②「**非万能量子コンピュータ**：有限ながら量子ビットを扱い、古典コンピュータ以上の処理能力がある」、③「**非古典コンピュータ**：量子力学特有の物理状態を少しでも採用した処理が可能」の3種に分類する方法もあります。

まだまだ開発途上にある量子コンピュータですが、将来的に本格実用化されることは間違いないとされています。次回は、研究開発にある「**主な量子コンピュータ5種**」、「**量子コンピュータ研究開発における産学官の対応**」についてお伝えいたします。