

イントロダクション 2

従来機では難しかった計算もサッと解けるかも？
実用化に向けて研究が進行中

誰もが体験できる今こそ！ 量子コンピュータのススメ

広田 望

「量子コンピュータ」という単語をよく聞くようになりまし。昔は研究者でもなければ、SF映画や未来技術の紹介記事などでしか聞くことのなかった名前が、今ではビジネス・トークの中でしばしば登場するようになっています。実用化に向けた準備が急速に進みつつある量子コンピュータを特集します。近い将来に備える投資として、または話題の技術への知的好奇心を満たすため、今こそ量子コンピュータに挑戦しませんか。

未来に向けて学ぶなら… 体験できる環境が整った今がチャンス

● 誰もが量子コンピュータを利用できる時代に

量子コンピュータの重要な機構の1つである量子ビットが世界で初めて実現されたのが1999年のことです。NECの研究者らによって発表されました。当時も「理論上の存在でしかなかった量子コンピュータが実現するか」と注目されましたが、技術的な障壁が高く、インターネット・バブルの崩壊やリーマン・ショック後の景気後退、事業仕分けの影響もあって日本では量子コンピュータ研究が次第に縮小していきました。

そんな量子コンピュータは2011年、カナダのD-Wave Systemsによって突如「開発した」と発表されると再び注目されるようになりました。その後、本当に量子力学的な効果が影響しているようだ確認され、研究資金が投じられるようになったことで、誰でも量子コンピュータを体験できる今日のような環境まで一気に研究開発が進みました。

開発中の技術が公開されているのは、研究者を増やして量子コンピュータの実用価値を高めたいという側面と、実用化に向けたシステム開発に着手する見込み顧客を増やしたいという側面の両方があります。

● 実用化に向けた開発が進行中

▶ 開発に積極的に取り組む企業もある

量子コンピュータはまだ研究開発段階で、ほとんどの用途で実用レベルの性能には至っていません。だからといって悠長に性能向上を待っていてよいのでしょうか。積極的に量子コンピュータ開発に取り組む企業は実用化に向けた計画を明らかにして、既に「もし量子コンピュータが実用化したら」という前提

に関連ソフトウェア開発にまで投資や開発競争が及んでいます。

▶ グーグルは100万量子ビットの開発計画を発表

2021年、グーグルの年次イベントで同社のサンダー・ピチャイCEO（最高経営責任者）は100万量子ビットの開発計画を発表しました。その実現を、同社は「2029年までに」と宣言しています。発表当時、同社の量子コンピュータの量子ビットは100個程度で、10年にも満たない開発期間で1万倍にもスケールアップするという驚きの宣言でした。

既存の技術の延長で実現できるほど100万個の量子ビットは簡単なものではなく、幾つかのブレークスルーが必要になるでしょう。しかし研究成果を公表しないことが多いグーグルの発表だけに、既に開発できる目算がついているのかもしれませんが。

● 計算性能向上のキーは「量子ビット数」

量子ビットの数が1万倍になるというスケールアップの重大さは、従来コンピュータのスケールアップと同じように考えてはいけません。従来のコンピュータは、ムーアの法則で語られていたように、2倍の回路を集積すれば性能が2倍になりました。量子コンピュータの場合、アルゴリズムによっては量子ビットがたった1個増えるだけで計算性能が2倍になり得るのです。100万個もの量子ビットを備えた量子コンピュータが開発できたとき、その計算性能は何倍になっているのでしょうか。

● 幅広い技術を知っていることは強み

今、IT業界では広範な技術に精通しているエンジニアを求める傾向が強くなっています。デジタル・ツイン（仮想空間に物理空間の環境を再現する技術）やIoTシステム、サイバー・フィジカル・システム（現実の情報を仮想空間に取り込み分析を行って結果をフィードバックするシステム）といったシステム需要の高まりを受けて、インターネット通信やクラウド、データ・サイエンスの知見を持って設計やプロジェクトの議論ができるエンジニアの価値が高まっているのです。

量子コンピュータも、その特性から単体で使われることは少なく、さまざまな分野のソフトウェア技術と

連携して使われることとなります。量子コンピュータについてある程度知っておけば、将来高性能な実機が開発できたときに役立つことがあるかもしれません。

現在実現している方式は2種類…ゲート方式とアニーリング方式

量子コンピュータには、その使い方から大きくゲート方式とアニーリング方式の2種類が存在します。本特集でも、それぞれの量子コンピュータの使い方を紹介します。

● プログラマブルに使う「ゲート方式」

ゲート方式は、GoogleやIBMなどが開発しているタイプです。

ゲート方式量子コンピュータはもともとファインマンが提唱したタイプで歴史が長く、単に「量子コンピュータ」とだけ表すときはこちらを指す場合が多いです。量子回路と呼ばれるアルゴリズムに相当するものを設計/実装して使います[図1(a)]。

量子コンピュータが注目を集めるのは、その計算性能が高いという期待があるからです。量子コンピュータを使えばどんな計算でも速くなるというわけではなく、量子力学的な現象を使った量子コンピュータならではの量子回路が、従来コンピュータ(古典コンピュータ)を使うより効率的だった場合に計算性能が高いという期待の結果が得られるのです。

その期待の中には、消費電力の割には計算性能が高い、実装が簡単な割には計算性能が高い、適用できる問題範囲が広い割には計算性能が高いといった条件付きの性能も含まれます。

● 組み合わせ最適化計算に特化した「アニーリング方式」

▶ 量子アニーリングという計算手法の専用機

アニーリング方式は、量子アニーリングと呼ばれる計算専用の量子コンピュータで組み合わせ最適化問題を解くことを得意とします。量子アニーリング・マシンなどとも呼ばれるこの量子コンピュータは、D-Wave Systemsが開発/提供している比較的新しい実装方法です。ゲート方式とアニーリング方式の関係は第1部第2章のコラムでも解説しています。

日本ではNECが開発を発表している他、フィックスターズや富士通、日立製作所、東芝デジタルソリューションズなどが従来コンピューティング技術による互換性のある専用機を開発/提供しています。

アニーリング方式の量子コンピュータが誕生したことで、ファインマンが提唱したタイプがゲート方式などと呼び分けられるようになりました。

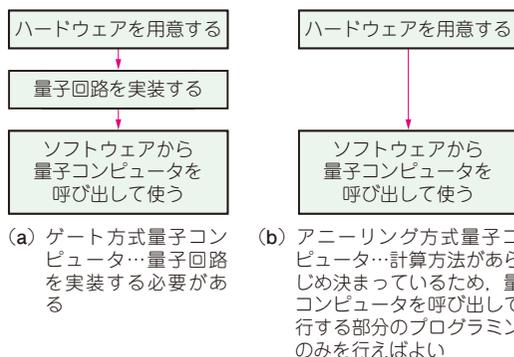


図1 量子コンピュータを使ったソフトウェア開発の流れ

▶ 専用の目的に制限して実現

量子アニーリングの計算はゲート方式量子コンピュータでも可能ですが、実践するには誤り訂正と呼ばれる機能が必要で、今よりずっと多い量子ビットを備えたハードウェア開発を待たなければなりません。D-Wave Systemsの量子コンピュータは、専用機に限定することで既に量子アニーリングによる計算を実現しています。

アニーリング方式量子コンピュータは計算方法が限定されているため、ゲート方式で例えると量子回路が実装済みの状態です[図1(b)]。量子コンピュータのある種の外部計算装置として捉え、通常のソフトウェア・プログラミングの中から量子コンピュータを呼び出して実行するイメージです。

▶ IoTを使うシステムに組み込まれるかもしれない

量子アニーリングが計算できるのは組み合わせ最適化問題です。この問題は、データ・サイエンスやAIと同じように大量のデータから答えを出すシステムと相性の良い計算です。研究開発が進んで性能が向上すれば、サイバー・フィジカル・システムやデジタル・ツインといったIoTを使うシステムにアニーリング方式量子コンピュータが組み込まれて使われることもあるでしょう。

IoTに関わることの多いエンジニアであれば、単に組み合わせ最適化問題がどのような問題なのかを知る目的としても体験しておくとうりかもしれません。

* * *

ハードウェア開発やなぜ計算できるのかといった原理の理解は難しいかもしれませんが、道具として使うという目的であれば、量子コンピュータは決して難しいものではありません。かつては遠い未来の技術と言われていた量子コンピュータ…その等身大の性能と期待を、この特集を通じて体験してみてください。

ひろた・のぞむ

基礎知識

入門

乱数

機械学習

強制振動

入門

数の分割

ナンプレ

業務割り当て

巡回セールスマン

量子ゲート方式体験

アニーリング方式体験