

なぜ今、量子コンピュータなのか

最近、量子コンピューティングが注目されている。データが膨らむ近未来において、従来型コンピュータでは「組み合わせ最適化」の問題が課題になる。

量子コンピュータはその救世主になりうるのか

コンピュータの頭脳に求められる進化

現代社会において必需品となっているコンピュータ。1940年頃に登場して以来、大きさや形、そしてその頭脳(=処理性能)は進化し続け、人類社会の発展に大きく寄与してきた。現在人類は日々何か疑問や困ったことがある時は、この機械に相談している。コンピュータはもはや生活に欠かせない人類のパートナーだ。

日々、我々の疑問に答えを教えてくれる、このパートナーだが実は苦手分野があることをご存じだろうか。現代のコンピュータは「組み合わせ最適化問題」と呼ばれ

る複数パターンの選択枝の中から最適解を見つけ出すような処理を苦手としている。現代のコンピュータは電子ビットを用いて計算している。つまり、全ての情報を0と1の2進数で表現し、処理しているわけだが、この「組み合わせ最適化問題」を解くためには、あまりにも情報量が多くなり、時間を要してしまうのだ。

例えば、最適解を見つけ出すため現代のコンピュータは通常全ての選択枝と組み合わせを0と1で表現・処理し、その処理結果が一つずつ最適かどうかを検証確認していく。この組み合わせ問題で厄介なことは、組み合わせ数が指数関数的に増大することだ。例えば、7拠点を

効率的に回るルートは、全部で5,040の組み合わせが存在するが、1つ増えた8拠点となるだけで、一気に40,320の組み合わせがでてくる。これが30拠点となると、その組み合わせ数は1京×1京となり、富士通社のスパコン京でも8億年かかると言われており、現コンピュータの頭脳の仕組みでは限界が見えている状況だ。

しかしながら、いわゆるこの「組み合わせ最適化問題」は現在多くの企業が抱える問題であり、解決は待たない。例えば、Uber社やGrab社のような配車サービスは、単純に利用者とドライバーをマッチングさせるだけでなく、雨が降っているかいないか、利用者の疲れ具合や子供を連れているかどうか、などの要素を組み合わせさせて分析し、利用者が指定した場所よりも適切な場

所を提案するような、サービスのさらなる高度化が必要だ。創薬の研究などにおいても、無数にある成分の組み合わせから「最適」なものを選んでいく作業に多大な時間を要している。

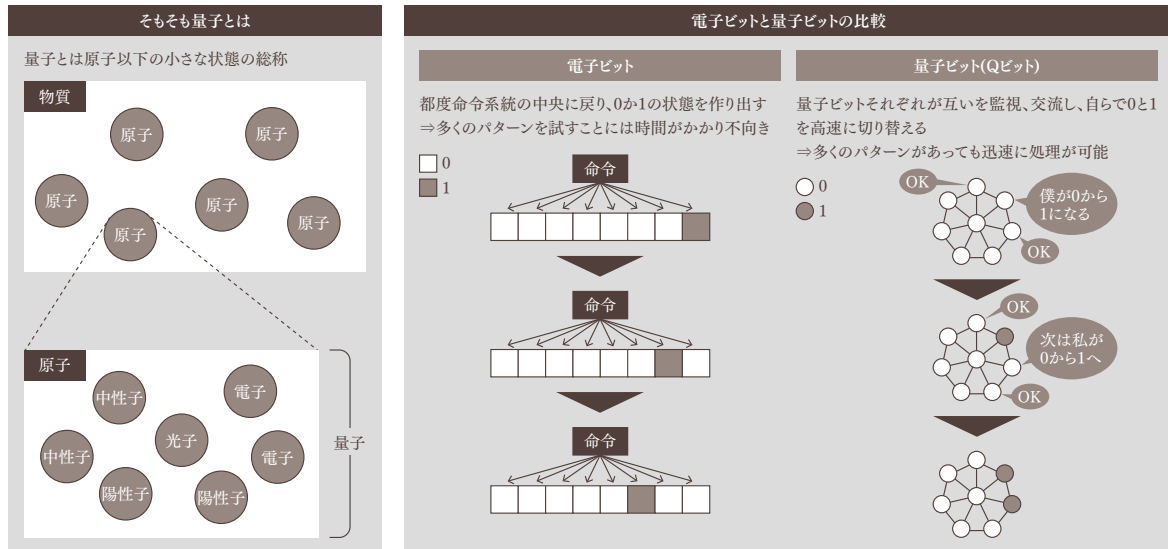
こうした「組み合わせ最適化問題」を解くために、電子ビットの代わりに量子ビット、通称Qビット(量子=Quantumの頭文字をとっている)を用いる量子コンピュータが期待されている。新たに量子ビットという頭脳を搭載したコンピュータは社会にどのようなインパクトを与えてくれるのだろうか。量子コンピューティングは大変奥深く、今なお活発な議論がなされているテーマであるが、本書は、様々なバックグラウンドの読者に理解を深めていただくことに重きを置き、できる限り簡潔な表現を目指した。

量子コンピュータとは

図1

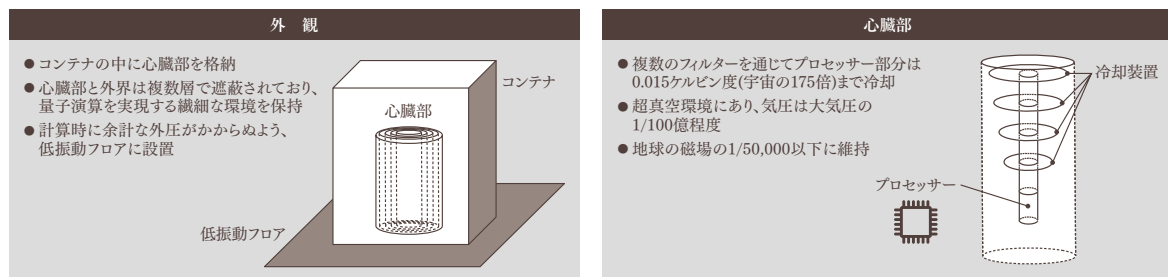
量子コンピュータとは

量子コンピュータはこれまでの電子ビットとは異なる性質や動きを持つ量子ビットを利用し、計算を実現



量子コンピューティングの仕組み

計算の根幹である、量子の動きに余計な外圧がかからぬよう、厳重かつ特殊な環境に設置している



そもそも量子コンピュータとは何か

「量子ビット」を用いた計算の仕組み

量子コンピュータとは量子の動きの研究である「量子力学」の過程にて生み出されたもので、量子に情報を乗せた「量子ビット」の特殊な動きに計算式(アルゴリズム)をあてはめ、高速処理を実現する技術だ。この量子ビットは図1に示した通り、まるで互いに対話しているかのようになり、それぞれの量子ビットが自ら適切な形(0か1)になろうとする。対して、現コンピュータが使用する電子ビットは都度命令系統の中央に戻り、再度0か1の状態を形成する必要があり。命令を待つ電子ビットに対し、自分たちで判断し、変化する量子ビットの特性を利用し、高速化を実現している。^{※1}

特殊な動作環境が必要

この量子ビットたちは非常に繊細であるため、特別な動作環境を準備しなくてはならないことも量子コンピュータを運用する難しさの一つだ。通常、量子コンピュータは図1に示したような、耐震床上のコンテナ内部に心臓部と呼ばれるものが存在する。その心臓部は複数の層で外界から遮断されており、その内部では温度・気圧・磁場が地球の自然環境ではありえないほど低いレベルに設定されている。極小の状態にある、量子ビットの特殊な動きにノイズと呼ばれる悪影響を与えないためにはここまで繊細な環境が必要なのだ。

なぜ今量子コンピュータなのか

量子コンピュータはまだ研究段階のテクノロジーと言える。カナダのD-wave社、日本の富士通社、日立社などが商用サービスを提供しているが、まだ高速化を実現する計算式が多く確立されているわけではない。なぜ今量子コンピュータは注目を浴び始めているのだろうか。

①エコが求められるIT

特殊な動作環境を見ると、さぞやお金がかかるのだらうと想像してしまうが、実は従来のコンピュータと比較し、低電力であることも量子コンピュータの特徴の一つだ。前述した特殊な環境は量子コンピュータの中でもチップ部分の数平方センチメートルだ。実際の消費電力はスーパーコンピュータの数百分の一程度に収まり、エコなシステムとしても期待がかかるのが量子コンピュータなのだ。Google社やAmazon社などWebサービス企業は大掛かりなデータセンターの消費電力がエコでないと追及されることも多く、Google社は自社でも量子コンピュータの開発に動き出している。デジタルサービスが溢れる現代において、地球環境の視点からも、新たなコンピュータが求められているのだ。

②組み合わせ最適化問題に潜むビジネスチャンス

先に述べた通り、量子コンピュータは組み合わせ最適化問題を得意とする。この問題を解くことの価値は非常に大きい。具体的に想定される事業機会をみてみよう。

ルート最適化によるモビリティサービス

例えば、自動運転は多くの自動車メーカー、そしてUber社などの配車サービスを提供する企業にとって最大の関心事であることは間違いないだろう。この自動運転を実現する際、計算しなくてはならない問いこそが「組み合わせ最適化問題」なのだ。例えば、自動運転車を用いて消費者に運輸サービスを提供する際、そのサービス品質の分かれ目は、どれだけ迅速に最適なルートを提供できるかに関わってくるだろう。その最適さを追求するには単純な目的地までの距離と近くにいる車だけでなく、道路の混雑状況、近隣エリア全体の乗車状況、利用者の位置や天候に応じた移動可否など複数のデータ要素で計算する必要がある。さらに、こうした状況はリアルタイムで変わっていつてしまう。多くの自動運転車が特定のルートを推奨され続けられれば、そのルートは混雑することになる。つまり、その瞬間、瞬間の分析データを用いて、極めて短時間のうち

※1 厳密には量子の0と1を同時に持つ「重ね合わせ状態」を利用する量子ゲート方式と量子の0と1の重ね合わせ状態に近い「揺らぎ」の状態を作り出し、そこから自然な状態に戻る過程を利用するアニーリング(焼きなまし)方式が存在

に計算していくことが必要となるのである。

このような未来社会を想定し、いち早く量子コンピュータの研究を発表している会社の1つがVolkswagen社だ。同社のCIO、Hofmann氏は2017年量子コンピュータに関するイベントで、Quantum Enhanced Optimizationというビジョンを発表。オンデマンドのモビリティサービス(タクシーのような自動車を使った都市交通サービス)の提供に向けた車両の移動ルート最適化を量子コンピュータで検証していくことを発表している。単純にA地点からB地点までハンドルを持つことなく移動できる自動運転に利便性や効率性という付加価値を目指していくということだ。

製品の品質向上に向けた多角的要因分析

また、フランス大手航空機製造企業のAirbus社は航空機の故障要因の分析、通称フォルトツリー分析と呼ばれる領域への量子コンピュータ適用を検証している。こうした故障は様々な要素が相互作用しあい、またそれが次の要素に影響を与える連鎖が続いていく。Airbus社が扱うような大型航空機の場合、その組み合わせは膨大なものになる。このような分析のために、同社のIT予算の3%がサーバーなどのハードウェアに投じられていたのだが、組み

合わせ最適化に適した量子コンピュータへの投資に踏み切った形だ。まだまだ試験利用中との前置きがありつつも、同社は「量子コンピュータを用いた際、問題の規模が増えても処理時間が変わらなかった」と述べており、今後も研究を進めていく方針だ。

広告の個人最適化追求

また、オンライン広告においても活用シーンが見込まれている。広告の個人最適化は追求しだすとキリのない世界だ。年齢、家族構成、趣味・嗜好、購買履歴など、無数に考えられる個人の属性に対し、膨大な商品広告をマッチングさせるとなると、その組み合わせ数は想像を絶する。また、これらの要素は日々変化するため、常にリアルタイムで分析することが必要となる。リクルートコミュニケーションズ社はこの課題に対していち早く量子コンピュータを取り入れ、研究を開始している。特にWebサービスは、広まってしまうと、追従することが難しい業界だ。Amazon社やGoogle社のように、一度根付いたものを引きはがすのは容易ではない。量子コンピュータがマーケティングの覇権をもたらすのかに注目が集まっている。

主な量子コンピュータ活用事例

図3

量子コンピュータを用いて新たなサービスや業務の高度化を目指す企業が登場しつつある一方、活用方法を検討するためのコンサルティングやソフト開発支援ビジネスが台頭しつつある

業界	活用領域・インパクト	事例	
利用 業界	自動車	多くのデータ要素を用いた高度なルート最適化 さらに多くのデータ要素を用いて最適なルートを計算し、効率的な自動運転車や高度な配車サービスを実現する	Volkswagen社 自動車メーカーでありつつも、自動運転のサービス提供を見据え、研究・開発に着手
	製造業	製品の精緻な故障分析 複雑に絡み合い、多くの組み合わせが存在する故障要因を分析し、製品改善へ繋げる	Airbus社 大型航空機の故障原因分析の高速化に向けて試験的利用を開始
	広告	広告の高精度な個人最適化 最適化に向けてデータ要素を増やすと現コンピュータでは計算時間が長くなりすぎてしまうが量子コンピュータで高速処理し実現	リクルート社 広告最適化の第一人者を目指し、研究開発、自社利用を開始
IT 業界	ハード	量子コンピュータの販売、クラウドサービス提供 まだ研究段階にある量子力学を用い、上記業界への販売、およびクラウドという手軽さを訴求した拡販	D-Wave社、富士通社 ハード販売だけでなく、クラウドサービスをそれぞれ2011年、2018年にリリース
	ソフト	開発環境やコンサルティング、業務アプリビジネスなどの台頭 ハードの完成度が高まった結果、その活用を支援するビジネスが立ち上がりつつある	1Qbit社 D-Wave社や富士通社とも提携し、開発環境を提供

量子コンピュータの今後

量子コンピュータの研究は1980年代から既に実施されてきたが、なかなか机上の世界から脱却できずにいた。しかし、2011年にカナダのD-wave社が量子コンピュータの商用提供を開始して以降、ITベンダーの参戦が急増してきている。だが一方で、東京工業大学の西森教授は「量子コンピュータは限られた問題に対してパフォーマンスを発揮するものであり、次世代の夢のコンピュータだと誤解をしてはならない」と語っている。教授の述べている通り、現時点で量子コンピュータが活用できる(=既存のコンピュータよりも高速で処理できる)と言われている領域は「組み合わせ最適化」が中心だ。今後、様々なアルゴリズムが研究された結果、活用シーンが拡大する見込みもあるが、当面はこの問題を処理するための研究が続くだろう。では、今後直近10年ほどの世界ではどのように運用されていくのだろうか。

電子+量子コンピュータのハイブリッド型が現実解

量子コンピュータは万能ではない。普段人々が使うパソコンがいきなり量子コンピュータになることもなければ、全てのスーパーコンピュータが量子コンピュータになることもないだろう。むしろ量子コンピュータが得意とする組み合わせ最適化問題を中心とした限定的な利用が増えてくる見込みだ。つまり、量子コンピュータは従来のコンピュータを置き換えるテクノロジーというよりも、併用していく形が続いていくと言える。

そうした中で注目すべきは「クラウド型」での量子コンピュータだ。2018年9月時点ではカナダのD-wave社、日系では富士通社がサービスを提供しており、研究機関や企業がまずは触ってみる上で手軽な環境が整備されてきた。「最適化」のビジネスチャンス逃さないためには、いち早く触り始めることも肝要と言えるだろう。

ハードウェアに加え、ソフトレイヤーの競争へ

加えて、ハードウェアを触るだけでなく今後はアルゴリ

ズムの開発環境や業務アプリケーション開発や適用支援を含めたソフトレイヤーでの競争も激しくなってくるだろう。量子コンピュータ向けソフトウェア開発を提供する1Qbit社はD-Wave社や富士通社とも提携し、累計数十億円を調達している。また、量子コンピュータ用のOSや標準ソフト開発を実施しているCambridge Quantum Computing社の調達額も累計約50億円で到達した。日本でQunaSys社が2018年4月に数千万円を調達するなど、世界各地でソフトレイヤーの競争が始まりつつある。当然ながらiPhoneやAWSなどのように最新のハードウェア技術と利便性を追求したソフトウェアが一体となった時の競争力はすさまじいものとなるだろう。量子コンピュータの要素技術の実用化はまだ時間を要すると言われているが、この利権争いは今後ますます加速していくだろう。

終わりに

まだ、量子コンピュータは研究開発段階にあるテクノロジーであることは間違いない。いち早く導入している企業たちも現時点で自社のサービスや製品に組み込む状況には至っていない。しかし、テクノロジーとアルゴリズムが完成すれば、機械学習や人口知能の開発など現在のスーパーコンピュータでは数年かかる処理が数秒で完了する圧倒的なパフォーマンスが実現できる。Google社も2017年にNature誌の中で、「量子コンピュータが既存のコンピュータ性能を少しでも上回った時、その利益を開発者が独占する」とコメントしており、そのポテンシャルを高く評価している。一般消費者が直接量子コンピュータに触れる機会は少ないだろうが、近未来の生活を下支えする土台の一部になることはまちがいない。

Mitsuki Nishino: ベイカレント・コンサルティング・シンガポールオフィス所属
シニアマネージャ

Copyright © 2018 BayCurrent Consulting Inc. All rights reserved.

