

量子コンピューター技術で「輝く未来」を

BRIGHT FUTURE WITH QUANTUM COMPUTING TECHNOLOGY

TREND

次世代コンピューターとして注目されている「量子コンピューター」。

聞いたことはあるが、何かを知る人は少ないのではないのでしょうか。

そこで、量子コンピューター活用の第一人者として活躍されている

東北大学大学院教授、(株)シグマアイ(以下、シグマアイ)代表取締役を務める

大関真之氏に、基礎から事例、将来像などについてお伺いしました。



東北大学大学院情報科学研究科 教授

東京科学大学理学院物理学系 教授

(株)シグマアイ 代表取締役

大関 真之 氏

Masayuki Ohzeki

経歴

東京工業大学大学院 理工学研究科 物性物理学 博士課程早期修了。
京都大学助教、ローマ大学研究員、東北大学准教授を経て現職。

2016年度文部科学大臣若手科学者受賞

2018年度船井学術賞受賞

2023年度 KDDI award 本賞受賞

他多数

量子コンピューターとは何か?

量子コンピューターという言葉は聞いたことがあっても、私たちはほとんど分かっていません。最初に量子コンピューターとは何かを教えてください。

現在のコンピューターは電気を流して計算を行うため、熱が発生し大量のエネルギーを消費します。

一方、量子コンピューターは量子力学を利用し、より少ないエネルギーで計算を行います。電子や原子などの小さな粒子を利用して計算するため、無駄なエネルギー消費を抑え省電力です。また、これまでの0と1を反転させるだけではなく新しい変化を伴います。いわば、足し算引き算だけでなく、掛け算割り算も可能にするような進化があったという訳です。その結果、一部の計算に関しては非常に高速化が可能となりました。

これらは、1990年代後半から進展し、多くの分野で飛躍的な計算速度をもたらす新しい可能性を開くと期待されています。

量子コンピューターは非常に小さな粒子を利用して効率的で高速な計算を行う新しい形式のコンピューターなのです。

そうです。量子コンピューターはまだ発展途上ですが、将来的には現在のコンピューターの限界を超え、多くの分野で革新的な成果を生むと期待されています。

2023年に大規模な問題の計算時間を現在のコンピューターと比較した結果、量子コンピューターが優位であることも検証されています。量子コンピューターの現状で扱える問題の規模に制限があるのですが、その範囲で優位性を確認した上で、さらに今後の規模拡大に伴った予測についても圧倒的な優位性を示すことがシミュレータによる検証でわかりました(図1)。

量子アニーリングによる大規模計算の見通し

大規模な問題は量子コンピューターが解く時代へ

2023年検証例 (S. Hirama and M. Ohzeki: arXiv:2307.05966)

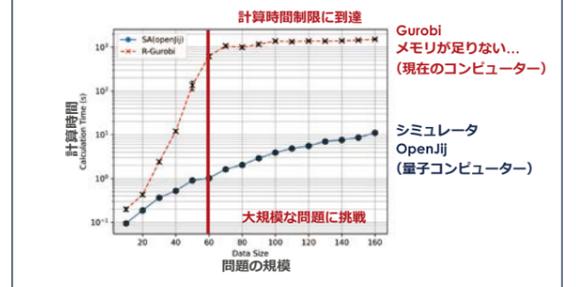


図1 量子アニーリングによる大規模計算の見通し
Fig.1 Prospects for Large-Scale Calculations with Quantum Annealing

量子コンピューターには方式が二つありますが、その二つの方式について教えてください。

一番有名な方式は量子ゲート方式です。0と1をたぐみに操作して複雑な計算を行います。現在のコンピューターの上位互換といえます。

もう一つの方式は量子アニーリング方式です。これは組み合わせ最適化問題を解くのに特化しています。量子力学を利用しエネルギーが最も低い場所を探す、つまり自然法則を利用することで電子が最適な場所を自動で探します。

例えば、イベント会場や営業先に最短経路で行く方法を求めるとき、その問題を関数として表現すれば、量子アニーリングが最適な経路を見つけられます。

最適化問題と量子アニーリングの応用

最適化というのは難しいもので、人や状況によって異なります。最適化の基準を明確にしないと、得られた解の判定が難しくなりますね。

そうですね。最適化問題では基準の設定が難しいです。例えば距離を優先するのか、荷物の量を減らすのか、などの基準を決める必要があります。これを決めただけで、コンピューターに任せれば自動的に計算しますが、それだけでは満足できないこともあります。しかし、基準を決めることが最適化問題の難しさであり、工夫のしどころでもあります。

● 産業界で量子コンピューターを利用する際には、まずは量子アニーリング方式を使うということでしょうか。

産業界では効率化を求められることが多く、量子アニーリング方式が有力です。

● ちなみに、量子アニーリングという言葉ですが、焼きなまし(アニーリング)という表現が面白いと思っています。語源について教えてください。

アニーリングは焼きなましを意味します。金属の加工ではミクロレベルで欠陥を埋め内部に発生した応力を除去するために使います。熱を加えて原子分子を動かし、冷却して安定させる。この過程をシミュレート・アニーリングと呼ばれる手法でシミュレーションします。シミュレート・アニーリングでは、磁石のN極とS極をシミュレートし、熱を加えてランダムにし、冷却して安定させます。この手法を量子力学で行うのが量子アニーリングです。量子アニーリングでは、トンネル効果を利用してエネルギーの山を越え、最適解を見つけます。

スーパーコンピューターと量子コンピューターの違い

● 昔から今まで取り扱ってきたスーパーコンピューターと、量子コンピューターの違いについて教えてください。私たちは、スーパーコンピューターは一部の仕事で使用していますが、量子コンピューターは身近な存在ではありません。

量子コンピューターは本来、現在のコンピューターの上位互換と考えられています。完璧な量子コンピューターがあれば、全て置き換え可能です。しかし、製造が難しくランニングコストも高いです。また、現時点では完璧な量子コンピューターは存在せず、動作中にエラーが発生することがあります。これが理由で、量子コンピューターの信頼性はまだ低いです。そこで、量子コンピューターでおおまかに計算を行い、そ

の結果を現在のコンピューターで正確に処理する使い分けが有効です。現在のコンピューターは正確に計算しますが、量子コンピューターはまだ不安定です。そのため、全ての仕事が量子コンピューターに置き換わるのはしばらく先の話になります。

● 先ほど、量子コンピューターが省電力だとおっしゃいました。現在、生成AIが非常に話題になっており、その電力需要が大きくなっています。その点で、量子コンピューターの省電力性を活かして、生成AIが抱える問題を補完することはできるのでしょうか？

生成AI、特に画像生成には拡散モデルが使われています。これは乱数から形や意味のあるものを生み出します。ニューラルネットワークを使って乱数を画像に変える際、量子コンピューターの確率分布が役立ちます。この乱数生成器として量子コンピューターは非常に優秀です。生成AIの一部を量子コンピューターで省電力かつ高性能に置き換える研究が進められています。

● 次は、具体的な事例を教えてください。

例えば、オープンキャンパスの最適な回り方などがあります。巡回セールスマン問題は、優先順位を決めて距離が短い順に巡る経路を算出することができます。最適化問題を使えば、イベントやアミューズメントパークで家族全員が時間を有効に使い楽しめるようにすることも可能です。

また、災害時の避難にも効果的です。避難所にはキャパシティがあるため、交通弱者には最短経路の避難所を優先します。健康な人は少し遠くでも対応できます。これを調整して誰をどこに誘導するか決めることが重要です。津波などの災害時では無計画に逃げると渋滞が発生し、被害が拡大します。どの道や橋を使って避難するかを最適化することが必要です。

また、倉庫内の商品の配置を最適化することで、ピッキングや出荷もスムーズになります。

● やはり、世の中には多くの最適化が必要な場面があると感じます。

シグマアイ設立の背景と強み

● 次は話題を変えて、御社シグマアイについて教えてください。どのような経緯で設立されたのですか？

僕は大学教員で、学生と一緒に研究をしています。大学は知的能力の源泉ですが、資金が不足しています。このような状況に対する危機感から、大学にある新しい技術を社会に役立つものにするために、また学生や若いスタッフを社会に送り出すために、シグマアイを設立しました。

● 御社が、他社に負けない強みについて教えてください。

強みは、技術をどこに適用すべきかをお客様との対話で見つけ出す能力です。依頼者が本当の課題を分かっている場合でも、対話やヒアリングで問題を特定し、適用できる技術を提供します。必要があれば新たに技術を開発することも可能です。これが我々の強みです。この強みを活かして、これまでに多くのお客様にソリューションを提供してきました(図2)。



図2 シグマアイによるソリューション
Fig.2 Solution and products from Sigma-i

具体的な活用事例

● 当社の技術者に向けた事例をいくつか教えてください。例えば物流や材料の話などをお願いできますか。当社ではさまざまなシミュレーションや金属材料の最適化に取り組んでいますが、量子コンピューターを使って解決した事例があれば教えてください。

量子アニーリングは材料化学への適用が得意です。最適化して1つの答えを出すのではなく、多くのデータから最良と思われる多くの候補材料を選び出すプロセスが得意です。例えば、1,000回同じシミュレーションで候補材料を出し、その中から開発担当者が最適なものを選ぶことができ、新しい発見や知見を得ることができます(図3)。

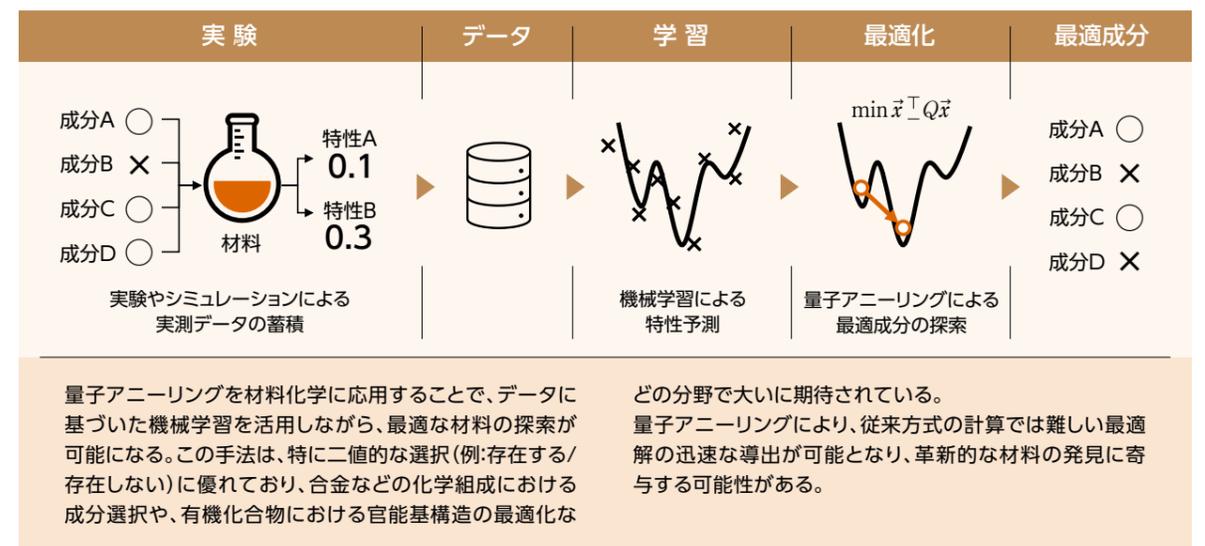


図3 材料化学に対する量子アニーリングの応用イメージ
Fig.3 Image of quantum annealing applied to materials chemistry

📌 驚くべき特性が出る可能性もあるわけですね。

そうです。人間が探し出すには限界がありますが、量子アニーリングは新しい組み合わせを次々と見つけるため、これまで見つからなかったものが見つかる可能性があります。

📌 その他に、最近何か新しいトピックスがあれば教えてください。

例えば、航空機の発着タイミングの最適化があります。国内の空港では、大型機が飛んだ後に安全のため時間を空けてから小型機が飛びますが、順番を入れ替えて発着便数を増やす最適化問題です。

📌 遅れを調整することもありますか？

そうですね。管制塔では要求が来るとすぐに対応しますが、順番を入れ替えた方が良い場合もあります。これを瞬時に最適化することで、発着便数を増やし、空港の能力を高めることができます。

量子コンピューター初心者へのアドバイスと将来像

📌 今後、この技報を社内外の方に読んでいただきます。読んだ後に、量子コンピューターに興味を持った人たちは最初に何から始めると良いでしょうか？

私のYouTube(図4)を見ることをお勧めします。一人で勉強するのは難しいですが、私のYouTubeではプログラムの説明や、すべての質問への回答などのサポートをしています。無料なので、ぜひ利用してください。



図4 大関真之の雑談方程式 - これって人生変えちゃう授業かも -【講義編第1回】
Fig.4 Quantum Annealing for You, 2nd Party!
(URL: <https://www.youtube.com/watch?v=LhSWSYztUkg>)

📌 最後の質問になります。御社のホームページにビジョンとして「輝く未来」という言葉があります。その輝く未来に向けて、量子コンピューターが将来どうなっていくか、またどうなっていて欲しいかを教えてください。

「輝く未来」とは、技術を使って今までできなかったことを可能にすることです。最適化することで、余った時間で新しい趣味を始めるなど、皆さんの生活が豊かになることを目指しています。

量子コンピューターも現在のコンピューターが普及したときのように、新しい可能性を開くと信じています。かつてはコンピューターで絵を描くことも想像できませんでした。今ではアートやエンターテインメントで重要な役割を果たしています。同様に、量子コンピューターも新しい分野を切り開くでしょう。

📌 仕事に活用するだけでなく、日々の暮らしにも生かせることを考えるのが大事だと思いました。本日は、お忙しい中、どうもありがとうございました。

どうもありがとうございました。